

ANÁLISIS Y RESOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS AL DISEÑO DE SISTEMAS DE IOT

Sebastián U. Flores, Mario Berón, Daniel Riesco

Departamento de Informática - Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Universidad Nacional de San Luis - Ejército de Los Andes 950 - San Luis - Argentina
s.flores@outlook.com.ar, { mberon, driesco }@unsl.edu.ar

RESUMEN

Al momento de diseñar un sistema de IoT, sin importar si se parte desde un sistema existente que trabaja de forma offline, o si se desea crear un sistema desde sus inicios, se presentarán los siguientes desafíos:

En primer lugar, los sistemas de IoT pueden estar conformados por una amplia variedad de dispositivos, cada uno utilizando diferentes protocolos de comunicación y medios físicos para el establecimiento de la misma. Además, los dispositivos podrían encontrarse en ubicaciones geográficas muy distantes, en las que estén regidos por diferentes sistemas legales, y en las cuales la estructura de costos asociada a la conectividad entre los mismos sea muy diferente.

Por otra parte, la selección del hardware asociado a cada dispositivo puede variar dependiendo de los riesgos asociados a la actividad en la que se los involucre; de los costos asociados a la adquisición, instalación y mantenimiento en la región geográfica donde se los despliegue; de los protocolos de comunicación que se deseen utilizar; del nivel de calidad deseada en el desempeño de cada dispositivo; y de otros factores técnicos o comerciales. La selección de las tecnologías de Software a utilizar en cada dispositivo podría depender de factores similares a aquellos mencionados en la selección del hardware.

Además de estudiar las necesidades particulares de cada dispositivo, debe analizarse la arquitectura general del sistema de IoT. Esta arquitectura debe contemplar las diferentes formas de conectar a los dispositivos entre sí; las jerarquías de dispositivos; los servidores Web involucrados; los proveedores de servicios que serán contratados; los medios de

almacenamiento, procesamiento y publicación de la información; las personas involucradas y los demás componentes internos o externos que interactúan en el sistema.

Todas las consideraciones mencionadas previamente deben realizarse dentro de un marco de trabajo que garantice la privacidad y seguridad de la información tratada. Es por ello que en algunas regiones geográficas se han establecido diferentes legislaciones asociadas al tema, las cuales deben ser consideradas desde el comienzo del diseño del sistema de IoT. No obstante, si las reglas establecidas en las legislaciones no fueran lo suficientemente claras o completas (o incluso, inexistentes), pueden tomarse como fundamentos los estándares internacionales sobre privacidad y seguridad de los datos, en hardware y software.

En este artículo, se presenta una línea de investigación que aborda el *Análisis y Resolución de los Problemas Asociados al Diseño de Sistemas de IoT*.

Palabras clave: *IoT, Dispositivo, Cosa, Escalabilidad, Seguridad, Privacidad, Arquitectura, Internet.*

CONTEXTO

La presente línea de investigación se enmarca en el proyecto de investigación denominado *"Ingeniería del Software: Estrategias de Desarrollo, Mantenimiento y Migración de Sistemas en la Nube"*. El proyecto, a su vez, es un *Proyecto de Investigación Consolidado - PROICO*, y posee el código *03-2020*. Tal proyecto es la continuación de diferentes proyectos de investigación, a través de los cuales se ha logrado un importante vínculo con distintas

universidades a nivel nacional e internacional.

1. INTRODUCCIÓN

El Internet Of Things (IoT) comprende sistemas que van desde dispositivos individuales transmitiendo datos hacia un servidor en la nube hasta complejos sistemas industriales conformados por arquitecturas de múltiples capas de dispositivos y servidores, involucrando comunicaciones en una, dos o más direcciones [5, 6]. A su vez, cada componente de la arquitectura del sistema puede ubicarse en diferentes regiones geográficas y utilizar diferentes tecnologías, por lo que su intercomunicación podría requerir de múltiples medios de conexión física, y de la traducción entre diferentes protocolos de comunicación.

La estructura de costos asociada a la comunicación podría variar notablemente de una región geográfica a la otra por causas como las presentadas a continuación:

- Costos de acceder a fuentes de energía eléctrica.
- Medios de conexión a Internet disponibles. Dependiendo del medio físico utilizado, la cantidad de usuarios conectados en simultáneo, las distancias recorridas por la información y los impuestos estatales, podrían variar notablemente los costos. A su vez, podría ser que no existan medios de conexión a Internet disponibles en la ubicación de despliegue de los dispositivos, por lo que los mismos deberían ser conectados mediante otro medio de comunicación a una Puerta de Enlace (Gateway), que luego los conecte a Internet.
- Los proveedores de servicios utilizados en el sistema de IoT podrían cobrar tasas diferenciales de acuerdo a la ubicación geográfica desde la cual se acceda a los mismos [11].

A su vez, existen una serie de características deseadas en un sistema de IoT que podrían influir notablemente en su diseño, y que serán mencionadas a continuación [3, 5, 7, 8, 9]:

- Una de las características deseadas en un sistema de IoT es la privacidad en las comunicaciones, para asegurar que los mensajes transmitidos, únicamente puedan ser comprendidos por los receptores indicados al momento de iniciar las comunicaciones.
- Otra característica importante, y que está asociada a la privacidad, es la robustez de las comunicaciones. Esta implica asegurar la inmutabilidad de los mensajes transmitidos, desde su emisión hasta su recepción, y garantiza que los datos no serán tergiversados por fallas en los dispositivos, en los medios de comunicación, o por personas con intenciones maliciosas. La robustez es esencial en sistemas críticos que requieren de información precisa para evitar fallas catastróficas, como podrían ser las plantas de energía nuclear y la tecnología de uso militar.
- La eficiencia de los dispositivos podría ser de gran interés para asegurar largos períodos de funcionamiento en regiones donde se disponga de una red eléctrica inestable. De igual forma, la eficiencia de los dispositivos podría favorecer notablemente a la reducción de costos asociados al consumo de energía, especialmente en aquellos sistemas donde se deban desplegar grandes cantidades de dispositivos, y donde los costos de acceso a fuentes de energía sean elevados.
- La precisión y velocidad de las mediciones realizadas por los sensores o de las acciones realizadas por los actuadores, tienen una gran influencia en los costos de los dispositivos.
- El nivel de resistencia de los componentes electrónicos que conforman los dispositivos frente a las inestabilidades del ambiente en el que se despliegan, varía notablemente los costos de los mismos.
- La escalabilidad de los modelos de comunicación usados es también muy

importante, a nivel horizontal o vertical. A nivel horizontal, un diseño arquitectónico escalable favorece la instalación de grandes cantidades de dispositivos. A nivel vertical, un diseño arquitectónico escalable permite la conexión de diferentes clases de dispositivos sin que se presenten mayores dificultades.

- Es de gran importancia tener en cuenta los tiempos de respuesta deseados (i.e. la latencia deseada), especialmente en sistemas críticos que dependan de información en tiempo real, como podrían ser aquellos instalados en plantas de producción de energía nuclear o de productos químicos de alto riesgo.
- Por último, la selección del protocolo de comunicación a utilizar en cada parte del sistema de IoT influye notablemente en su diseño y costos. Un protocolo de comunicación muy complejo puede requerir que se incrementen las capacidades del hardware de los dispositivos, al mismo tiempo que se incrementan los tiempos de investigación y desarrollo [12].

Como se puede imaginar el lector, no pueden maximizarse todas las características mencionadas, sin afectarse entre ellas:

- Si se desea incrementar la privacidad y robustez en las comunicaciones, es probable que deban implementarse protocolos de comunicación de mayor complejidad. Sin embargo, también será necesario incrementar las capacidades de hardware de los dispositivos para poder ejecutarlo sin inconvenientes, lo cual incrementa los costos y disminuye la eficiencia energética de los mismos.
- De forma similar, si se desea garantizar tiempos de respuesta muy pequeños utilizando componentes electrónicos de bajo costo, es probable que la robustez en las comunicaciones se reduzca, la precisión de los sensores disminuya y los datos deban transmitirse múltiples veces

para tener una mayor confiabilidad. Además, los dispositivos de menor costo podrían ser más sensibles a los cambios en el ambiente.

- Si se utilizan protocolos de red muy complejos y seguros, y los dispositivos no poseen la capacidad necesaria para manejarlos, los medios de conexión son inestables, o bien, los servidores Web se encuentran saturados, la latencia podría presentar grandes fluctuaciones en el tiempo y poner en riesgo el correcto funcionamiento de sistemas críticos, al mismo tiempo que la vida de las personas involucradas.

Hasta el momento, se han mostrado los diferentes desafíos técnicos y comerciales que se pueden presentar al momento de diseñar un sistema de IoT. Sin embargo, existen otras cuestiones a tener en cuenta, dependiendo de quien sea la entidad interesada en la creación del sistema:

- Si la entidad interesada pertenece a algún gobierno, es muy probable que se prioricen componentes de hardware o software de producción local. Esto mismo ocurriría con los servicios contratados. Además, es posible que la información recopilada deba ser publicada en algún repositorio de acceso público, por lo que seguramente se busque preservar el anonimato de las personas asociadas a la misma. Para evitar conflictos, los sistemas deberán diseñarse con el cuidado de cumplir con las leyes vigentes y con acuerdos internacionales a los que el gobierno se encuentre suscrito [1, 2].
- Si la entidad es privada, el nivel de privacidad de la información estará sujeto a contratos aceptados por los clientes. No obstante, en sistemas ubicados en ámbitos públicos podría recopilarse información de personas que desconozcan la existencia o fines del sistema de IoT, por lo cual deberán tratarse esos datos de acuerdo a las

legislaciones vigentes y teniendo en cuenta los estándares internacionales [4, 5].

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

A partir de lo mencionado en la sección anterior, puede verse que el correcto diseño e implementación de un sistema de IoT puede ser un desafío difícil de superar si se lo intenta abordar en su totalidad. Lo mejor es identificar cada uno de los problemas involucrados y atacarlos con la mejor solución posible, de acuerdo a las tecnologías y conocimientos del estado del arte. Además es necesario detallar cuáles son los resultados que se espera que ofrezca el sistema resultante, con el fin de establecer límites sobre los cuales buscar soluciones a los problemas que se presenten.

Con el fin de facilitar la búsqueda de soluciones óptimas a los problemas que se presenten en el diseño de un sistema de IoT escalable y seguro, esta línea de investigación propone:

- Investigar en detalle los problemas asociados al despliegue de dispositivos de IoT en diferentes regiones del planeta, y sus posibles soluciones.
- Investigar en detalle la estructura de costos que conforma la transferencia de datos entre diferentes regiones del planeta.
- Investigar en detalle los diferentes factores que influyen en la latencia de las comunicaciones de los sistemas de IoT, y el estado del arte de las tecnologías y metodologías utilizadas para tener un mayor control sobre estos tiempos.
- Investigar el estado del arte de los patrones arquitectónicos usados en sistemas de IoT de diferentes escalas, que faciliten la escalabilidad y seguridad de los mismos.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

A partir de las investigaciones realizadas se espera poder concretar los siguientes objetivos:

En principio, se realizarán informes que detallarán los costos asociados a la transferencia de datos entre componentes de un sistema de IoT, dependiendo de su ubicación geográfica, el volumen de datos transmitido, la periodicidad de la transmisión y el protocolo de comunicación utilizado.

De igual forma, se realizarán informes sobre la latencia en las comunicaciones de sistemas de IoT, los cuales permitirán realizar estimaciones, detectar cuellos de botella en las comunicaciones y encontrar formas para eliminarlos y reducir la latencia.

A partir de los informes realizados, se creará un sistema de IoT en el cual se buscará optimizar las comunicaciones y costos asociados.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

Los progresos obtenidos en esta línea de investigación sirven como base para el desarrollo de tesis de posgrado, ya sea de doctorado o maestrías en Ingeniería de Software y desarrollo de trabajos finales de las carreras Licenciatura en Ciencias de la Computación, Ingeniería en Informática e Ingeniería en Computación de la Universidad Nacional de San Luis, en el marco de los Proyectos de Investigación mencionados en la Sección *Contexto*.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. U. (EU); What is GDPR, the EU's new data protection law?, 2018.
- [2] E. S. y. C. d. D. d. I. N. Argentina; Ley 25.326, de la Protección de los Datos Personales, 2000
- [3] Microsoft; Azure IoT Signals; 14/10/2021; <https://azure.microsoft.com/es-es/resources/iot-signals/>
- [4] ETSI; TS 103 645; Cyber Security for Consumer Internet of Things, 2019
- [5] IEEE; The Institute, Internet Of Things; 2014;

- https://iot.ieee.org/images/files/pdf/The_Institute-IoT.pdf
- [6] SAP; What is Internet Of Things; 2022; <https://www.sap.com/latinamerica/insights/what-is-iot-internet-of-things.html>
- [7] T. Choudhury, A. Gupta, S. Pradhan, P. Kumar y Y. S. Rathore; Privacy and Security of Cloud-Based Internet of Things (IoT); 28/10/2017; <http://ieeexplore.ieee.org/document/8307328/>.
- [8] H. Ren, H. Li, Y. Dai, K. Yang y X. Lin; Querying in Internet of Things with Privacy Preserving: Challenges, Solutions and Opportunities; 13/03/2018; <http://ieeexplore.ieee.org/document/8315210/>.
- [9] IETF; The Internet of Things - Concept and Problem Statement; 2010; <https://www.ietf.org/archive/id/draft-lee-iot-problem-statement-05.txt>
- [10] A. Bassi, M. Bauer, M. Fiedler, T. Kramp, R. v. Kranenburg, S. Lange y S. Messner; Enabling Things to Talk: Designing IoT Solutions with the IoT Architectural Reference Model; *SpringerOpen*; 2013; <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-40403-0.pdf>
- [11] Microsoft; Azure Precios de Ancho de Banda; 2022; <https://azure.microsoft.com/es-es/pricing/details/bandwidth/>
- [12] Microsoft; IoT Technology Protocols; 2022; <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/internet-of-things-iot/iot-technology-protocols/>

Marco de Referencia para la integración de Accesibilidad en Sistemas e-Learning

Iván Balmaceda Castro¹, Carlos Salgado², Mario Peralta², Alberto Sanchez²

¹Departamento Académico de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Universidad Nacional de La Rioja, La Rioja, Argentina.

ibalmaceda@unlar.edu.ar

²Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales

Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina.

{csalgado, mperalta, alfanego}@unsl.edu.ar

RESUMEN

En estos últimos años, la educación atraviesa una constante evolución, donde las nuevas tecnologías de información y comunicación se ven reflejadas en las actividades académicas a través de la inclusión de cursos en modalidad virtual en el proceso formativo como una gran alternativa en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, no se toma en cuenta factores de accesibilidad que son fundamentales para que la mayor cantidad de personas puedan hacer uso de un sistema/producto/servicio.

La Línea de investigación, plantea la importancia de incorporar condiciones de accesibilidad en los entornos virtuales de aprendizaje, donde se propone un marco metodológico de referencia para tomar en cuenta aspectos de accesibilidad en los diferentes procesos del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual.

Palabras clave: Marco de Referencia, Accesibilidad, e-Learning

CONTEXTO

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación “Ingeniería de Software Estrategias de Desarrollo, Mantenimiento y Migración de Sistemas en la Nube”, Proyecto PROICO 03-2020 del Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, de la Universidad Nacional de San Luis. Dicho proyecto se

encuentra reconocido por el programa de Incentivos. Y del proyecto de investigación “Modelo de Proceso y Evaluación Centrado en el Usuario incorporando requisitos de Usabilidad, Accesibilidad y Experiencia de Usuarios” Cod. Proy. 27PIN/C0003 del Centro de Investigación y Desarrollo Informático, Departamento Académico de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Sede Regional Chamental Universidad Nacional de La Rioja.

1. INTRODUCCIÓN

La accesibilidad en los sistemas web en la presente sociedad de la información, tiene una repercusión a todo nivel, especialmente en la educación virtual.

Por ello, es importante identificar que en la actualidad la formación virtual o enseñanza basada en e-Learning, y que por el contexto sanitario generado por la Pandemia COVID-19, ha tenido un crecimiento cada vez mayor, no solo en las instituciones de educación superior, sino también en otras entidades educativas como la escuela en su nivel inicial, primario y secundario, las orientadas al aprendizaje en el trabajo o formación profesional. Actualmente, es posible identificar no solo plataformas educativas digitales, sino también, plataformas de cursos masivos en línea (MOOC) y en general nuevos espacios virtuales que se encuentran presentes en instituciones de educación a todo nivel.

En e-Learning, se utilizan entornos virtuales de aprendizaje que, mediante la utilización de

herramientas e instrumentos, los usuarios implicados, generan una interacción en el proceso de enseñanza-aprendizaje [1]. En este sentido, así como las limitaciones físicas influyen en la institución, las plataformas virtuales de aprendizaje, los contenidos curriculares pueden presentar también limitaciones a las personas con discapacidad.

La discapacidad, en los últimos tiempos, ha cobrado una gran significación que concierne a diferentes disciplinas encargadas de diseñar espacios donde una persona con discapacidad pueda acceder, por ejemplo, a la información con un alto grado de inclusión, que permita prever limitaciones que se les puedan presentar.

Más allá de esta significación, aún existe la falta de interés del profesional informático en crear sistemas universales y accesibles, dando un alto grado de prioridad a la parte estética y dejando muchas veces de lado los conceptos concernientes a la usabilidad y la accesibilidad, Lasso Guerrero, sostiene que, actualmente en la web se hace uso excesivo de recursos visuales, mientras que la usabilidad se ha visto reemplazada por herramientas que muchas veces pueden ser innecesarias [2]

Los problemas de accesibilidad y utilidad de los sistemas se han convertido en críticos, la tecnología se ha diversificado y cada vez es más necesario utilizar la tecnología para participar plenamente en situaciones cotidianas. Tanto la usabilidad como la accesibilidad debe ser entendida en toda su amplitud, fomentando en la creación de espacios inclusivos donde todas las personas puedan relacionarse de forma sencilla, sabiendo que las medidas a diseñar y desarrollar han de ser evaluadas desde la comprensión de la discapacidad como punto de encuentro entre el entorno, que desempeña un papel fundamental, y las características personales del individuo.[3]

Las necesidades de accesibilidad de los usuarios varían a lo largo del tiempo y en los distintos contextos de uso [1]. En esto, se torna

importante la calidad de los sistemas e-learning, para de esta forma asegurar un contenido de calidad y que se ajuste con los requerimientos para su correcto funcionamiento, pero por sobre todo que su interacción sea con la mayor cantidad usuarios, posean una discapacidad o no.

El ciclo de vida de un proyecto de e-learning se divide en diferentes procesos, conceptos, productos y stakeholders involucrados en las actividades educativas. Generalmente, los procesos que componen el ciclo de vida de un proyecto educativo virtual suelen estar basados en experiencias empíricas de las instituciones educativas.

Para ello, la Organización Internacional de Normalización propuso la norma ISO/IEC 40180 que proporciona los fundamentos y el marco de referencia para el aseguramiento de la calidad, la gestión de la calidad y la mejora de la calidad en el aprendizaje, la educación y la formación mejorados en TI (denominado E-Learning). [4]

Esta norma, consiste principalmente en el Quality Reference Framework (QRF) para E-Learning [5], este es un marco común y genérico que describe, especifica y comprende propiedades, características y métricas de calidad.

En [4] define que “el QRF combina un modelo de proceso elaborado y extenso con un modelo descriptivo de los procesos. ISO/IEC 40180 armoniza los enfoques, conceptos, especificaciones, términos y definiciones existentes relacionados con la calidad para el aprendizaje electrónico, la educación y la formación.”

El modelo de proceso de referencia de esta norma internacional ISO 40180 proporciona un marco general para diseñar la estructura para el aprendizaje, la educación y la formación basado en el consenso global, compuesto por:

- Análisis de Necesidades

- Análisis del Marco
- Concepción y Diseño
- Desarrollo y Producción
- Implementación
- Proceso de Aprendizaje
- Evaluación

Cada uno de los procesos contiene una serie de subprocesos para un total de 38 sub-procesos.

Por su parte, la Norma ISO 19796-3 [6], presenta una propuesta para describir las técnicas y procedimientos involucrados en los procesos de un ciclo de vida de un proyecto educativo virtual. En esta misma norma, también se establece cómo describir los productos que se obtienen de las técnicas utilizadas, y define las métricas para verificar la calidad de los productos relacionados con cada fase del proceso de aprendizaje, pero no entra en especificidades sobre la accesibilidad, sino más bien la propuesta es generalista.

En este sentido, la Norma ISO 40180 [4] es un punto de partida para incorporar los aspectos de accesibilidad a cada uno de los procesos y componentes de un proyecto educativo basado en modalidad e-learning, teniendo en cuenta las técnicas y procedimientos de [6].

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN y DESARROLLO

Esta línea de investigación se centra en un enfoque holístico para la realización de proyectos educativos virtuales accesibles, teniendo en cuenta diferentes aspectos de accesibilidad que intervienen en los procesos de creación de plataformas virtuales.

La accesibilidad del e-learning es una tarea compleja que implica un esfuerzo multidisciplinar principalmente desde el punto de vista tecnológico, didáctico y administrativo. En este sentido, una plataforma de e-learning debe ser accesible, pero la parte más importante es el contenido de e-learning para tener una solución efectiva.

3. RESULTADOS ESPERADOS/OBTENIDOS

La línea de investigación presentada tiene como objetivo general: Proponer un Marco de Referencia que integra un conjunto de criterios, posibles problemas y soluciones, a considerar, para mejorar la de las plataformas virtuales de aprendizaje. Para el mismo, se plantean los siguientes objetivos particulares:

- Definir el estado del arte en la temática relacionada a la accesibilidad en los procesos de un proyecto educativo virtual .
- Analizar los estándares de accesibilidad web relacionados con plataformas de e-learning.
- Proponer una solución metodológica que incorpore aspectos de accesibilidad en los procesos.
- Definir y validar la propuesta por medio de los Campus Virtual de la UNLaR y la UNSL.

Como marco de referencia para describir los procesos y componentes del ciclo de vida de un proyecto de e-learning, se tendrá en cuenta el Modelo de Proceso de referencia de ISO/IEC 40180, donde se añadirán las características de accesibilidad a los componentes siguiendo las mejores prácticas y las directrices presentadas en la norma.

El marco propuesto detallara las adaptaciones para incorporar la accesibilidad en los diferentes procesos de producción de Plataformas virtuales de aprendizaje. Este, trata un modelo de proceso de siete partes dentro del ciclo de vida. Al tratarse de un marco de accesibilidad basado en un estándar internacional, puede ser utilizado por cualquier institución educativa para describir, comparar y adaptar sus propios procesos de producción hacia una educación virtual accesible.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La línea de investigación se da en un trabajo en conjunto entre la Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR) y la Universidad Nacional de San Luis (UNSL).

En dicha línea, se está trabajando en el Proyecto de Tesis de la Maestría en Ingeniería de Software (Plan Ord. 05/2010-CD) del Lic. Iván Balmaceda Castro, Docente del Departamento Académico de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de La Rioja. Como así también se están llevando a cabo algunas tesinas de grado para la Licenciatura en Computación. Y trabajos finales de carrera de la Ingeniería en Informática e Ingeniería en Computación de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales. Del mismo modo, Trabajos Finales de la Tecnicatura en Informática, Analista Universitario en Sistemas y Licenciatura en Sistemas de Información de la Universidad Nacional de La Rioja

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Balmaceda Castro, I., Salgado, CH, Peralta, M., Sánchez, A., Fernández, MA, & Vera, CE (2021). Hacia un modelo integral de Accesibilidad en Sistemas e-Learning. En XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja) .
2. Lasso Guerrero, J. (2013) Ergonomía en el diseño web: Usabilidad de sitios web dedicados al comercio electrónico en Buenos Aires. pp.5,47,9 Recuperado de https://www.palermo.edu/dyc/maestria_diseno/pdf/tesis.completas/101-Lazzo-juan.pdf
3. Sánchez, A. (2013). Calidad y accesibilidad del elearning: encuentro y reflexión desde una perspectiva inclusiva. Revista Digital de Investigación Educativa. Recuperado de http://www.revistaconecta2.com.mx/archivos/revistas/revista8/8_4.pdf.
4. ISO 40180:2017 Information Technology – Quality for learning, education and training.
5. Stracke, C. M., Tan, E., Teixeira, A., Pinto, M., Vassiliadis, B., Kameas, A., Sgouropoulou, C., & Vidal, G. (2018). Quality Reference Framework (QRF) for the Quality of Massive Open Online Courses (MOOCs). Online available at www.mooc-quality.eu/QRF
6. ISO (2009) ISO/IEC 19796-3:2009, ITLET Quality management, assurance and metrics, Part 3: Reference methods and metrics.

ISS – Innovación en Sistemas de Software

Enfoques y Tendencias en el Desarrollo de Aplicaciones Móviles con Resiliencia.

Pablo Thomas , Lisandro Delia , Leonardo Corbalán ,

Juan Fernández Sosa , Fernando Tesone , Verónica Aguirre , Verena Olsowy ,

Patricia Pesado 

Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)

Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata

50 y 120 La Plata Buenos Aires

Centro Asociado a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

526 e/ 10 y 11 La Plata Buenos Aires

{pthomas, ldelia, corbalan, jfernandez, ftesone, vaguirre, volsowy, ppesado}@lidi.info.unlp.edu.ar

RESUMEN

Se presenta una línea de investigación y desarrollo centrada en el estudio de aspectos de Ingeniería de Software aplicados a las diferentes tendencias en el desarrollo de Aplicaciones Móviles con resiliencia.

Palabras claves: Plataformas para Dispositivos Móviles - Aplicaciones Nativas- Aplicaciones Híbridas – Aplicaciones Interpretadas – Aplicaciones por Compilación Cruzada – Aplicaciones Web Progresivas – Offline First. – Instant App - Resiliencia

CONTEXTO

Esta línea de Investigación forma parte del Proyecto “*Metodologías, técnicas y herramientas de Ingeniería de Software en escenarios híbridos. Mejora de proceso*”, en particular del subproyecto *Ingeniería de Software para escenarios híbridos* del Instituto de Investigación en Informática LIDI de la Facultad de Informática, acreditado por el Ministerio de Educación de la Nación.

Hay cooperación con Universidades de Argentina y se está trabajando con Universidades de Europa y Latinoamérica.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos en la comunicación móvil, junto con los avances

en el campo de la computación han dado lugar a la computación móvil, que puede definirse como un entorno de cómputo con movilidad física que brinda al usuario la capacidad de acceder a datos, información u otros objetos lógicos desde cualquier dispositivo en cualquier red, al mismo tiempo que va moviéndose, cambiando su locación geográfica [1].

Las características específicas de la computación móvil plantean nuevos desafíos en el desarrollo de software para este tipo de dispositivos. La necesidad de tratar con diversos estándares, protocolos y tecnologías de red; las capacidades limitadas, no sólo en cuanto a procesamiento, sino también, en cuanto a consumo, tamaño físico y capacidad de almacenamiento de los dispositivos; las restricciones de tiempo impuestas por un mercado altamente dinámico y la existencia de distintas plataformas de hardware y software son sólo algunas de las dificultades a las que se enfrentan los desarrolladores en esta área.

Las aplicaciones se generan en un entorno dinámico e incierto. En su mayoría se trata de aplicaciones pequeñas, no críticas, destinadas a un gran número de usuarios finales que son liberadas en versiones rápidas para poder satisfacer las demandas del mercado. En otros casos las aplicaciones son de mayor tamaño, a veces

para brindar movilidad a una parte de la funcionalidad de un sistema más grande, mientras que otras veces son el único punto de interacción del sistema.

Algunas iniciativas como *offline first* proponen nuevas maneras de abordar el desarrollo de aplicaciones móviles tomando como requerimiento no funcional la posibilidad de seguir brindando un servicio incluso cuando el dispositivo pierde conectividad con la red móvil.

Todas las particularidades previamente mencionadas hacen que el desarrollo de software para dispositivos móviles difiera considerablemente del tradicional. Ello conduce a nuevas prácticas y metodologías que promueven el crecimiento de la Ingeniería de Software como disciplina, acompañando este proceso de desarrollo tecnológico.

La existencia de una enorme competencia en el mercado de las aplicaciones móviles, promovida en parte por la proliferación de dispositivos móviles y el número de negocios que están migrando sus servicios a Internet, revela la importancia que implica para las empresas el posicionamiento en este mercado. Para conseguirlo, es necesario reducir al máximo el tiempo de desarrollo de las aplicaciones y al mismo tiempo hacer que éstas se ejecuten en el mayor número de dispositivos posible.

Este propósito se ve obstaculizado por la excesiva fragmentación de hardware y software existente, originada por el alto número de dispositivos distintos, con sus propios sistemas operativos y plataformas de desarrollo.

La alternativa más costosa para hacer frente a esta problemática consiste en el desarrollo específico de aplicaciones de manera nativa en cada una de las plataformas existentes, utilizando entornos de desarrollo, lenguajes de programación y tecnologías propias de cada plataforma.

El desarrollo nativo de aplicaciones móviles posee ciertas ventajas como la posibilidad de acceder sin limitaciones a

todas las características del dispositivo (cámara, GPS, acelerómetro y agenda, entre otras), el alto rendimiento, interfaces gráficas consistentes con el resto de la plataforma, la posibilidad de trabajar sin acceso a Internet y de correr procesos en segundo plano. Estas aplicaciones pueden distribuirse a través de las tiendas en línea correspondientes. Sin embargo, el precio de todas estas ventajas es alto: no es posible reutilizar el código fuente entre plataformas diferentes, el esfuerzo se multiplica y se elevan los costos de desarrollo, actualización y distribución de nuevas versiones.

Como alternativa al desarrollo nativo en múltiples plataformas, se presentan diversos enfoques de desarrollo que procuran optimizar la relación costo/beneficio compartiendo la misma base de código fuente entre las versiones para las distintas plataformas [2]. La construcción de aplicaciones Web Móviles constituye un ejemplo representativo de este enfoque. Estas aplicaciones se diseñan para correr dentro de un navegador, se desarrollan con tecnologías web bien conocidas (HTML, CSS y JavaScript), no necesitan adecuarse a ningún entorno operativo móvil específico; su puesta en marcha es rápida y sencilla.

Las desventajas de las aplicaciones Web Móviles recaen sobre su rendimiento. Los tiempos de respuesta se dilatan afectados por la interacción cliente-servidor y las restricciones de seguridad impuestas a la ejecución de código por medio del navegador limitan el acceso a todas las capacidades del dispositivo. Además, la experiencia de usuario dista de ser similar a la de las aplicaciones nativas, resultando menos atractiva para el usuario final.

El enfoque híbrido es una alternativa que posee también la ventaja de estar basado en tecnologías web estándar (HTML, Javascript y CSS) pero, a diferencia del anterior no funciona dentro de un navegador, sino en un contenedor web especial con mayor acceso a las

características del dispositivo a través de una API específica.

Las aplicaciones híbridas permiten la reutilización de código en las distintas plataformas, el acceso al hardware del dispositivo, y la distribución a través de las tiendas de aplicaciones. Sin embargo, conservan algunas de las desventajas de las aplicaciones Web Móviles: la utilización de componentes no nativos en la interfaz perjudica la experiencia de usuario, y la ejecución se ve ralentizada por la carga asociada al contenedor web.

El enfoque interpretado se presenta como una alternativa en donde las aplicaciones son traducidas en su mayor parte a código nativo, mientras que el resto se interpreta en ejecución. Se implementan de forma independiente de las plataformas utilizando diversas tecnologías y lenguajes, tales como Javascript, Typescript y XML, entre otros.

La obtención de interfaces nativas constituye una de las principales ventajas de este tipo de aplicaciones, mientras que la definición de nuevas componentes suele tener un alto grado de complejidad debido a la necesidad de definir abstracciones compatibles con diferentes plataformas.

Finalmente, las aplicaciones generadas por compilación cruzada también constituyen un tipo de desarrollo multiplataforma. Estas aplicaciones se compilan de manera nativa creando una versión específica de alto rendimiento para cada plataforma destino.

Un nuevo concepto ha surgido en los últimos años denominado Aplicaciones Web Progresivas (PWA por sus siglas en inglés). Una PWA es una aplicación web que utiliza las últimas tecnologías disponibles en los navegadores para ofrecer en dispositivos móviles una experiencia lo más parecida posible a la de una aplicación nativa.

Los objetivos que persiguen las PWA son: lograr el mayor rendimiento posible en dispositivos móviles, que la aplicación cargue de manera casi instantánea, que la

interfaz de usuario se parezca lo máximo posible a una nativa, que se pueda trabajar sin conexión (*offline first*) y que se puedan enviar notificaciones a los usuarios, como en una aplicación nativa.

Una nueva tecnología, desarrollada recientemente por Google, denominada TWA (Trusted Web Activities) o Actividades Web de Confianza, permite integrar una PWA con una aplicación Android. Las TWA son ejecutadas desde un APK y distribuidas desde Google Play Store. Muestran en pantalla completa un navegador web dentro de una aplicación Android sin mostrar la interfaz del navegador.

Las TWA representan un punto de inflexión para los desarrolladores que ahora pueden distribuir sus PWA en Google Play Store que ha dejado de ser una tienda exclusiva de aplicaciones nativas.

Desde 2017 los desarrolladores de Android tienen una nueva opción para hacer llegar sus apps a los usuarios finales. El concepto de *Instant App* permite ejecutar una funcionalidad específica de una aplicación sin necesidad de instalar la App completa.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

- Enfoques de desarrollo de Aplicaciones para Dispositivos Móviles.
- Metodologías y Técnicas de la Ingeniería de Software y su aplicación en el desarrollo de software para dispositivos móviles.
- Aplicaciones Nativas en Android [3].
- Aplicaciones Nativas en iOS [3].
- Aplicaciones Web Móviles.
- Aplicaciones Móviles Híbridas (PhoneGap [4], Ionic [5]).
- Aplicaciones Móviles Interpretadas (Appcelerator Titanium [6], NativeScript [7]).

- Aplicaciones Móviles generadas por compilación cruzada (Xamarin [8], Corona [9]).
 - PWA, Instant App y Offline First.
 - TWA (Trusted Web Activities),
 - Análisis y estudio comparativo de requerimientos no funcionales, tales como rendimiento, consumo de energía, tamaño de software, entre otros, en los distintos enfoques de Aplicaciones Móviles.
 - Experiencia de usuario en Aplicaciones Móviles generadas con distintos enfoques de desarrollo.
 - Internet de las Cosas (IoT), Internet de Todo (IoE) y aplicaciones de sensado móvil o sensado urbano.
 - Aplicaciones Móviles y su utilización en el proyecto de *Smart City*.
 - El rol de los dispositivos móviles en aplicaciones de *crowdsourcing* o colaboración abierta distribuida.
 - El rol de las aplicaciones móviles como herramientas para hacer frente a la pandemia de COVID-19
 - Aplicaciones Móviles resilientes. Escenarios adversos: conectividad inestable, pérdida de conexión, ralentización del tráfico de red, ciberataques. Estrategias: *offline first*, almacenamiento local, memoria cache, *retry pattern* (reintento) *throttling pattern* (estrangulamiento), lineamientos para el desarrollo de apps móviles resistentes a ciber-ataques
- multiplataforma. Los resultados y conclusiones fueron publicados en [10] y [11].
- Se desarrolló "*Informática UNLP*", una aplicación móvil para la comunidad de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata [12]. Esta aplicación contribuye a la mejor comunicación alumno/docente. Entre otras funciones incluye una cartelera virtual ajustable a las preferencias de los alumnos y utiliza tecnología de realidad aumentada para proveer información sobre la ocupación de las aulas en tiempo real. Las primeras versiones fueron liberadas para Android pero actualmente también está disponible para iPhone y iPad.
 - En [13] se estudiaron las implicaciones de la elección de un enfoque de desarrollo determinado sobre la eficiencia energética de las aplicaciones generadas. Se contemplaron aplicaciones con alta carga de procesamiento, reproducción de video y acceso a imágenes generadas con diversos enfoques de desarrollo.
 - En [14] se han publicado los resultados de un estudio sobre el impacto que tienen 9 tecnologías distintas de desarrollo de aplicaciones móviles sobre 23 características de interés para la Ingeniería de Software.
 - En [15] se estudió el modo en que distintos *frameworks* de desarrollo multiplataforma afectan el tamaño de la aplicación construida. Los resultados son relevantes dado que el espacio disponible se ha convertido en un recurso crítico para muchos usuarios.
- Se ha cuantificado el impacto que tiene la elección del *framework* de desarrollo sobre tres de los requerimientos no funcionales más demandados por los usuarios de dispositivos móviles: rendimiento, consumo de energía y uso de espacio de almacenamiento. Los resultados y conclusiones se publicaron

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Los resultados obtenidos/esperados se pueden resumir en:

- Se ha estudiado el impacto que tiene el enfoque de desarrollo elegido sobre el rendimiento de las aplicaciones construidas. Se consideraron las plataformas iOS y Android junto a varios *frameworks* de desarrollo

en [16] y constituyen una guía para los desarrolladores al momento de elegir el *framework* más adecuado a sus expectativas.

- Las Aplicaciones Web Progresivas o PWA, por sus siglas en inglés, fueron analizadas en [17]. Dada su estrecha relación con las aplicaciones web móviles fueron comparadas con estas últimas explicitando diferencias y similitudes. Se concluyeron una serie de ventajas y desventajas de un enfoque respecto del otro.
- Se desarrolló “InnovApp”, una PWA que permite realizar una visita virtual guiada a la muestra de Ciencia y Tecnología 2019 llevada a cabo en el Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica (CIyTT) de la Facultad de Informática de la UNLP
- Se han estudiado distintas estrategias para enfrentar la pandemia de COVID-19 que incluyen tecnología móvil. Para ello se analizaron las aplicaciones promovidas por los gobiernos de 22 países distintos como herramientas tecnológicas para combatir la Pandemia. Los resultados y conclusiones se publicaron en [18].
- Se implementó un prototipo de sistema de sensado móvil participativo que permite al ciudadano monitorear la calidad del agua de red que llega a su domicilio y, en caso de anomalías, alertar a la comunidad y autoridades competentes [19].
- Se continúa con el desarrollo de nuevas características de "*Informática UNLP*", una aplicación multiplataforma en continua evolución y crecimiento.
- Se prosigue con el estudio y el análisis del alcance de la tecnología de sensado móvil en aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT), Internet de Todo (IoE) y sensado urbano.
- Se continúa con el análisis sobre el rol de las Aplicaciones Móviles en el

contexto de las ciudades inteligentes, haciendo foco especialmente en aquellas que implementan la colaboración abierta distribuida (*crowdsourcing*).

- Se examinarán las distintas formas de persistencia de datos en aplicaciones móviles en función del enfoque/*framework* de desarrollo utilizado y como estrategia para mitigar la inestabilidad de las conexiones.
- Se estudiarán y analizarán distintas estrategias para alcanzar mayor nivel de resiliencia en las aplicaciones móviles. Se considerarán distintas circunstancias de adversidad.
- Se promoverá el avance sostenido y continuo de la formación de los miembros involucrados en esta línea de investigación.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Los integrantes de esta línea de investigación dirigen Tesinas de Grado y Tesis de Postgrado en la Facultad de Informática, y Becarios III-LIDI en temas relacionados con este proyecto. Además, participan en el dictado de asignaturas/cursos de grado y postgrado de la Facultad de Informática de la UNLP.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Hongxing Li, Guochu Shou, Yihong Hu, Zhigang Guo. *Mobile Edge Computing: Progress and Challenges*. 2016 4th IEEE International Conference on Mobile Cloud Computing, Services, and Engineering (MobileCloud). Oxford UK.
2. Spyros Xanthopoulos, Stelios Xinogalos, *A Comparative Analysis of Cross-platform Development Approaches for Mobile Applications*, BCI' 2013, Greece
3. Tracy, K.W., *Mobile Application Development Experiences on Apple's iOS and Android OS*, Potentials, IEEE, 2012.
4. <http://phonegap.com/>

5. <https://ionicframework.com/>
6. <http://www.appcelerator.com/>
7. <https://www.nativescript.org/>
8. <http://xamarin.com/>
9. <https://coronalabs.com/>
10. Delia L., Galdamez N., Corbalan L., Thomas P., Pesado P., *Un Análisis comparativo de rendimiento en Aplicaciones Móviles Multiplataforma*, CACIC 2015, UNNOBA Junín, Octubre 2015.
11. Delia L., Galdamez N., Corbalan L., Thomas P., Pesado P. *Approaches to Mobile Application Development: Comparative Performance Analysis* SAI Computing Conference (SAI), 2017. Londres, del 18 al 20 de Julio de 2017.
12. Fernández Sosa J., Cuitiño A., Thomas P., Delia L., Caseres G., Corbalán L., Pesado P. *“Informática UNLP” la App de la Facultad de Informática*. CACIC 2017. La Plata, del 9 al 13 de Octubre de 2017.
13. L. Corbalan, J. Fernandez Sosa, A. Cuitiño, L. Delía, G. Cáseres, P. Thomas, P. Pesado. *“Development Frameworks for Mobile Devices: A Comparative Study about Energy Consumption”*. 5th IEEE/ACM International Conference on Mobile Software Engineering and Systems. Gothenburg, Sweden. 27 y 28 de Mayo del 2018.
14. L. Delia, P. Thomas, L. Corbalan, J. Fernandez Sosa, A. Cuitiño, G. Cáseres, P. Pesado. *“Development Approaches for Mobile Applications: Comparative Analysis of Features”* SAI - Computing Conference 2018. London, United Kingdom. 10 al 12 de Julio de 2018.
15. J. Fernández Sosa, P. Thomas, L. Delía, G. Cáseres, L. Corbalán, F. Tesone, A. Cuitiño, P. Pesado. *“Mobile Application Development Approaches: A Comparative Analysis on the Use of Storage Space”*. XV Workshop de Ingeniería de Software - XXIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC 2018. Tandil, Argentina. 8 al 12 de octubre de 2018.
16. Corbalán, L., Thomas, P., Delía, L., Cáseres, G., Sosa, J. F., Tesone, F., & Pesado, P. (2019, June). A Study of Non-Functional Requirements in Apps for Mobile Devices. In *Conference on Cloud Computing and Big Data* (pp. 125-136). Springer, Cham
17. Aguirre, V., Ortu, A., Delía, L. N., Thomas, P. J., Corbalán, L. C., Cáseres, G., & Pesado, P. M. (2019). PWA para unificar el desarrollo Desktop, Web y Mobile. In *XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)* (Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, 14 al 18 de octubre de 2019).
18. Fernandez Sosa, J., Aguirre, V., Delía, L., Thomas, P., Corbalán, L., & Pesado, P. M. (2020). COVID-19: un análisis comparativo de Apps. In *XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)* (Universidad Nacional de La Matanza, 5 al 9 de octubre de 2020).
19. Fernández Sosa, J. F., Aguirre, V., Corbalán, L. C., Delía, L. N., Thomas, P. J., & Pesado, P. M. (2021). Sensado móvil como estrategia de participación ciudadana en Ciudades Inteligentes. In *XXVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)* (Modalidad virtual, 4 al 8 de octubre de 2021).

Diseño y desarrollo de Serious Games para la rehabilitación de pacientes neurológicos implementando VRPN para las comunicaciones entre las interfaces y los dispositivos.

Javier J. Rosenstein, Rodrigo Gonzalez, Juan Salvador Portugal, Julian Argañaraz, Nicolás Ignacio Zarate, Héctor Sebastián Salinas

Instituto de Investigaciones, Facultad de Informática y Diseño, Universidad Champagnat, Belgrano 721, 5501 Godoy Cruz, Mendoza, Mendoza, Argentina.

rosensteinjavier@uch.edu.ar, gonzalezrodrigo@uch.edu.ar, thejuasz@gmail.com, hiory01@gmail.com, nicolaszarate23@gmail.com, hdseba_uch@hotmail.com

RESUMEN

En el desarrollo de sistemas de realidad virtual uno de los inconvenientes que se encuentran es la comunicación entre las aplicaciones y los dispositivos de adquisición de datos. Ya sea por no disponer de un método de acceso en forma directa o por necesitar independencia entre ambos, es decir que las aplicaciones corran en una plataforma y los dispositivos en otras. Para lograr esta independencia y a su vez permitir la integración de todo el sistema de realidad virtual, es necesario la implementación de algún protocolo de comunicaciones que permita esta vinculación heterogénea en tiempo real. Los dispositivos generalmente están asociados a funciones o características de los individuos que los utilizan y se necesita integrar los movimientos que estos representan hacia una interfaz gráfica que permita la realimentación neuronal del paciente y de este modo lograr la mejora cognitiva (efecto de neurofeedback deseado). El presente trabajo trata del análisis e implementación del protocolo de comunicaciones VRPN (Virtual Reality Peripheral Network) entre las partes de un entorno multimedia donde interactúan la adquisición de movimientos del usuario y la representación visual en un escenario virtual que permita la retroalimentación al usuario en tiempo real logrando una experiencia interac-

tiva e inmersiva. Logrando de este modo la producción de un sistema de capacitación / rehabilitación o mejor llamado Serious Game. **Palabras clave:** VRPN, EOG, EEG, BCI, Serious Games, Mirror Neurons, Neurofeedback

CONTEXTO

El presente proyecto se desarrolla en el Instituto de Investigaciones de la Facultad de Informática y Diseño de la Universidad Champagnat (Godoy Cruz, Mendoza), en el marco de la Licenciatura en Sistemas de Información; en cooperación con el Laboratorio de I+D+i en Neurotecnologías de la empresa Neuromed Argentina S.A. (Godoy Cruz, Mendoza).

Este trabajo es parte del proyecto de investigación que dio inicio en Septiembre de 2020 denominado “Diseño y desarrollo de un prototipo de Serious Game destinado a la rehabilitación de problemas neurológicos implementando VRPN para la comunicación de la BCI”.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la presente línea de investigación consiste en el diseño y

desarrollo de una BCI (Brain Computer Interface) [1] [2], que permita interactuar entre las señales generadas por un paciente neurológico [3] y una interfaz de realidad virtual. Este sistema debe permitir lograr el principio de neurofeedback [4], o retroalimentación hacia el paciente. De este modo se podrán mejorar sus capacidades cognitivas correspondientes. Esto tiene aplicación directa en los tratamientos de rehabilitación en pacientes de patologías neurológicas y cognitivas, principalmente en niños, este enfoque es importante ya que está demostrado que es la mayor causa de discapacidad en niños, según estadísticas como las publicadas por el Indec de su último informe del 2018 (ver figura1), en argentina dentro de las principales discapacidades, la mental-cognitiva es la mayor de las discapacidades entre las edades de 6 a 14 años.

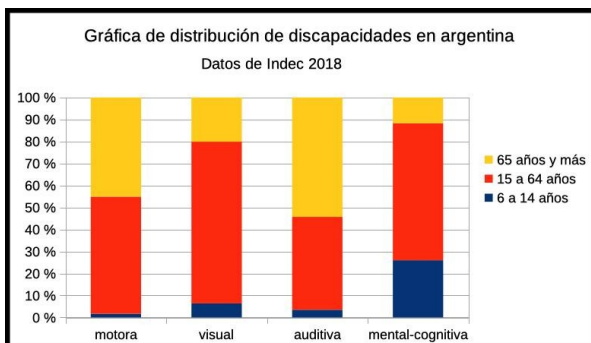


Figura 1: Discapacidades según Indec en argentina

Incluso, estudios indican la posibilidad de tratar patologías psiquiátricas como la depresión [5] [6].

La implementación del trabajo se organiza de acuerdo a las siguientes etapas:

- a) Adquisición de señales mediante técnicas de Electroencefalografía (EEG) [7] y adquisición de movimientos oculares mediante las técnicas de electrooculografía (EOG) [8] [9] [10] [11] [12].
- b) Análisis de estas señales en tiempo real para poder identificar la voluntad

de movimiento del individuo, así como la dirección del movimiento.

- c) Transformar la voluntad de movimiento en comandos del protocolo VRPN que permitan transmitir la información al componente software / hardware que la requiera.
- d) Como continuación al resultado obtenido en el punto anterior, Diseñar, programar y poder comandar una interfaz gráfica de aprendizaje o interfaz Cerebro / Computadora (BCI – Brain Computer Interface).

Finalmente se presenta la BCI como un sistema de adquisición de datos, procesamiento del protocolo serie a VRPN y luego la representación en nuestro modelo de prototipo de Serious Game [14] [15]. Una vez adquiridas las señales EEG/EOG, estas se analizan y codifican con las bibliotecas desarrolladas como parte de este proyecto. Esto permite su comunicación mediante VRPN con las interfaces virtuales que interpretan este protocolo.

2. LINEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Este trabajo está compuesto por tres etapas o fases de trabajo. La primera de ellas corresponde a la implementación de VRPN entre un sistema simulado de captura de datos provenientes de un paciente, y una interfaz virtual básica. La segunda etapa del proyecto pretende avanzar sobre la captura de datos reales para que, luego de procesados, se transfieran a través de VRPN hacia la interfaz virtual de neurofeedback. Una breve descripción de cada una de las etapas se describe a continuación:

1. La primer parte consiste en la implementación de un simulador de señales EEG y EOG necesarias para el análisis e interpretación de la voluntad del usuario de la BCI. Estas señales una vez procesadas se deben codificar en comandos de VRPN para poder ser transmitidas hacia una interfaz virtual. Esta debe poder interpretar las señales transmitidas y representar la voluntad inicial del usuario correspondiente. De este modo se cumplen los objetivos de captura, análisis, procesamiento, transmisión, recepción y representación, lo cual produce el efecto de neurofeedback deseado sobre una interfaz virtual de capacitación a nivel prototipo.
2. La segunda etapa consiste en el diseño y desarrollo del escenario virtual de rehabilitación cognitiva para pacientes neurológicos según las indicaciones concretas por parte del especialista en neurología. Se partirá de un relevamiento de las técnicas de aprendizaje que se requieren implementar y los resultados que se pretenden obtener, indicados por el neurólogo o experto afín.
3. La etapa final futura de este proyecto consistiría en el desarrollo y mejora del proyecto mediante la adquisición real de señales EEG y EOG por electrodos ubicados superficialmente sobre la cabeza del paciente. Esta modificación al sistema requiere de un diseño e implementación electrónica así como del desarrollo del firmware que permita adquirir, analizar y

preprocesar estas señales, que luego serán transmitidas a través del protocolo VRPN hacia las interfaces virtuales de rehabilitación cognitiva de la etapa 2. Así, el sistema de adquisición real de datos se incorporará a futuro en forma transparente al proyecto implementado en las primeras 2 etapas.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados se pueden dividir en dos grandes grupos:

1. BCI e interfaz virtual gráfica que produzca en el paciente el efecto de neurofeedback: se espera obtener como producto final un sistema de retroalimentación a un usuario, en primera medida simulando la generación de señales que serán interpretadas en lops escenarios de realidad virtual diseñados para este fin, estas señales se deberán enviar mediante comandos codificados en el protocolo VRPN que se transmitirá a través de una red Ethernet.
2. Adquisición de datos reales de EEG y EOG: análisis y preprocesamiento; se identifican los comandos necesarios para su transmisión hacia el equipo generador de tramas VRPN para que finalmente se tenga un prototipo funcional que implemente la técnica de la terapia y se logre el efecto real final de neurofeedback propuesto, cabe aclarar que para que esto puedan lograrse es necesario la interacción con equipos de trabajo de diseño y desarrollo de electrónica que colaboren en conjunto con el equipo de investigación formado.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La línea de I+D presentada está vinculada con el desarrollo de la tesis de maestría en teleinformática de la Universidad de Mendoza, de Javier J. Rosenstein, defendida a

finas del 2020. Dicha tesis se centró en la implementación del protocolo VRPN demostrando su uso en un sistema BCI.

Esta línea de I+D Además cuenta con la dirección del Mgter. Javier J. Rosenstein (UCH) y como investigador principal el Dr. Rodrigo Gonzalez (UCH). En lo que respecta a la formación de estudiantes de la licenciatura, esta línea de investigación cuenta con cuatro tesis de grado en curso, pertenecientes a los estudiantes Juan Salvador Portugal, Julian Argañaráz, Nicolás Ignacio Zarate y Héctor Sebastián Salinas, cuyos planes de tesis se encuentran específicamente dentro del marco de este proyecto. Todos ellos cursan actualmente la licenciatura en Sistemas de Información en la Universidad Champagnat.

Todos los avances logrados y las implementaciones realizadas relacionadas con el desarrollo del presente proyecto desde su primer etapa, se están utilizando como recurso para el dictado de talleres de comunicaciones, redes, programación de microcontroladores, programación en C/C++ y diseño y programación de interfaces virtuales de capacitación/rehabilitación en general, tanto para estudiantes de la universidad, como así también para alumnos externos a la UCH.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Y. Wang, X. Gao, B. Hong, and S. Gao, "Practical designs of brain-computer interfaces based on the modulation of EEG rhythms," in *Brain-Computer Interfaces*. Springer, 2009, pp. 137–154.
2. J. R. Wolpaw, N. Birbaumer, D. J. McFarland, G. Pfurtscheller, and T. M. Vaughan, "Brain-computer interfaces for communication and control," *Clinical neurophysiology*, vol. 113, no. 6, pp. 767–791, 2002.
3. J. A. Pineda, "The functional significance of mu rhythms: translating "seeing" and "hearing" into "doing"," *Brain Research Reviews*, vol. 50, no. 1, pp. 57–68, 2005.
4. S. Enriquez-Geppert, R. J. Huster, and C. S. Herrmann, "Boosting brain functions: Improving executive functions with behavioral training, neurostimulation, and neurofeedback," *International Journal of Psychophysiology*, vol. 88, no. 1, pp. 1–16, 2013.
5. R. Ramirez, M. Palencia-Lefler, S. Giraldo, and Z. Vamvakousis, "Musical neurofeedback for treating depression in elderly people." *Frontiers in neuroscience*, vol. 9, pp. 354–354, 2014.
6. W. Rief, "Getting started with neurofeedback," 2006.
7. J. D. Kropotov, *Quantitative EEG, event-related potentials and neurotherapy*. Academic Press, 2010.
8. A. Bulling, J. A. Ward, H. Gellersen, and G. Troster, "Eye movement analysis for activity recognition using electrooculography," *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 33, no. 4, pp. 741–753, 2011.
9. H. Singh and J. Singh, "A review on electrooculography," *International Journal of Advanced Engineering Technology*, vol. 3, no. 4, pp. 115–122, 2012.
10. D. P. Bautista, I. A. Badillo, D. De la Rosa Mejía, and A. H. H. Jiménez, "Interfaz humano-computadora basada en señales de electrooculografía para personas con discapacidad motriz," *ReCIBE*, vol. 3, no. 2, 2016.
11. S. Yathunathan, L. Chandrasena, A. Umakanthan, V. Vasuki, and S. Munasinghe, "Controlling a wheelchair by use of EOG signal," in *2008 4th International Conference on Information and Automation for Sustainability*, IEEE, 2008, pp. 283–288.
12. V. C. C. Roza, "Interface para tecnologia assistiva baseada em eletrooculografia," 2014.
13. A. C. Gaviria, I. C. Miller, S. O. Medina, and D. R. Gonzales, "Implementación de una interfaz hombre-computador basada en registros EOG mediante circuitos de señal mixta PSoC," in *V Latin American*

- Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2011 May 16-21, 2011, Habana, Cuba. Springer, 2013, pp. 1194–1197.
14. P. Rego, P. M. Moreira, and L. P. Reis, “Serious games for rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy,” in 5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies. IEEE, 2010, pp. 1–6.
 15. J. S. Breuer and G. Bente, “Why so serious? On the relation of serious games and learning,” *Eludamos. Journal for Computer Game Culture*, vol. 4, no. 1, pp. 7–24, 2010.
 16. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INDEC, Argentina, 2018, ISBN:978-950-896-519-6, https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/estudio_discapacidad_07_18.pdf
 17. Rosenstein, Javier J. (2020). *Uso de VRPN para la implementación de una interfaz cerebro-computadora* [Tesis de Maestría en Teleinformática, Universidad de Mendoza].

Línea de investigación realidad aumentada universal dirigida por Interacciones procedimentales en contextos 4.0

Martin Becerra ¹, Jorge Ierache ¹, María José Abasolo ^{2,3},

¹Universidad Nacional de La Matanza, DIIT, Grupo de Realidad Aumentada Aplicada

Florencio Varela 1903, La Matanza, Buenos Aires, Argentina

{mabecerra, jierache}@unlam.edu.ar

²Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Informática, III-LIDI

³Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Bs. As. CICIPBA

mjabella@lidi.info.unlp.edu.ar

Resumen

En este trabajo se enuncian la línea de investigación aplicada al desarrollo de un framework para navegadores de realidad aumentada semántico.

Palabras clave: Realidad Aumentada ubicua, Catálogo Virtual Aumentado, Ontologías, Web Semántica

Contexto

La investigación presentada es desarrollada por el grupo de investigación de Realidad Aumentada Aplicada del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza, como trabajo de tesis doctoral.

Introducción

La Realidad Aumentada (RA) permite la fusión de datos virtuales sobre el mundo físico, enriqueciendo con información virtual la percepción de la realidad [1]. En los últimos años, la RA se ha expandido a diferentes campos de aplicación tales como educación, salud, industria, turismo, marketing y entretenimiento. Nuestro equipo de investigación desarrolló diferentes aplicaciones, como juegos de tablero [2],[3], herramientas para la generación de materiales didácticos para el área educativa [4] y juegos didácticos [5], o sistemas de aumentación de información de salud mediante una tarjeta aumentada basadas en conocimiento para la

asistencia médica en emergencias [6],[7]. El proyecto de investigación aplicada se encuadra en el contexto de la aplicación de tecnologías de RA en la vida cotidiana de las personas que contribuye a la participación en el ámbito tecnológico generando así un impacto significativo en la sociedad.

En la actualidad existen diferentes navegadores de Realidad Aumentada (En inglés AR Browsers) populares en el mercado como LayAR[8], wiktitude[9] para proveer experiencias de Realidad Aumentada. Estas son limitadas ya que le permiten a un usuario consumir pasivamente un conjunto delimitado de funciones. Existen diferentes alternativas como ARCAMA3D [10], T. Matuszka et. al. [11] y SmartReality[12] que ofrecen una experiencia ubicua mediante la integración de tecnologías de web semántica para integrar información de la nube de datos interconectados (En inglés *Linked data Cloud*) para enriquecer las descripciones de puntos de interés cercanos a la posición de un usuario. Estas aplicaciones permiten crear contenidos, pero son consumidos estáticamente. En otras palabras, solamente pueden ver descripciones sin poder realizar ninguna acción sobre las mismas. Resulta de utilidad que el usuario pueda definir un procedimiento como conjunto de acciones a realizar en un entorno enriquecido por la Realidad Aumentada.

En la próxima sección se describe la línea de investigación y desarrollo “Realidad aumentada universal dirigida por Interacciones

procedimentales en contextos 4.0” que tiene como finalidad crear procedimientos para su explotación en contextos 4.0 en el que se apliquen tecnologías de Realidad Aumentada. El objetivo es permitir la creación de procedimientos accionables e interoperables mediante el uso de tecnologías de web semántica para dirigirnos hacia una Realidad Ubicua en donde el navegador de RA pueda consumir datos independientemente de la aplicación que los genere.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

La línea de investigación y desarrollo realidad aumentada universal dirigida por Interacciones procedimentales en contextos 4.0 tiene por objetivo desarrollar aplicaciones de Realidad Aumentada en dirección al “Framework para la generación y explotación de procedimientos en Navegadores de realidad aumentada semánticos”.

El objetivo de esta línea de investigación aplicada se centra en el desarrollo de un framework[13] que permite a usuarios sin conocimientos específicos de programación, tener la capacidad de crear procedimientos o series de pasos a realizar en entornos físicos para su explotación con navegadores de Realidad Aumentada. En este prototipo se utiliza estándares de la web semántica para enriquecer dichos procedimientos con información de la web y lograr que sean interoperables gracias al uso de la ontología resultado de nuestra investigación que actúa como contrato semántico con otras aplicaciones convencionales como de RA.

Esta línea de investigación se puede aplicar en varios contextos que aplican tecnologías de Realidad Aumentada en especial en la industria 4.0 en la asistencia de tareas de trabajadores inteligentes. En hogares inteligentes se puede emplear para estructurar interacciones con dispositivos inteligentes de diferentes proveedores como también en la elaboración de

guías para el cuidado de personas en el área de salud.

El framework (figura 1) dispone de un editor llamado editor de procedimientos semánticos (en inglés Semantic Procedure Editor) que le permita armar procedimientos a un usuario creador de contenidos para articular tareas en un entorno real como por ejemplo la creación de tareas que debe realizar un operador inteligente en su puesto de trabajo en el contexto de la industria 4.0. Para la explotación de contenidos el prototipo dispone un navegador de Realidad Aumentada semántico (En inglés Semantic AR Browser) que permita al usuario buscar y utilizar dichos procedimientos. En primera instancia el prototipo se desarrolló para teléfonos móviles. El servicio que se encarga de unificar el acceso a los diferentes servicios del framework se lo llama en inglés Semantic Middleware, este es el responsable de comunicar el editor y el navegador con el servicio que administra el sistema de almacenamiento para publicar y explotar procedimientos semánticos para RA. (En inglés Public Semantic AR Procedure RDF triple store).

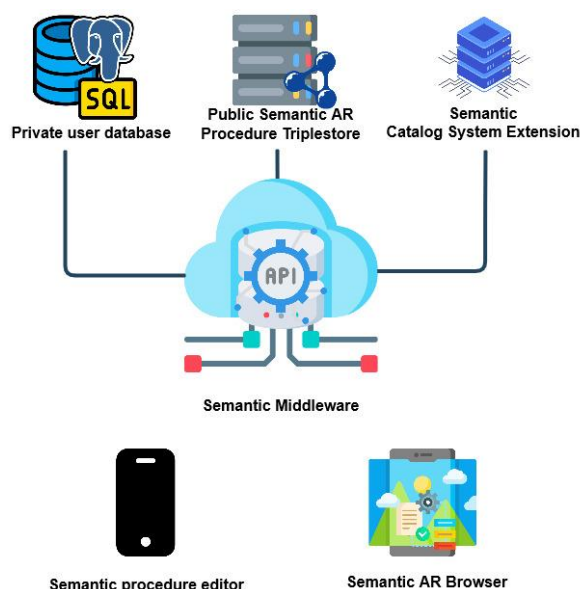


Figura 1 Esquema conceptual Framework para la generación y explotación de procedimientos en Navegadores de RA semánticos.

Se desarrolló el Sistema de Catálogos

Virtuales Aumentados [14], [15], [16] el cual permite la generación, distribución y explotación de contenidos de Realidad Aumentada. Dichos catálogos están compuestos por un conjunto de marcadores que son aumentados con información provista por los usuarios al momento de su creación texto, audio, video, modelos en 3D, la cual es visualizada utilizando una aplicación para teléfono inteligente conectada a internet.

En la línea presentada, la extensión del sistema de catálogos aumentada llamada en inglés Semantic Catalog System Extensión busca ser una capa semántica que permita consumir contenidos creados con este sistema, estructurando el acceso a datos mediante el uso de ontologías que permita que el sistema sea interoperable para que tome la función de repositorio de datos universal para todas aquellas aplicaciones de Realidad Aumentada que puedan interpretar el modelo ontológico proporcionado.

Resultados y Objetivos

En relación con la línea realidad aumentada universal dirigida por Interacciones procedimentales en contextos 4.0, se trabajó en la interacción procedimental para un navegador de Realidad Aumentada semántico [17] que tiene el objetivo de asistir a los usuarios en realizar tareas en su contexto. Un ejemplo que se puede citar es seguir una receta para cocinar un plato en el contexto de gastronomía 4.0. Esta interacción consiste en (1) Buscar un procedimiento (receta) a seguir, (2) Seleccionar uno entre los resultados obtenidos de las recetas a cocinar. (3) Seguir paso a paso de las acciones indicadas para alcanzar el objetivo como se puede observar en la figura 2.

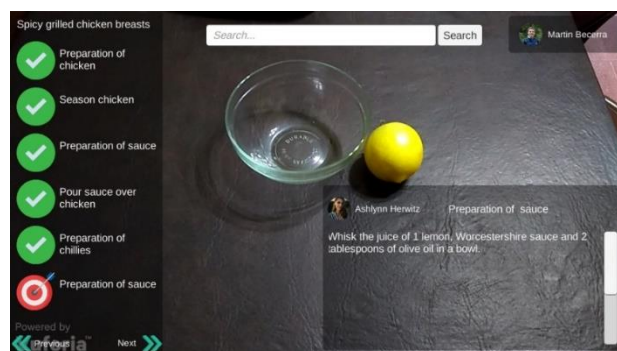


Figura 2 Ultimo paso de procedimiento para seguir una receta de cocina

Formación de Recursos Humanos

El grupo de investigación se encuentra conformado por 2 investigadores formados y dos investigadores en formación, trabajando en el área de RA. Uno de los investigadores en formación se encuentra realizando el Doctorado en Ciencias Informáticas en la UNLP, particularmente en el área específica del presente trabajo.

Referencias

- [1] Yee C., Abásolo M. J., Más Sansó R. y Vénere M. (2011). "Realidad Virtual y Realidad Aumentada. Interfaces avanzadas." ISBN 978-950-34-0765-3.
- [2] Ierache J., Mangiarua N., Verdicchio N., Sanz D., Montalvo C., Petrolo F., Igarza S. (2015). "Sistema de Catálogo Virtual Aumentado. Integración de Framework Especializado orientado a juegos didácticos" TEYET, pp 350-356, ISBN 978-950-656-154-3.
- [3] Verdicchio N., Sanz D., Igarza S., Mangiarua N., Montalvo C., Ierache J. (2016) "Sistema de Catálogo Virtual Aumentado Integración de Framework Especializado Orientado a Juegos Didácticos". TE&ET, pp 597-604, ISBN 978-987-3977-30-5.
- [4] Ierache J., Mangiarua N., Bevacqua S.,

Becerra M., Verdicchio N., Duarte N., Sanz D., Igarza S. (2014). "Herramienta de Realidad Aumentada para facilitar la enseñanza en contextos educativos mediante el uso de las TICs". *Revista Latinoamericana de Ing de Software*,1(1): -3, ISSN 2314-2642.

[5] Ierache J., Mangiarua N., Becerra M., Igarza S. Sposito O. Framework for the Development of Augmented Reality Applications Applied to Education Games. In: De Paolis L., Bourdot P. (eds) *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2018. Lecture Notes in Computer Science*, vol 10850. Springer, Cham. p. 340-350.

[6] Ierache N., Mangiarua N., Verdicchio D., Sanz D., Montalvo C., Petrolo F. and Igarza S., "Augmented. Card System Based on Knowledge for Medical Emergency Assistance". IEEE Xplore ISBN 978-1-5090-2938-9 2016.

[7] Ierache J., Verdicchio N., Duarte N., Montalvo C., Petrolo F., Sanz D., Mangiarua N., Igarza S., "Augmented Reality Card System for Emergency Medical Services", IWBBIO 2016 Proceedings Extended abstracts 20 - 22 abril 2016 Granada (SPAIN), pp 487-494, ISBN 978-84-16478-75-0.

[8] LayAR. Disponible en <https://www.layar.com/>. Accedido febrero 2021.

[9] Wikitude. Disponible en <https://www.wikitude.com/>. Accedido febrero 2021.

[10] Aydin B., Gensel J., Genoud P. Extending Augmented Reality Mobile Application with Structured Knowledge from the LOD Cloud. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/278241470_Extending_Augmented_Reality_Mobile_Application_with_Structured_Knowledge_from_the_LOD_Cloud. Accedido febrero 2021.

[11] T. Matuszka et. al. The Design and Implementation of Semantic Web-Based

Architecture for Augmented Reality Browser. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/280068074_The_Design_and_Implementation_of_Semantic_Web-Based_Architecture_for_Augmented_Reality_Browser. Accedido febrero 2021

[12] Nixon L., Grubert J. Reitmayr G. SmartReality: Integrating the Web into Augmented Reality. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/257207430_SmartReality_Integrating_the_Web_into_Augmented_Reality. Accedido en febrero 2021.

[13] Becerra M., Ierache J., Abasolo M.J. (2021) Interoperable Dynamic Procedure Interactions on Semantic Augmented Reality Browsers. In: De Paolis L.T., Arpaia P., Bourdot P. (eds) *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2021. Lecture Notes in Computer Science*, vol 12980. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4_15.

[14] Ierache J., Mangiarua N., Verdicchio N., Becerra M., Duarte N., Igarza S. (2014). "Sistema de Catálogo para la Asistencia a la Creación, Publicación, Gestión y Explotación de Contenidos Multimedia y Aplicaciones de Realidad Aumentada". CACIC 2014 Red UNCI ISBN 978-987-3806-05.

[15] Ierache J., Mangiarua N., Bevacqua S., Verdicchio N., Becerra M., Sanz D., Sena M., Ortiz F., Duarte N., Igarza S. (2015). "Development of a Catalogs System for Augmented Reality Applications". World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 97, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, 9(1), 1 - 7. ISSN 1307:6892.

[16] Mangiarua, N., Ierache, J.S., Becerra, M.E., Maurice, H., Igarza, S., & Sposito, O. (2018). Templates Framework for the Augmented

Catalog System. CACIC 2018 Red UNCI ISBN 978-3-030-20786-1.

[17] Becerra M., Ierache J., Abasolo M.J. (2022) Towards Augmented Reality Interactions driven by Universal Dynamic Procedural Browser actions in the 4.0 Contexts. In: Intelligent Systems Conference (IntelliSys) 2022 . Lecture Notes in Networks and Systems. Springer. En prensa.

Generación de un prototipo de comunicación sobre Android para app móviles reactivas

Susana Beatriz Chavez¹ Adriana Elizabeth Martín², Sergio Rafael Flores³; A. Sara Zogbe⁴, Ortiz, Alexis Rodrigo

Departamento e Instituto de Informática - F.C.E.F. y N. - U.N.S.J.
Complejo Islas Malvinas. Ignacio de la Roza y Meglioli.
C.P. 5402. Rivadavia. San Juan, 0264 4234129

¹schavez@iinfo.unsj.edu.ar; ²arianamartinsj@gmail.com;
³sergior@gmail.com; ⁴sarazogbe@yahoo.com.ar;
rodriunsj5@gmail.com

Resumen

El gran avance de las comunicaciones ha cambiado drásticamente la forma en que las personas y las máquinas interactúan entre sí, permitiendo el acceso instantáneo a información y servicios en tiempo real. El objetivo de este trabajo es proponer un modelo de comunicación entre app móviles, que permita evaluar la disponibilidad de los canales de comunicación y, de esta manera, garantizar que un mensaje llegue a destino. Para ello, se propone trabajar sobre una plataforma con soporte a la programación reactiva. Esto conlleva analizar y entender qué propone este nuevo paradigma reactivo para que el desarrollo del software móvil sea una solución real y competitiva.

Para poder interactuar continuamente con su entorno, las apps reactivas deben poder adaptarse a la carga a la que se enfrentan, utilizando una mayor capacidad computacional cuando sea necesario. Esto significa que debe poder hacer un uso eficiente del hardware en un solo dispositivo (que puede tener uno o más núcleos), y también ser capaz de funcionar a través de varios nodos de cómputo a su disposición, dependiendo de la carga.

Para garantizar la conectividad requerida por las apps reactivas, se pretende desarrollar un componente que identifique todas las alternativas disponibles de comunicación en el hardware del dispositivo. Considerando dispositivo a cualquier equipo o máquina que

sea capaz de generar y transmitir información a otro dispositivo.

Palabras claves: Paradigma Reactivo, Dispositivos móviles, IoT, Java, Android SO.

Contexto

El presente trabajo se encuadra dentro del área I/D Innovación en Sistemas de Software y se enmarca dentro del proyecto de investigación: Modelo de Sistema de Comunicación en Programación Reactiva, que ha sido aprobado por CICITCA y está en desarrollo para el período 2020-2022. Si bien este grupo de investigación se ha formado para trabajar en conjunto a partir del año 2020, cada integrante viene realizando tareas en distintos grupos, algunos desde enero de 2000 en tecnologías asociadas a la Computación Distribuida.

Se incorporaron dos alumnos en instancia de trabajo final de tesis de grado.

Las unidades ejecutoras para dicho proyecto son el Departamento e Instituto de Informática de la FCEFYN de la UNSJ.

Introducción

Debido a que los procesadores multinúcleo se están convirtiendo en un estándar, se han creado múltiples niveles de abstracción para simplificar la concurrencia y permitir un desarrollo más simple.

Es importante entender conceptos claves, como son los modelos de concurrencia [1]

utilizados para modelar y manipular operaciones asincrónicas sin perder de vista la tolerancia a fallos.

Cada uno de estos modelos tiene un enfoque diferente:

- **Futures:** son la base de la programación asíncrona y reactiva en Scala. Permiten manipular los resultados de una operación que aún no ha sucedido y lidiar efectivamente con la falla de dichas operaciones, permitiendo un uso más eficiente de los recursos computacionales.
- **Memoria transaccional de software (STM):** simplifica enormemente la comprensión conceptual de los programas multiproceso y ayuda a que los programas sean más fáciles de mantener al trabajar en armonía con las abstracciones de alto nivel existentes, como los objetos y los módulos. Usado por Clojure.
- **Stream Reactivos:** proporciona una abstracción para aplicaciones asíncronas altamente concurrentes con soporte para el procesamiento de flujo asíncrono con backpressure sin bloqueo. Ej.: RxJava, Reactor, etc.
- **Modelo basado en Actores:** es un modelo concurrente de cómputo para crear sistemas altamente concurrentes y paralelizables en un entorno distribuido. Popularizado por el lenguaje de programación Erlang y es implementado por Akka sobre JVM [2]. Con este modelo los actores no invocan a métodos, sino que se envían mensajes entre ellos (ver Figura 1). El envío de un mensaje no transfiere el hilo de ejecución al receptor. Un actor puede enviar un mensaje y continuar sin quedar bloqueado. Por lo tanto, puede lograr más en la misma cantidad de tiempo. A diferencia del comportamiento de los *objetos*, que libera el control de su hilo de ejecución cuando el método invocado termina (return). Sin embargo, los actores se

comportan como objetos, cuando reaccionan a los mensajes y devuelven la ejecución al terminar de procesar el mensaje actual. De esta manera, los actores logran realmente la ejecución que siempre se imaginó para los objetos.

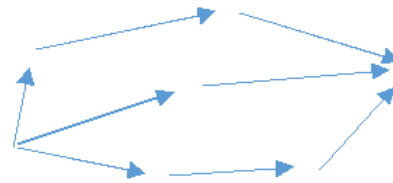


Figura1 . Interacción entre actores

La abstracción del modelo de actor permite pensar en el código en términos de comunicación.

No todos los modelos tienen un verdadero manejo de errores y recuperación de fallas. Algunos están diseñados para un alto rendimiento, pero no para escalar horizontal y/o verticalmente. Las ventajas que ofrecen cada uno de estos modelos pueden ser una “buena idea” en algunos contextos, pero no en otros. Es preciso cuestionar todo y asegurarse de que realmente se comprenden las fortalezas y debilidades de todas sus opciones de diseño, ya sea que se esté construyendo o no un sistema reactivo.

Protocolos de comunicación

Los dispositivos IoT (Internet of Things) utilizados tanto en entornos industriales, como en el entorno doméstico, pueden compartir aspectos de kernel (Linux, FreeRTOS, Windows Embedded, siendo el primero de ellos el más utilizado) y servicios de bajo nivel (*Real-Time Management, Context Discovery Management*), pero en términos de comunicación son muy diferentes. A continuación, se explican algunos de los protocolos utilizados a nivel doméstico e industrial.

Entorno doméstico

Cada día son más los hogares que disponen de uno o varios dispositivos IoT. como se muestra en la Figura 2. Existen multitud de

Este hecho pone de manifiesto la necesidad de nuevas formas de manejar la comunicación de datos que se originan en estos dispositivos.

Líneas de investigación, Desarrollo e Innovación

Para poder interactuar continuamente con su entorno, las apps reactivas deben poder adaptarse a la carga a la que se enfrentan, utilizando una mayor capacidad computacional cuando sea necesario. Esto significa que debe poder hacer un uso eficiente del hardware en un solo dispositivo (que puede tener uno o más núcleos), y también ser capaz de funcionar a través de varios nodos de cómputo a su disposición, dependiendo de la carga.

En pos de garantizar la conectividad requerida por las apps reactivas, se pretende desarrollar un componente de comunicación que identifique todas las alternativas disponibles de comunicación en el hardware del dispositivo. Se considera dispositivo a cualquier equipo o máquina que sea capaz de generar información y pueda transmitirla a otro dispositivo.

Las alternativas que cobran importancia se enfocan en las tecnologías inalámbricas como 4G, GSM y UMTS, Bluetooth y otras actualmente en desarrollo, particularmente las relativas a redes inalámbricas de área personal (WPANs). A estas, se suma el sistema de localización GPS, las medidas de tiempo de ultrasonido, UWB (Ultra- Wide Band), radiobalizas (por ej. vecinos lectores RFID con coordenadas conocidas o estaciones base WLAN) y tecnologías ópticas.

El objetivo que se persigue es lograr con éxito enviar un mensaje de un nodo a otro, siguiendo el *modelo de actores*. Pasar mensajes entre nodos, es la norma ahora, ya sea a través de dispositivos o computadoras en red.

En este modelo de concurrencia, ya no hay memoria real compartida, los diferentes

núcleos de un dispositivo se envían entre sí, fragmentos de datos explícitamente, tal como lo hacen las computadoras conectadas en una red. En lugar de ocultar el aspecto del paso del mensaje a través de variables marcadas como compartidas o utilizando estructuras de datos atómicas, un enfoque más disciplinado y basado en principios consiste en mantener el estado local a una entidad concurrente y propagar datos o eventos entre entidades concurrentes explícitamente a través de mensajes.

Los protocolos de IoT, tanto para el sector Doméstico como para el Industrial, están resueltos siempre y cuando haya conexión real de internet (datos o wifi). Cuando estas conexiones no están disponibles, no es posible mantener la comunicación, solo queda esperar a que se restablezca la misma, con las consecuencias que esto pudiera acarrear. Por este motivo se propone el diseño de un driver que se encargue de guiar en forma automática la comunicación de acuerdo a un esquema de jerarquía y en forma transparente al usuario.

En la Figura 4 se muestra cómo funciona el sistema de comunicación en forma normal.

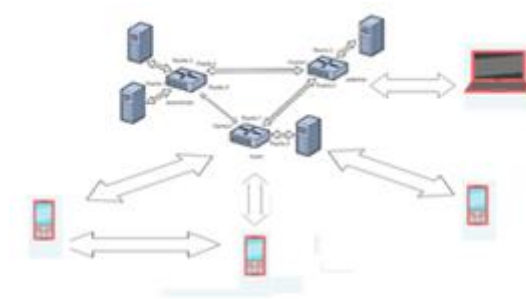


Figura 4. Comunicación normal

Cuando la comunicación se interrumpe debido a diversos factores, como por ejemplo fuera de cobertura, falta de crédito, o por cualquier otro motivo. Existen otras formas de comunicación que siguen vigentes sin ser diseñadas para este propósito, como por ejemplo el sistema de mensajería de texto o las llamadas de voz, incluso algunas

compañías proveen de servicio gratuito al sistema de comunicación WhatsApp, que si bien están destinados a un fin específico, se podrían utilizar para proveer de conectividad de manera temporal al móvil. De esa manera un móvil puede hacer de anfitrión para proveer la comunicación, por ejemplo: como se muestra en la Figura 5 el móvil M1 tiene comunicación con un sistema que a su vez se comunica con el móvil M3, si se rompe la comunicación de M1, el driver busca un anfitrión como por ejemplo el móvil M2 y accede a través de él al sistema

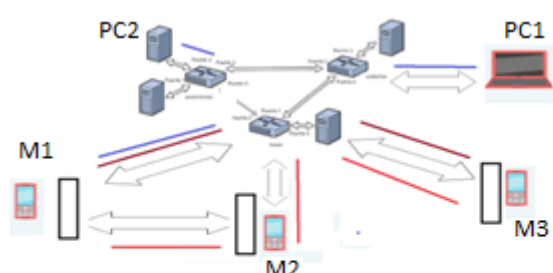


Figura 5. Comunicación a través de un anfitrión

Para ello es necesario la implementación de un driver que se comunique directamente con el sistema operativo y pueda discernir el mejor camino cuando se pierda la conexión natural de datos o wifi. La figura 6 muestra un esquema general de las funciones del driver.

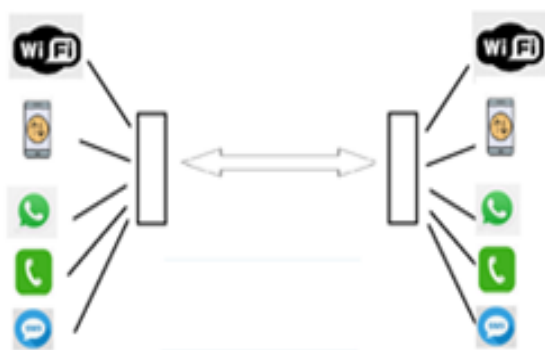


Figura 6. Funciones del Driver propuesto

Resultados y Objetivos

Resultados Obtenidos

Si bien, este equipo de investigadores se ha formado para trabajar en conjunto a partir del año 2020, cada integrante viene realizando tareas en distintos grupos, algunos desde enero de 2000 en tecnologías asociadas a la Computación Distribuida.

Con esta propuesta de trabajo se espera contribuir a la profundización y consolidación del conocimiento en esta área temática por parte de cada uno de los integrantes de este proyecto

Durante el periodo 2020-2021 transcurrido se realizaron diferentes publicaciones a fines a la propuesta.

A pesar de ser un periodo atípico debido a la pandemia el prototipo propuesto se encuentra en un estado avanzado de desarrollo e implementación.

Actualmente se está trabajando en establecer la comunicación punto a punto de los distintos sistemas de comunicación sin hacer eco con el dispositivo, es decir, generar mensajes internos, enviarlos, recibirlos en forma transparente al usuario, de modo que no los visualice y tampoco intervenga. El entorno de desarrollo es Android Studio, con el lenguaje de programación nativo java.

Paso seguido es comunicar las apps a través del canal de voz, es decir por medio de una llamada de voz. En este caso se deben realizar los siguientes pasos:

- Establecer la llamada con el móvil destino, se realiza la llamada el móvil destino responde
- Sincronizar la comunicación con el móvil destino, es decir, que sepa que no es una llamada de voz común, sino que se trata de una comunicación entre máquinas, se puede realizar esto por medio de una escucha de las notificaciones de llamadas, si es el número programado capturar la

- llamada, enviar un ok para sincronizar (en otra frecuencia).
- c) El texto a enviar se debe modular con una frecuencia de 42KHz, luego tomar los datos pasarlo a voz y modularlos.
 - d) Una vez sincronizado enviar la señal modulada.
 - e) En el dispositivo destino tomar la señal modulada con un formato de voz y aplicar el proceso de demodulación
 - f) El dato estaría disponible

La variedad de dispositivos con capacidades diferentes, es enorme y está al alcance de la mano. Resta configurar, adaptar, implementar y poner a punto un prototipo del modelo SiCo, por parte de este equipo de trabajo. De esta manera se contribuirá a la profundización y consolidación del conocimiento de esta área temática.

En cuanto a la movilidad de los dispositivos, los recursos pueden varían sin depender de los mismo, sino de los mecanismos de comunicación desde 4G pasando por GSM, solo WhatsApp, solo mensajería de texto o simplemente llamada de voz, es por ello que se necesita disponer de un mecanismo de selección automática del mejor sistema de comunicación disponible.

Objetivos

El objetivo del grupo de investigación es evaluar todas alternativas disponibles para manipular la comunicación entre aplicaciones que se originan en los distintos dispositivos, y construir un prototipo basado en una arquitectura reactiva donde la resiliencia y la comunicación asíncrona permitan que los sistemas estén exentos de errores.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está compuesto por 4 docentes-investigadores de la línea de investigación presentada que figuran en este trabajo y Alumnos avanzados de las Carreras

de Licenciatura en Sistemas de Información, Y Licenciatura en Ciencias de la Computación en estado de tesis; pertenecientes a la Universidad Nacional de San Juan.

Se está trabajando con dos tesinas en el ámbito de la programación para dispositivos móviles. Se espera iniciar otra tesina de grado en el área motivo de la presente propuesta de investigación.

Referencias

1. Adam L. Davis: Reactive Streams in Java_ Concurrency with RxJava, Reactor, and Akka Streams-Apress (2018)
2. How the Actor Model Meets the Needs of Modern, Distributed Systems: <https://doc.akka.io/docs/akka/current/typed/guide/actors-intro.html>
3. José I. Rodríguez M. Tesis Doctoral “Metamodelo para la integración del Internet de las cosas y Redes sociales” Universidad Oviedo 2017
4. González García Cristian, “MIDGAR: Plataforma para la generación dinámica de aplicaciones distribuidas basadas en la integración de redes de sensores y dispositivos electrónicos IoT,” UNIVERSIDAD DE VIEDO, 2013.
5. L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, and M. Nitti, “The Social Internet of Things (SIoT) – When social networks meet the Internet of Things: Concept, architecture and network characterization,” *Comput. Networks*, vol. 56, no. 16, pp. 3594–3608, Nov. 2012.
6. C. González García, B. C. Pelayo G-Bustelo, J. Pascual Espada, and G. Cueva-Fernandez, “Midgar: Generation of heterogeneous objects interconnecting applications. A Domain Specific Language proposal for Internet of Things scenarios,” *Comput. Networks*, vol. 64, pp. 143– 158, May 2014.
7. R. Roman, J. Zhou, and J. Lopez, “On the features and challenges of security and privacy in distributed internet of things,” *Comput. Networks*, vol. 57, no. 10, pp. 2266–2279, Jul. 2013.

8. J. Pascual Espada, O. Sanjuán Martínez, B. C. Pelayo GBustelo, and J. M. Cueva Lovelle, "Virtual Objects on the Internet of Things," *Int. J. Interact. Multimed. Artif. Intell.*, vol. 1, no. 4, p. 23, 2011.
9. B. Xu, L. Da Xu, H. Cai, C. Xie, J. Hu, and F. Bu, "Ubiquitous Data Accessing Method in IoT-based Information System for Emergency Medical Services," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 3203, no. c, pp. 1–1, 2014. 100
10. La Ciberseguridad en la Industria 4.0 <https://www.incibe-cert.es/blog/ciberseguridad-industria-4-0>

Análisis de las Tecnologías 4.0 en las PyMES del partido de Hurlingham

Marisa Panizzi¹, Fernando Puricelli¹, Agustín Hodes¹, Felipe Ortiz¹, Cristian Schiffino¹, Joaquín Pettinari¹,
Florescia Massey¹, Ayelén Rodríguez¹, Rodolfo Bertone².

¹ Instituto de Tecnología e Ingeniería. Universidad Nacional de Hurlingham.
Av. Vergara 2222 (B1688GEZ) - Villa Tesei - Bs. As. Argentina.

² Instituto de Investigación en Informática (III-LIDI). Facultad de Informática.
Calles 50 y 120 - La Plata - Bs. As. - Argentina

marisa.panizzi@unahur.edu.ar, fernando.puricelli@unahur.edu.ar, agustin.hodes@unahur.edu.ar,
felipe.ortiz@unahur.edu.ar, Cristian.schiffino@unahur.edu.ar, joaquin.salvador.pettinari@estudiantes.unahur.edu.ar,
florescia.massey@estudiantes.unahur.edu.ar, ayelen.rodriguez@estudiantes.unahur.edu.ar,
pbertone@lidi.info.unlp.edu.ar

Resumen

Las PyMES requieren incrementar la capacidad y calidad de sus procesos para lograr mayor competitividad dentro de sus sectores industriales. Las soluciones tecnológicas 4.0 enfocadas en la interconectividad, la automatización y los datos en tiempo real contribuyen a tal fin. La adopción de estas tecnologías por parte de las industrias se denomina “industria 4.0¹”. El análisis de la necesidad de las PyMES del partido de Hurlingham de la adopción de este tipo de tecnologías será del presente proyecto de investigación. En la primera etapa de este proyecto, se propone la realización de un estudio exploratorio basado en el método de encuesta. Luego, los datos obtenidos de la situación actual de las tecnologías 4.0 de las industrias en el partido de Hurlingham, se analizarán mediante la aplicación de procesos de minería de datos que permitirá lograr un mapa de la situación actual de la región.

Palabras clave: Tecnologías 4.0, procesos industriales, minería de datos, PyMES, partido de Hurlingham.

Contexto

La línea de investigación que se reporta en este artículo es financiada por un proyecto de investigación titulado “Estudio de la práctica actual de las tecnologías 4.0 en las PyMES del partido de Hurlingham mediante una encuesta” por la Secretaría de Investigación de la

Universidad Nacional de Hurlingham (Resolución Consejo Superior 000382-21).

Esta investigación cuenta con el asesoramiento científico del grupo de investigación de Ingeniería de Software del Instituto de Investigación en Informática (III-LIDI) de la UNLP.

Introducción

En Argentina, los sectores industriales se componen mayoritariamente por Pequeñas y Medianas Empresas (PyMES), lo que constituye un eslabón fundamental para el país y esto refuerza la necesidad de llevar adelante iniciativas que contribuyan con el desarrollo y mejora de competitividad de dichas empresas. En la relación a la industria del software y servicios informáticos, las PyMES representan casi el 80% del sector [1]. Este sector presenta un alto potencial para generar valor agregado al ecosistema productivo del país, promoviendo la generación de empleo calificado y evidenciando un crecimiento exponencial en los últimos años. De hecho, el notable desarrollo queda demostrado en el último informe publicado por el Observatorio de la Economía del Conocimiento (OEC) de Argentina [2]. Esto constituye un eslabón fundamental, en el sector, para el país y refuerza la necesidad de llevar adelante iniciativas que contribuyan con el desarrollo y mejora de competitividad de dichas empresas. A nivel internacional se presenta la misma situación en la industria del software, las

¹ <https://www.argentina.gob.ar/produccion/planargentina40/industria-4-0>

PyMES ocupan una gran porción de la industria en varios países [3]. Se observa que en los últimos años las PyMES han surgido muy rápidamente y, en la mayoría de las economías en desarrollo, el sector está dominado por pequeñas y recientes jóvenes [4].

Las PyMES se han dado cuenta de que es fundamental para su negocio mejorar sus procesos y métodos de trabajo, pero carecen del conocimiento y los recursos para hacerlo. La única forma de contribuir al éxito de los proyectos, por tanto, es definir, implementar y estabilizar los procesos de desarrollo [5].

Para determinar la manera en que las PyMES del partido de Hurlingham pueden fortalecer sus procesos mediante la adopción de tecnologías 4.0 [6] se requiere recolectar evidencia sobre el estado actual de la aplicación de la tecnología en sus procesos productivos. Para lograr esto, nuestro primer estadio de la investigación consiste en realizar un estudio exploratorio a través de una encuesta. Para la realización de la encuesta, específicamente el relacionamiento con las PyMES de la región se trabajará de manera colaborativa con el Centro PyME-UNAHUR [7].

Los hallazgos obtenidos mediante el estudio son de utilidad para el grupo de investigación porque proporcionan una caracterización de la aplicación de las TICS en las PyMES participantes de la encuesta. A partir del análisis de los datos obtenidos mediante la aplicación de minería de datos, se podrán identificar las necesidades respecto a la adopción de tecnologías 4.0.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

El objetivo general de esta línea de investigación consiste en determinar el estado actual de las PyMES del partido de

Hurlingham respecto a la aplicación de las tecnologías 4.0 en sus procesos industriales.

Los hallazgos obtenidos mediante la encuesta permitirán identificar las necesidades de las PyMES respecto a 4 áreas de conocimiento vinculadas a las tecnologías 4.0. Estas áreas de conocimiento abarcan el desarrollo de software, la ciberseguridad, la ciencia de datos y la inteligencia artificial desde el punto de vista técnico. Además, se considerará en el análisis una perspectiva social respecto al grado de consideración de la ley de género relacionada a la equidad de la distribución de los puestos de trabajo incluyendo los cargos de conducción por parte de estas empresas.

Resultados y Objetivos

Este proyecto de investigación se inicia en este año por lo tanto no cuenta con resultados alcanzados. A continuación, se describen los objetivos que se pretenden lograr:

- a) Académicos, dos tesinas de grado de la carrera Licenciatura en Informática.
- b) Producción Científica: se presentarán avances de la investigación en eventos científicos de alcance nacional (WICC² 2023, CACIC³ 2022 y CACIC 2023) y en el ámbito internacional, CIACA 2022⁴ e InGENIO⁵ 2022
- c) Formación en investigación: el grupo de investigación inicia un proceso de aprendizaje de métodos de investigación de ingeniería de software experimental, revisiones sistemáticas [8] y encuestas [9][10].

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se seguirá un enfoque de investigación clásico [11],[12]. Los métodos y materiales necesarios para desarrollo de la primera etapa del proyecto son los siguientes:

- Métodos.
Mapeo Sistemático de la literatura (en inglés *Systematic Mapping Study* o SMS). Para la revisión sistemática de la literatura se empleará

2 Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación

3 Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.

4 Conferencia Iberoamericana de Computación Aplicada.

5 Congreso Latinoamericano de Ingeniería

un método de investigación secundario de acuerdo con las directrices propuestas en [13],[14]. Un método de investigación secundario permite recopilar de manera sistemática y rigurosa los estudios primarios relacionados con una pregunta de investigación específica, con el objetivo de sintetizar la evidencia disponible para responder dicha pregunta. En nuestro proyecto nos interesa conocer si existen otros estudios similares respecto a la determinación de características de empresas, como por ejemplo la encuesta HELENA (*Hybrid DEveLopmENt Approaches in software systems development*) [15] a nivel internacional o la encuesta realizada por la CESSI (Cámara de la Industria Argentina de Software) a nivel nacional [1].

Las encuestas son investigaciones que proporcionan una visión general, mediante la recolección de información estandarizada de una población específica o una muestra representativa de la misma (sujetos del estudio), por medio de un cuestionario o entrevista [9]. En la mayoría de los casos, los datos relativos a la encuesta provendrán de cuestionarios. Pero los cuestionarios, por sí solos no constituyen la encuesta. Para la construcción del cuestionario, se emplearán las directrices propuestas en [8]. Las encuestas son métodos de investigación primarios al igual que los experimentos, estudio de casos y entrevistas; permiten obtener evidencia empírica sobre algún tema de interés. De hecho, una encuesta [16] es un proceso más complejo formado por una serie de actividades bien definidas que se enumeran a continuación: a) establecer los objetivos de la encuesta, b) diseñar la encuesta, c) desarrollar el cuestionario, c) evaluar y validar el cuestionario, c) obtener los resultados de la encuesta y c) analizar los resultados obtenidos. Prototipado Evolutivo Experimental (Método de la Ingeniería). El prototipado evolutivo experimental [17] consiste en desarrollar una solución inicial para un determinado problema, generando su refinamiento de manera evolutiva por prueba de aplicación de dicha solución a casos de estudio (problemáticas) de complejidad creciente. El proceso de

refinamiento concluye al estabilizarse el prototipo en evolución.

- **Materiales.**

La automatización del instrumento de recolección de los datos de la encuesta se realizará a través del uso de alguna herramienta libre. Para la búsqueda de literatura existente se empleará el Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD) [18]. Se utilizará la base de contactos de las PyMES del partido de Hurlingham del Centro PyME-UNAHUR.

Formación de Recursos Humanos

El grupo se encuentra conformado por un Director, un Codirector, tres docentes-investigadores, tres alumnos de grado y un asesor científico-tecnológico.

Se estima la formación de dos tesinas de grado de la carrera Licenciatura en Informática de UNAHUR.

Referencias

[1] OPSSI. Reporte anual 2018 (2018). sobre el Sector de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina. Disponible en <https://www.cessi.org.ar/opssi>.

[2] Informe Argentina Productiva – Economía del Conocimiento (2019). Ministerio de Producción y Trabajo. Presidencia de la Nación. Secretaría de la Transformación Productiva. Diciembre de 2019. Disponible en:

<https://biblioteca.produccion.gob.ar/buscar/?fid=16>.

[3] Hisham M. Abushama (2016). PAM-SMEs: process assessment method for small to medium enterprises. *Software: Evolution and Process*, 28, pp. 689 –711 (2016).

[4] Sharma P., Sangal A.L (2019). Building a hierarchical structure model of enablers that affect software process improvement in software SMEs-A mixed method approach. *Computer Standards & Interfaces*, 66, pp. 1–23.

- [5] Ianzen A., Mauda E.C., Paludo M.A., Reinehr S., Malucelli (2013). A. Software process improvement in a financial organization: an action research approach. *Computer Standard & Interfaces*, 36, pp 54–65 (2013).
- [6] Ministerio de Desarrollo Productivo (2021). Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/produccion/plan-argentina40/industria-4-0>.
- [7] Centro PyME-Unahur. Vinculación Tecnológica de la Universidad Nacional de Hurlingham. Disponible: <https://unahur.edu.ar/centro-pyme-unahur/>
- [8] Kitchenham, B. y Chartes, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in Software engineering, Keele University, EBSE-2007-01.
- [9] Jefferson Seide Molléri, Kai Petersen, Emilia Mendes (2020). An empirically evaluated checklist for surveys in software engineering. *Information and Software Technology* 119, 106240.
- [10] Genero, M., Piattini, M., & Cruz Lemus, J. A. (2014). *Métodos de investigación en Ingeniería del Software*. Madrid: Ra-Ma S.A. Editorial y Publicaciones.
- [11] Riveros, H. y Rosas, L. (1985). *El Método Científico Aplicado a las Ciencias Experimentales*. Editorial Trillas. México. ISBN 96-8243-893-4. 2.
- [12] Creswell, J. (2002). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Prentice Hall. ISBN 10: 01-3613-550-1. 3.
- [13] Kitchenham, B, Budgen, D., Brereton, P. (2016). *Evidence-Based Software Engineering and Systematic Reviews*. CRC Press.
- [14] Petersen K., Feldt R., Mujtaba S., Mattsson M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering, In: *Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, pp. 68–77.
- [15] Marco Kuhrmann, Paolo Tell, Jil Klünder, Regina Hebig, Sherlock Licorish, Stephen MacDonell (Eds.): *Complementing Materials for the HELENA Study (Stage 2)*. [online] DOI: 10.13140/RG.2.2.11032.65288, published: 2018-11-28.
- [16] Kitchenman, B. A.y Pfleeger, S. L. (2008). Personal opinion survey. Capítulo 3 del Libro *Guide to Advanced Empirical Software Engineering*. Shull F., Janice Singer J., Sjøberg D.I.K. Editors. Springer.
- [17] Basili. *The Experimental Paradigm in Software Engineering*. En *Experimental Software Engineering Issues: Critical Assessment and Future Directions* (Ed. Rombach, H., Basili, V., Selby, R.). *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 706. (1993). ISBN 978-3-540-57092-9.
- [18] Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. *Sistema Nacional de Repositorios Digitales*. Disponible en: <https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/>

MODELOS BASADOS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y COMPUTACIÓN UBICUA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EDUCACIÓN Y OTROS DOMINIOS

Durán Elena, Álvarez Margarita, Únzaga Silvina, Salazar Nevelin, Fernández Reuter Beatriz, Lara Cecilia, González Gabriela, Espeche Fabián, Acosta Denis, Díaz Fátima y Juárez Gastón

Instituto de Investigaciones en Informática y Sistemas de Información
Departamento de Informática - Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías
Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE)
e-mail: {eduran, alvarez, sunzaga, nsalazar, bfreuter, clara@unse.edu.ar, ggonzalez@unse.edu.ar}@unse.edu.ar, h_espeche@hotmail.com, denislionelacosta@gmail.com, fatimadiaz91@gmail.com, lucianojuarezgaston@gmail.com

CONTEXTO

En este trabajo se presenta el proyecto de investigación “Modelos basados en Inteligencia Artificial y Computación Ubicua para la resolución de Problemas en Educación y otros dominios”, correspondiente a la convocatoria 2021 de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (SICYT - UNSE). El proyecto tiene un período de ejecución desde el año 2022 hasta el año 2025. Lo allí propuesto es una continuación de las líneas de investigación iniciada en 2012, en el proyecto "Sistemas de información web personalizados, basados en ontologías, para soporte al aprendizaje ubicuo" y continuadas en el 2017 en el proyecto “Métodos y Técnicas para desarrollos de Aplicaciones Ubicuas”.

El proyecto de investigación presentado en este trabajo, propone favorecer el desarrollo de conocimiento científico- tecnológico de relevancia, principalmente sobre Computación Ubicua e Inteligencia Artificial, realizando propuestas de modelos computacionales para la resolución de problemas en Educación y otros dominios.

RESUMEN

Dos nuevas tecnologías han irrumpido fuertemente en el mundo en los últimos años, la Inteligencia Artificial (IA) y la Computación Ubicua (CU). La primera de ellas se caracteriza por crear máquinas inteligentes que simulen el razonamiento y comportamiento humanos. Por su parte, la CU hace referencia a una tecnología profunda que está inmersa en la vida cotidiana, de forma tal que no se

puede distinguir de ella. La CU se aplica en diversos campos, siendo el campo de la educación una rama destacada en las investigaciones. Para hacer posible el aprendizaje de los estudiantes, los modelos computacionales requieren aplicar técnicas de IA para adaptar el contenido a cada alumno de acuerdo al contexto, a los perfiles de aprendizaje y a las características de los dispositivos que usan para concretar el aprendizaje.

En consecuencia, la combinación de la IA y la CU puede generar resultados de alto impacto en educación y en otros dominios. Es por eso que, en este proyecto, se quiere abordar el diseño de nuevos modelos de IA y CU para atender problemáticas relacionadas principalmente con el desarrollo y la evaluación de estrategias y recursos de aprendizaje. Se espera además, favorecer el desarrollo de conocimiento científico-tecnológico de relevancia y formar recursos humanos en las áreas de CU e IA.

Palabras clave: Modelos Computacionales, Inteligencia Artificial, Computación Ubicua, Realidad Aumentada, Procesos de Enseñanza y de Aprendizaje.

1. INTRODUCCIÓN

Los usuarios necesitan sistemas con una operación simple y fácil de recordar; dan cada vez más importancia a los sistemas que brindan ayuda de forma automática para completar las tareas. En este sentido, el nuevo paradigma de la CU permite ofrecer entornos con sistemas donde los usuarios pueden obtener automáticamente información y funcionalidad según su estado (por ejemplo:

ubicación, tarea actual, etc.). Este paradigma incorpora la capacidad computacional en objetos cotidianos para que se comuniquen de manera efectiva y realicen tareas útiles (Chaparro-González, 2003).

En los entornos ubicuos los ordenadores están incluidos en nuestros movimientos naturales y en las interacciones con nuestro entorno, tanto físico como social. La CU involucra la movilidad; es decir, la capacidad de mover los servicios informáticos con nosotros; y la pervasividad, o sea, la capacidad de obtener información del entorno en el que está inmersa una aplicación informática y utilizarla para construir dinámicamente modelos computacionales (Hwang et al., 2008), (Sakamura y Koshizuka, 2005).

Muchos campos y dominios de aplicación se benefician de la CU, principalmente tiene un gran potencial en el campo de la educación. Así ha surgido un nuevo paradigma educativo denominado Aprendizaje Ubicuo que permite el aprendizaje del contenido correcto, en el lugar más apropiado, en el momento indicado y de la manera correcta Yahya *et al.* (2010). Para hacer posible este aprendizaje, los modelos computacionales requieren aplicar técnicas de IA que permitan adaptar el contenido a cada alumno de acuerdo al contexto, a los perfiles de aprendizaje y a las características de los dispositivos que usan para concretar el aprendizaje.

Por lo tanto, el desarrollo de aplicaciones de software ubicuas presenta para los desarrolladores un inmenso desafío.

En proyectos anteriores se ha dado inicio a esta línea de investigación, ahondando en el estudio de los métodos y técnicas para desarrollar aplicaciones ubicuas (Álvarez et al., 2015), (Álvarez et al., 2017), (Durán et al., 2016), (Durán y Álvarez, 2017), (Fernández Reuter et al., 2017), (González y Durán, 2014) y (Únzaga et al., 2015). No obstante, son muchos los interrogantes que aún persisten; como, por ejemplo: ¿cómo modelar contexto heterogéneo y dinámico de forma eficiente?, ¿cómo proporcionar modelos de adaptación al contexto para usuarios particulares?, ¿cómo crear modelos basados en IA para automatizar estrategias y recursos de aprendizaje? ¿cómo aplicar y evaluar los modelos en desarrollos de software educativo y de otros dominios? Es decir, el desarrollo de un sistema ubicuo requiere de la utilización de técnicas especializadas de adquisición y modelado del contexto, técnicas de IA, tales como: razonamiento automático,

adaptación, agentes inteligentes, aprendizaje automático, ontologías, planning, etc.

En este artículo se presentan los objetivos, la metodología, los resultados esperados y la formación de recursos humanos del proyecto de investigación.

2. OBJETIVOS

Con este proyecto de investigación se busca realizar contribuciones teóricas y metodológicas en el campo de los Modelos basados en IA y CU en el ámbito del aprendizaje y otros dominios de aplicación. En consecuencia, los objetivos son:

1. Desarrollar el Estado del Arte del diseño y construcción de Modelos basados en IA y CU en el ámbito de la Educación y otros dominios.
2. Diseñar modelos basados en IA y/o CU para la generación y evaluación de estrategias y recursos de aprendizaje.
3. Diseñar un modelo del contexto ambiental basado en el descubrimiento automático de patrones en sistemas ubicuos para diferentes dominios.
4. Aplicar los modelos propuestos en la construcción de aplicaciones de software para la resolución de problemas en educación y otros dominios.
5. Evaluar, en contextos reales, el nivel de satisfacción del usuario y el desempeño de las aplicaciones construidas en base a los modelos diseñados.

3. METODOLOGÍA

Con el propósito de dar cumplimiento al objetivo específico 1, se realizarán las siguientes actividades:

- a. Exploración e investigación bibliográfica sobre modelado computacional con IA y/o CU de problemas de educación y otros dominios.
- b. Análisis de los antecedentes encontrados.
- c. Síntesis de los antecedentes encontrados.

Con el fin de obtener el objetivo específico 2, se realizará:

- a. Diseñar un modelo basado en IA para la evaluación de la Calidad de los Objetos de Aprendizaje desde el enfoque de los estudiantes.
- b. Diseñar un modelo para la Generación automática de caminos de aprendizajes personalizados para aprendizaje ubicuo.
- c. Diseñar un modelo para los procesos de evaluación en el aprendizaje ubicuo.

- d. Diseñar un modelo para aprendizaje ubicuo con el uso de Laboratorios Virtuales.

Para el objetivo específico 3 se plantean las siguientes actividades:

- a. Diseño del modelo.
- b. Diseño de la estrategia de adquisición del contexto en tiempo real.
- c. Inferencia de eventos y patrones de eventos.
- d. Evaluación del modelo de contexto construido.

Con el propósito de dar cumplimiento al objetivo específico 4, se realizarán las siguientes actividades:

- a. Identificación de problemáticas educativas y de otros dominios que justifiquen el desarrollo de aplicaciones ubicuas con los modelos computacionales previamente diseñados .
- b. Diseño de las aplicaciones ubicuas.
- c. Construcción del software.

Por último, para dar cumplimiento con el objetivo específico 5 se realizará:

- a. Operacionalización de las variables nivel de satisfacción del usuario y desempeño de aplicaciones ubicuas.
- b. Ejecución de las aplicaciones en contextos reales.
- c. Análisis de resultados.
- d. Elaboración de conclusiones.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados que se esperan obtener de esta investigación son:

- Estado del arte sobre modelos computacionales basados en IA y CU para educación y otros dominios
- Modelos computacionales de contexto ambiental para sistemas ubicuos en diferentes dominios.
- Modelos computacionales para la Generación automática de caminos de aprendizajes personalizados para aprendizaje ubicuo
- Modelo de evaluación de la Calidad de Objetos de Aprendizaje desde el enfoque de los estudiantes.
- Modelo para aprendizaje ubicuo con el uso de Laboratorios Virtuales.
- Modelo para los procesos de evaluación en el aprendizaje ubicuo.
- Modelo de innovación educativa para el aprendizaje de la programación en entornos de aprendizaje ubicuo.

- Prototipo que implemente el Modelo de contexto ambiental para sistemas ubicuos.
- Prototipo que implemente el Modelo para la Generación automática de caminos de aprendizajes personalizados para aprendizaje ubicuo.
- Prototipo que implemente el Modelo para los procesos de evaluación en el aprendizaje ubicuo.
- Prototipo de aplicación que recomiende en forma personalizada Tutores para entornos aprendizaje ubicuo.
- Prototipo de aplicación para el Aprendizaje Ubicuo de Conceptos Básicos de Programación con Realidad Aumentada.
- Prototipo de sistemas de recomendación ubicuo de documentos científicos para Repositorios Digitales Institucionales

El proyecto tendrá también un importante impacto a nivel local, ya que los desarrollos concretados en el marco del proyecto serán transferibles de modo directo a organizaciones del medio cuyas problemáticas se atienden en estos desarrollos.

5. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El desarrollo del proyecto de investigación presentado, facilitará la formación de recursos humanos de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la UNSE. En este sentido, dos integrantes están desarrollando su Tesis de Doctorado en Ciencias de la Computación. Tres integrantes del proyecto, elaborarán su Tesis de la carrera de Maestría en Informática Educativa de la UNSE. Por último, tres alumnos de la Licenciatura en Sistemas de Información llevarán a cabo sus tesis de grado.

Además, con el desarrollo de este proyecto se está afianzando el grupo de investigación en las temáticas del proyecto: Modelos Computacionales, IA, CU, Realidad Aumentada y Procesos de Enseñanza y de Aprendizaje, lo que contribuye a una mejora en el fondo de conocimiento disciplinar disponible, no sólo a nivel local sino también regional y nacional.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, M., Únzaga S. y Durán E. (2015). "Modelo de dominio en sistemas de aprendizaje ubicuo". 10° Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. 21 y 22

- de mayo de 2015. Universidad Nacional de Salta. ISBN N°: 978-987-633-133-3. Pág. 116.
- Álvarez, M., Únzaga S. y Durán E. (2017). "Método para generar recomendaciones personalizadas para integrar grupos de aprendizaje ubicuo y colaborativo". XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2017). Libro de actas. Pag. 363- 372. ISBN 978-950-34-1539-9. Compiladores: De Giusti, Armando Eduardo y Pesado, Patricia Mabel. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/63019>. La Plata. Prov. Buenos Aires. 9 al 13 de octubre.
- Chaparro-González, D. (2003) Computación ubicua. (Tesina de grado, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España). Disponible en <http://docplayer.es/6315315-Universidad-reyjuan-carlos>.
- Durán, E., Álvarez, M. y Únzaga S. (2016). "Modelo ontológico para personalizar aplicaciones de aprendizaje ubicuo". EATIS 2016. Colombia. 27-29 de abril de 2016.
- Durán, E. y Álvarez, M. (2017). "Método para generar recomendaciones de expertos para asesorar a los estudiantes sobre experiencias de aprendizaje ubicuas", 36° Congreso Internacional de la Sociedad Chilena de Ciencias de la Computación (SCCC), 2017, pp. 1-8, doi: 10.1109 / SCCC.2017.8405121
- Fernández Reuter, B., Durán, B. y Amandi, A. (2017). "Designing a Hybrid Method for Personalized Ubiquitous Learning Paths Generation". Conferencia Internacional de la Sociedad Chilena de Ciencia de la Computación (SCCC 2017). Arica, Chile. 16 al 20 de Octubre de 2017.
- González, G. y Durán E. (2014). "Modelo del estudiante para sistemas de aprendizaje ubicuo: representación por medio de ontologías". IX Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2014), Universidad Nacional de Chilecito, La Rioja, ISBN 978-987-24611-1-9, pp. 298-305.
- Hwang, G.J., Tsai, C.-C. y Yang, S. J. H. (2008). "Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning". Journal of Educational Technology & Society, vol. 11(2), pp. 81-91.
- Sakamura, K. y Koshizuka, N. (2005). "Ubiquitous computing technologies for ubiquitous learning". IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'05), Tokushima, Japan.
- Únzaga S., Álvarez M., Durán E. (2015). "Modelo de Requerimientos de una Aplicación de Apoyo al Aprendizaje Ubicuo para el Ingreso Universitario". TE&ET'15: X Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología 2015. Argentina
- Yahya, S., Ahmad, E., & Abd Jalil, K. (2010). The definition and characteristics of ubiquitous learning: A discussion. International Journal of Education and Development using ICT, 6(1).

Adecuación de un Sistema de Recuperación de Información para su utilización en un Contexto Jurídico

Oswaldo Sposito¹, Hugo Ryckeboer¹, Julio Bossero¹, Edgardo Moreno¹, Viviana Ledesma¹, Gastón Procopio¹, Lorena Matteo¹, Cecilia Gargano¹, Victoria Saizar¹, Patricio Macias¹, Juan Ojeda¹, Fabio Quintana¹, Laura Conti², Sergio García³ y Gustavo Pérez Villar⁴

¹ Universidad Nacional de La Matanza. Departamento de Ingeniería e Investigación Tecnológicas. Florencio Varela 1903. San Justo. La Matanza.

{sposito, hugor, jbossero, ej_moreno, vledesma, gprocopio, lmatteo, cgargano, vsaizar, pmacias, fquintana, jmojeda}@unlam.edu.ar

² Universidad Nacional de La Matanza. Departamento Derecho y Ciencia Política. lconti@unlam.edu.ar

³ Palacio de Tribunales. Departamento Judicial de Morón. Alte. Brown. Piso 4. Morón. sergiogabriel.garcia@pjba.gov.ar

⁴ Subsecretaría de Tecnología Informática del Poder Judicial de la Provincia de Buenos Aires. Palacio de Justicia, avenida 13 entre 47 y 48, primer piso (La Plata). Argentina. gperez@scba.gov.ar

RESUMEN

En las últimas décadas, las instituciones públicas, particularmente el Poder Judicial (PJ), con el desarrollo de las TICs, han generado un importante aumento en: la generación de documentos digitales, en los repositorios de los mismos y en los Sistemas de Recuperación de Información (SRI). Este trabajo se orienta a estudiar y proponer soluciones para la recuperación de documentos judiciales, se hace una propuesta para la construcción de la matriz de términos en un proceso de indización.

Palabras clave: SRI, Modelo Vectorial, Indización, Lematización.

CONTEXTO

La línea de investigación aquí presentada es parte del proyecto de investigación “Implementación de un Sistema Web de Recuperación de la Información Orientado a Documentación Jurídica con el Proceso de Indexación Semántica Latente Paralelizado”, perteneciente al programa de Investigaciones PROINCE (Programa de Incentivos para Docentes Investigadores) de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación. Los integrantes del equipo son docentes e investigadores

dependientes de las siguiente Unidades Académicas de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM): el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT), y el Departamento Derecho y Ciencia Política, además, colaboran personal técnico de la Subsecretaría de Tecnología Informática del Poder Judicial de la Provincia de Buenos Aires.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se describe un proceso de indización, que consiste en extraer una serie de términos, representativos de los temas tratados en un documento, para utilizarlos después como puntos de acceso para la recuperación de esos documentos de un corpus jurídico. El propósito es brindar jurisprudencia similar a los profesionales del derecho luego de realizar una consulta. Entendiendo el concepto de jurisprudencia, como el conjunto de las sentencias de distintos fallos dictados por los tribunales de justicia u organismos judiciales de un Estado. En el campo del derecho, la jurisprudencia juega un papel importante como fuente del derecho; por ser la comprensión e interpretación de las normas jurídicas basada en las sentencias pasadas emitidas por órganos oficiales,

estas sustentan la aplicación de la ley en un caso concreto. En el PJ se producen una enorme cantidad de documentos jurídicos (dictámenes, expedientes, etc.) cada año, lo cual produce que esta fuente de derecho sea cada vez mayor, lo que impulsa a los profesionales del derecho a dedicar más tiempo a la búsqueda de una decisión relevante.

Basándonos en [1] coincidimos, en que los SRI están en continua mejoría, esto se debe a: la incorporación de utilidades dependientes de la expansión de su uso, el avance de las aplicaciones tecnológicas y el claro deslinde de sus funciones.

En [2], se referencia a Calvin N. Mooers como quien introdujo por primera vez en 1950 el término Recuperación de Información (en inglés Information Retrieval) en la literatura de documentación, la definió como «*la búsqueda de información en un stock de documentos, efectuada a partir de la especificación de un tema*». Sólo un año más tarde, el mismo autor ampliaba esta definición al manifestar que la recuperación de información abarca los aspectos intelectuales de la descripción de información y su especificación para la búsqueda, y también cualquier sistema, técnica o máquina que se utilice para llevar a cabo la operación [3].

Según la bibliografía consultada [4-6], una SRI es un programa que interactúa entre un corpus y sus usuarios. Su efectividad depende del adecuado control del lenguaje de representación de los elementos de información y las búsquedas de sus usuarios. Para cumplir con sus objetivos, según Gabriel H. Tolosa y otros [5], un SRI debe realizar las siguientes tareas básicas:

- Representación lógica de los documentos y, opcionalmente, almacenamiento del original.
- Representación de la necesidad de información del usuario en forma de consulta.

- Evaluación de los documentos respecto de una consulta para establecer la relevancia de cada uno.
- Ranking de los documentos considerados relevantes para formar el “conjunto solución o respuesta. Presentación de la respuesta al usuario.
- Retroalimentación de las consultas para aumentar la calidad de la respuesta.

Jaime Robredo en [5], asevera que en cualquier área del conocimiento, los términos con significado se pueden utilizar como descriptores para representar el contenido de documentos escritos, en los procesos de indización y organización de la información, así como para formular preguntas en el proceso de recuperación de información. Tolosa en [5] afirma que el proceso se puede dividir en las siguientes etapas:

- Análisis lexicográfico: Se extraen las palabras y se normalizan.
- Reducción (Tokenización) de palabras vacías o de alta frecuencia.
- Lematización: Se reducen palabras morfológicamente parecidas a una forma base o raíz, con la finalidad de aumentar la eficiencia de un SRI.
- Asignación de pesos o ponderación de los términos que componen los índices de cada documento.

Los SRI implementan una gama diversa de estructuras de datos, algoritmos y técnicas de recuperación de información, por ello, se precisa de un modelo conceptual donde se determinen: el tipo de almacenamiento, operaciones sobre los términos, modelos de búsqueda con base patrones exactos o los modelos inexactos los cuales contendrán las técnicas probabilísticas, los modelos lógicos y los espacios vectoriales [8]. En el trabajo de Martínez Méndez, se puede encontrar un estudio detallado de los distintos modelos de RI existentes. Uno de los modelos más utilizados [4-5], es el Modelo de Espacio

Vectorial. En este modelo, el texto es representado por un vector de términos, los términos comúnmente son palabras; cualquier texto puede ser representado por un vector en un espacio dimensional Salton en el año 1975 [9]. En un espacio de documento que consiste en documentos D_i , cada uno identificado por uno o más términos de índice T_j ; los términos pueden ser ponderados de acuerdo a su importancia, o no ponderados con pesos restringidos a 0 y 1. En el modelo los documentos se representan a partir de vectores, de la siguiente manera:

$$D_i = (T_1, T_2, \dots, T_j) \quad (1)$$

En la Figura 1 se muestra un espacio de índice tridimensional, donde cada elemento se identifica con hasta tres términos distintos.

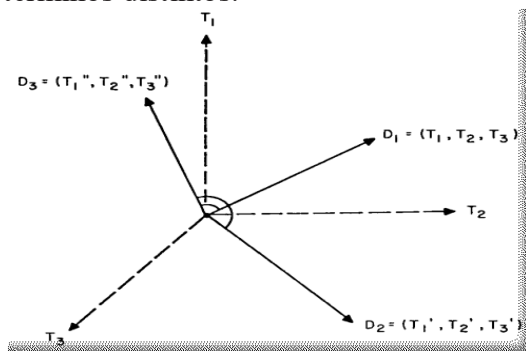


Figura. 1. Representación vectorial espacial de los documentos [9].

Una consulta se puede ver como un documento por lo tanto se puede ver como un vector.

Matemáticamente, una de formas de establecer la cercanía de dos vectores es calcular el coseno del ángulo que forman los dos vectores entre sí. Esta fórmula tiene la ventaja de su bajo esfuerzo computacional y es independiente de los módulos de los vectores. De manera similar, se puede calcular el coseno del

ángulo entre cada vector de documento y el vector de consulta para encontrar su cercanía. Para encontrar un documento relevante para el término de la consulta, se calcula la puntuación de similitud entre cada vector del documento y el vector del término de la consulta aplicando la similitud del coseno. Finalmente, aquellos documentos con puntajes de similitud altos se considerarán documentos relevantes para la consulta. [9].

Como se comentó, dentro de la indización se encuentra la lematización, que es una técnica empleada en la recuperación de datos en los SRI, que sirve para reducir variantes morfológicas de la forma de una palabra a raíces comunes o lexemas; con el fin de mejorar la habilidad de los motores de búsqueda y, a consecuencia, los resultados de las consultas. Básicamente, este consiste en remover el plural, el tiempo, o los atributos finales de la palabra [5,6,10]. En el trabajo de González [6], afirma que “cuando se realiza la extracción de palabras de un texto se obtiene una gran cantidad de entradas con formas verbales conjugadas y variantes de concordancia. Logrando la reducción morfológica de todas estas variantes se busca que el usuario recupere tanto los textos que contienen sus términos de búsqueda, como aquellos que contienen las formas derivadas de esos términos...”. Cabe aclarar que, en este proyecto, nosotros también simplificamos las apariciones de sustantivos y adjetivos. Los algoritmos de lematización más conocidos son: Lovins¹ (1968), Porter² (1980) y Paice³ (1990). Originalmente todos fueron hechos para el inglés, y se diferencian en la eficiencia

1

<http://snowball.tartarus.org/algorithms/lovins/stemmer.html>

² <https://tartarus.org/martin/PorterStemmer/>

³ <https://www.scientificpsychic.com/paice/paice.html>

del código y la elección de sufijos que identifican y eliminan. Una modificación del algoritmo trabajo de Porter, es el algoritmo de Snowball⁴. Este puede mapear palabras que no están en inglés. Estos algoritmos permiten realizar “derivaciones”, esto es remover los sufijos comunes morfológicos e inflexionales de palabras literalmente diferentes, pero con una “raíz” común, que pueden ser consideradas como un sólo término. Este algoritmo requiere de un conjunto de pasos para llegar a la raíz.

2. LÍNEAS de INVESTIGACIÓN y DESARROLLO

El presente trabajo tiene como eje central el desarrollo de un SRI. Entre las líneas de investigación a considerar en este proyecto se pueden mencionar:

- El problema de la recuperación de información, el modelo vectorial y la forma de almacenar los términos de una colección (corpus) de pruebas.
- La paralelización del proceso de Indexación Semántica Latente (ISL). Se estudian las librerías: Compute Unified Device Architecture (CUDA) y CUDA Basic Linear Algebra Subprograms (CuBlas), aplicadas a una arquitectura híbrida.
- La aplicando el patrón de arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC), para desarrollos WEB. Aplicando el lenguaje de programación C#.
- Estudio de la librería REGEX., para resolver las Expresiones Regulares (ER).
- Estudio y evaluación de distintos algoritmos de ranking para Documentos. Las pruebas serán realizadas tomando como base un corpus jurídico real.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Durante el año 2021 se ha trabajado, principalmente, en dos temas, por un lado, en el estudio, análisis y modificación de algoritmos y técnicas que permitan la lematización de términos, y por otro, en el proceso que permita incorporar, de un corpus jurídico, las fechas y las referencias de la norma jurídica actual, mediante el Reconocimiento de Entidades Nombradas (tales como Acordadas, Artículos, Leyes, entre otros), que componen los distintos textos judiciales, utilizando Expresiones Regulares (ER). Se presentaron en distintos congresos las siguientes publicaciones:

1. **“Propuesta para la construcción de un corpus jurídico utilizando Expresiones Regulares”**. Presentado en el XXVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC). Salta. Argentina [8].

Una ER es una notación algebraica para caracterizar un conjunto de cadenas [11]. Son particularmente útiles para la búsqueda en textos, cuando se tiene un patrón y un corpus de textos donde buscar. En este trabajo se demostró que es posible incorporar en el proceso de Análisis lexicográfico Expresiones Regulares para incorporar fechas y Entidades Nombradas a una matriz de términos. Dentro de las tareas a desarrollar, durante este año, se puede mencionar:

- Incorporar la codificación propuesta al SRI implementado por el proyecto PROINCE mencionado en la introducción.
 - Analizar otros algoritmos y técnicas de derivación.
 - Estudiar otras librerías existentes de ER.
 - Realizar una clasificación de todas las EN dentro de la norma jurídica Argentina.
2. **“Implementación de un lematizador**

⁴ <https://snowballstem.org/demo.html>

para la lengua española". Trabajo presentado en el Workshop del IX Congreso Nacional de Ingeniería en Informática/Sistemas de Información. CONAISI 2021. Mendoza. Argentina. En este trabajo se muestra una modificación realizada al algoritmo de Snowball. Mejorando en un 26% la lematización de términos. Se prevé para este año:

- Modificar el orden de los pasos, propuesto en el algoritmo de Snowball, para mejorar los tiempos de procesamiento.
- Estudiar nuevos métodos de derivación.
- Profundizar en el estudio de la morfología léxica, ciencia que estudia la estructura de las palabras y las pautas que permiten formarlas o derivarlas a partir de otras.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La presente línea de investigación la lleva adelante un equipo de 15 integrantes provenientes de dos departamentos de la UNLaM, el DIIT y el Departamento de Derecho y Ciencia Política.

- 1 alumno de grado. En el año 2021 se graduó en la carrera de Ingeniería de Informática.
- 2 asesores especialistas externos. (uno perteneciente al Poder Judicial de la Provincia de Buenos Aires y un Secretario de Juzgado).

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Galindo Ayuda, F. (2020). Avances en sistemas jurídicos de recuperación de documentos. *Scire: Representación Y organización Del Conocimiento*, 26(1), 63–74. <https://doi.org/10.54886/scire.v26i1.4698>. Fecha de consulta: 07/02/22
- [2] S. Oliván, J.A., & Arquero Avilés, Rosario. (2006). Una aproximación al concepto de recuperación de información en el marco de la ciencia de la documentación. *Investigación bibliotecológica*, 20(41), 13-43. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=s> ci_arttext&pid=S0187-358X2006000200002 &lng=es&tlng=es. F. de consulta: 07/02/22
- [3] C.N. Mooers, "The theory of digital handling of non-numerical information and its implications to machine economics", en *Technical Bulletin No. 48*. Cambridge, MA: Zator Co., 1950 (Ponencia presentada en Association for Computing Machinery, Rutgers Univ., New Brunswick, NJ, 1950, March 29).
- [4] Kuna, H., Rey, M., Martini, E., Solonezen, L. & Podkowa, L. Desarrollo de un Sistema de Recuperación de Información para Publicaciones Científicas del Área de Ciencias de la Computación. *Rev. Latinoamericana de Ingeniería de Software*, (2014). 2(2): 107-114. <http://revistas.unla.edu.ar/software/article/view/81>. Fecha de consulta: 07/02/22
- [5] Tolosa G. & Bordignon, F. Introducción a la Recuperación de Información: Conceptos, modelos y algoritmos básicos. UNDeL, Argentina, (2008). En línea: <http://eprints.rclis.org/12243/1/Introduccion-RI-v9f.pdf>. Fecha de consulta: 07/02/22
- [6] González, C. M. La recuperación de información en el siglo XX. Revisión y aplicación de aspectos de la lingüística cuantitativa y la modelización matemática de la información UNLP. (2008) Disponible en: <https://memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.350/te.350.pdf>. Fecha de consulta: 07/02/22
- [7] Robredo, J. (2019). Otimização dos processos de indexação dos documentos e de recuperação da informação mediante o uso de instrumentos de controle terminológico. *Ciência Da Informação*, 47(1). Recuperado de <http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/4431>. Fecha de consulta: 07/02/22.
- [8] Martínez Méndez, F. (2004). Recuperación de información: modelos, sistemas y evaluación. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/16262/1/libro-ri.PDF>. Fecha de consulta: 07/02/22.
- [9] Salton, G., Wong, A., & Yang, C. S. (1975). A Vector Space Model for Information Retrieval. *Communications of the ACM*, 18(11), 613–620. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.446.5101&rep=rep1&type=pdf>. F. consulta: 07/02/22.
- [10] Zazo Rodríguez A. y otros. (2002). Recuperación de información utilizando el modelo vectorial. U. de Salamanca. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/13963/1/zazo2002recuperacion.pdf>. Fecha de consulta: 07/02/22.
- [11] Robaldo, L. y otros. Compiling regular expressions to extract legal modifications. 250. 133-141. 10.3233/978-1-61499-167-0-133. (2012).

Aplicación de Machine Learning sobre imágenes utilizadas en proyectivas

Olivar Matías¹, Sattolo Iris¹, Panizzi Marisa¹

¹Escuela Superior de Ingeniería, Informática y Ciencias Agroalimentarias.

Universidad de Morón.

Cabildo 134, Buenos Aires, Argentina.

matiasolivar@outlook.com, iris.sattolo@gmail.com, marisapanizzi@outlook.com

Resumen

Esta línea de investigación se centra en el estudio y aplicación de técnicas de aprendizaje automático, específicamente, redes neuronales convolucionales y aprendizaje profundo para la resolución de problemas sobre reconocimiento de patrones en imágenes y videos. En esta investigación se pretende analizar las imágenes que se obtienen al aplicar técnicas proyectivas en el campo de la psicología, que permitan a los psicólogos acceder al conocimiento de la subjetividad.

Palabras clave: Machine Learning, Deep Learning, psicología, técnicas proyectivas.

Contexto

Este artículo sintetiza uno de los trabajos de investigación realizado en el marco de una tesina de grado de la carrera Licenciatura en Sistemas de la Escuela Superior, de Ingeniería, Informática y Ciencias Agroalimentarias, de la UM. En esta investigación se aplicarán técnicas de aprendizaje profundo en el área de psicología. Específicamente, se trabajará con técnicas proyectivas. Las técnicas proyectivas son métodos que usan los psicólogos para acceder al conocimiento de la subjetividad, el cual es la expresión teórica del aparato psíquico [1].

Introducción

En las últimas décadas, la información se ha convertido en la herramienta más valiosa en cualquier ámbito o industria para poder tomar mejores decisiones. En el campo de la psicología, los psicoanalistas utilizan las técnicas proyectivas. Las mismas buscan una descripción que pueda abarcar la personalidad y que posean estímulos más ambiguos. El analista busca que el paciente transfiera emociones reprimidas o no aceptadas hacia otra persona, dibujos u objetos con el fin de poder liberar esa emoción reprimida que se encuentra en el inconsciente de la persona [2].

La Tabla 1 presenta las técnicas proyectivas más utilizadas en el ámbito de la psicología clínica, laboral y forense.

Para esta investigación se seleccionó la técnica denominada “Persona bajo la lluvia”, esta le permite al analista producir un mínimo de ansiedad en el sujeto analizado y evaluar mediante el dibujo realizado, aspectos tanto de personalidad, como de conducta ante situaciones desfavorables o negativas. Puede aplicarse tanto en niños, con el fin de obtener información sobre situaciones traumáticas vividas sin la necesidad de que el paciente pediátrico lo comunique verbalmente. Y también en adultos con la misma

finalidad, o para realizar una evaluación conductual del sujeto ante situaciones de tensión o negativas.

Para la realización de esta, se requieren materiales sencillos, poco tiempo para su administración, pudiendo aplicarse tanto de forma individual como grupal.

Tabla 1. Técnicas proyectivas y su respectivo propósito.

Técnica	Propósito
Persona bajo la lluvia	Externalizar la percepción del individuo bajo condiciones desfavorables [3].
Rorschach	Identificar el funcionamiento psíquico del entrevistado. [4]
Apercepción Temática	Método con el cual el diagnosticado puede conocer los impulsos, sentimientos y conflictos de una personalidad [4].
Familia kinética	Evaluación de la inserción del examinado en la familia y la importancia que se le asigna. Generalmente es usado con niños [4].
Casa, árbol, persona	Técnica orientada a conocer rasgos puntuales de la personalidad [5].
Figura humana	Búsqueda de los sentidos, conflictos, ansiedades e impulsos de la persona [5].

Se le entrega al examinado una hoja A4 y se le pide que dibuje una persona bajo la lluvia. El tiempo promedio de realización oscila entre 10 y 20 minutos, aunque es importante tener en cuenta que la consigna es libre y por lo tanto cada sujeto se toma el tiempo necesario para realizarlo. El aumento o disminución del tiempo de ejecución es indicador de características de la personalidad del sujeto. Esta prueba permite

conocer cómo se defiende el sujeto en situaciones de tensión ambiental. A diferencia de otros test, este solicita al entrevistado que dé dos tipos de respuesta, una gráfica y la otra verbal. La respuesta gráfica permite estudiar indicadores estructurales o expresivos (dimensión, emplazamiento, trazo, presión, borrado, etc.), e indicadores de contenido (orientación de la persona, postura, uso del paraguas, lluvia, identidad, transparencias, etc.) [6].

En la Figura 1 se presenta un ejemplo del test de la persona bajo la lluvia.

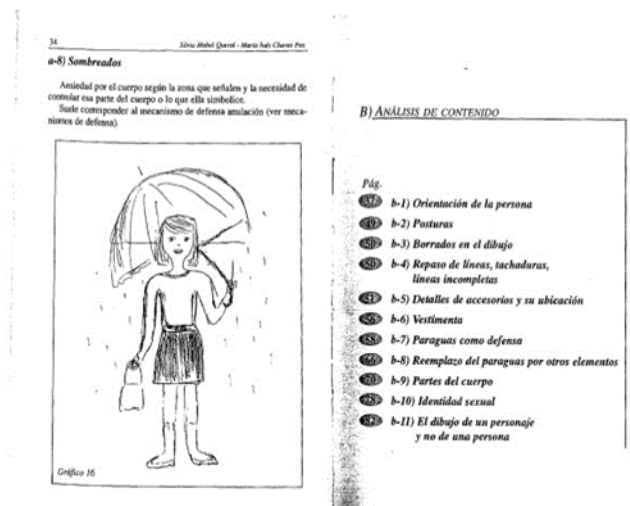


Figura 1. Ejemplo del test persona bajo la lluvia [6].

Estos dibujos podrían ser utilizados para obtener patrones con técnicas de aprendizaje profundo (en inglés, *Deep Learning*).

El aprendizaje automático según Hawkins [7] es la capacidad adquirida por un ordenador de identificar patrones de datos y así de esta forma poder elaborar predicciones.

El aprendizaje automático es una rama de la

inteligencia artificial que estudia sistemas capaces de aprender a realizar una tarea a partir de datos de ejemplo. Es de naturaleza inductiva y comprende técnicas y métodos para realizar clasificación, optimización y predicción, mayormente en dominios en donde los problemas no pueden definirse de forma explícita o no existen soluciones analíticas aplicables. Por estos motivos, las técnicas que presenta resultan adecuadas para el procesamiento de imágenes y otras señales.

Las redes neuronales (en inglés, *Neural Networks* o RN) son modelos de aprendizaje automático que consisten en un grafo de computación no lineal con capacidad de aproximación universal y una gran cantidad de parámetros. Dichos parámetros son ajustados mediante un proceso de optimización llamado entrenamiento a partir de datos de ejemplo. La optimización busca en general minimizar cierta función de error asociada con alguna tarea en particular. Los modelos de aprendizaje automático basados en redes neuronales han permitido mejoras de desempeño muy significativas, estableciéndose en los últimos años como la tecnología base del estado del arte. El progreso se debe a la utilización de un conjunto de técnicas de aprendizaje profundo (Deep Learning). [8]

Deep Learning es utilizado para realizar procesos de Machine Learning empleando redes neuronales artificiales compuestas por varios niveles jerárquicos. En el primer nivel la red aprende patrones simples, y esta información se envía al siguiente nivel de la jerarquía. Este segundo nivel toma la información obtenida en el primero y la combina con nuevos patrones

aprendidos en este, generando información un poco más compleja, la cual es pasada a un tercer nivel, y así sucesivamente. Las técnicas de Machine Learning y Deep Learning proveen gran soporte para el diseño de aplicaciones de visión por computadora o visión artificial [9].

Las redes neuronales convolucionales (en inglés, *Convolutional Neural Network* (CNN)), son un tipo especial de redes neuronales, las cuales se están utilizando para procesar imágenes y reconocer aspectos importantes de ellas para luego realizar predicciones en base a lo aprendido [10]. Según el artículo [11], las CNN fueron elegidas por sobre los demás tipos de redes neuronales profundas, para la realización de estudios relacionados con la medicina.

Dada la evolución de la aplicación de técnicas de Deep Learning se han desarrollado herramientas como Pylearn o Deepmat [12], que permiten agregar valor a este tipo de estudios.

Existen diversas investigaciones del ámbito de la psicología clínica en las cuales se hace uso de Machine Learning o Deep Learning, como en [13], en la cual utilizan un modelo predictivo para el diagnóstico temprano de desórdenes psicológicos en una persona.

En la investigación llevada a cabo por Edward Grant *et al.* [14], se estudia las atribuciones psicológicas de una persona mediante técnicas de CNN, con el fin de lograr predicciones de personalidad y comportamiento. A diferencia de este último estudio, en [15] podemos encontrar una investigación del estado psíquico de una persona que se encuentra bajo tratamiento oncológico. El estudio demuestra que la ansiedad y la depresión son factores muy importantes, tanto para el tratamiento, como para

evitar suicidios. Esta investigación utiliza redes neuronales profundas para lograr un modelo predictivo sobre el estado de la salud mental de dichos pacientes.

De los trabajos analizados no se encontraron estudios específicos que utilicen técnicas de Machine Learning o Deep Learning en el análisis de técnicas proyectiva.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Esta investigación propone la utilización de técnicas de Machine Learning para el análisis de técnicas proyectivas usadas en psicología. Específicamente, el uso de las imágenes que se utilizan en la técnica de “persona bajo la lluvia”

La pregunta de investigación (PI) que guiará la propuesta es:

El aprendizaje profundo, ¿puede ayudar a clasificar los dibujos producidos por las personas a las cuales se les pide completar el test de la persona bajo la lluvia?

Se orientarán los esfuerzos a responder distintos objetivos que ayudarán con el desarrollo de este trabajo.

- 1) Revisar la literatura existente sobre aplicaciones de Deep Learning orientados a la psicología. Se empleará el método de investigación, Mapeo sistemático de la literatura (en inglés, *systematic mapping study* o SMS) de acuerdo con las directrices de Kitchenham *et al* [16].
- 2) Relevar y obtener un data-set que contenga gráficos que se utilizan como ejemplos en el test propuesto.

- 3) Seleccionar los indicadores de contenido para procesar los datos.
- 4) Proponer el modelo de aprendizaje profundo que se utilizará en el trabajo.
- 5) Validar la propuesta con expertos en el campo de la psicología que apliquen estos tipos de test.

Dado que es un trabajo que se inicia recientemente, se pretenden lograr los resultados que se detallan a continuación:

- a) Resultados académicos, tesis de grado.
- b) Producción Científica: se presentarán los avances de la investigación en CACIC¹ 2022 e InNGENIO² 2022).

Formación de Recursos Humanos

Las asignaturas de Tesis de las carreras de Informática de la UM fomentan la investigación en los estudiantes. Estos mismos proponen un tema de su interés y desarrollan su trabajo de tesis bajo la supervisión de los docentes de la cátedra. En este caso, este trabajo es desarrollado por un estudiante de grado de la carrera Licenciatura en Sistemas de la UM.

Referencias

1. Celener, G. (2006). Las Técnicas Proyectivas. Buenos Aires: Lugar Editorial.
2. Soave, M., (2016). Manual de Técnicas Proyectivas. Buenos Aires: Editorial Brujas
3. Pérez Zambón, S., (2015) EL TEST DE PERSONA BAJO LA LLUVIA. UNA NUEVA PERSPECTIVA DE ANÁLISIS Subjetividad y Procesos Cognitivos, Vol. 19, N° 1, Pág. 200-227, ISSN impreso: 1666-244X, ISSN electrónico: 1852-7310

¹ Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC).

² Congreso Latinoamericano de Ingeniería. Link: <http://fundacioniai.org/ingenio/>

4. Mirotti, A. (2008). Introducción al Estudio y Práctica de las Técnicas Proyectivas. Brujas
5. Soave, M., Huespe, T., Villagra, L., Ferrer, C., Muszio, S., Saavedra, M., Chavez, L., (2016). Manual de técnicas proyectivas. Brujas. Argentina
6. Querol, S., Chaves Paz, M., (2005). Test de Persona Bajo la Lluvia: adaptación y aplicación. Lugar
7. Hawkins, J., (2004). On Intelligence. Times Books.
8. Gerón, A., (2017). "Hands-On Machine Learning with scikit Learn & TensorFlow". O'reilly.
9. Budumax, N. (2017). "Fundamentals of Deep Learning". O'reilly.
10. LeCun, Y., (2015). "Deep Learning".
11. Le Lu, Y., (2017). Deep Learning and Convolutional Neural Networks for Medical Image Computing. Suiza.
12. Kustikova, P., (2016). A survey of deep Learning methods and software tools for image recognition.
13. Aryal, Y., Maag A., and Gunasekera, N., (2020) "Application of Machine Learning algorithms in diagnosis and detection of psychological disorders", 5th International Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications, Australia.
14. Grant, E., Sahm, S., Zabihi, M., Gerven, M., (2015) "Predicting and visualizing psychological attributions with a deep neural network", Paises Bajos.
15. Shafiei, S., Lone, Z., Elsayed, A., Identifying mental health status using deep neural network trained by visual metrics. Transl Psychiatry.
16. Kitchenham, B., Budgen, D., y Brereton, P., (2015), Evidence-Based Software Engineering and Systematic Reviews, 1 st. Edition ed., Chapman and Hall/CRC

Tecnologías de la información facilitadoras para la interoperabilidad de software en Gobierno Abierto

Roxana Martínez, Diego Wiernik, Gastón Axel Lacuesta,
Ignacio Ezequiel Rondan, Federico Rivarola, Luciano Dodaro

Instituto de Tecnología (INTEC)
Universidad Argentina de la Empresa (UADE)
Lima 775, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

ing.roxana.martinez@gmail.com; dwiernik@uade.edu.ar

{glacuesta, irondan, ferivarola, ldodaro}@uade.edu.ar

RESUMEN

El concepto de Gobierno Abierto se encuentra en pleno auge, tanto a nivel nacional como internacional. Este cambio de paradigma en la gestión pública surge por la necesidad de tener un mejor acercamiento con el ciudadano a través del uso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), y, además, ejercer el derecho al acceso de la información pública.

La gestión de los aspectos relacionados a la interoperabilidad permite conocer como las plataformas digitales pueden intercambiar datos, y a su vez comprender el tratamiento de éstos, de forma eficiente y estandarizada para compartir recursos de información y realizar transacciones entre los mismos. A través de procesos coordinados y automatizados se pueden lograr intercambios simples y seguros de datos, fomentando así, una gran base de conocimiento público y accesible.

Este trabajo permitirá conocer el estado y situación actual de las tecnologías utilizadas en Gobierno Abierto que permiten brindar interoperabilidad entre los organismos gubernamentales y los ciudadanos. Por otra parte, conocer las mejores prácticas en aspectos de niveles técnicos para el tratamiento de los datos públicos que son asociados (relacionados entre sí) y visualizados en los portales estatales nacionales desde enfoques del diseño y arquitectura de software.

Palabras clave: Datos Abiertos, Gobierno Abierto, Interoperabilidad en informática, Diseño y Arquitectura de componentes para intercambio de datos.

CONTEXTO

El presente trabajo es parte del proyecto denominado “Tecnologías de la Información facilitadoras para la Interoperabilidad en Gobierno Abierto”, que tuvo inicio en el mes de octubre 2021. Este proyecto pertenece a la línea de investigación de Ingeniería de Software (IS) del Instituto de Tecnología (INTEC). Las actividades del Instituto están directamente relacionadas con las carreras grado y posgrado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas de la Universidad Argentina de la Empresa (UADE). Alguna de las tareas de este proyecto, se realizan en los laboratorios disponibles en los UADE Labs, edificio tecnológico inaugurado en 2010. El proyecto es financiado y evaluado por la Coordinación de Investigaciones, unidad que depende de la Secretaría Académica de la Universidad, tiene una duración de 2 años, y cuenta con la participación de docentes y estudiantes de grado y posgrado en diversas carreras.

1. INTRODUCCIÓN

Cada vez son más las personas que utilizan las Tecnologías de la Información como el medio de intercambio de datos, a través de plataformas de software y la infraestructura

adecuada entre los ciudadanos y los organismos estatales y privados, lo que permite favorecer a un contexto de participación y colaboración pública entre estos. Para ello, es importante conocer el término de Gobierno Abierto que “es una doctrina política que surge a partir de la adopción de la filosofía del movimiento del software libre a los principios de la democracia. Este paradigma tiene como objetivo que la ciudadanía colabore en la creación y mejora de servicios públicos y en el robustecimiento de la transparencia y la rendición de cuentas” [1]. Por lo que el Estado Nacional debe incorporar las técnicas para gestionar dicha cantidad de datos con un diseño y arquitectura tecnológica adecuada.

Uno de los pilares sobre los que se sustenta el concepto de Gobierno Abierto es el de la interoperabilidad [2], el cual ha evolucionado desde su primera definición que se refería a la habilidad de dos o más sistemas de intercambiar información y el uso de esta [3]. En la actualidad, la interoperabilidad puede definirse como un complejo concepto que incluye diferentes dimensiones: técnicas, semánticas, organizacionales, legales y políticas, y modelos de gobernanza [4] y, además, la inclusión del enfoque de datos abiertos públicos que se pueden reutilizar y redistribuir sin ninguna restricción [5]. Estas dimensiones marcan que, si bien la interoperabilidad es un proceso tecnológico en su esencia, este no es el único aspecto para considerar [2], requiriendo un especial foco en los equipos de trabajo interdisciplinarios dentro de las administraciones para su correcta implementación [6].

Si se realiza un desglose de las dimensiones mencionadas, se pueden encontrar dos grupos. Por un lado, los aspectos legales y políticos que conforman el marco en el cual la interoperabilidad se desarrolla, generando los acuerdos que aseguren el cumplimiento de metas políticas en lo individual y general, y garantizando la normativa vigente [2]. Por otro, se encuentran las dimensiones relacionadas la información en sí misma: la estructura semántica que ésta debe tener para que sea interpretada

correctamente, es decir, los recursos tecnológicos para que los datos sean efectivamente intercambiados y las condiciones organizacionales que deben generarse para que la colaboración se realice en forma efectiva [2] [7].

Profundizando dentro de la dimensión técnica, se puede destacar que para favorecer a la interoperabilidad y, por extensión, a la generación de frameworks sobre el cual se sustentará el gobierno abierto, es necesario que la información cuente con al menos 5 (cinco) características fundamentales [8]: debe ser abierta, por definición; debe tener la calidad y cantidad necesaria; debe poder ser utilizable por todos; debe ser liberada para mejorar la gobernanza; y finalmente, debe ser liberada para mejorar la innovación. Esto no solamente evidencia la importancia de esta dimensión [4], sino también las dificultades y desafíos a enfrentar. Con la aplicación de estos conceptos, se busca mejorar aspectos de calidad en los datos abiertos públicos [11] e interoperabilidad de éstos, con el fin de replicar las mejores prácticas de los países líderes en este contexto y contar con un modelo de calidad estándar como la ISO 25012 [10], para generar gran valor y aprovechamiento por parte de los diferentes usuarios [9].

“La interoperabilidad y la utilización de estándares abiertos permiten la compatibilidad entre distintas tecnologías y ahorrar en costos de desarrollo o contratación de servicios. Además, facilita la colaboración entre organismos al mismo tiempo que fomenta la transparencia en la Administración Pública y la reducción de la dependencia de oferentes” [12]. Alguno de los recursos a tener presentes en este contexto son posibles propuestas de soluciones, que utilizan estándares abiertos para maximizar la compatibilidad con otras plataformas gubernamentales, para aumentar la transparencia y facilitar la colaboración, algunos de estos recursos son: estándares de la W3C [13], estándares abiertos para APIs estilo REST [14], Pautas Técnicas de Interoperabilidad de Sistemas (Anexo II RES 19 E-2018) [15], Estándares de Servicios

Digitales y Herramientas de la Plataforma Digital del Sector Público Nacional [16] [17], Herramientas para la construcción colaborativa de contenidos de la Plataforma Digital del Sector Público Nacional, como por ejemplo la plataforma mundial de intercambio de datos, MagicBox [18], la plataforma INSIDE [19], que facilita la gestión de archivos, registros, y expedientes de manera interoperable, o bien la propuesta del algoritmo para conectar automáticamente portales de datos abiertos con un nodo central llamado Pydatajson [20], entre numerosas herramientas más [21].

Como se explicó anteriormente, diversos organismos estatales ofrecen una gran cantidad de fuentes de datos de varios temas gubernamentales con criterios preestablecidos en sus portales y brindan datasets que son utilizados como insumo fundamental de información y servicios, es por lo que, los datos son una parte integral de los esfuerzos para ofrecer oportunidades y poder realizar un gobierno más transparente, participativo y eficiente. A su vez, es necesario que el diseño y construcción de los servicios digitales se base en soluciones [22] que logren una adecuada comunicación e intercambien información, es decir, que interoperen.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO

Este proyecto pertenece a la línea de investigación de Ingeniería de Software (IS) del Instituto de Tecnología (INTEC). Los ejes principales del tema que se están investigando en referencia a las actividades de I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación) son:

- Analizar las falencias en cuestiones tecnológicas actuales de interoperabilidad.
- Elaborar el estado situación de la interoperabilidad en contexto de datos abiertos y públicos.
- Desarrollar una guía de las mejores prácticas en aspectos de niveles técnicos para el tratamiento de los datos públicos que son asociados (relacionados entre sí) y visualizados en los portales estatales nacionales.

- Diseñar y desarrollar una propuesta de prototipo de software utilizando las mejores técnicas de diseño y arquitectura de software orientadas es este contexto.

Fundamentación del proyecto:

Desde el enfoque en Audiencia Científica:

Los resultados (parciales y finales) de este proyecto serán transferidos para contribuir con nuevo conocimiento a la comunidad académica y, a la sociedad en general en el ámbito nacional e internacional. Estas contribuciones se encontrarán plasmadas en forma de publicaciones.

Desde el enfoque en Audiencia como

Institución: La audiencia interna la constituyen los estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Informática y afines, pudiendo también incorporarse integrantes de diferentes carreras interesados en las cuestiones del gobierno abierto en esta temática.

Desde el enfoque Social:

El proyecto corresponde a un abordaje desde la disciplina del Software a aspectos del ámbito de la gestión pública, tratándose de cuestiones de creciente preocupación. Su base fundamental surge por la necesidad de tener un mejor acercamiento tanto con el ciudadano como con las organizaciones a través del uso de las TIC, y, además, que estos puedan ejercer el derecho al acceso de la información pública.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Enfoque del proyecto:

Se buscará brindar nuevos enfoques especialmente en el diseño y construcción de tecnologías para la interoperabilidad, entendida como la capacidad de comunicar y transferir datos entre sistemas de información para posibilitar el intercambio de información y conocimiento entre ellos. Por las características del proyecto guarda fuerte vínculo con conceptos de Ingeniería de Software, Diseño de Software y Arquitectura de Software.

Objetivos principales:

Identificar los principales aspectos tecnológicos que son facilitadores para llevar a cabo la interoperabilidad en el contexto de Gobierno Abierto y brindar buenas prácticas a niveles técnicos en lo que concierne a esta temática. Esto conduce a comprender las nociones que son fundamentales en este nuevo paradigma gubernamental desde un aspecto de diseño y arquitectura de software.

Objetivos específicos esperados:

Relevar los conceptos fundamentales en esta temática que se relacionan con el marco de interoperabilidad; Analizar y comparar los antecedentes a nivel internacional sobre dicho tema; Elaborar el estado situación de la interoperabilidad en contexto de datos abiertos y públicos; Comprender e identificar el marco regulatorio legal de la interoperabilidad en la Administración Pública; Relevar las distintas tecnologías a nivel técnico, que son utilizadas en aspectos de interoperabilidad; Estudiar las técnicas más relevantes en contextos de interoperabilidad en la Administración Pública (diseño y arquitectura de software); Definir las ventajas y desventajas de la implementación de la interoperabilidad; Relevar los tipos de datos utilizados (sensibles, abiertos, confidenciales, entre otros) en este entorno; Identificar las mejores prácticas en aspectos de niveles técnicos para el tratamiento de los datos públicos que son asociados (relacionados entre sí) y visualizados en los portales estatales nacionales.

Metodología y Técnicas:

En los que respecta a las técnicas de investigación, se realizarán enfoques cualitativos que permitan obtener estudios enfocados a:

- Observación de contextos de Gobierno Abierto.
- Investigación bibliográfica: Con el fin de apoyar y sustentar el trabajo investigativo. Relevar los estudios previos y contrastarlos a la actualidad.
- Estudios de Casos en la República Argentina y países extranjeros: Para

recolectar información pertinente al estudio y obtener una representación lo más similar a la realidad relevada.

- Narrativa y métodos de visualización.
- Estudio de Técnicas de interoperabilidad y conexión interna de datos abiertos en organismos públicos nacionales desde el diseño y arquitectura de software.
- Análisis y encuadre del framework de la metadata en datos abiertos públicos gubernamentales.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Este proyecto se compone por 2 (dos) docentes de grado y posgrado que cuentan con varios años de experiencia en el dictado de clases en varias Universidades de Argentina y más de 18 años de experiencia en el ambiente laboral en tecnología informática, también tienen estudios de posgrado: uno de ellos Magíster en Tecnología Informática de la Universidad Abierta Interamericana (UAI), y por otro lado, se encuentra a la espera de respuesta por parte del jurado (actualmente en proceso de revisión) de su tesis doctoral en Ciencias Informáticas de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), y otro docente Magíster en Gestión de Servicios de Tecnología y Telecomunicaciones de la Universidad de San Andrés, y además, Especialista en Redes y Servicios en Telecomunicaciones de la Universidad de Buenos Aires (UBA).

El equipo también cuenta con la participación de estudiantes de grado y de posgrado de carreras de la rama de Informática y Sistemas de la UADE (Universidad Argentina de la Empresa).

En relación directa con la línea de I+D+i presentada para el proyecto, los miembros del equipo se encuentran en realización de: 3 trabajos finales de carreras afines en la UADE. Otro de los integrantes del equipo es estudiante de la carrera de Licenciatura en Gestión de Tecnología de la Información en UADE, quién aporta su especial conocimiento desde su experiencia laboral, ya que actualmente se desempeña en el área

de datos públicos del Honorable Senado de la Nación de la República Argentina.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Sosteniblepedia.org. “*Gobierno Abierto*”. Disponible en:

https://www.sosteniblepedia.org/index.php?title=Gobierno_abierto

[2] D'Agostino, S. (2011). Desarrollo de un Framework para la Interoperabilidad en Gobierno Electrónico (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).

[3] IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology. (1990). IEEE Std 610.12. *IEEE Computer Science*, 42.

[4] Jiménez, C. E., Solanas, A., & Falcone, F. (2014). E-government interoperability: Linking Open and Smart Government. IEEE Computer Society, 22-24.

[5] Oviedo, E., Mazón, J. N., & Zubcoff, J. J. (2013). Hacia un modelo de calidad de datos para portales de datos abiertos. In XXXIX Latin American Computing Conference (CLEI), Naiguata (pp. 1-8).

[6] Sánchez, C. (2019). Interoperabilidad en la Gestión Pública.

[7] Colpaert, P., Compennolle, M. V., Vocht, L. D., Dimou, A., Sande, M. V., Verborgh, R., . . . Mannens, E. (2014). Quantifying the Interoperability of Open Government Datasets. IEEE Computer Society, 50 - 56.

[8] UK Government Cabinet Office. (18 de June de 2013). G8 Open Data Charter and Technical Annex. Disponible en:

www.gov.uk/government/publications/open-data-charter/g8-open-data-charter-and-technical-annex

[9] de Colombia, G. (2020). Calidad e Interoperabilidad de los datos abiertos del Gobierno de Colombia. Disponible en: https://herramientas.datos.gov.co/sites/default/files/2020-11/A_guia_de_estandares_final_0.pdf

[10] ISO 25012 (2008). “*Ingeniería de software - Requisitos de calidad y evaluación de productos de software (SQuaRE) - Modelo de calidad de datos*”. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso-iec:25012:ed-1:v1:en>

[11] Martínez, R. et al. (2021). Metrics proposal to measure the quality of governmental datasets. IEEE Latin America Transactions, Vol. 100. ISSN 1548-0992.

[12] Argentina.gov.ar (2022). Decálogo Tecnológico ONTI. Utiliza estándares abiertos y soluciones interoperables. Disponible en:

<https://www.argentina.gov.ar/jefatura/innovacion-publica/ssetic/ont/decologo-tecnologico/utiliza-estandares-abiertos-y-soluciones-interoperables>

[13] W3C. “*Standards*”. Disponible en:

<https://www.w3.org/standards/>

[14] OpenAPI (2022). “*OpenAPI Initiative*”. Disponible en: <https://www.openapis.org/>

[15] Resolución, Secretaría de Modernización Administrativa (2018). “*Pautas Técnicas de Interoperabilidad de Sistemas*”. Disponible en:

https://www.argentina.gov.ar/sites/default/files/ont/ont/res_19_2018_anexo_ii_if_2018_09344892_apn_ssga_mm.pdf

[16] Argentina.gov.ar (2022). “*Contenidos Digitales*”. Disponible en:

<https://www.argentina.gov.ar/contenidosdigitales>

[17] HM Government (2012). “*Open Standards Principles. For software interoperability, data and document formats in government IT specifications*”. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/459074/Open-Standards-Principles-2012.pdf

[18] BID (2021). “*MagicBox*”. Disponible en:

<https://code.iadb.org/es/herramientas/magicbox>

[19] BID (2021). “*INSIDE*”. Disponible en:

<https://code.iadb.org/es/herramientas/inside>

[20] BID (2021). “*Pydatajson*”. Disponible en: <https://code.iadb.org/es/herramientas/pydatajson>

[21] BID (2021). “*Reutiliza estas herramientas*”. Disponible en:

<https://code.iadb.org/es/funcionalidad/intecambio-e-interoperabilidad-de-datos>

[22] Araujo, S., & Vargas, M. P. (2020). La interoperabilidad en el marco del Gobierno Digital. Conocimiento Libre y Licenciamiento (CLIC), (22).

MODELO PREDICTIVO PARA EVUALAR EL RIESGO POTENCIAL DE EXISTENCIA DE EPIDEMIA

Aristides Dasso, Ana Funes

Departamento de Informática / Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales /
Universidad Nacional de San Luis

Ejército de los Andes 950, D5700HHW San Luis, Argentina

+54 (0) 266 4520300, ext. 2126

{ arisdas, afunes}@unsl.edu.ar

RESUMEN

Como parte integral de una línea de investigación en el desarrollo de modelos de evaluación de sistemas complejos, y considerando que la determinación de la existencia de una posible epidemia, o inclusive de una pandemia, en un área o población determinada, es de máxima importancia, y que una alerta temprana es una herramienta de prevención para que las autoridades competentes puedan comenzar a tomar las medidas preventivas necesarias, es que presentamos los objetivos, lineamientos generales y resultados esperados de un trabajo de investigación sobre la creación de modelos de evaluación de epidemias.

Esta investigación tiene como objetivo la creación, puesta a punto y aplicación de modelos que permitan obtener indicadores del nivel alcanzado en la evaluación de alertas tempranas ante la posibilidad de presencia de una epidemia.

La metodología a seguir para el desarrollo de dichos modelos de evaluación está basada en la aplicación del método Logic Score of Preference (LSP) [15]. Asimismo, tomamos como referencia para la creación del modelo, algunas de las recomendaciones de organismos tales como el Center for Disease Control (CDC) de los EEUU [9], el European Centre for Disease Prevention and Control (ECDPC)

[11], así como de otras publicaciones como [1], [7], [8], [9], [16].

Palabras clave: Epidemia. Pandemia. Métodos de Evaluación Multicriterio. Evaluación cuantitativa. Logic Score of Preference (LSP).

CONTEXTO

El trabajo de investigación aquí presentado se encuentra enmarcado dentro del ámbito de la Universidad Nacional de San Luis, ejecutándose dentro de una de las líneas de investigación del Proyecto de Ciencia y Técnica PROICO 03-2020 “Ingeniería de Software: Estrategias de Desarrollo, Mantenimiento y Migración de Sistemas en la Nube”, dirigido por el Dr. Daniel Riesco. El mismo se encuentra acreditado con evaluación externa y financiamiento de la Universidad Nacional de San Luis.

INTRODUCCIÓN

La determinación temprana de la posible presencia de una pandemia en un territorio es una tarea de suma importancia para los organismos de salud y gubernamentales.

Se pueden encontrar, en la literatura, múltiples propuestas para evaluar dicha posibilidad, tales como las de Carter C. Price and Adrienne M. Propp [8], J. Li et al.[16], Pluchino et al. [1], entre otras.

Muchos de estos trabajos están basados en anteriores epidemias de influenza como, por ejemplo, la herramienta IRAT [10] o el trabajo de C. Reed et al. [7], quienes han creado un marco de trabajo (framework) para evaluar los efectos en la salud pública de una epidemia emergente. Por su parte, el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades (European Centre for Disease Prevention and Control) ha examinado dicho framework y ha concluido que se trata de un paso adelante en el análisis realizado con un acercamiento único [11].

Para evaluar los efectos de una enfermedad en un área dada y la probable transformación en una epidemia, deben considerarse un número de factores, atributos o parámetros tales como la severidad de la enfermedad, el número de personas afectadas, entre otros. A su vez, estos factores pueden verse afectados por otros parámetros tales como la población, la estación del año, el índice R_0 [18], la tasa de fatalidad, la inmunidad subyacente de la población, etc. Todo ello puede servir para detectar el preludio de una epidemia o pandemia o simplemente de un pequeño brote.

Que un organismo de salud pública posea un modelo que permita evaluar la posibilidad cierta de que una enfermedad pueda ser una amenaza grave a la salud pública es claramente de la máxima importancia para los servicios de salud y, si bien contar con esos modelos constituye una necesidad importante, la construcción de los mismos no es una tarea sencilla.

Múltiples aspectos deben ser considerados en esta tarea, teniendo en cuenta diversos criterios de decisión, como los antes mencionados. Sin embargo, la adopción de un método sistemático de desarrollo de modelos de evaluación multicriterio como el método Logic Score of Preferences (LSP) puede ayudar a lidiar con esta complejidad y poner orden en todo el proceso. Debido justamente a la complejidad de muchos de los frameworks propuestos en la literatura, obtener un indicador global podría ser una tarea dificultosa, aún cuando muchos de esos frameworks adoptan un método de evaluación

simple como lo son los métodos aditivos. Sin embargo, gracias al método iterativo y jerárquico de agregación de características propuesto por el LSP, los atributos identificados pueden ser adecuadamente tratados para producir, no sólo un indicador global y una conclusión con respecto a una posible epidemia, sino también obtener información parcial o focalizada.

Asimismo, cabe destacar que LSP presenta una serie de ventajas frente a otras técnicas aditivas de evaluación multicriterio:

- Permite construir una Estructura de Agregación (EA), a partir de un conjunto de operadores de una lógica continua (CLP), que refleja las características del razonamiento humano [14], permitiendo modelar condiciones de: simultaneidad, neutralidad y reemplazabilidad. De tal forma, LSP puede comportarse como una técnica compensatoria o no compensatoria, permitiendo al decisor elegir los criterios que pueden ser compensados y cuales presentan restricciones al respecto.
- Provee un conjunto de operadores de agregación, que van desde un grado máximo de reemplazabilidad, pasando por la neutralidad hasta llegar a la máxima simultaneidad [13]. En consecuencia, brinda la base para evaluar una preferencia con distintos grados de intensidad.
- En el contexto de la toma de decisiones, no todas las evaluaciones se definen por el grado de conjunción o por el grado de disyunción entre factores. Algunas veces, la preferencia entre factores, no puede establecerse como completamente reemplazable o simultánea. En este sentido, LSP proporciona las bases para construir operadores más complejos que responden a esta necesidad, caso del operador compuesto CPA (Conjunctive Partial Absorption).

Asimismo, para la selección de los factores o parámetros intervinientes en el modelo de decisión se analizarán diversas propuestas, dadas como bases para frameworks, que se encuentran en la literatura, como, por ejemplo,

los propuestos en Manoj Gambhir et al. [17] que sirven para predecir epidemias.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

La línea de investigación en la que se enmarca el trabajo presentado, es parte de una investigación sobre la construcción de modelos de evaluación de sistemas complejos, que viene desarrollándose desde hace tiempo en el marco de un Proyecto de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de San Luis, donde se han obtenido resultados plasmados en diversas publicaciones (ver, por ejemplo, [2][3][4]).

Los principales ejes del presente trabajo de investigación giran en torno a los siguientes puntos:

- Conceptualización del problema de decisión en cuestión, analizando y definiendo los factores específicos que deben ser tenidos en cuenta en este contexto particular.
- Modelización, a partir de los factores intervinientes para la toma de decisión, aplicando un método de evaluación multicriterio, que permita la obtención de un valor numérico útil como indicador para la toma de decisión en un contexto de epidemia.
- Validación del modelo propuesto por contrastación con datos obtenidos de epidemias previas.

RESULTADOS Y OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es elaborar y validar un modelo que permita, a través de múltiples factores, decidir sobre la posibilidad de la existencia de una epidemia.

Objetivos Específicos

- Definición de una jerarquía de factores: El primer paso en el desarrollo consiste en realizar la descomposición del problema en una jerarquía con tantos niveles como sean necesarios. Esto brinda una visión del problema y sirve

para identificar un conjunto de atributos o factores intervinientes en la toma de decisión. A partir de la revisión de la literatura, se ha observado que existen diversas propuestas que servirían de base para la creación de dicha jerarquía (Árbol de Preferencias en LSP).

- Normalización los atributos: Una vez que se han identificado los atributos, es necesario normalizarlos. Esto, en LSP, es la etapa donde se definen funciones llamadas criterios elementales que transforman los valores de los atributos a valores en el intervalo [0,100].
- Clasificación de los atributos: Una vez que se tiene la jerarquía de atributos, es necesario clasificarlos en obligatorios, opcionales y deseables para poder, luego, crear la EA.
- Elaboración de la función multicriterio o EA: El objetivo de esta etapa es agregar preferencias elementales y parciales, por medio de los operadores LSP, para obtener una preferencia global que sirva para decidir, ante una determinada situación, si los valores asignados a los atributos están o no indicando la presencia de una epidemia. Esto es posible debido al método de evaluación adoptado, que va más allá de un simple método de evaluación aditivo, permitiendo que puedan darse no solo mayor o menor peso a distintos ítems, sino admitiendo la posibilidad de modelar condiciones de simultaneidad, neutralidad y reemplazabilidad.
- Validación del modelo: A partir de datos obtenidos de epidemias previas, se realizarán evaluaciones que sirvan para contrastar los resultados obtenidos con el modelo contra los de la realidad.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La línea de investigación sobre evaluación de sistemas complejos que se viene desarrollando en el marco del Proyecto de Ciencia y Técnica PROICO 03-2020 "Ingeniería de Software: Estrategias de

Desarrollo, Mantenimiento y Migración de Sistemas en la Nube”, ha dado lugar a numerosas publicaciones y tesis de grado y de posgrado. En este sentido, creemos que la propuesta de investigación acá presentada seguirá dando sus frutos, tanto en publicaciones nacionales e internacionales (p.e. [5], [6]) como en la formación de recursos humanos (dos tesis de maestría presentadas más una tesis de maestría en ejecución). Asimismo, de momento, se ha encarado la posibilidad de la ejecución de una nueva tesis de maestría basada en los objetivos que aquí nos hemos propuesto.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Pluchino, A. E. Biondo, N. Giuffrida, G. Inturri, V. Latora, R. Le Moli, A. Rapisarda, G. Russo & C. Zappalá. “A novel methodology for epidemic risk assessment of COVID-19 outbreak”. *Scientific Reports* (2021) 11:5304 <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82310-4>. www.nature.com/scientificreports
- [2] Ana Funes, Aristides Dasso, Germán Montejano, Daniel Riesco. “A SAMM-based model for assessing Cybersecurity Implementations”, actas de CoNaIISI 2018, 29 y 30 de Noviembre de 2018, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- [3] Aristides Dasso y Ana Funes, “Threat and Risk Assessment Using Continuous Logic”, *Encyclopedia of Organizational Knowledge, Administration, and Technologies*, 1st. edition. IGI Global. Aceptado para su publicación en 2020.
- [4] Aristides Dasso, Ana Funes, Germán Montejano, D. Riesco, R. Uzal, Roberto, N. Debnath; “Model Based Evaluation of Cybersecurity Implementations”. ITNG 2016. Las Vegas, Nevada, USA, 11-13 abril 2016. In S. Latifi (ed.), *Information Technology New Generations, Advances in Intelligent Systems and Computing* 448. DOI: 10.1007/978-3-319-32467-8_28. Springer International Publishing, Switzerland 2016.
- [5] C. Gallardo, A. Funes, H. Ahumada. “Soporte para la Medición y Evaluación de la Accesibilidad al Contenido en Aplicaciones Web”, *Anales de ASSE 2019 (JAIO 2019)*, Salta, Argentina. pp. 56-70.
- [6] C. Gallardo, A. Funes. “Un Modelo para la Evaluación de la Calidad de la Accesibilidad al Contenido Web”, *CONAISI 2015*, Bs. As., Argentina.
- [7] C. Reed and M. Biggerstaff and L. Finelli and L. Koonin and D. Beauvais and A. Uzicanin and A. Plummer and J. Bresee and S. Redd and D. Jernigan. “Novel Framework for Assessing Epidemiologic Effects of Influenza Epidemics and Pandemics”. *Emerging Infectious Diseases*, 2013, volume 19, pages 85 – 91.
- [8] Carter C. Price, Adrienne M. Propp. “A Framework for Assessing Models of the COVID-19 Pandemic to Inform Policymaking in Virginia”. Published by the RAND Corporation, Santa Monica, Calif. © Copyright 2020 RAND Corporation.
- [9] CDC “Pandemic Severity Assessment Framework (PSAF)”. November 3, 2016. <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/national-strategy/severity-assessment-framework.html>
- [10] CDC Summary of Influenza Risk Assessment Tool (IRAT) Results, Pandemic Influenza (Flu), https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/monitoring/irat-virus-summaries.htm?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fflu%2Fpandemic-resources%2Ftools%2Firat-virus-summaries.htm.7/8/2021
- [11] European Centre for Disease Prevention and Control “Epidemiologic framework for assessing the severity of influenza epidemics and pandemics”. 11 Jan 2013
- [12] Farzaneh Sadat Tabataba, Prithwish Chakraborty, Naren Ramakrishnan, Srinivasan Venkatramanan2, Jiangzhuo Chen2, Bryan Lewis2 and Madhav Marathe1,2 A framework for evaluating

- epidemic forecasts. *BMC Infectious Diseases* (2017) 17:345. DOI 10.1186/s12879-017-2365-1
- [13] J. Dujmović, & H. Nagashima. 2006. LSP Method and its Use for Evaluation of Java IDEs. *International Journal of Approximate Reasoning*. 41, 3-22.
- [14] Jozo Dujmović, Andness and Orness as a Mean of Overall Importance. *Fuzzy Systems (Fuzz-IEEE)*, 2012 IEEE International Conference on , 10-15 June 2012. 2012. 1-6.
- [15] Jozo Dujmović. “Soft Computing Evaluation Logic. The LSP Decision Method and Its Applications”. © 2018 John Wiley & Sons, Inc.
- [16] JunHua Li, Pradeep Ray, Holly Seale, Raina MacIntyre AN E-HEALTH READINESS ASSESSMENT FRAMEWORK FOR PUBLIC HEALTH SERVICES – PANDEMIC PERSPECTIVE. 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences. Jan. 4 2012 to Jan. 7 2012. Maui, Hawaii USA. ISBN: 978-0-7695-4525-7.
- [17] Manoj Gambhir, Catherine Bozio, Justin J. O’Hagan, Amra Uzicanin, Lucinda E. Johnson, Matthew Biggerstaff, and David L. Swerdlow. “Infectious Disease Modeling Methods as Tools for Informing Response to Novel Influenza Viruses of Unknown Pandemic Potential”. *Clinical Infectious Diseases®* 2015;60(S1):S11–9. Published by Oxford University Press on behalf of the Infectious Diseases Society of America. DOI: 10.1093/cid/civ083
- [18] Wikipedia, “Ritmo reproductivo básico”. https://es.wikipedia.org/wiki/Ritmo_reproductivo_básico

Desarrollo de middleware y aplicación cliente para sistema de miniboyas ambientales

Zaradnik, Ignacio; Dominguez, Facundo; Kumvich, Augusto; Lupi, O.Daniel;
Caccaviello, Diego.

Laboratorio de Inteligencia Ambiental Departamento de Ingeniería e Investigación Tecnológica,
Universidad Nacional de La Matanza. Buenos Aires, Argentina

izaradnik@unlam.edu.ar; dominguez@unlam.edu.ar; kumvich@gmail.com; olupi@unlam.edu.ar;
dcaccaviello@unlam.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo detalla el desarrollo y la implementación de un middleware y la aplicación cliente de un sistema de miniboyas ambientales. Se comienza planteando la importancia del agua como recurso natural y los medios para asegurar su calidad. A continuación, se describe el hardware utilizado en la miniboya y los antecedentes asociados al presente trabajo. Finalmente, se realiza una breve explicación de la arquitectura del software implementado, se detallan sus principales elementos y las consideraciones tenidas en cuenta en el desarrollo del middleware y de la aplicación cliente.

Palabras Clave: Middleware, Internet de las cosas, Ecosistema Acuático, SQL, MQTT.

CONTEXTO

En el marco del Laboratorio de Inteligencia Ambiental del Departamento de Ingeniería e Investigación Tecnológica de la Universidad Nacional de La Matanza, se está trabajando desde hace algunos años en aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT) [1][2][3]. El presente trabajo es parte de lo realizado en el marco del proyecto “Internet de las Cosas en Miniboyas Ambientales”, el cual se ha desarrollado entre comienzos del 2020 y fines del 2021. Este trabajo se financió con fondos provenientes del Programa de Incentivos para Docentes Investigadores de la Secretaría de Políticas Universitarias (PROINCE).

1. INTRODUCCION

En la actualidad existe una creciente preocupación por el deterioro del medioambiente y por el impacto que

determinadas actividades humanas pueden causar sobre él. En especial lo que afecta a los recursos naturales, destacándose el agua, que es un elemento básico para la vida. Según la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), el agua dulce es el recurso más importante para la humanidad, ya que abarca todas las actividades sociales, económicas y ambientales. Es una condición para toda la vida en nuestro planeta, un factor habilitador o limitante para cualquier desarrollo social y tecnológico, una posible fuente de bienestar o miseria, cooperación o conflicto [4]. En nuestro país, datos de AySA (Agua y Saneamientos Argentinos) indican que el 13% de la población no tiene acceso a agua potable [5]. El saneamiento inadecuado del agua para consumo humano es una de las causas de múltiples enfermedades y muertes a nivel mundial [6]. Por esta razón, determinar la calidad de las fuentes de agua que se utilizan para el consumo humano y de animales resulta indispensable, pudiendo así evitar las enfermedades y muertes resultantes del consumo de agua con el incorrecto saneamiento. Para asegurar la calidad del agua se consideran parámetros físicos, químicos y biológicos. Estos parámetros se fijan de manera diferenciada según los usos a los que se va a destinar el recurso (consumo humano, riego, industria, ganadería, vida acuática). En función de esta problemática es que se planteó el desarrollo de un sistema de miniboyas para el monitoreo de los ecosistemas acuáticos.

2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

El objetivo general de este trabajo es desarrollar, implementar y estudiar los resultados del uso del sistema experimental de miniboyas ambientales. Para ello se investigaron: los distintos parámetros a medir para determinar la calidad del agua y los sensores asociados, la electrónica necesaria para acondicionar las señales de los sensores y para su procesamiento, las tecnologías de comunicaciones para la transmisión de los datos recolectados y los distintos medios para implementar un middleware y la aplicación cliente [7][8][9]. El presente trabajo se enfoca en este último punto.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. Hardware del sistema

En la figura N°1 se puede observar el diagrama de bloques de la miniboya, mientras que en la figura N°2 se puede ver la maqueta construida con fines de evaluar los aspectos mecánicos de la misma. El módulo GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) empleado es el SL869V2, mientras que el módulo de conectividad celular es el UL865-NAD, ambos de la empresa Telit. El microcontrolador utilizado es el ATSAM4S16 de la empresa Microchip, el cual se encuentra integrado en una placa de desarrollo Xplained. Como alimentación se empleó un pack de baterías de Níquel-Metalhidruro (Ni-MH) de 4,8 V y 2100 mAh. En lo que respecta a los sensores, se consideraron los siguientes: oxígeno disuelto (SEN0237-A); conductividad (DFR0300-H) y pH/temperatura (SEN0249).

3.2. Antecedentes

En paralelo al desarrollo de los programas presentados en este trabajo se analizaron distintas alternativas de computación en la nube: IBM Cloud Solutions, Microsoft Azure Cloud, Google Cloud, Telit device wise y Digi Remote Manager. Como consecuencia de este análisis, se desarrolló una interfaz gráfica basada en la opción Telit device wise [9]. La elección de esta opción se fundamentó en que: ofrece el uso de la plataforma sin costo y sin limitaciones en el desarrollo de la interfaz (solo

en la cantidad de dispositivos conectados y el tiempo de permanencia de los datos); no limita el tiempo de uso de la plataforma; permite la utilización de mapas para la geolocalización; al trabajar con un módulo celular de Telit (como se realizó), la integración de éste a la plataforma es mucho más sencilla y el proveedor brinda soporte para la implementación. Con este análisis y el desarrollo implementado, se logró adquirir un mayor entendimiento de las distintas alternativas para futuros proyectos.

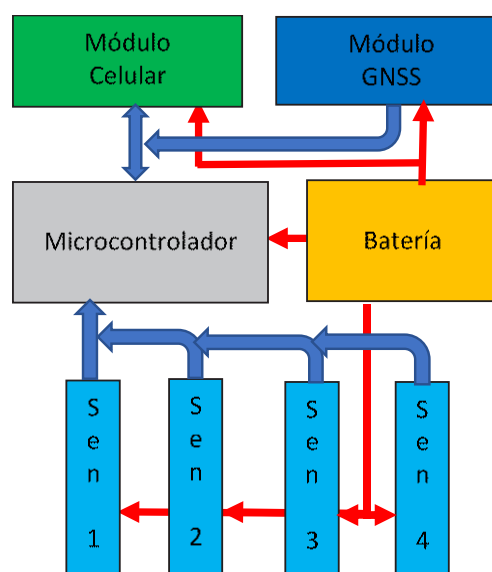


Figura N°1. Diagrama en bloques del sistema.

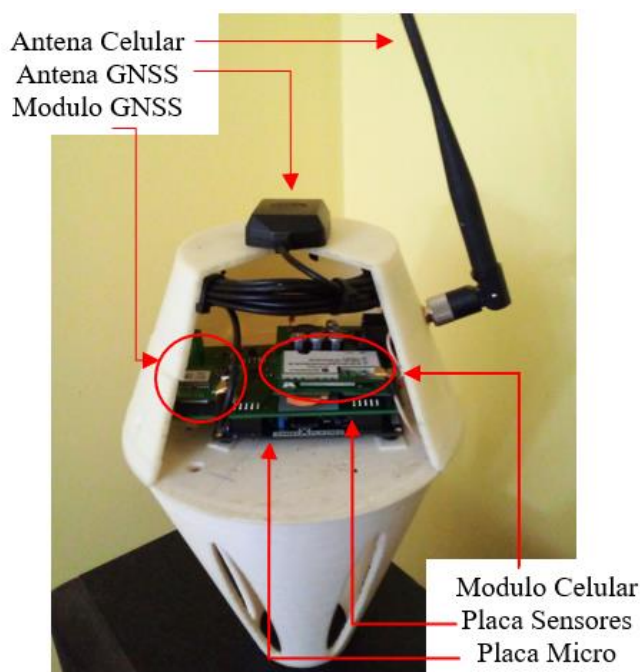


Figura N°2. Sistema experimental.

3.3. Desarrollo

3.3.1. Descripción General

En la figura N°3 se puede ver la arquitectura del software implementado (middleware y cliente). Dicho software se implementó en servidores propios, es decir, no se usó ningún servicio de computación en la nube. El middleware implementado consta de tres elementos: un broker MQTT, un intérprete de datos y una base de datos MySQL.

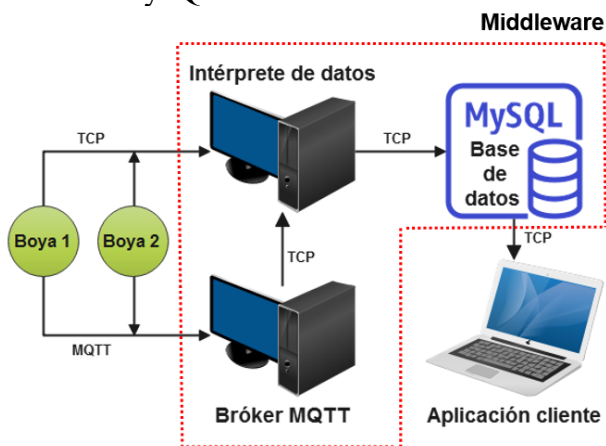


Figura N°3. Arquitectura del Software.

Periódicamente, los valores de los sensores y la posición brindada por el módulo GNSS son leídos por el microcontrolador, quien empaqueta dichos datos junto con un identificador único de la boya y un CRC (código de redundancia cíclica) para la detección de errores. Luego, los datos empaquetados son transmitidos al middleware a través de la conexión celular, por medio del protocolo TCP o MQTT. En el primer caso la comunicación se establece directamente con el intérprete de datos, mientras que en el segundo la miniboya publica sus datos con un tópico específico (INTERPRETE) en el broker MQTT. Al encontrarse el intérprete de datos suscripto a dicho tópico en el mismo broker (ya que se encuentra funcionando como un cliente MQTT), este va a recibir los datos transmitidos por las miniboyas. A la trama de datos recibida, ya sea a través del protocolo TCP o MQTT, se le verifica la integridad a través del CRC integrado en la misma. Si esta fuese correcta, se confirma la recepción satisfactoria a la miniboya ya sea a través de un mensaje por medio del protocolo TCP o publicando el mismo en el broker MQTT en un tópico particular

(ESTACIONES), al cual las miniboyas se encuentran suscriptas. Validado el mensaje recibido, se extraen sus datos de este y se almacenan en la base de datos, quedando la información disponible para ser accedida por la aplicación cliente.

3.3.2. Broker MQTT

Como broker MQTT se utilizó Eclipse Mosquitto™, un servidor de mensajes de código abierto (con licencia EPL/EDL) que implementa las versiones 5.0, 3.1.1 y 3.1 del protocolo MQTT. Su instalador se puede descargar de <https://mosquitto.org/download/>. Luego de la instalación, fue necesario configurar el broker para permitir la conexión de clientes que se encuentren en otro dispositivo. Para ello, se debió editar el archivo “mosquitto.conf”, ubicado en el directorio de instalación (por defecto “C:\Program Files (x86)\Mosquitto”), agregando las siguientes líneas para indicar el puerto de conexión, y habilitar la conexión de clientes anónimos, sin que tengan que autenticarse:

- listener 1883
- allow_anonymous true

Por último, fue necesario permitir la conexión del archivo “mosquitto.exe” en el firewall de Microsoft Windows, creando la regla de entrada y salida correspondiente.

3.3.3. Intérprete

El intérprete se realizó con la versión de prueba LabWindows/CVI 2015 SP1 cuyo instalador, se encuentra disponible de manera gratuita en la página web de National Instruments, [10]. Para la comunicación del intérprete con la miniboya a través del protocolo TCP, se emplearon librerías estándar provistas en la instalación del LabWindows/CVI. Mientras que, para la comunicación con la base de datos, se usó la librería libmysql versión 5.7.31.0, provista por MySQL, disponible para su descarga de <https://dev.mysql.com/downloads/mysql/5.7.html>. Finalmente, para la comunicación con el broker MQTT se debió integrar la librería libmosquitto al LabWindows/CVI, disponible con la instalación del broker junto a su

documentación

(<https://mosquitto.org/man/libmosquitto-3.html>). La figura N°4 presenta la interfaz gráfica de la aplicación interprete. A través de esta, se podrá configurar la conexión a la base de datos (dirección IP de servidor de base de datos, usuario y contraseña), el puerto TCP al cual se podrán conectar las miniboyas y los parámetros para la conexión al broker MQTT (dirección IP del broker, puerto de comunicación, tópico al cual subscribirse y tópico en el cual publicar).

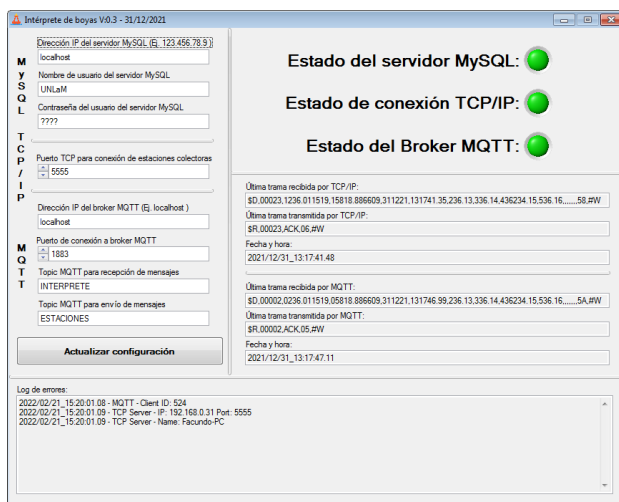


Figura N°4. Interfaz gráfica del interprete.

3.3.4. Base de datos

Como base de datos se empleó MySQL (<https://www.mysql.com/>), el cual es un sistema de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario con licencia GNU GPL. Para la presente aplicación solo se ha implementado una tabla con los siguientes parámetros:

- **IDLog:** Identificación única del registro
- **IDDispositivo:** Identificación del dispositivo que realizó la medición
- **Latitud:** Latitud del punto en donde se realizó la medición
- **Longitud:** Longitud del punto en donde se realizó la medición
- **Fecha:** Fecha de la medición
- **Hora:** Hora de la medición
- **S1:** Valor del sensor 1 (Oxígeno disuelto)
- **S2:** Valor del sensor 2 (pH)
- **S3:** Valor del sensor 3 (Conductividad)
- **S4:** Valor del sensor 4 (Temperatura)

- **Fecha Carga:** Fecha en la cual se cargó el registro en la base de datos
- **Hora Carga:** Hora en la cual se cargó el registro en la base de datos.

3.3.4. Aplicación cliente

Al igual que el intérprete, la aplicación cliente fue realizada con LabWindows/CVI. La figura N°5 presenta la pantalla principal de la aplicación.

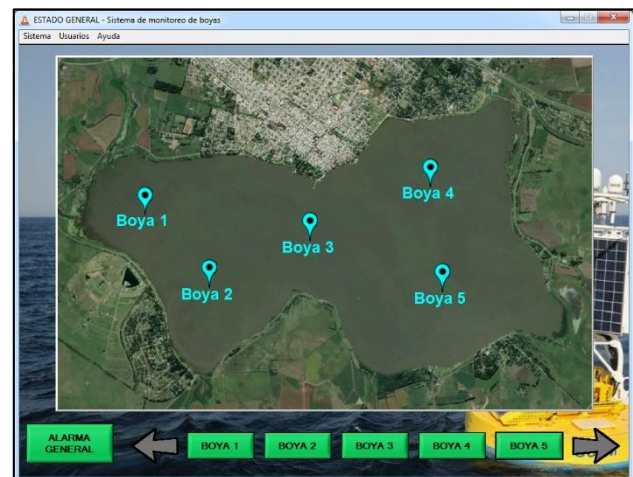


Figura N°5. Pantalla principal de la aplicación cliente.

La pantalla principal consta de un mapa con la ubicación de cada una de las boyas (actualmente es una imagen fija georreferenciada, pero está previsto la inclusión de un motor de mapas). Debajo de esta, se encuentran botones que permiten el acceso a la información de cada una de las boyas. En la figura N°6 se presenta la pantalla de cada una de las boyas, en donde se puede ver la fecha, la hora y los valores de la última medición recibida, así como también un gráfico histórico con los valores registrados.

3.4. Conclusiones

Se logró la implementación de un middleware y la aplicación cliente de un sistema de miniboyas. Si bien el sistema desarrollado es de carácter experimental, a través del mismo se han logrado habilidades en el desarrollo de hardware, firmware (asociado a la miniboya), uso de servicios en la nube, desarrollo de software con la integración de servicios distribuidos (broker MQTT y base de datos

MySQL) y el desarrollo de aplicaciones móviles, las cuales no fueron tratadas por cuestiones de espacio.

A futuro se prevé continuar la investigación de la temática de control de calidad de ecosistemas acuáticos, integrando nuevas variables a monitorear (micro/nano plásticos y cianobacterias), implementando mejoras en la interfaz gráfica (como la integración de motores de mapas), incluyendo seguridad middleware y usando librerías de análisis de datos para obtener información de los datos obtenidos.

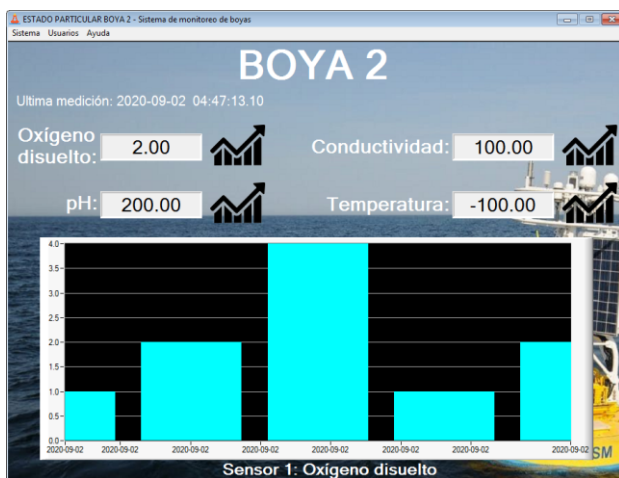


Figura N°6. Pantalla de información de boya.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

El ámbito de este proyecto permitió tanto la formación grupal del equipo de trabajo, así como la individual de cada uno de sus miembros. La formación grupal buscó generar conocimiento en la temática de aplicaciones de Internet de las cosas y monitoreo de la calidad de los ecosistemas acuáticos. En relación las formaciones individuales, se enumeran a continuación: Ignacio Zaradnik la gestión de grupos de trabajos, Diego Caccaviello la revisión bibliográfica y la elaboración de estados del arte, Facundo Dominguez el diseño de software, Diego Turconi el diseño de aplicaciones de sistemas embebidos y Augusto Kumbich el desarrollo del hardware.

5. REFERENCIAS

[1] Canziani; Gomez; Lupi; Nassipián; Slawiski; Turconi; Zaradnik, “Plataforma de conexión de Redes Eléctricas

Inteligentes a Internet de las Cosas” en el Congreso Argentino de Sistemas Embebidos 2014. ISBN 978-987-45523-27.

[2] Bernis; Turconi; Benacerraf; Dominguez; Lupi; Zaradnik; Rzepa, “Sistema de seguimiento de dosimetría personal”. VII congreso de microelectrónica aplicada 2016. ISBN: 978-987-733-068-7.

[3] Lupi; Zaradnik; Turconi; Dominguez, “Sistema de visualización de precios para supermercados”. Congreso Argentino de Sistemas Embebidos 2017 (Case 2017), Buenos Aires, Argentina. ISBN: 978-987-46297-3-9.

[4] UNESCO (n.d.). “Water Security”. Extraída el 06/03/2022 desde <https://en.unesco.org/themes/water-security>

[5] Pablo Bereciartua (2019), “Los desafíos del agua en la Argentina: el desarrollo del Plan Nacional del Agua”. Extraída el 14/05/2021 desde https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/02_pb_los_desafios_del_agua_en_la_argentina.pdf.

[6] Médicos sin fronteras (n.d), “Agua y Saneamiento. ¿Por qué se debe proporcionar agua y saneamiento?”. Extraída el 14/05/2021 desde <https://www.msf.org.ar/conocenos/actividades-medicas/agua-y-saneamiento>

[7] O.Lupi, I.Zaradnik, M.Canziani. “Estado del arte de los sistemas de monitoreo de calidad de agua”. Revista Digital del Departamento de Ingeniería (Reddi). Vol.5 número 2 (2020). Publicado 31/12/2020.

[8] O.Lupi, D.Turconi, J.Slawiski. “Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos”. Revista Digital del Departamento de Ingeniería (Reddi). Vol.7 número 2 (2021). Publicación pendiente.

[9] O.Lupi, I.Zaradnik, A.Agüero, C.Behar, L.Lanzilliotti, M.Vázquez. “Interfaz gráfica en la nube para monitoreo de miniboyas ambientales”. 5to Congreso Argentino de Ingeniería. Libro de Resúmenes (10/2021).

[10] “LabWindows” (n.d.). Extraída el 06/03/2022 desde <https://www.ni.com/es-cr/support/downloads/software-products/download.labwindows-cvi.html#306964>

ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE CIUDADES INTELIGENTES

Rocío A. Rodríguez, Pablo M. Vera, Claudia G. Alderete, Mariano G. Dogliotti

Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática (CAETI)
Facultad de Tecnología Informática
Universidad Abierta Interamericana (UAI)
Montes de Oca 745, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

{rocioandrea.rodriguez, pabломartin.vera, claudia.alderete, mariano.dogliotti}@uai.edu.ar

RESUMEN

En la actualidad la tecnología es parte de la vida cotidiana de las personas tanto para trabajo, comunicaciones, esparcimiento; las empresas invierten y desarrollan servicios tecnológicos que les facilitan la vida a las personas mientras consumen sus productos y servicios. Hoy en día es común tener aplicaciones en el smartphone para pedir un vehículo para traslado, solicitar comida a domicilio y un sinfín de otras cosas. Los gobiernos no pueden escapar a esta tendencia y deben actualizarse, hacer uso de la tecnología existente, diseñar recursos y servicios para facilitar las gestiones de sus ciudadanos a la vez que brinda mayor transparencia a sus acciones. Es por eso que surge el concepto de ciudades inteligentes o Smart Cities donde la tecnología se hace presente. Este proyecto de investigación se basa en el estudio de las Smart Cities (sus bases, fundamentos, grado de implementación) con el objetivo de realizar propuestas para facilitar y mejorar la implementación de las mismas.

Palabras clave: Ciudades Inteligentes, TIC, Participación Ciudadana, Gobernanza, Transparencia

CONTEXTO

Esta línea de investigación y desarrollo (I+D) forma parte de los proyectos radicados en el Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática (CAETI) de la Universidad Abierta Interamericana (UAI). En este proyecto participan docentes y alumnos tanto

de sede Centro como de la Castelar (ambas en la provincia de Buenos Aires). El proyecto cuenta con financiamiento asignado y una duración de 2 años.

1. INTRODUCCIÓN

Las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) han cambiado radicalmente la forma de vida de las personas. Muchas áreas fueron mejoradas o enriquecidas con la llegada de las TIC. Es interesante ver como demográficamente se fueron produciendo cambios los cuales implicaron que en la región de América Latina más del 80% de la población está viviendo en áreas urbanizadas [1], “en 1950, apenas el 42% de la población de la región vivía en ciudades” [2]. “La urbanización es una característica de la civilización contemporánea y el proceso del desarrollo urbano en sí está condicionado por varios factores, entre los cuales se encuentran la globalización y el progreso tecnológico” [3]. Esta sobrepoblación requiere pensar en ciudades que puedan brindar adaptarse y ser sostenibles. “En términos generales el concepto de ciudades o territorios inteligentes y sostenibles hace referencia a un uso extensivo y eficiente de las tecnologías disponibles –en particular las TIC– dirigidas a mejorar la calidad de vida de la población [...]”[4].

Existe diversas definiciones para una ciudad inteligente, entre ellas:

- “Una Smart City es un lugar donde la

tecnología cobra vida” [5].

- Una ciudad inteligente es un área geográfica o territorio que se caracteriza por el uso intensivo de las tecnologías con el objetivo, de manera general, de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y el desarrollo sostenible de las ciudades bajo los supuestos de la colaboración y la innovación [6].
- “Una Ciudad Inteligente es aquella que coloca a las personas en el centro del desarrollo, incorpora Tecnologías de la Información y Comunicación en la gestión urbana y usa estos elementos como herramientas para estimular la formación de un gobierno eficiente que incluya procesos de planificación colaborativa y participación ciudadana. Al promover un desarrollo integrado y sostenible, las Smart Cities se tornan más innovadoras, competitivas, atractivas y resilientes, mejorando así las vidas” [2].

En la figura 2 se plantean algunas características básicas que deben poseer las ciudades inteligentes que constituyen un resumen de principios extraídos del BID (Banco Internacional de Desarrollo) para migrar de una gestión tradicional a la gestión de una Ciudad Inteligente [2].

Los distintos gobiernos han planteado estrategias que permitan realizar gradualmente esta migración. Las estrategias varían dependiendo de las características de cada una de las ciudades. Entender las debilidades y fortalezas de cada ciudad como punto de partida es indispensable para entender como se puede evolucionar para lograr esta migración.

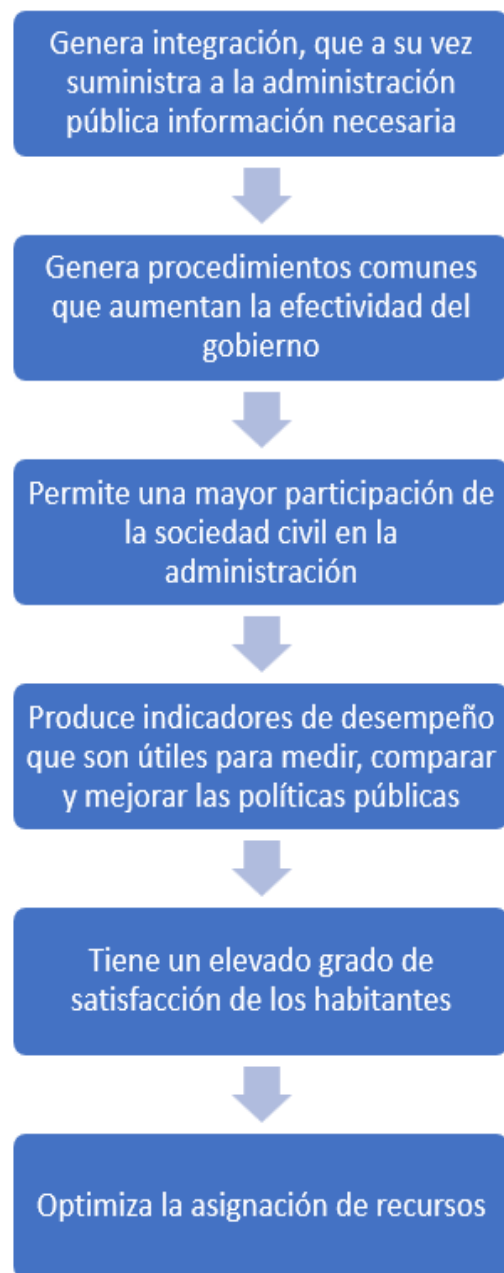


Figura 2. Resumen de las características de una Ciudad Inteligente

En el área de investigación de las ciudades inteligentes existen muchas aristas de trabajo desde la implementación de tecnologías para mejorar aspectos cotidianos ([7], [8], [9]), así como incrementar la participación ciudadana [10], ofrecer a los ciudadanos información de la gestión y transparencia ([11], [12], [13], [14]) ó incluso, proponer un mecanismo para medir su grado de funcionamiento generando ranking de posicionamiento de ciudades [15], [16], [17], [18] [19].

Es importante evidenciar que es un área temática con muchas posibilidades de desarrollo en sus diversas aristas.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN y DESARROLLO

Los ejes principales del trabajo son:

- Analizar las implementaciones existentes para Smart Cities y clasificarlas
- Comparar los planes de acción de los gobiernos nacionales de América Latina con respecto a las Smart Cities
- Analizar formas de evaluar el grado en que las ciudades han implementado características de las Smart Cities
- Desarrollar estrategias e implementar recursos que permitan mejorar distintos aspectos propios de las Smart Cities

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Dado que este proyecto ha comenzado en el presente año aún no hay resultados obtenidos. Pero los resultados a obtenerse serán producto de analizar las soluciones existentes y sus aportes en cada uno de los principios esperados para una ciudad inteligente. Por otra parte, se espera obtener una comparativa sobre ciudades de Latinoamérica. Estos serán los primeros resultados a obtenerse a medida que avance el tiempo de ejecución del proyecto.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo está formado por 4 docentes, 2 de ellos doctores en Ciencias Informática graduados en la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y 1 realizando una maestría

(UAI). Esto implica que 3 de los 4 docentes que componen el grupo tienen estudios de posgrados finalizados o en progreso.

Este proyecto también cuenta con la participación de alumnos de grado y posgrado de la UAI (actualmente en el proyecto se encuentran vinculados 4 alumnos).

En esta área encuentran en realización 1 tesis de doctorado (UNLP) y una tesina de grado (UAI), siendo directores de dichas tesis miembros del equipo de investigación.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población (2014). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)
- [2] Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C., & Facchina, M. (2016). La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente (Vol. 454). Inter-American Development Bank.
- [3] Sikora-Fernández, D. (2017). Factores de desarrollo de las ciudades inteligentes. *Revista Universitaria de Geografía*, 26(1), 135-152.
- [4] Alvarado López, R. A. (2018). Ciudad inteligente y sostenible: hacia un modelo de innovación inclusiva. PAAKAT: revista de tecnología y sociedad, 7(13).
- [5] Góngora, G. P. M. (2015). Revisión de literatura sobre ciudades inteligentes: una perspectiva centrada en las TIC. *Ingeniare*, (19), 137-149.
- [6] TMForumInform (2015) <http://inform.tmforum.org/features-and-analysis/featured/2015/10/peter-sany-smart-cities-are-where-technology-comes-alive/>

- [7] Sánchez, J. A. S. (2017). Redes vehiculares aplicadas a la movilidad inteligente y sostenibilidad ambiental en entornos de ciudades inteligentes (Doctoral dissertation, Universidad de Oviedo).
- [8] Romero Amaya, L. J., & Echeverry Osorio, J. F. (2019). Análisis de producto y modelo de negocio de la Smart City Station.
- [9] Gutiérrez Gutiérrez, J. L. (2021). Algoritmo genético aplicado al recojo de residuos sólidos en el contexto de una smart city. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(4), 1-14.
- [10] Madrigal-Moreno, S., & Gil-Lafuente, J. (2017). Análisis de los retos del desarrollo sostenible de Barcelona como smart city mediante el estudio de su reputación online. *Cuadernos del CIMBAGE*, 2(19), 29-50.
- [11] Patiño, J. A. (2014). Datos abiertos y ciudades inteligentes en América Latina: Estudio de casos.
- [12] Le Breton, M. A., Girardeau, M., & Bailleul, H. (2021). From Open Data to Smart City Governing Innovation in the Rennes Metropolitan Area (France). *International Journal of E-Planning Research (IJEPR)*, 10(4), 17-38.
- [13] Rose, G., Raghuram, P., Watson, S., & Wigley, E. (2021). Platform urbanism, smartphone applications and valuing data in a smart city. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 46(1), 59-72.
- [14] Li, X., Liu, H., Wang, W., Zheng, Y., Lv, H., & Lv, Z. (2022). Big data analysis of the internet of things in the digital twins of smart city based on deep learning. *Future Generation Computer Systems*, 128, 167-177.
- [15] Moreno Alonso, C. (2016). Desarrollo de un modelo de evaluación de ciudades basado en el concepto de Ciudad Inteligente (Smart City) (Doctoral dissertation, Caminos).
- [16] Alvarado-López, R. A. (2020). Ciudades inteligentes y sostenibles: una medición a cinco ciudades de México. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 30(55).
- [17] Ceballos Zuluaga, A. (2020). Modelo de medición de un sistema de salud en una ciudad inteligente (Doctoral dissertation, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito).
- [18] Alderete, M. V. (2021). Propuesta de un índice de ciudad inteligente para municipios de Argentina. *PAAKAT: revista de tecnología y sociedad*, 11(21).
- [19] Segura-Bonilla, O., & Hernández Milian, J. (2021). Aspectos conceptuales y metodológicos para la construcción de un Índice de Ciudades Inteligentes y Sostenibles.

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE GEOFENCING EN ANDROID PARA MONITOREO DE CORREDORES ESTUDIANTILES

Pablo M. Vera, Rocío A. Rodríguez, Hernán A. Viavattene, Cesar D. Delgado,
Esteban A. Carnuccio

Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática (CAETI)
Facultad de Tecnología Informática
Universidad Abierta Interamericana (UAI)
Montes de Oca 745, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

{pablomartin.vera, rocioandrea.rodriguez } @uai.edu.ar
{hernanalberto.viavattene, cesar.delgado, estebanandres.carnuccio }
@alumnos.uai.edu.ar

RESUMEN

Las amplias capacidades de los dispositivos móviles actuales hacen posible el desarrollo de aplicaciones que sirvan para traer mayor seguridad y tranquilidad a sus usuarios. Este proyecto plantea el desarrollo de una aplicación de monitoreo de estudiantes que utilizan ciertos corredores seguros para ir y volver desde su casa hasta el lugar de destino que puede ser el colegio, un club, la casa de un amigo, etc. Esta aplicación es especialmente útil para niños jóvenes que comienzan a movilizarse por su cuenta donde sus padres muchas veces se preocupan por su seguridad. Esta aplicación proporciona un monitoreo no invasivo alertando si se produce un desvío de / los caminos preestablecidos, así como también al entrar o salir a un área determinada en un horario no esperado utilizando técnicas de geofencing. La aplicación consta de un backend de configuración web y una aplicación móvil con la cual se realiza el monitoreo utilizando la geolocalización de los dispositivos móviles.

Palabras clave: Android, Aplicaciones Móviles, APPs, Geofencing, Geolocalización

CONTEXTO

Esta línea de investigación y desarrollo (I+D) forma parte de los proyectos radicados en el

Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática (CAETI) de la Universidad Abierta Interamericana (UAI). El proyecto cuenta con financiamiento asignado.

1. INTRODUCCIÓN

Tan sólo en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires están definidos 309 senderos escolares [1], estos senderos se encuentran cubiertos por agentes de prevención y cámaras de seguridad que son visualizadas por el centro de monitoreo urbano. Por estos motivos, se consideran a estos senderos escolares como áreas seguras.

Considerando la alta inserción de dispositivos móviles (siendo el sistema operativo Android mayoritario), se ha planificado realizar una aplicación que permita a aquellos padres o tutores que no pueden acompañar a sus niños hasta el colegio, tengan una solución de respaldo que les permita saber si el niño sale de una zona segura, en este caso sale de un corredor escolar. “Los smartphones cuentan con una gran cantidad de sensores que permiten enriquecer las nuevas aplicaciones. Tomando en cuenta su uso masivo y las posibilidades de hardware, componentes y sensores, es importante planificar el desarrollo de aplicaciones innovadoras que aprovechen dicho hardware” [2].

Al definir en una aplicación esos senderos seguros como áreas, se está haciendo uso del concepto de geovallas ó geofencing. Geofencing

“permite el monitoreo remoto de áreas geográficas rodeadas por una cerca virtual (geocerca) y detecciones automáticas cuando los objetos móviles rastreados ingresan o salen de estas áreas” [3].

En este año del proyecto de I+D se está avanzando con las últimas fases del desarrollo de una aplicación Android que permita conocer si un niño ingresa o sale de un área definida como segura y poder lanzar notificaciones a sus padres o tutores. El desarrollo consiste en una aplicación móvil (instalada en el dispositivo del estudiante) y una aplicación web que permite configurar parámetros y alertas. En la figura 1 se grafica el funcionamiento, en la parte superior el recorrido del estudiante que será monitoreado desde el dispositivo móvil, mientras que en la parte inferior se encuentran un conjunto de personas cercanas al estudiante quienes recibirán mensajes de alerta si el estudiante sale de la zona definida como segura, existiendo diversas configuraciones que podrán realizarse desde una aplicación web.

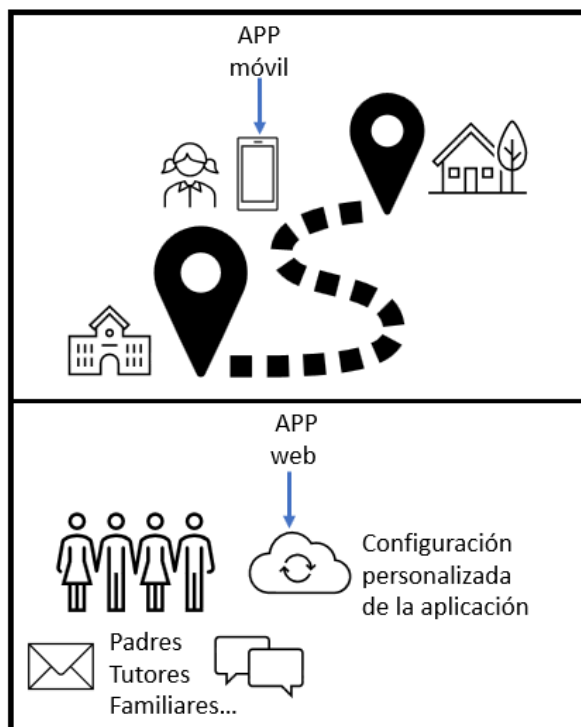


Figura 1. Aplicación Móvil en el dispositivo del estudiante y aplicación web para configuración de personalizaciones y parámetros por parte de un tutor o encargado.

2. LINEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Este proyecto de investigación busca:

- Hacer uso de la geolocalización y de las técnicas de geofencing para aplicarlos a aplicaciones móviles.
- Diseñar una aplicación de monitoreo no invasiva que consuma pocos recursos.
- Investigar las distintas formas de envío de alertas disponibles para dar mayor flexibilidad al sistema (SMS, WhatsApp, etc)
- Complementar las funcionalidades de las aplicaciones mediante el aprovechamiento de otros sensores disponibles en los dispositivos móviles.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

El proyecto se encuentra en el proceso final de desarrollo e integración y se espera que, al terminar esta etapa, pueda ser puesto en productivo.

Para realizar su desarrollo se utilizó el Framework de Android Studio, a través del lenguaje de programación Java. Como segundo instrumento, se generó una aplicación web desarrollada con el entorno de desarrollo Visual Studio 2019, utilizando con lenguaje de desarrollo una combinación entre MVC Core y Razor. Para la base de datos, se seleccionó Microsoft SQL 2017 como sistema de gestión, y Transact-SQL como lenguaje de desarrollo. Esta aplicación web podrá ser utilizada a través de cualquier browser y que servirá como asistencia al usuario para poder configurar la aplicación móvil. Dentro de la aplicación web, se podrán realizar las siguientes acciones:

- Generación de áreas de detección de Geofencing: Para la generación de esta funcionalidad, se decidió que era conveniente emplear las APIs nativas de Google de Geofencing [2]. En la figura 2, se muestra a modo de ejemplo una captura de pantalla con un área definida.

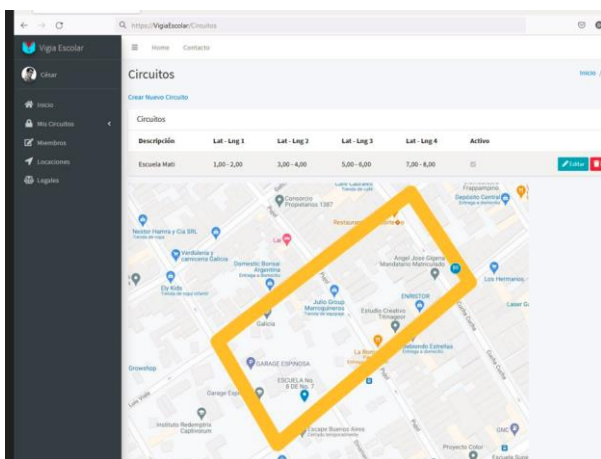


Figura 2. Pantalla de generación de áreas

La funcionalidad de creación de áreas permite no solo determinar las coordenadas permitidas por dichas áreas, sino que también permite configurar dirección origen y destino, tipo de alerta (en el caso de que la persona salga del área), horario en donde el área está habilitada y quien es la persona que debería estar dentro de esa área. Dentro de los tipos de alertas permitidas por la aplicación web, estas podrían ser:

- Envío de email al usuario administrador;
- Envío de mensaje de texto al usuario de la aplicación web ó aplicación móvil.
- Envío de ultima ubicación del usuario móvil al usuario web.
- Generación y administración de usuarios/miembros: Será la aplicación web la cual

permitirá la creación de usuarios, así como también las acciones que pueden realizar los mismos (ver figura 3). Los distintos perfiles que existen son los siguientes:

- Administrador: Será el encargado de crear áreas, usuarios, locaciones. Tendrá acceso a todo el sistema. También será el que reciba las notificaciones en caso de configurarlas.
- Usuario móvil: Podrá ver los caminos configurados para el en la aplicación móvil, y podrá también interactuar con el administrador también a través de la aplicación móvil.
- Usuario web: Podrá ingresar a todas las funcionalidades de la aplicación, pero solo tendrá permisos de lectura.

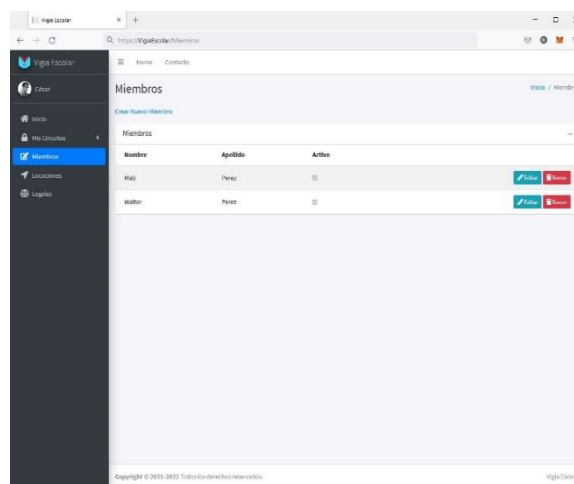


Figura 3. Pantalla de generación y administración de usuarios/miembros

- Generación y administración de locaciones: Una de las partes fundamentales para la generación de áreas de geofencing son las locaciones. Las locaciones serán los lugares

permitidos y rastreables por el usuario administrador, y serán utilizados como punto de referencia para generar las áreas y verificar si la persona se encuentra en esa ubicación en el horario especificado (ver figura 4).

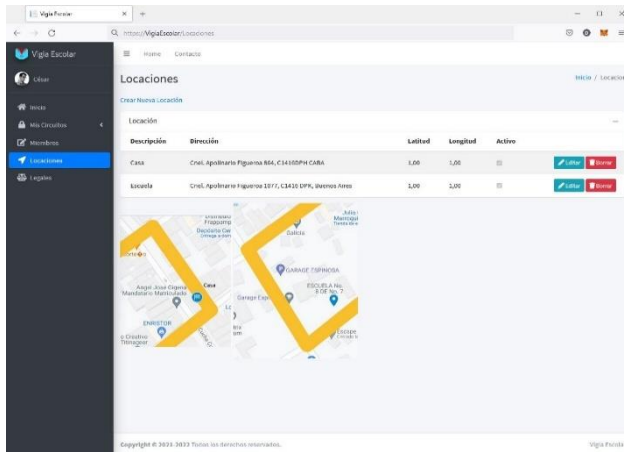


Figura 4. Generación y administración de locaciones

- Visualizar áreas de Geofencing: Como se explicó anteriormente, tanto la aplicación Android como la aplicación móvil utilizarán la API de google para manejar la funcionalidad de Geofencing. En el caso de la aplicación móvil, la misma buscará la información cargada en la aplicación web y mostrará las áreas creadas por pantalla utilizando dicha API. Cada una de las áreas pueden ser de distintos tamaños. Además de ser identificable por un código alfanumérico. Lo cual permite determinar, en qué área se encuentra el usuario y enviar un mensaje de alerta cuando eso suceda. Dichas notificaciones ocurren, cuando el individuo ingrese o salga de estos sectores. En la figura 5 se puede visualizar la aplicación, donde se muestra un mapa con múltiples áreas de Geofencing de diferentes tamaños.

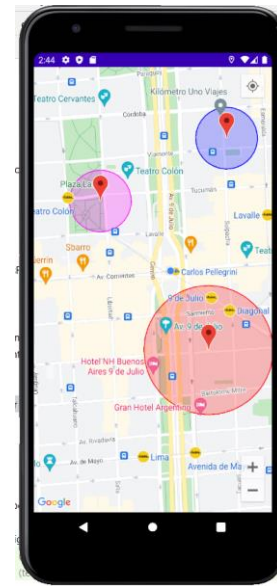


Figura 5. Aplicación con Múltiples Áreas de Geofencing

- Detección de alejamiento de ruta establecida: Una de las utilidades desarrolladas en la aplicación, consiste en establecer un camino que deba seguir el individuo y alertar en caso de que este se desvíe del mismo. Para poder definir la ruta a seguir y poder graficarla en la aplicación, se empleó las APIs de OSRM Directions [5]. Este servicio es Open Source, y es gratuito. Se analizó usar también las APIs de Google Directions [6], pero por cuestiones de limitaciones en su uso, se determinó conveniente emplear OSRM.

Durante el desarrollo del monitoreo de ruta fue necesario analizar cómo se determinaba cuando el usuario debía seguir o no determinado camino. Para ello se decidió, usar dos áreas de Geofencing de activación de ruta. Estas consistían en un área de inicio y otra de fin. De forma tal, que cuando el usuario ingresa dentro del área inicial de una ruta, se activa el monitoreo de seguimiento de dicho

camino. Por ende, si el usuario se aleja varios metros de este, se produce un mensaje de alerta. Informando dicha situación. Posteriormente, el seguimiento de esa ruta se desactiva cuando el usuario ingresa al área de fin, que se encuentra al final del camino. Esta herramienta, resulta de utilidad para hacer uso de un corredor seguro. En otras palabras, cuando un usuario tiene que ir desde un punto A al punto B, siguiendo solo un camino determinado. De manera que, si se desvía, se genera una notificación de alerta. Esta funcionalidad se puede observar en la figura 6.

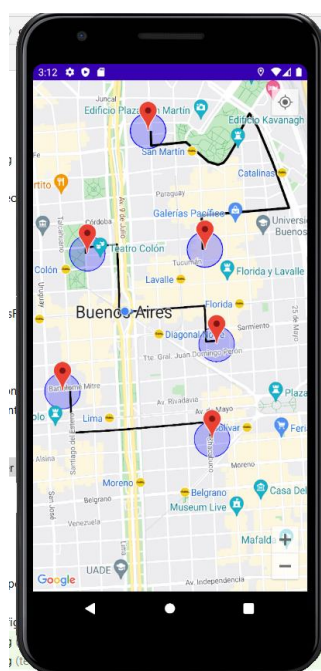


Figura 6. Múltiples Corredores Seguros

Como se puede observar en la figura 6, en la aplicación se pueden generar múltiples recorridos seguros. En donde por defecto, cada uno de ellos se encuentran desactivados. De tal forma, de no estar siendo controlados. Por lo que, un camino es activado, únicamente cuando el usuario ingresa al área de inicio. Cuando esto sucede, se va a monitorear únicamente esa

ruta. Ignorando las demás. Luego esta se desactivará cuando el usuario llegue a su área de finalización.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El grupo está formado por 5 personas, docentes de grado, postgrado y alumnos.

En el área de dispositivos móviles se encuentran en realización, 2 tesis de maestría y 1 tesina de grado en la UAI (Universidad Abierta Interamericana).

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Buenos Aires Ciudad, “Buscador de Senderos Escolares”. Disponible en: <https://www.buenosaires.gob.ar/justiciayseguridad/senderos-escolares>
- [2] P. Vera, R. Rodríguez, and C. Delgado, “Geofences Application Development for assisting people through monitoring”, LAJC, vol. 9, no. 1, pp. 98-107, Jan. 2022.
- [3] Reclus, F., & Drouard, K. (2009, October). Geofencing for fleet & freight management. In 2009 9th International Conference on Intelligent Transport Systems Telecommunications, (ITST) (pp. 353-356). IEEE.
- [4] Android Developers, “Crea y supervisa geovallas”. Disponible en: <https://developer.android.com/training/location/geofencing>
- [5] OSRM, 2021. “OSRM API Documentation” Disponible en: <http://project-osrm.org/docs/v5.22.0/api/#general-options>
- [6] Android Developers. “The Directions API overview” Disponible en: <https://developers.google.com/maps/documentation/directions/overview>

Question Answering aplicado a la Web Semántica. Predicción de la respuesta esperada.

Matias Oyarzun and Sandra Roger

email: `matias.oyarzun@est.fi.uncoma.edu.ar`
`roger@fi.uncoma.edu.ar`

Grupo de Investigación en Lenguajes e Inteligencia Artificial
Departamento de Teoría de la Computación - Facultad de Informática
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

Resumen

El Procesamiento de Lenguaje Natural es uno de los campos más desafiantes que se tiene en la actualidad. Dentro de éste, una de las áreas que surgen naturalmente es aquella que incluye los Sistemas de Búsqueda de Respuestas (*Question Answering - QA*), cuyo objetivo consiste en dar respuestas correctas o concretas automáticamente a preguntas formuladas por el ser humano en lenguaje natural, evitando traer documentos u otros tipos de fuentes de información extensa.

Al momento de realizar este tipo de sistemas, se hacen presente múltiples dificultades. Esto se debe a que el lenguaje natural es ambiguo y por lo tanto puede ser interpretado de diversas formas. Se hace principalmente evidente durante la interpretación de preguntas, pues basta con malinterpretar el tipo de la misma para generar resultados erróneos. Aquí surge la importancia de poder determinar correctamente lo esperado por la pregunta para poder procesarla, lo que se denomina como *Question/Answer Classification*. Gracias a la evolución de la *Web Semántica*, gran parte de la información disponible en la web se encuentran en forma de bases de conocimientos (*Knowledge Bases - KB*) para ser utilizados, lo que permite minimizar la posibilidad de existencia de ambigüedades, facilitando así el trabajo necesario para el desarrollo de aplicaciones que hagan uso de los datos tal y como es el caso.

Así, el objetivo principal de este plan es la investigación y desarrollo de soluciones basadas en tecnologías de sistemas QA que permitan reducir la búsqueda de información para extraer las respuestas, sobre tecnologías de la Web Semántica a través de herramientas de Lenguaje Natural, lo que contribuye al desarrollo de agentes inteligentes inmersos en la Web. Para esto, se busca en una primera etapa poder realizar una clasificación correcta del tipo de pregunta, lo que permitirá optimizar a las siguientes etapas que abarcan el proceso de búsqueda, pues reduce el espacio de búsqueda e incluso filtrar cualquier tipo de respuesta que no sea apropiada. Una vez que este proceso de clasificación de preguntas se encuentre hecho, se procederá a afrontar el problema de localizar, extraer y presentar al usuario aquella información que desea conocer, mediante una respuesta concreta y de la forma más amigable posible.

Palabras Clave: Sistemas de Búsqueda de Respuestas, Question Answering, Predicción de la Respuesta Esperada, Generalización de Texto, Web Semántica, Procesamiento de Lenguaje Natural.

Contexto

Este trabajo está parcialmente financiado por la UNCo, en el marco del nuevo proyecto de in-

vestigación *Tecnologías Semánticas para el desarrollo de Agentes Inteligentes*. Como así también, lo financia parcialmente el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) con una Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas 2021. El proyecto de investigación tiene una duración de cuatro años y ha comenzado en 2022 y se desarrolla en forma colaborativa con docentes-investigadores de la UNS.

1. Introducción

El rápido aumento de la información y la popularidad del uso de la web se debe a que las personas comienzan a almacenar datos y poner los mismos a disposición del público. Ésto, provoca que el desarrollo de aplicaciones que acceden a estas grandes cantidades de información que se modifican en tiempo real, de manera constante y que posiblemente se encuentren en diferentes formatos, presenten problemas al momento de la exploración de éstos y hace que la búsqueda de información sea una tarea compleja y costosa en términos de tiempo. Pues, muchas de estas aplicaciones ocurren bajo restricciones de tiempo críticas y en intensa interacción con el usuario. Esta dificultad ha motivado el desarrollo de nuevas herramientas de investigación adaptadas, como los sistemas de QA. Por ello, la representación conceptual de los dominios para la generación y extracción de información y conocimiento, es central en la toma de decisiones. De esta manera, los sistemas de QA contribuyen a que el usuario sea capaz de formular una pregunta en lenguaje natural y obtenga una respuesta concreta en lugar de un conjunto de documentos considerados relevantes, como es el caso de los motores de búsqueda.

A su vez, la Web Semántica es un ambiente ideal para el desarrollo de este tipo de agentes, pues ésta busca crear una web de conocimiento en la cual la semántica del contenido es explícita, permitiendo novedosas aplicaciones que combinan datos heterogéneos para, entre otros objetivos, mejorar la experiencia de los usuarios de acuerdo a sus necesidades. Por ello, lo-

grar que este valioso conocimiento semántico sea accesible y utilizables por los usuarios finales es de principal importancia en los sistemas de QA sobre KB.

Bajo este aspecto, el objetivo general que persigue el proyecto de investigación es el de generar conocimiento especializado en el área de agentes inteligentes y en lo referente a la representación y el uso del conocimiento en sistemas computacionales basados en la web, es decir lo que se ha llamado Web Semántica. Para ello, es necesario profundizar en el estudio de técnicas de representación de conocimiento y razonamiento, tecnologías del lenguaje natural, metodologías de modelado conceptual y mecanismos para la interoperabilidad de aplicaciones, tanto a nivel de procesos como de datos. Se pretende aplicar estos conceptos como soporte para comunidades de desarrollo de ontologías, entre otros.

De esta manera, se busca en una primera instancia la investigación en el área del *Question/Answer Classification* de un sistema QA, pues desempeña un rol importante al momento de determinar las expectativas del usuario. Su objetivo es identificar el tipo de pregunta y, basándose en el mismo, extraer la respuesta esperada de los datos [1]. Ésto permitiría a los sistemas QA identificar de manera más precisa una respuesta adecuada a la pregunta.

El desarrollo del plan de trabajo se realizará en el marco del proyecto de investigación “Tecnologías Semánticas para el desarrollo de Agentes Inteligentes”. En dicho proyecto de investigación se desarrolla una línea de investigación que explora sobre temas afines tanto al análisis y desarrollo de técnicas y herramientas útiles tanto el Procesamiento en Lenguaje Natural como la Generación del lenguaje Natural con el objetivo de dar soporte a los agentes inteligentes en estudio y en la definición de metodologías basadas en técnicas del Lenguaje Natural para el modelado de herramientas de búsquedas de respuestas semánticas. Particularmente, se ha escogido experimentar sobre herramientas de QA que den soporte a la búsqueda de información en el ámbito de la Web Semántica.

2. Línea de Investigación y Desarrollo

El proyecto de investigación *Tecnologías Semánticas para el desarrollo de Agentes Inteligentes* tiene como objetivo general, generar conocimiento especializado en el área de agentes inteligentes que accedan, procesen y recuperen información mediados por tecnologías semánticas.

En este sentido, se desarrolla una línea de investigación que explora sobre técnicas de representación de conocimiento y razonamiento, tecnologías del lenguaje natural, metodologías para la interoperabilidad e integración de datos, y generar nuevos principios, metodologías formales y herramientas basadas en la gestión semántica de los datos. Particularmente, se ha escogido experimentar sobre herramientas de QA que den soporte a la búsqueda de información en el ámbito de la Web Semántica.

El proceso de QA consta de una etapa de análisis de la pregunta, recuperación de los datos relevante de fuentes de conocimiento y la extracción de la información concreta y correcta como respuesta.

El análisis de la pregunta es fundamental. En este sentido, continuando con [2] nos concentramos en una primera etapa en la predicción de la respuesta esperada a partir de la pregunta de entrada. En este sentido, se ha realizado un análisis de las diferentes metodologías y estudio de herramientas disponibles.

Dentro de esta subtarea de QA focalizada en la predicción del tipo de respuesta, existen distintas competencias, una de ella es el desafío denominado *SMART SeMantic Answer Type and Relation Prediction Task*, de la cual se han realizado hasta el momento dos instancias de tales competencias: año 2021¹ y 2020² [3].

La predicción de relaciones para la pregunta es una tarea difícil: algunas relaciones están alejadas semánticamente, a veces los tokens que deciden las relaciones están distribuidas a lo largo de la pregunta, algunas relaciones están

Es posible una clasificación de tipo de respuesta granular con ontologías de Web Semántica populares como DBpedia (~760 clases) y Wikidata (~50K clases). En esta competencia se cuenta con dos tareas principales e independientes: 1) predicción del tipo de respuesta y 2) predicción de un conjunto de relaciones usadas para la identificación de la respuesta correcta.

Se está desarrollando un módulo para la clasificación del tipo de respuesta utilizando aprendizaje automático. La competencia dispone de varios corpus que se pueden utilizar para clasificar la categoría (Boolean, Literal, Resource) y el tipo de respuesta para cada una de las diferentes ontologías que proponen.

Asimismo, se pretende diseñar y desarrollar un módulo para la segunda tarea de predicción de relaciones usando tanto la ontología de DBpedia como la de Wikidata. Al igual que en la tarea uno, se provee de corpus para trabajar.

3. Resultados Obtenidos y Trabajos Futuros

En una primera instancia se ha realizado el relevamiento y análisis de las diferentes estrategias y características empleadas en los sistemas de búsquedas de respuestas semánticos, entre otras herramientas consideradas de utilidad. A partir de este análisis, nos encontramos en la fase de diseño e implementación de los módulos correspondientes a nuestro sistema de búsqueda de respuesta semántico, tales como aquellos para la clasificación de la pregunta y los encargados de la búsqueda y análisis de las posibles respuestas. Esto es un primer paso a nuestro objetivo de implementar nuestro primer prototipo dentro del marco del proyecto de investigación.

La finalidad de nuestra propuesta es la implementación de un Sistema de Búsqueda de Respuesta aplicado sobre la Web Semántica, que nos brinde una respuesta precisa a una pregunta planteada en lenguaje natural, en lugar de una lista de enlaces a documentos como lo hacen los motores de búsquedas tradicionales. Además, como mencionamos en [2], se pretende ampliar

¹<https://smart-task.github.io/2021/>

²<https://smart-task.github.io/2020/>
implícitas en el texto, entre otras.

el conocimiento en el área de Ciencias de la Computación, y por sobre todo en los campos de la Web Semántica y la Ontología.

4. Formación de Recursos Humanos

Durante la realización de esta investigación se espera lograr, como mínimo, la culminación de 2 tesis de grado dirigidas y/o codirigidas por los integrantes del proyecto. Uno de los autores de este trabajo posee una Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas (CIN) 2021.

Finalmente, es constante la búsqueda hacia la consolidación como investigadores de los miembros más recientes del grupo.

Referencias

- [1] Riyanka Manna, Dipankar Das, and Alexander Gelbukh. Question classification in a question answering system on cooking. In *Mexican International Conference on Artificial Intelligence*, pages 103–108. Springer, 2020.
- [2] Matías Oyarzun and Sandra Roger. Tecnologías de sistemas de QA aplicadas a la Web Semántica. In *XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja)*, 2021.
- [3] Nandana Mihindukulasooriya, Mohnish Dubey, Alfio Gliozzo, Jens Lehmann, Axel-Cyrille Ngonga Ngomo, and Ricardo Usbeck. SeMantic Answer Type prediction task (SMART) at ISWC 2020 Semantic Web Challenge. *CoRR/arXiv*, abs/2012.00555, 2020.
- [1] Riyanka Manna, Dipankar Das, and Alexander Gelbukh. Question classification in

Herramientas Informáticas de Dominio Específico para el Desarrollo de Servicios Digitales Innovadores para Comunidades Urbanas y Rurales en el Marco de Ciudades y Regiones Inteligentes

Luis Vivas¹, Mauro Cambarieri¹, Nicolás García Martínez¹, Horacio Muñoz Abbate¹, Marcelo Petroff¹, Hector Ruiz¹

¹ Universidad Nacional de Río Negro. Sede Atlántica
Laboratorio de Informática Aplicada
{lvivas, mcambarieri, ngarciam, hmunoz, mpetroff, hruiz}@unrn.edu.ar

RESUMEN

El objetivo del proyecto es investigar sobre el desarrollo y uso de recursos informáticos de dominio específico para comunidades urbanas y rurales que permitan el desarrollo rápido de servicios públicos en el contexto del desarrollo de ciudades y regiones inteligentes. En base a nuevos paradigmas y tecnologías digitales disponibles - como, por ejemplo: la multi-nube, internet de las cosas, analítica y minería de datos, inteligencia artificial, realidad virtual y realidad aumentada, las aplicaciones móviles, blockchain, entre otras - el proyecto se enfocará en desarrollar activos informáticos para la prestación de servicios digitales innovadores que resulten inteligentes al contexto. El resultado esperado es la apropiación de dichos activos por parte de los ciudadanos y los gobiernos provinciales y municipales y para ello se trabajará en: a) especificar activos informáticos de dominio específico; b) especificar servicios digitales públicos en tiempo de diseño y de ejecución para su rápido desarrollo y despliegue; c) especificar metodologías y buenas prácticas para la integración de dichos activos y servicios; d) desarrollar normas para la utilización segura de los recursos; y e) desarrollar tableros de comando para la toma de decisiones de gobierno y la definición de políticas públicas relacionadas con los servicios en el contexto del desarrollo local y regional.

CONTEXTO

El proyecto comenzará con una revisión del estado del arte, basándose en los resultados obtenidos en el PI 40-C-551 “Herramientas informáticas para el desarrollo de servicios digitales innovadores para comunidades urbanas y rurales en el marco de Ciudades y Regiones Inteligentes (HI-DeSeDi)” poniendo especial énfasis en la transformación digital en el estado como dominio específico y la continuidad

en el diseño y desarrollo de servicios públicos digitales innovadoras en base a: publicaciones científicas, casos de estudio implementados por gobiernos en distintas partes del mundo, y recomendaciones de políticas emitidas por el gobierno nacional, provincial, local, y organismos internacionales. De esta manera, se pondrá foco en las necesidades de los gobiernos municipales y provinciales. En base a los resultados que se obtengan, se desarrollarán activos informáticos reutilizables para el rápido desarrollo de servicios específicos, teniendo en cuenta las últimas tecnologías identificadas en el estado del arte y las características de los gobiernos. Se realizarán estudios que permitirán comparar y evaluar los recursos desarrollados, la generalización de resultados, y la definición de enfoques para su transferencia a otros contextos. Durante todo el proyecto, se pondrá foco en diseminar los resultados obtenidos a través de distintos tipos de publicaciones, como en la formación de recursos humanos.

1. INTRODUCCIÓN

Con el fin de buscar herramientas que ayuden a proveer soluciones a los problemas acuciantes que deben resolver, los gobiernos recurren a las tecnologías digitales y desarrollan iniciativas de Transformación Digital. Con nuevas aplicaciones, herramientas y recursos informáticos los gobiernos avanzan en mejorar los servicios que prestan a los habitantes de sus regiones, los esfuerzos en innovar continúan reflejándose en cuatro etapas de evolución: 1) Digitalización – tendiente a la modernización, mejora de la eficiencia interna y acceso a información de gobierno; 2) Transformación – intenta mejorar procesos internos, estructuras y procedimientos de gobierno; 3) Participación – busca transformar las relaciones entre gobierno, ciudadanos, empresas y otros actores no gubernamentales; y 4) Contextualización – las iniciativas apoyan esfuerzos específicos para el desarrollo, es decir para lograr objetivos específicos de políticas públicas y objetivos de desarrollo sostenible. A esta última etapa se la

denomina Gobernanza Electrónica Dirigida por Políticas. No obstante, en la mayoría de los casos a nivel local, muchas iniciativas se solapan en estas etapas y mientras algunos servicios al ciudadano están mayormente desarrollados que otros, abundan casos del uso de tecnologías “desparejas”, sistemas legados que no interactúan correctamente con otros más modernos, dejando postergadas innovaciones que podrían solucionar los problemas que afectan a los habitantes de la región.

Por su parte, como se ha venido observando, la entrega de servicios públicos digitales también presenta innovaciones. Trabajos relacionados muestran un marco de referencia explicando cómo los sistemas de entrega de estos servicios proveen progresivamente servicios informacionales, mejorados, transaccionales, e integrados, y gradualmente prueban los límites de la innovación incluyendo servicios que promueven la transparencia, son participativos, anticipatorios, personalizados, sensibles e inteligentes al contexto.

Este proyecto se enmarca en los procesos de transformación digital con alto impacto en la resolución de problemáticas gubernamentales a nivel municipal y provincial – en particular, continuar en el desarrollo de un conjunto de recursos emergentes para la rápida entrega de servicios digitales innovadores que resuelvan necesidades de comunidades urbanas y rurales en el contexto de ciudades y regiones inteligentes. Ejemplos de problemas a abordar en el desarrollo de servicios digitales urbanos y rurales son: 1) facilitar la interacción gobierno-ciudadanos, gobierno-empresas y gobierno-gobierno; 2) provisión de servicios turísticos, culturales y sociales sensibles e inteligentes en el actual contexto de pandemia y sus consecuencias; 3) facilitar la integración de personas con discapacidades físicas a través de servicios diseñados con interfaces adaptativas; 4) facilitar el acceso a información para análisis de grandes volúmenes de datos y 5) la adopción de tecnologías integradas al agro y la ganadería para hacer más eficiente el uso y el cuidado de los recursos naturales

Los gobiernos y la población mundial enfrentan grandes desafíos para el desarrollo, a menudo causando pérdida de equilibrio en relaciones y estructuras de poder sociales y económicas; a modo de ejemplo: 1) altas tasas de urbanización y problemas asociados – se prevé que la población urbana mundial crecerá 63% del 2014 al 2050, actualmente 828 millones de personas viven en barrios pobres y carecen de servicios básicos como agua potable y saneamiento (UNDESA, 2014); 2) la falta de empleo estable – del 84 por ciento de la fuerza laboral mundial, el 75% de los trabajadores están empleados con contratos de corto plazo, en empleos informales, o no remunerados (ILO, 2015); y 3) la inequitativa distribución de la riqueza – el 1% de la población posee la mitad de la riqueza mundial

(Credit Suisse Global, 2015).

Considerando los graves desafíos de desarrollo, los países miembros de las Naciones Unidas han adoptado una agenda de desarrollo sostenible que propone 17 objetivos (ODS) a alcanzar en el año 2030. Los ODS consideran particularmente las mejoras a la calidad de vida en diferentes áreas: vida saludable y bienestar (ODS 3); educación y aprendizaje (ODS 4); género (ODS 5); servicios básicos, como agua, saneamiento y electricidad (ODS 6 y ODS 7); empleo y trabajo (ODS 8); conseguir que las ciudades y que los asentamientos humanos sean inclusivos (ODS11); y promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles (ODS 16).

Los gobiernos en distintas partes del mundo recurren a nuevas tecnologías digitales a fin de proveer soluciones a los problemas acuciantes que deben resolver. (Janowski, 2015) afirma que el área de Gobierno Digital cambia constantemente para reflejar los esfuerzos en innovación a través de soluciones tecnológicas que realizan los gobiernos para dar respuesta a las presiones sociales, económicas, políticas y otras, y a las transformaciones que en ellos mismos se producen durante estos procesos.

2. LINEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El objetivo general del proyecto es investigar sobre las tecnologías digitales y los recursos informáticos de dominio específico emergentes que permitan la rápida entrega de servicios digitales innovadores que puedan satisfacer las necesidades de los habitantes en el contexto del desarrollo de ciudades y regiones inteligentes. Encuadrado en este marco, el proyecto busca desarrollar un conjunto de recursos y activos informáticos, como la definición de mejores prácticas para que los gobiernos municipales y provinciales puedan innovar rápidamente en la prestación de sus servicios. En base a esta premisa, se definen los siguientes objetivos específicos;

O1) Investigar el estado del arte en nuevas tecnologías informáticas para la entrega de servicios digitales de dominio específico.

O2) Desarrollar herramientas, metodologías y mejores prácticas para hacer más eficientes el diseño y uso de recursos informáticos para la rápida entrega de servicios innovadores que satisfagan las necesidades de comunidades urbanas y rurales en el contexto del desarrollo de ciudades y regiones inteligentes en la Provincia de Rio Negro

O3) Proponer un enfoque que permita

generalizar el uso de los recursos de dominio específico para la rápida transformación digital en el ámbito municipal y provincial, en base a la comparación del estado del arte, tal lo citado en el Objetivo Específico 1 (O1), y las herramientas, metodologías y mejores prácticas a desarrollar, tal lo citado en el Objetivo Específico 2 (O2).

3, RESULTADOS OBTENIDOS / ESPERADOS

El equipo que integra el proyecto de investigación pertenece al Laboratorio de Informática Aplicada de la Universidad Nacional de Río Negro, que es una Unidad Ejecutora de Investigación ubicada en el Campus de la Sede Atlántica.

El equipo alcanzó logros en diversos proyectos de I+D realizados por el Laboratorio de Informática Aplicada (LIA). A la fecha son de destacar:

El PI-UNRN 026/09 Conceptos y Modelos de Referencia para la Formulación de una Agenda de Gobierno Electrónico y del Estudio.

El PI-UNRN 40-C-270 Evaluación de Tecnologías de la Información y la Comunicación para el Desarrollo de Ciudades Inteligentes en Río Negro.

El PI-UNRN 40-C-551 Herramientas Informáticas para el Desarrollo de Servicios Digitales Innovadores para Comunidades Urbanas y Rurales en el marco de Ciudades y Regiones Inteligentes (HI-DeSeDi).

Los integrantes del equipo del proyecto han desarrollado varios trabajos de transferencia de tecnología que redundaron en aplicaciones en uso por distintos organismos públicos, como el Sistema de Voto Nominal Legislativo, instalado en la Legislatura de Río Negro; la Plataforma de Abogados del Estado implementado en la Fiscalía de Estado de la Provincia de Río Negro; la App "Viedma Comunidad Digital" en uso por la Municipalidad de Viedma para la zonificación, aforo y control de espacios públicos, en el contexto de pandemia.

Sus integrantes han obtenido en tres oportunidades el Premio Nacional de Gobierno Electrónico en la categoría Proyectos que entrega la SADIO (Sociedad Argentina de Informática) en el marco del Simposio de Informática en el Estado. Los trabajos galardonados fueron:

Desarrollo de una aplicación móvil de intermediación laboral para sectores excluidos del mercado de trabajo. Un instrumento para la definición de políticas públicas. Septiembre 2017

Monitoreo de riesgos de activos de información en la Universidad Nacional de Río Negro. Septiembre 2019

"Aplicación de metodologías y enfoques para el desarrollo de software de dominio específico en el contexto de Gobierno Digital". Octubre 2020

4. 4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

El grupo de trabajo se encuentra formado por cuatro investigadores formados en la temática, dos investigadores en formación y cinco alumnos avanzados de la carrera Licenciatura en Sistemas. En su marco se desarrolla dos tesis de Maestría en Ciencias de la Computación y se producirán cinco trabajos finales de carrera de grado.

5. BIBLIOGRAFIA

Alarabiat, A., Sa Soares, D., & Estevez, E. (2016). Electronic Participation with a Special Reference to Social Media - A Literature Review. In *Electronic Participation* (pp. 41–52). Springer.

Amugongo, L.M., Nggada, S.N., Sieck, J. (2016). Leveraging on open data to solve city challenges: A case study of Windhoek municipality. In *2016 3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City, ICBDS 2016* (pp. 129–134).

Anttiroik, A.-V., Valkama, P., & Bailey, S. J. (2014). Smart Cities in the New Service Economy: Building Platforms for Smart Services. In *AI & SOCIETY2* (pp. 323–334).

Apostol, E., Leordeanu, C., Mocanu, M., & Cristea, V. (2015). Towards a hybrid local-cloud framework for smart farms. In *2015 20th International Conference on Control Systems and Computer Science, CSCS 2015* (pp. 820–824).

Bediroglu, S., Yildirim, V., Nisanci, R. (2016). Building spatial cloud-based local government services. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer*, 1(169), 47–60.

Bertot, J. C., Estevez, E., & Janowski, T. (2016a). Digital Public Service Innovation: Framework, Cases, Trends. In *World Public Sector Report 2016: Innovating Public Service Delivery for Sustainable Development*. United Nations Department of Economic and Social Affairs.

Bertot, J. C., Estevez, E., & Janowski, T. (2016b). Universal and contextualized public services: Digital public service innovation framework. *Government Information Quarterly*, 33, 211–222.

<https://doi.org/10.1016/j.giq.2016.05.004>

Christos, G., Xenia, Z., Antonis, R., K, P., Jain, A., Gangadharan, G. R., & Yehiia, T. (2013). Applying Open Innovation Strategies to eGovernment for Better Public Services. In *E-Government Success Factors and Measures: Theories, Concepts, and Methodologies* (pp. 308–330). IGI Global.

Cledou, G., & Barbosa, L. S. (2016). An Ontology for Licensing Public Transport Services. In *9th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance (ICEGOV '15-16)* (pp. 230–239). CONF, New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2910019.2910101>

Clements P. and L. Northrop. *Software Product Lines: Practices and Patterns*. Addison-Wesley Professional, August 2001.

Credit Suisse Global. (2015). *The Global Wealth Report 2015*.

D, K., Levine, D., & Wall, T. (2008). New Development: What are the Challenges in Transferring Lean Thinking to Government? *Public Money & Management*, 28(1).

Dermentzi, E., Tambouris, E., Tarabanis, K. (2016). Cloud computing in eGovernment: Proposing a conceptual stage model. *International Journal of Electronic Government Research*, 12(1), 50–68.

Douwe, V., Estevez, E., & Janowski, T. (2009). Software Infrastructure for e-Government – e-Appointment Service. In *U- and E-Service, Science and Technology* (pp. 141–152). Springer.

Esmaeili, L., & Hashemi G, S. A. (2015). Rural intelligent public transportation system design: Applying the design for re-engineering of transportation eCommerce system in Iran. *International Journal of Information Technologies and Systems Approach*, 8(1), 1–27.

Estevez, E., & Janowski, T. (2013). Electronic Governance for Sustainable Development — Conceptual framework and state of research. *Government Information Quarterly*, 30, S94–S109. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2012.11.001>

Estevez, E., Janowski, T., & Dzhupova, Z. (2013). Electronic Governance for Sustainable Development – How EGOV Solutions Contribute to SD Goals?, 92–101.

Estevez, E., Lopes, N., & Janowski, T. (2015). *Smart Cities for Sustainable Development - Reconnaissance Study*.

Evans E., *Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software*. Addison-Wesley, 2003

Finkelievich, S. (2014). Innovación abierta en la sociedad del conocimiento redes transnacionales y

comunidades locales. Instituto de Investigaciones Gino Germani.

Gonzalez-Huerta J, S. Abrahão, E. Insfran: Un enfoque Multi-modelo para la Introducción de Atributos de Calidad en el Desarrollo de Líneas de Producto Software. XVI Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos. Septiembre de 2011

Guglielmi, G. J. (2016). Open data y servicio público. Los datos públicos abiertos son un servicio público. *Revista General de Derecho Administrativo*, 2016(41), 1–14.

ILO. (2015). *World Employment Social Outlook: The changing nature of jobs*. Retrieved from http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_368626.pdf

ITU. (2015). *ICT Facts & Figures: The World in 2015*. Retrieved from <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2015.pdf>

Janowski, T. (2015). Digital government evolution: From transformation to contextualization. *Government Information Quarterly*, 32(3), 221–236. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2015.07.001>

Janowski, T., Ojo, A., & Estevez, E. (2007). Rapid Development of Electronic Public Services – Software Infrastructure and Software Process. *Proceedings of the 8th Annual International Conference on Digital Government Research: Bridging Disciplines & Domains*, 294–295.

Janssen, M., & Estevez, E. (2013). Lean Government and Platform-based Governance - Doing More with Less. *Government Information Quarterly*, 30(1), S1–S8. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2012.11.003>

Janssen, M., & Zuiderwijk, A. (2014). Infomediary Business Models for Connecting Open Data Providers and Users. *Social Science Computer Review*, 32(5), 694–711.

Koussouris, S., Kokkinakos, P., Panopoulos, D., Askounis, D., Ramfos, A., Georgousopoulos, C., & Wittern, E. (2012). Citizens Collaboration and Co-Creation in Public Service Delivery: The COCKPIT Project. *International Journal of Electronic Government Research*, 8(3), 33–62.

Krueger, C W: Homeaway's transition to software product line practice: Engineering and business results in 60 days. In *Proc. of the 12th International Software Product Line Conference (SPLC'08)*, Ireland, pages 297–306. IEEE, September 2008

Lopez, V., Minana, G., Sanchez, O., Gonzalez, B., Valverde, G., & Caro, R. (2015). Big+Open Data: Some applications for a Smartcity. In *3rd IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing, PIC 2015* (pp. 384–389).

- Maccani, G., Donnellan, B., & Helfert, M. (2015). Open Data Diffusion for Service Innovation: An Inductive Case Study on Cultural Open Data Services.
- Macintosh, A., Coleman, S., & Schneeberger, A. (2009). eParticipation: The Research Gaps. In Proceedings of ePart 2009. Springer Verlag.
- Mc Dermott, P. (2010). Building Open Government. *Government Information Quarterly*, 27(4), 401–413.
- Mergel, I., & Desouza, K. (2013). Implementing Open Innovation in the Public Sector: The Case of Challenge.gov. *Public Administration Review*, 73(6), 882–890.
- Nafis, F., Yousfi, S., Chiadmi, D. (2016). How big open data can improve public services. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 381, 607–612.
- Ojo, A., Janowski, T., & Estevez, E. (2007). A Composite Domain Framework for Developing Electronic Public Services. In Proceedings of the International Conference on Software Engineering Theory and Practice (SETP 2007), Orlando, Florida, USA, July 2007.
- Oquendo, F.: p-Method: A Model-Driven Formal Method for Architecture-Centric Software Engineering. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*. Volume 31 Number 3. (2006).
- Domain Driven Design Reference. Definitions and Pattern Summaries. Eric Evans.2015
- Panopoulou, E., Tambouris, E., & Tarabanis, K. (2010). EParticipation initiatives in Europe: Learning from practitioners. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6229 LNCS, 54–65. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15158-3_5
- Pasini, A., Estevez, E., Pesado, P., & Boracchia, M. (2016). Una metodología para evaluar la madurez de servicios universitarios. In XXII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2016) (pp. 636–646).
- Paskaleva, K. A. (2011). The Smart City: A Nexus for Open Innovation? *Intelligent Buildings International*, 3(3), 153–171.
- Quarati, A., Clematis, A., D’Agostino, D. (2016). Delivering cloud services with QoS requirements: Business opportunities, architectural solutions and energy-saving aspects. *Future Generation Computer Systems*, 55(1), 403–427.
- Saxena, S., Kumar Sharma, S. (2016). Integrating Big Data in “e-Oman”: opportunities and challenges. *Info*, 18(5), 79–97.
- Tayab, M., Zhou, W., Zhao, M., Li, S. (2016). Big data and public services for environmental monitoring system. In ICCSE 2016 - 11th International Conference on Computer Science and Education (pp. 139–143).
- Traunmuller, R. (2014). Open Government and Electronic Government: Some Considerations. In 3rd International Conference on Electronic Government and the Information Systems Perspective, EGOVIS 2014 (pp. 201–207).
- UNDESA. (2014). World Urbanization Prospects, the 2014 Revision. (United Nations Department of Economic and Social Affairs, Ed.). <https://doi.org/10.4054/DemRes.2005.12.9>
- Wahsh, M.A., Dhillon, J. S. (2015). An investigation of factors affecting the adoption of cloud computing for E-government implementation. In 2015 IEEE Student Conference on Research and Development, SCORED 2015 (pp. 323–328).
- Yahaya, J.H., Deraman, A., Abai, N.H.Z., Mansor, Z., Jusoh, Y. Y. (2016). Business intelligence and big data analytics for organizational performance management in public sector: The conceptual framework. *Advanced Science Letters*, 22(8), 1919–1923.
- Zhang, H., & Liu, X.-Y. (2016). Research on the construction of intelligent agriculture service system based on “internet+” in Hunan province. In Conference Proceedings of the 4th International Symposium on Project Management, ISPM 2016 (pp. 576–579).

Coordinación de dispositivos de IoT para resolver problemas específicos de la distribución de energía eléctrica

Oscar Testa¹; Rubén Pizarro¹; Darío Segovia¹

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de La Pampa
Av. Uruguay 151 – (6300) Santa Rosa – La Pampa – Argentina
Tel.: +54-2954-425166– Int. 28
[otesta, ruben]@exactas.unlpam.edu.ar

Resumen

Este proyecto de investigación, deriva del proyecto “Ingeniería de Software: Composición de servicios en ambientes ubicuos”, desarrollado también en el ámbito de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam.

Como resultado de dicho proyecto de Investigación, se logró implementar un framework para la coordinación de dispositivos ubicuos, a través de la utilización de los estándares de SOA para servicios. Como parte de las líneas futuras de investigación de dicho proyecto, surgió la necesidad de realizar implementaciones en ambientes reales, donde se pueda poner a prueba dicho entorno.

Se plantea entonces, para este proyecto, la posibilidad de implementar el framework para un caso de estudio específico y real, una distribuidora eléctrica. El caso de estudio es el de poder monitorear a través de la utilización de sensores, cámaras y dispositivos distintas maquinarias que forman parte del servicio eléctrico (transformadores, cámaras o subestaciones) con el fin de prevenir accidentes que puedan dañar tanto los materiales como el servicio que brinda la empresa hacia la comunidad.

Se espera como resultado de este proyecto, obtener una implementación real del framework de coordinación de dispositivos, el cual abre las

puertas para una producción de este tipo de soluciones para todo tipo de ambientes.

Palabras clave: sistemas ubicuos, SOA, servicios, composición de servicios, coreografías.

Contexto

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto de Investigación: Coordinación de dispositivos de IoT para resolver problemas específicos de la distribución de energía eléctrica – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. Las líneas aquí presentadas actualmente forman parte de las bases de un anteproyecto de tesis de maestría en ingeniería de software por la Universidad Nacional de San Luis.

Introducción

En la actualidad, las actividades cotidianas del hombre se han hecho dependientes de una gran cantidad de dispositivos electrónicos tales como: ordenadores personales, ordenadores portátiles, teléfonos móviles, PDAs, tabletas, sensores de muchas y diversas utilidades, entre otros; los cuales logran comunicarse entre sí gracias a diversos protocolos de comunicación inalámbrica, redes de celulares, redes de área local (LAN), redes de área extensa (WAN), Bluetooth, etc. Estamos en la presencia de nuevos dispositivos de comunicación, lo que conlleva un nuevo escenario social, donde la interacción permanente con estos elementos es ineludible. Por ejemplo, la cantidad de móviles

existentes en el mercado se aproxima a la cantidad de habitantes mundiales, según un informe de la Unión Internacional de Comunicaciones. En este informe, se estima que hasta finales del año 2014 hubo casi 7.000 millones de suscripciones de telefonía celular, lo que corresponde al 96 % de la población global; es decir, la cantidad de usuarios de telefonía móvil se acerca al número de personas que viven en el planeta [1].

Los avances de las comunicaciones entre dispositivos ha permitido que estos sean generadores y consumidores de servicios al mismo tiempo, es decir, de acuerdo a las capacidades del dispositivo puede no solo obtener, sino también ofrecer a otros equipos sus funciones y así cooperar entre ellos. La tendencia actual es hacia los ambientes ubicuos, los cuales se caracterizan por estar poblados de numerosos dispositivos que, gracias a la integración extrema de los elementos electrónicos, son invisibles al usuario y están en permanente rastreo de la actividad humana [2].

Dispositivos ubicuos son todos aquellos dispositivos que pueden existir en todas partes, es decir, son dispositivos electrónicos que tienen capacidad de procesamiento y comunicación y pueden ser encontrados en lugares diversos de la vida cotidiana.

La computación ubicua es un desarrollo tecnológico que intenta que las computadoras no se perciban en el entorno como objetos diferenciados, y que la utilización por parte de los seres humanos sea lo más transparente y cómoda posible, facilitando de esta manera la integración en la vida cotidiana. Desde hace varios años los dispositivos ubicuos han ganado importancia y presencia en la vida cotidiana de las personas, debido principalmente a que: poseen distintos tipos de sensores (posicionamiento, proximidad, luminosidad, temperatura, etc.), facilitan la conectividad incluso en áreas con poca señal o acceso a las redes, permiten la convergencia tecnológica (computo, medios, telefonía, etc) y brindan acceso a servicios de distinta índole (mapas, ayudas, etc).

Por composición entendemos la forma en que se pueden combinar o enlazar un número indeterminado de dispositivos para llevar adelante una tarea determinada. En ambientes ubicuos, la composición de dispositivos, presenta nuevos desafíos tales como: la heterogeneidad (ya sea por la diversidad de dispositivos involucrados, como por la presencia de dispositivos de varios fabricantes), las contingencias de los dispositivos y la personalización de los mismos (por ej. provisión de servicios de acuerdo a las preferencias del usuario). Dado que los dispositivos en donde los servicios son ejecutados poseen limitaciones de recursos (ej. poca memoria y batería), se deben hacer consideraciones especiales respecto a la eficiencia y rendimiento de la composición de servicios [3].

La composición en este tipo de ambientes implica que los dispositivos deben dialogar entre ellos para poder compartir los servicios que ofrecen con la finalidad de obtener un servicio con valor agregado, o bien para abordar la solución de una problemática particular, como podría ser la seguridad de un hogar, o la seguridad vial, por mencionar algunos ejemplos.

Si bien hoy en día podemos decir que distintos sensores o dispositivos se pueden comunicar entre ellos, compartiendo de alguna manera sus servicios, generalmente lo realizan a partir de protocolos propietarios y sin seguir definiciones estándares, provocando que otros componentes de otros proveedores (o incluso de los mismos) no puedan ser utilizados. Esto obviamente representa una importante limitación en la composición de dispositivos ubicuos. Adicionalmente la composición de dispositivos ubicuos presenta un nuevo desafío. Los mecanismos de composición en ambientes masivos, necesitan hacer frente a las distintas contingencias que pueden ocurrir con estos dispositivos. Los dispositivos ubicuos tienen distintas limitantes como son la cantidad de memoria disponible, la durabilidad de la batería, la disponibilidad de acuerdo a la red del

lugar donde se encuentre en un momento determinado. Todas estas variantes hacen que la composición de dispositivos¹ ubicuos se transforme en un área de investigación muy importante donde los avances no han sido claros al día de hoy[3].

Líneas de Investigación y Desarrollo

La computación orientada a servicios, y en particular los servicios web en ambiente de internet, proporcionan mecanismos para la composición de servicios. Dichos mecanismos, como las orquestaciones, son aspectos bien conocidos de la computación orientada a servicios que permiten construir sistemas de negocio complejos y aplicaciones a partir de una gran cantidad de servicios heterogéneos, simples y distribuidos. Podría pensarse que son aplicables a ambientes ubicuos. Sin embargo, en contextos como puede ser la Internet de las Cosas (IoT) donde los servicios son dinámicos, móviles, menos fiables y dependientes del dispositivo, los mecanismos de composición establecidos para servicios web no es directamente aplicable [8].

Adicionalmente la composición de múltiples dispositivos ubicuos presenta nuevos desafíos que no son compatibles con la composición de servicios web. En particular, los mecanismos de composición en ambientes masivos como lo es el de dispositivos móviles, necesita hacer frente las distintas contingencias que pueden ocurrir con estos elementos, así como también contemplar la heterogeneidad de los mismos.

Estos dispositivos tienen distintas limitantes como son la cantidad de memoria disponible, la durabilidad de la batería, la disponibilidad de acuerdo a la red del lugar donde se encuentre en

un momento determinado. En ambientes ubicuos, la disponibilidad y confiabilidad de los dispositivos no puede ser garantizada. Todas estas dificultades hacen que la composición de dispositivos se transforme en un área de investigación muy importante donde los avances no han sido claros al día de hoy[3].

Finalmente existen distintos proyectos en la actualidad donde se intenta integrar sensores y dispositivos ubicuos a la vida cotidiana. Específicamente podemos mencionar la domótica, donde varios dispositivos y sensores deben actuar en coordinación para prevenir un incidente de seguridad (ya sea por robo o por incendio) en nuestros hogares. Sin embargo, existen áreas de aplicación más relevantes.

En la industria, existe lo que se llama Industria 4.0 [9], donde lo que se intenta es integrar dentro de una planta fabril la intercomunicación de todos los dispositivos que componen la cadena de producción con el fin de que coordinen entre ellos las tareas a realizar en base a los tiempos a cumplir, stocks disponibles, demanda en línea de los productos, etc. Otra área donde los dispositivos ubicuos están ganando importancia es la automotriz, donde los esfuerzos se enfocan en que distintos sensores monitoreen funciones vitales del conductor (como es el caso de presión arterial, pulsaciones, etc) y en caso de que detecten anomalías actúen en conjunto con otros dispositivos del vehículo para evitar accidentes.

En este sentido, y en esta investigación en particular es que abordamos la implementación de un framework de coreografía de servicios con dispositivos ubicuos, la cual está definida por Testa, et al. en[11]. A partir de la utilización de este framework es que se propone implementarlo sobre un sistema real de una distribuidora eléctrica, principalmente para el monitoreo y automatización de subestaciones transformadoras bajo nivel. Se decidió trabajar sobre este tipo de elementos en parte por la necesidad de la distribuidora y en parte por la complejidad media del proyecto.

Resultados y Objetivos

¹ Si bien los autores se refieren a la composición de servicios, se hace dentro de un contexto de dispositivos ubicuos, lo cual a los fines de este trabajo se puede interpretar como composición de dispositivos, haciendo que la terminología para este caso particular sea más adecuada.

La proliferación de dispositivos de computación ubicuos e interconectados (PDAs, tabletas, móviles, etc), así como los recientes avances en la tecnología de radio frecuencia y las redes de sensores están fomentando la creación de ambientes donde las aplicaciones de internet y los servicios se están haciendo mas populares y necesarias para los usuarios de móviles. La composición de servicios a través de múltiples dispositivos móviles presenta un nuevo desafío el cual no es compatible con la composición de servicios como se plantea actualmente. En particular, los mecanismos de composición en ambientes masivos como lo es el de dispositivos móviles, necesita hacer frente las distintas contingencias que pueden ocurrir con estos elementos, así como también contemplar la heterogeneidad de los mismos. Estos dispositivos tienen distintas limitantes como son la cantidad de memoria disponible, la durabilidad de la batería, la disponibilidad de acuerdo a la red del lugar donde se encuentre en un momento determinado. Todas estas variantes hacen que la composición de servicios incluyendo dispositivos móviles se transforme en un área de investigación muy importante donde los avances no han sido claros al día de hoy [3].

En este tipo de ambientes, mecanismos automáticos y dinámicos son necesarios para la composición de servicios, ya que de esta forma se puede compensar la falta de disponibilidad de un servicio en un momento determinado [8].

Se plantea entonces que hoy en día la composición de servicios es aun mas compleja debido a la incorporación de estos dispositivos que se mencionan en el párrafo precedente. La composición tiene una complejidad mayor aun cuando se trata de servicios dependientes y especialmente en ambientes críticos.

Si bien a este problema existente se encontró solución, a través de la implementación de un framework de ejecución de coreografías en ambientes ubicuos, tal como se plantea en [11], se necesita hacer pruebas y más investigaciones a partir de una implementación real.

Por lo antes expuesto se deducen las siguientes preguntas de investigación:

- ¿El framework de ejecución de coreografías propuesto, puede implementarse para una situación real?
- ¿Qué mejoras son necesarias aplicar sobre el framework para que el mismo pueda ser aplicado a ambientes reales de ejecución?
- ¿Qué tipo de hardware se necesita para una implementación real, o alcanza con utilizar placas académicas de uso general como Arduino?
- ¿Los protocolos de comunicación seleccionados, son los correctos, o debe ampliarse la implementación y utilización de protocolos?

Por lo tanto, el proyecto plantea los siguientes objetivos:

- Realizar una implementación real del framework de ejecución de coreografías en ambientes ubicuos, en un caso de estudio particular y real.
- Realizar las mejoras y ajustes necesarios al framework para que pueda ser utilizado comercialmente.
- Poner a prueba la validez de la utilización de los protocolos de comunicación establecidos por SOA.
- Difundir los resultados obtenidos con publicaciones de los resultados parciales y finales.

La hipótesis principal es poner a prueba si los mecanismos principales y fundacionales de SOA son aplicables para la composición de coreografías en ambientes ubicuos, en un ambiente real. Se tienen fuertes indicios, por los estudios e investigaciones llevadas adelante en el proyecto de Investigación sobre el cual se basa el presente trabajo, que los mismos serán suficientes y que serán de utilidad en este tipo de ambientes.

Se espera, además logros en términos de formación en recursos humanos:

Darío Segovia, se espera que los resultados de este trabajo se vean reflejados en la Tesis de Maestría.

Se espera además, la generación de informes de investigación y conferencias con el objeto de difundir lo actuado. De la misma manera, se espera generar más aplicaciones en el campo de la ingeniería de software relacionadas con aspectos específicos del framework de composición propuesto y puesto a consideración en este trabajo.

Formación de Recursos Humanos

Además de los resultados esperados en el punto 3, se espera como resultado en la formación de recursos humanos, la continuación de esta misma línea de proyecto como tesis de maestría y doctoral de alguno(s) de los investigadores. También se espera lograr una mayor interrelación con la Universidad Politécnica de Madrid para la aplicación de las metodologías aquí presentadas en los proyectos de Ingeniería de Software Empírica. Adicionalmente, se espera que otras tesis de Maestría, así como tesinas de Licenciatura surjan a partir de los logros obtenidos en la presente línea de investigación.

Bibliografía

- [1] U. I. d. T. (UIT), “Unión Internacional de Telecomunicaciones.” <https://www.itu.int/net/pressoffice/pressreleases/2014/23-es.aspx>, 10 2015.
- [2] M. Weiser, “Hot topics-ubiquitous computing,” *Computer*, vol. 26, pp. 71–72, Oct 1993.
- [3] Q. Z. Sheng, X. Qiao, A. V. Vasilakos, C. Szabo, S. Bourne, and X. Xu, “Web services composition: A decade’s overview,” *Information Sciences*, vol. 280, no. 0, pp. 218–238, 2014.
- [4] M. Viroli, “On competitive self-composition in pervasive services,” *Science of Computer Programming*, vol. 78, no. 5, pp. 556–568, 2013. Special section: Principles and Practice of Programming in Java 2009/2010 & Special section: Self-Organizing Coordination.
- [5] S. W. Loke, “Supporting ubiquitous sensor-cloudlets and context-cloudlets: Programming compositions of context-aware systems for mobile users,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 28, no. 4, pp. 619–632, 2012.
- [6] F. Palmieri, “Scalable service discovery in ubiquitous and pervasive computing architectures: A percolation-driven approach,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 3, pp. 693–703, 2013. Special Section: Recent Developments in High Performance Computing and Security.
- [7] S. Najar, M. K. Pinheiro, and C. Souveyet, “A New Approach for Service Discovery and Prediction on Pervasive Information System,” *Procedia Computer Science*, vol. 32, pp. 421–428, 2014. The 5th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT-2014), the 4th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT-2014).
- [8] G. Cassar, P. Barnaghi, W. Wang, S. De, and K. Moessner, “Composition of services in pervasive environments: A Divide and Conquer approach,” in *Computers and Communications (ISCC)*, 2013 IEEE Symposium on, pp. 000226–000232, July 2013.
- [9] Wikipedia, “Industria 4.0 — Wikipedia, La enciclopedia libre,” 2016. [Internet; descargado 4-noviembre-2016].
- [10] H.-I. Yang, R. Bose, A. (Sumi) Helal, J. Xia, and C. Chang, “Fault-Resilient Pervasive Service Composition,” in *Advanced Intelligent Environments (A. D. Kameas, V. Callagan, H. Hagraas, M. Weber, and W. Minker, eds.)*, pp. 195–223, Springer US, 2009.
- [11] Oscar A. Testa, Efraín R. Fonseca C., Germán Montejano and Oscar Dieste, “Coordination of Ubiquitous Devices in Pervasive Environments: A Proposal Based on WS-CDL” in *38th International Conference of*

the Chilean Computer Science Society. SCCC
2019.

MODELANDO ONTOLOGÍAS CON PATRONES EN UN AMBIENTE GRÁFICO WEB DE INGENIERÍA ONTOLÓGICA

Tomás L. Quiñonez¹ Christian N. Gimenez¹ Laura A. Cecchi¹ Pablo R. Fillottrani^{2,3}

email: tomas.quinonez@est.fi.uncoma.edu.ar,
{christian.gimenez,lcecchi}@fi.uncoma.edu.ar, prf@cs.uns.edu.ar

Grupo de Investigación en Lenguajes e Inteligencia Artificial,
Departamento de Teoría de la Computación - Facultad de Informática
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

Laboratorio de I&D en Ingeniería de Software y Sistemas de Información, Departamento
de Ciencias e Ingeniería de la Computación
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC)

RESUMEN

La presente investigación se desarrolla mediante el trabajo colaborativo de docentes investigadores de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo) y de la Universidad Nacional del Sur (UNS), en el contexto de proyectos de investigación financiados por las universidades indicadas.

El objetivo general de esta línea de investigación y desarrollo es el diseño e implementación de una metodología que permita recomendar a los usuarios Patrones de Diseño Ontológico para la ontología modelada. Como paso intermedio y a partir de un relevamiento, se construye un catálogo de patrones aceptados por la comunidad. Luego, para los distintos patrones dentro del catálogo, se realiza una comparación de sus componentes con los componentes de la ontología modelada por el usuario, permitiendo la identificación de los mismos en dicha ontología, a través de servicios de razonamiento. El resultado de esta implementación será integrado a crowd, la cual es una herramienta para el modelado visual ontológico, que utiliza lenguajes de modelado conceptual y que es desarrollada por nuestros grupos de investigación.

Palabras Clave: Ingeniería de Software basada en Conocimiento, Patrones de Diseño Ontológico, Ontologías, Lógicas Descriptivas.

CONTEXTO

Este trabajo está parcialmente financiado

por la Universidad Nacional del Comahue, en el marco del proyecto de investigación *Tecnologías semánticas para el desarrollo de agentes inteligentes (04/F020)*, y con una Becas de Investigación en la categoría Graduado de Perfeccionamiento, por la Universidad Nacional del Sur a través del proyecto de investigación *Tecnologías semánticas para acceso e integración de datos (24/N049)* y por el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) con una Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas para Estudiantes 2020. Los proyectos de investigación tienen una duración de cuatro años, la beca de perfeccionamiento una duración de 2 años, finalizando en diciembre de 2022, y la beca CIN una duración de 1 año, finalizando esta última en agosto de 2022.

1. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Ontológica estudia los métodos y metodologías que guían a los modeladores en el diseño, desarrollo, implementación, mantenimiento, uso y publicación de ontologías [10, 15]. Si bien existen diversos enfoques para definir el concepto de ontología [5], en este trabajo utilizaremos el enfoque dado en [9], el cual define una ontología como equivalente a una base de conocimiento en Lógica Descriptiva [1]. Esto agrega una dimensión más a la complejidad del desarrollo, debido a que requiere de un íntimo conocimiento de estos

formalismos.

Actualmente, existen varias herramientas de Ingeniería Ontológicas para el desarrollo de ontologías. Sin embargo, estas herramientas presentan dos falencias claramente identificadas. Si bien las visualizaciones proveen un adecuado nivel de abstracción para ontologías, ningún método de visualización ha sido ampliamente aceptado [3]. Asimismo, recientes revisiones de la literatura sugieren que los ambientes actualmente disponibles presentan un débil soporte para la Ingeniería Ontológica, debido a la fragmentación de las metodologías en diversas herramientas [16].

Una posible forma de asistir al modelador y contribuir en la solución a alguno de estos problemas es el uso de patrones. Los patrones ontológicos pueden ser vistos como pequeñas ontologías bien definidas y aceptadas por la comunidad, usadas como modelos *templates*, para ser incorporados a la ontología en desarrollo. En este sentido, el uso de Patrones de Diseño Ontológico (ODP) [7], junto con paradigmas de modelado gráfico que soporten lenguajes estándar, permitirá que los modeladores reduzcan significativamente el esfuerzo y el costo de desarrollo y mantenimiento de sus ontologías, reusando soluciones formalizadas.

Sin embargo, los enfoques para la Ingeniería Ontológica basados en patrones requieren, por un lado, de la existencia de un conjunto de patrones adecuados y aceptados en la comunidad para ser reusados. Y por el otro, de metodología apropiadas que soporten la elicitación de estos patrones y su aplicación en la construcción de nuevos modelos. Por otra parte, un modelador que desea construir, mantener o validar una ontología a través del reuso de patrones, posee poca asistencia en las herramientas de desarrollo, respecto del uso de estructuras lógicas, que generalmente son poco amigables, haciendo así que las ontologías sean difíciles de comprender.

En este trabajo, se propone diseñar una

metodología para el modelado de ontologías basado en patrones, que sugiera ODP a partir del modelo en desarrollo. Estos patrones se obtendrán de un listado ampliamente aceptado por la comunidad de expertos en el tema¹.

Asimismo, se propone desarrollar una herramienta que implemente dicha metodología, capaz de recomendar patrones que puedan ser aplicados en una ontología. Dicha herramienta consistirá principalmente de una *API REST* la cual podrá ser utilizada, entre otras, por *crowd*, una herramienta visual Web de soporte a la Ingeniería Ontológica, permitiendo la utilización de las funcionalidades de dicha API. Se espera que los modeladores puedan utilizar *crowd* para diseñar sus ontologías, a partir del reuso, extensión e integración de uno o varios patrones, acelerando el proceso de desarrollo y mejorando la calidad de sus ontologías al hacerlas más modulares y reusables.

Este trabajo está estructurado como sigue. En la siguiente sección, se describe la línea de investigación actual. En la Sección 3, se indican algunos resultados obtenidos y trabajos futuros. Finalmente, en la última sección se comentan aspectos referentes a la formación de recursos humanos en esta temática.

2. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

En el proyecto de investigación *Tecnologías Semánticas para el desarrollo de Agentes Inteligentes*, UNCo, se investigan técnicas de representación de conocimiento y razonamiento, metodologías de modelado ontológico y mecanismos para la interoperabilidad tanto a nivel de proceso como de datos. El empleo efectivo de los conceptos y conocimientos adquiridos da soporte a comunidades en el desarrollo de ontologías.

Por otro lado, en el proyecto de investigación *Tecnologías semánticas para acceso e integración de datos*, UNS, se desarrollan metodologías y herramientas que asisten la interoperabilidad semántica de información y de servicios en la Web,

¹Listado de patrones en ontologydesignpatterns.org

privilegiando los últimos avances en el área de lenguajes de representación del conocimiento, ontologías y modelado conceptual.

Ambos proyectos comparten el perfil de investigación de este trabajo, en el que se estudian entre otros, sobre temas afines a las Ontologías, las Lógicas Descriptivas y la Ingeniería de Software basada en Conocimiento. En el presente trabajo de investigación, se hace foco a las tareas de Ingeniería Ontológica, donde el modelador se enfrenta a diversos desafíos a resolver respecto del diseño, mantenimiento y validación de ontologías. Muchos de estos desafíos son recurrentes en el modelado, aun en diferentes dominios, y donde el reuso de soluciones es una forma de atacar estas dificultades.

Una posible técnica de reuso de estas soluciones es a través de Patrones de Diseño Ontológico (ODP) [7]. Los patrones brindan una ayuda al usuario durante la etapa de diseño, al reutilizarlos como guías para determinar si la ontología que está diseñando, está siendo correctamente desarrollada. De esta manera, los ODP son importantes ya que promueven el reuso de soluciones a problemas recurrentes de modelado.

En [13], se presentan un conjunto de patrones agrupados por algunas características de los ODP, como por ejemplo patrones que representan estructuras de datos, sin enfocarse en los dominios. Esto hace que la búsqueda de un patrón en particular sea complicada, aún para desarrolladores expertos en algún dominio. Por otra parte, la mayoría de los patrones se encuentran caracterizados en el lenguaje OWL, lo que hace complejo su uso para usuarios que desconocen dicho lenguaje formal.

En la literatura, existen pocas herramientas desarrolladas para el modelado basado en patrones que además provean soporte gráfico. CoModIDE [12] permite la composición de ontologías basada en una biblioteca de ODP. Sin embargo, utiliza un lenguaje gráfico *ad-hoc* basado en grafos para el modelado, lo que implica familiarizarse con este nuevo lenguaje. ODPReco [17] es una herramienta en desarrollo

de recomendación de patrones, pero no provee soporte gráfico. Asimismo, existen herramientas visuales que soportan lenguajes de modelado conceptual [11, 4], aunque tampoco proveen metodologías para el uso de patrones.

Por consiguiente, las tareas de Ingeniería Ontológica en conjunción con la integración de metodologías y buenas prácticas en el uso de patrones (por ejemplo, que pueda ser seleccionado en forma amigable de un catálogo) en ambientes gráficos de modelado ontológico, es una arista no explorada en profundidad [14, 8]. En consecuencia, se propone acercar ambas dimensiones e implementar en una herramienta Web, una metodología modular para la Ingeniería Ontológica basada en patrones, que utilice lenguajes de modelado conceptual estándar.

Así, esta línea de investigación tiene como objetivo el desarrollo de una metodología para el modelado de ontologías basado en patrones. Dicha metodología recibe como entrada una ontología y sugiere ODP teniendo en cuenta dicho modelo. Para la identificación de los patrones se hará uso de servicio de razonamiento sobre razonadores preexistentes, como Racer y Konclude. Como objetivo intermedio, se plantea la clasificación y construcción de un catálogo digital de ODP para integrar a la metodología propuesta. Finalmente, se implementará un prototipo de dicha metodología que luego se integrará a la herramienta visual Web de Ingeniería Ontológica *crowd* [2].

crowd es una herramienta Web de modelado ontológico, desarrollada por miembros de nuestro grupo de investigación. Su objetivo es proveer una interfaz visual para las tareas asociadas a la Ingeniería Ontológica, utilizando múltiples lenguajes gráficos de modelado, tales como UML, EER y ORM 2 [6]. Además, es capaz de validar la consistencia de los modelos, gracias a que posee razonamiento automático integrado. Actualmente, *crowd* no provee soporte metodológico para el desarrollo de ontología

basado en ODP. La incorporación de dicha metodología a la herramienta es de gran interés, ya que provee una ayuda extra al usuario en el desarrollo de las ontologías, para resolver problemas de diseño recurrentes en diferentes dominios.

3. RESULTADOS OBTENIDOS Y TRABAJO FUTURO

Inicialmente, se realizó un relevamiento sobre los distintos tipos de Patrones de Diseño Ontológico que existen, para poder determinar cuál es el que mejor se adaptaría al trabajo a desarrollar. Los tipos analizados fueron los siguientes: Estructurales, de Correspondencia, de Contenido, de Razonamiento, de Presentación, y Léxico-Sintácticos [11]. Bajo este análisis, se destacaron los Patrones de Contenido debido a la naturaleza de los mismos.

Los Patrones de Contenido son pequeñas ontologías bien definidas y utilizadas como componentes de modelado durante el proceso de Ingeniería Ontológica. Estos patrones proveen soluciones bien probadas a problemas de modelado recurrentes bajo un dominio en particular. Por lo tanto, resulta útil que un usuario que desea desarrollar una ontología, pueda hacer uso de estos patrones y componerlos, de forma tal que la ontología final deseada sea una composición de los mismos. Debido a esto, en esta línea de investigación se decidió trabajar con este tipo de patrones. A partir de esto, se realizó un análisis y selección sobre distintos Patrones de Contenido propuestos por la comunidad de expertos². Estos patrones serán integrados a la metodología y recomendados a los usuarios en caso de existir elementos de dichos patrones en la ontología modelada por él. Para esto, se diseñó un criterio de selección de patrones para poder ser utilizados en este trabajo.

Respecto del desarrollo de la metodología para el diseño de ontologías basado en patrones se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones. Un catálogo de Patrones de

Contenido seleccionados en formato *OWL* estarán disponibles. De esta forma, se puede realizar una comparación entre los axiomas de los patrones y los axiomas de la ontología del usuario. La metodología toma como entrada la ontología del usuario en formato *OWL*. Luego, se realizan consultas a un razonador sobre dicha ontología. Una clase de consulta que se realiza es sobre los nombres de clases, relaciones y tipos de datos. Así, se realiza una comparación sobre dichos nombres, con los ya presentes en los patrones. Otra clase de consulta es sobre los tipos de axiomas presentes en la ontología. Con esto, se determina si los distintos tipos de axiomas presentes en los patrones ocurren dentro de la ontología. Para estas dos consultas se hace uso de una estructura de datos auxiliar, que contiene una serie de sinónimos para los nombres de los elementos de todos los patrones presentes en la herramienta. Finalmente, la metodología retorna al usuario una lista con todos los patrones detectados total o parcialmente en la ontología de entrada.

Como trabajo futuro, se pretende realizar la implementación de la metodología en una herramienta como una *API REST*. Esta decisión fue tomada teniendo en cuenta que, la funcionalidad de la misma no debería depender de una aplicación o software preexistente. De esta forma, la herramienta queda como un elemento externo a herramientas de Ingeniería Ontológicas, facilitando la integración de la misma a sistemas enfocados en el diseño de ontologías, como por ejemplo *crowd*.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

En la Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Informática, se otorgaron Becas CIN para estimular la vocación científica. Una de esas becas fue otorgada a uno de los autores de este trabajo, que está desarrollando su tesis de grado de la Licenciatura en Ciencias de la Computación en esta temática.

Por otra parte, otro de los autores de este trabajo es becario de investigación en la

²Listado disponible en

<http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Category:ProposedContentOP>

categoría Graduado de Perfeccionamiento otorgada por la Universidad Nacional del Comahue y está desarrollando su tesis de Magíster en Ciencias de la Computación, posgrado que dicta la Facultad de Informática de la UNCo.

5. REFERENCIAS

- [1] F. Baader, I. Horrocks, C. Lutz, y U. Sattler. *An Introduction to Description Logic*. Cambridge University Press, 2017.
- [2] Germán Alejandro Braun, Christian Gimenez, Laura Andrea Cecchi, y Pablo R. Fillottrani. crowd: A Visual Tool for Involving Stakeholders into Ontology Engineering Tasks. *KI - Künstliche Intelligenz*, 2020.
- [3] M. Dudáš, S. Lohmann, V. Svátek, y D. Pavlov. Ontology visualization methods and tools: a survey of the state of the art. *The Knowledge Engineering Review*, 33, 2018.
- [4] Pablo Fillottrani, Enrico Franconi, y Sergio Tessaris. The ICOM 3.0 Intelligent Conceptual Modelling Tool and Methodology. *Semantic Web Journal*, 2012.
- [5] Nicola Guarino, Daniel Oberle, y Steffen Staab. What is an ontology? In Steffen Staab y Rudi Studer, editors, *Handbook on ontologies*, pages 1–17. Springer, 2009.
- [6] Terry Halpin y Tony Morgan. *Information modeling and relational databases*. Morgan Kaufmann, 2010.
- [7] Pascal Hitzler, Aldo Gangemi, y Krzysztof Janowicz. *Ontology engineering with ontology design patterns: foundations and applications*, volume 25. IOS Press, 2016.
- [8] Pascal Hitzler y Cogan Shimizu. Modular ontologies as a bridge between human conceptualization and data. In *International Conference on Conceptual Structures*, pages 3–6. Springer, 2018.
- [9] Ian Horrocks, Oliver Kutz, y Ulrike Sattler. The Even More Irresistible SROIQ. In *Proceedings of the Tenth International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, pages 57–67. AAAI Press, 2006.
- [10] C.M. Keet. *An Introduction to Ontology Engineering*. University of Cape Town, 2018.
- [11] Renars Liepinš, Mikus Grasmanis, y Uldis Bojars. OWLGrEd ontology visualizer. In *Proceedings of the 2014 International Conference on Developers*, volume 1268, pages 37–42. CEUR-WS. org, 2014.
- [12] Cogan Shimizu y Karl Hammar. CoModIDE–The Comprehensive Modular Ontology Engineering IDE. In *ISWC 2019 Satellite Tracks*, volume 2456, pages 249–252. CEUR-WS, 2019.
- [13] Cogan Shimizu, Quinn Hirt, y Pascal Hitzler. Modl: A modular ontology design library. *Preprint arXiv:1904.05405*, 2019.
- [14] Steffen Staab y Rudi Studer. *Handbook on ontologies*. Springer Science & Business Media, 2010.
- [15] York Sure, Steffen Staab, y Rudi Studer. Ontology engineering methodology. In Steffen Staab y Rudi Studer, editors, *Handbook on ontologies*, pages 135–152. Springer, 2009.
- [16] M. Vigo, S. Bail, C. Jay, y R. Stevens. Overcoming the Pitfalls of Ontology Authoring: Strategies yImplications for Tool Design. *International Journal of Human Computer Studies*, 2014.
- [17] Maleeha Arif Yasvi y Raghava Mutharaju. ODPReco-A Tool to Recommend Ontology Design Patterns. In *WOP@ ISWC*, pages 71–75, 2019.

Estrategias de Explotación de Información de Salud Pública en la Provincia del Chubut para su Uso en el Ordenamiento Territorial

Luciano Perdomo¹, Carlos Buckle^{1,2}, Denise Acosta⁵, Leo Ordinez^{1,2}, Ma. Florencia del Castillo^{3,4}

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (FI-UNPSJB), Sede Trelew, Trelew, Argentina, +54 280-4428402

² Laboratorio de Investigación en Informática, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (LINVI-FI-UNPSJB), Puerto Madryn, Argentina, +54 280-4883585 Int. 117.

³ Instituto Patagónico de Ciencias Sociales y Humanas (IPCSH)- CCT-CENPAT -CONICET, Puerto Madryn, Argentina

⁴ Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

⁵ Hospital Zonal Puerto Madryn “Andrés Ísola”, Ministerio de Salud, Provincia del Chubut

lucianor.perdomo@gmail.com, leo.ordinez@gmail.com, cbuckle@unpata.edu.ar

Resumen

La pandemia COVID-19, ha impactado al mundo y su forma de vida. Por ser una enfermedad infecciosa de rápida propagación es necesario que se realice un seguimiento sobre su evolución y poder obtener evidencia para la toma de decisiones. Para resolver este problema, se presentó un proyecto de trabajo interdisciplinario, cuyo objetivo fue el desarrollo de un sistema de vigilancia, que permitiera hacer un seguimiento sobre los casos en la ciudad de Puerto Madryn, Chubut. El mismo, posee características tanto para realizar seguimiento en los eventos de salud, como para dar soporte a esa toma de decisiones en salud pública. El sistema denominado *RastreAr* articula diferentes dispositivos de salud pública, consolidando su información.

Palabras clave: Informática en Salud Pública, Epidemiología, Sistemas de vigilancia en salud.

Contexto

Este trabajo surge en el marco del proyecto de investigación *Análisis prospectivo inteligente del impacto social, económico y productivo*

del COVID-19 en la provincia de CHUBUT el cual fue presentado y aprobado en la convocatoria del Programa de Articulación y Fortalecimiento Federal de las capacidades en Ciencia y Tecnología Covid-19 del MINCYT. En dicho proyecto participan distintos centros e institutos de CONICET, la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco con distintas dependencias, la Facultad Regional Chubut de la Universidad Tecnológica Nacional y otras instituciones como INTA y el Ministerio de Salud de Chubut.

El emprendimiento RastreAr tiene carácter interdisciplinario, enmarcado en un área que se denomina Informática en Salud Pública (PHI, Public Health Informatics) [1]. Este campo de investigación incluye a las ciencias de la computación y la información, la ingeniería de software, junto con la salud pública y la epidemiología, así como los estudios sociales y territoriales. En particular, el mismo se desarrolló en la ciudad de Puerto Madryn, más precisamente en articulación con el Hospital Zonal de Puerto Madryn “Andrés Ísola”.

Entre los principales objetivos de RastreAr, se encuentran la realización de un sistema de vigilancia, que permita obtener datos sobre la situación de casos de COVID-19 en la ciudad de Puerto Madryn (la cual supera los 100.000 habitantes); y la utilización de esos datos para

ayudar a las autoridades a tomar decisiones en cuanto a la salud pública. De esta manera, distintos dispositivos implementados de manera urgente, como son el programa nacional Detectar, la línea gratuita de atención telefónica de Chubut, el programa de Rastreadores del Hospital Zonal “Andrés Ísola”, los centros de testeos y los laboratorios privados, se consolidaron en un único punto central de información, para que todas las partes puedan acceder e intervenir, de acuerdo a sus capacidades.

1. Introducción

Debido a la pandemia COVID-19, en la ciudad de Puerto Madryn, provincia de Chubut, surge la necesidad de hacer un seguimiento sistematizado de los casos positivos de COVID, junto con sus contactos estrechos y los eventos asociados. Como subproducto, se considera realizar un análisis sobre los datos obtenidos para ayudar a la toma de decisiones. En este contexto, en el marco del proyecto “Análisis prospectivo inteligente del impacto social, económico y productivo del COVID-19 en la provincia de Chubut” aprobado para su financiamiento por el MINCYT en la convocatoria al Programa de articulación y fortalecimiento federal de las capacidades en ciencia y tecnología COVID-19, nace el proyecto “RastreAR” para poder crear un sistema y dar solución al problema planteado anteriormente. El mismo se encuentra en producción desde finales de abril del año pasado; en él se permite realizar altas de casos de COVID positivo, junto con su seguimiento y de sus contactos estrechos; además de la emisión de certificados y realización de encuestas. Se permite a los médicos, laboratorios y plan DetectAR ingresar pacientes como COVID positivo. Los rastreadores son los que realizan el seguimiento de los casos positivos y sus contactos estrechos. Los contactos estrechos se obtienen mediante encuestas automatizadas y por medio de las consultas de los rastreadores a los casos confirmados. Por otra parte, cabe resaltar que se ha realizado un análisis funcional, al comprender y dar

solución a los requisitos e incidentes que indican los usuarios sobre la utilización del sistema.

2. Motivación

La motivación que dió origen al proyecto fue la necesidad de realizar vigilancia epidemiológica sobre los eventos de COVID-19 en la ciudad de Puerto Madryn. Para poder abordarla, se emprendió un trabajo multidisciplinario entre epidemiólogos e informáticos. Otro aspecto que motivó este trabajo fue la construcción de conocimiento sobre PHI, con el objetivo de poder introducir la temática en el sistema sanitario provincial, para así poder ayudar a un mejor alcance del objetivo principal de la salud pública, que es mejorar la salud integral de la población.

3. Líneas de Investigación y Desarrollo

Según la OPS (Organización Panamericana de Salud), que forma parte de la OMS (Organización Mundial de la Salud) [2] los objetivos de la vigilancia en salud pública son a grandes rasgos, detectar, identificar, monitorear cambios, tendencias y patrones en la distribución de las enfermedades, en las prácticas y programas de salud de la población, así como planeación e investigación, control y prevención.

La presente investigación se apoya en un marco teórico interdisciplinario aún en consolidación, compuesto de diversos enfoques conceptuales, según sea el foco de la misma.

En primer lugar, las aplicaciones de la informática a la salud pública (Public Health Informatics, PHI, en inglés) surgen a mediados de los 90 [3] y principios de los 2000 [4]. Durante ese tiempo, el interés se centró en la construcción de una agenda que sintetice la utilidad de la PHI en términos del propio sistema sanitario, pero orientada a la solución tecnológica y no a la incorporación ubicua e imbricada de ambas disciplinas. En este sentido, la propuesta de 2018 de Wholey

et al. [5] aporta claridad en tanto define un perfil de Informático/a en Salud Pública desde el punto de vista del currículum académico. Los autores definen: “Los profesionales de la PHI son aquellos que trabajan en la práctica, la investigación o la academia y cuya función principal de trabajo es utilizar la informática para mejorar la salud de las poblaciones”. En línea con esta definición, surge de McFarlane *et al.* [6] la necesidad de “caracterizar a los especialistas en informática de salud pública (PHI) e identificar las necesidades de informática de la fuerza laboral de salud pública”. Este postulado implica también la demanda de construcción de mecanismos y técnicas de comunicación que permitan capturar los requerimientos de los/as agentes de salud, para ser interpretados por informáticos/as. Estos y otros tópicos emergentes, así como tendencias futuras, en el ámbito de la Informática en la Salud Pública han sido compendiadas de forma extensa por Magnuson y Dixon [1] y Miah *et al* [7].

Por otro lado, la inserción y aprovechamiento de la tecnología digital en el ámbito de la planificación urbana es un paradigma en construcción, que se ha sintetizado por Ratti y Claudel [8] bajo el nombre de Ciudades Inteligentes. Dentro de ese modelo, la Salud es uno de sus pilares [9], [10]; y gran parte de la investigación se centra en los servicios y equipamientos urbanos en relación a Salud Inteligente, en aplicaciones informáticas específicas, en la utilización de datos y en el diseño de infraestructuras acorde. En este sentido, el enfoque orientado a la solución tecnológica también se ve completado en cuanto a su impacto social [11], [12]. Más aún, [13], [14], [15] desde el LINVI se viene trabajando hace años en el acompasamiento de conceptos generales de las Ciudades Inteligentes, a los contextos locales patagónicos.

En términos del contexto de desarrollo del presente proyecto, la práctica de Salud Comunitaria genera acciones de índole territorial, en relación con prevención y asistencia, a partir de un acercamiento de los servicios de salud a las familias. Tanto en los sectores rurales como urbanos de Chubut, los

agentes de salud comunitaria ejercen su tarea cotidiana, realizando visitas regulares a las familias alcanzadas por una serie de programas sociales y sanitarios. Estas tareas de visita sistemática, se denominan rondas, y proveen al sistema de salud, una serie de datos referidos al “ambiente”; “individuo” y “hogar”. Actualmente esa información es recopilada en formato papel, con un bajo nivel y factibilidad de sistematización y cruce de datos.

4. Resultados esperados

Se espera como resultado general que el sistema pueda ser soporte de ayuda a los tomadores de decisiones en la salud pública, en la obtención de evidencia [16]; que permita realizar la vigilancia de manera eficaz; que la investigación realizada sea el punto de inicio y genere interés en los futuros profesionales, debido a que la región carece de especialistas de Informática en Salud Pública. No obstante, como se mencionó anteriormente, el presente proyecto se encuentra ya en producción y pleno funcionamiento. De este trabajo en progreso se destacan las siguientes características: desde diciembre de 2020 hasta marzo de 2021, momento en que se liberó la primera versión oficial a producción, se trabajó en el desarrollo de una aplicación que asistiera en el proceso de rastreo de Casos Confirmados y sus Contactos Estrechos. La misma integra todas las fuentes de información, junto con sus flujos de trabajo: Consultorios Clínicos, Programa Detectar, Laboratorios de Análisis Clínicos (LAC), Área Programática Norte, Rastreadores/as, Coordinadores/as de Rastreadores/as y Pacientes (confirmados y contactos estrechos). RastreAr permite el ingreso de los Casos Confirmados, sus Contactos Estrechos, desde diferentes fuentes (programa Detectar, LAC y consultorios clínicos); así como el registro de rastreos realizado individualmente por un equipo de más de 20 rastreadores/as. A la vez, genera certificados para los pacientes y correspondientes y colecta estadísticas para las autoridades sanitarias. El sistema RastreAr, al momento de la presentación de

esta nota, registra 74 usuarios, agrupados en 10 roles, 11.117 casos confirmados, 5.239 contactos estrechos y sobre los anteriores se han realizado 16.446 rastreos.

El sistema que comenzó con objetivo de realizar vigilancia epidemiológica; se ha ampliado para contener datos que puedan ser utilizados en la toma de decisiones en salud pública. Por ejemplo, se ha agregado que en las encuestas de pacientes, obligatoriamente deban indicar el barrio en el cual viven, para posterior monitoreo geográfico. Asimismo se ha incorporado un tablero de comandos que permite la visualización integral del estado de situación en una determinada fecha o período de tiempo (Casos confirmados, recuperados, contactos estrechos, fallecidos, detectados en laboratorios públicos y privados, detectados en Program Detectar, internados, UTI, etc).

Con todos estos datos, es posible realizar la vigilancia con uso en dos perspectivas: la primera es el seguimiento de eventos de salud; y la segunda, hacer vigilancia respecto a la salud pública. Los seguimientos con respecto a los eventos de salud, permiten monitorear, observar y detectar la ocurrencia de una enfermedad, su distribución, ver patrones y cambios, síntomas y comorbilidades de los pacientes, condición laboral, etc. Para la vigilancia en salud pública, la disponibilidad de estos datos en un eje de tiempo permite un mejor análisis y comprensión del estado de salud local de la ciudad de Puerto Madryn, sobre todo explotando la información geográfica, para lo cual existe un proyecto llamado *Mapyzer* [17], que permite integrar los totales por barrio y visualizarlos a través del tiempo.

5. Formación de recursos humanos

En este proyecto participan docentes investigadores del Departamento de Informática de la UNPSJB-Puerto Madryn, una médica epidemióloga en calidad de asesora y experta en el dominio y el desarrollo de las soluciones de software es abordado por un estudiante avanzado de la carrera de Licenciatura en Sistemas de Información de la

UNPSJB-Sede Trelew que realiza su tesina de grado en el marco de este proyecto.

Referencias

- [1] Magnuson, J. A., & Dixon, B. E. (Eds.). (2020). Public Health Informatics and Information Systems. Health Informatics. doi:10.1007/978-3-030-41215-9
- [2] Organización Panamericana de Salud. (2011). Módulos de principios de epidemiología para el control de enfermedades (MOPECE). All Type Assessoría Editorial Ltda . <https://www.paho.org/col/dmdocuments/MOP ECE4.pdf>
- [3] Friede, A., Blum, H. L., & McDonald, M. (1995). Public health informatics: how information-age technology can strengthen public health. *Annual review of public health*, 16, 239–252. <https://doi.org/10.1146/annurev.pu.16.050195.001323>
- [4] Brender, J., Nøhr, C., & McNair, P. (2000). Research needs and priorities in health informatics. *International Journal of Medical Informatics*, 58, 257-289. doi: 10.1016/s1386-5056(00)00092-7.
- [5] Wholey, D. R., LaVenture, M., Rajamani, S., Kreiger, R., Hedberg, C., & Kenyon, C. (2018). Developing workforce capacity in public health informatics: core competencies and curriculum design. *Frontiers in public health*, 6, 124. doi: 10.3389/fpubh.2018.00124
- [6] McFarlane, T. D., Dixon, B. E., Grannis, S. J., & Gibson, P. J. (2019). Public Health Informatics in Local and State Health Agencies: An Update From the Public Health Workforce Interests and Needs Survey. *Journal of public health management and practice : JPHMP*, 25 Suppl 2, Public Health Workforce Interests and Needs Survey 2017(2 Suppl), S67–S77. <https://doi.org/10.1097/PHH.0000000000000918>
- [7] Miah, Shah & Shen, Jun & Lamp, John & Kerr, Donald & Gammack, John.

- (2019). Emerging Insights of Health Informatics Research: A Literature Analysis for Outlining New Themes. *Australasian Journal of Information Systems*, 23. 10.3127/ajis.v23i0.2137.
- [8] Ratti, C., & Claudel, M. (2016). *The city of tomorrow: Sensors, networks, hackers, and the future of urban life*. Yale University Press.
- [9] Pacheco Rocha, Dias, Santinha, Rodrigues, Queirós, & Rodrigues. (2019). Smart Cities and Healthcare: A Systematic Review. *Technologies*, 7(3), 58. doi:10.3390/technologies7030058
- [10] Buttazzoni, A., Veenhof, M., & Minaker, L. (2020). Smart City and High-Tech Urban Interventions Targeting Human Health: An Equity-Focused Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 17(7), 2325. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072325>
- [11] González, V. R., & Revolware, A. J. (2015). Smart, Health, Smart-City y Poder: la vida del nuevo ciudadano. In *El mejoramiento humano: avances, investigaciones y reflexiones éticas y políticas* (pp. 185-193).
- [12] Tan, S., & Taeihagh, A. (2020). Smart City Governance in Developing Countries: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 12(3), 899. doi:10.3390/su12030899
- [13] Sanchez, A., Ordinez, L., Firmenich, S., Barry, D., & Santos, R. (2017). An Expert-driven Ontology-based Approach to the Collaborative Acquisition of Information. *Journal of Computer Science and Technology*, 17(02), e17. <https://doi.org/10.24215/16666038.17.e17>
- [14] Sánchez, A., & Ordinez, L. (2020). Towards an ontology for designing cycling routes in the city of Puerto Madryn. In *2020 Seventh International Conference on eDemocracy eGovernment (ICEDEG)* (pp. 143-150).
- [15] Leo Ordinez, Carlos Buckle, Sergio Andrés Kaminker, Diego Firmenich, Damián Barry, & Ariel Aguirre (2021). Assessing cycling social feasibility in a medium-size Patagonian city. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 92, 102720.
- [16] Brownson RC, Fielding JE, Maylahn CM. (2009). Evidence-based public health: a fundamental concept for public health practice. *Annu Rev Public Health*. 2009;30:175-201. doi: 10.1146/annurev.publhealth.031308.100134.
- [17] Nuñez, G. M., Jaureguibehe, M., Buckle, C., Ordinez, L., & Barry, D. (2021). Mapyzer: una herramienta de carga y visualización de datos espacio-temporales. In *XXVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)(Modalidad virtual, 4 al 8 de octubre de 2021)*.

PDP – Procesamiento Distribuido y en Paralelo

Inteligencia artificial para la multi-clasificación de fauna en fotografías automáticas utilizadas en investigación científica

Gonzalez Federico¹, Viera Leonel¹, Soler Rosina², Chiarvetto Peralta Lucila¹, Gel Matías¹, Bustamante Gimena², Montaldo Abril¹, Rigoni Brian¹, Perez Ignacio¹

¹ Instituto de Desarrollo Económico e Innovación
Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur
IDEI - UNTDF
Ushuaia, Tierra del Fuego

² Centro Austral de Investigaciones Científicas
CADIC - CONICET
Ushuaia, Tierra del Fuego

{fgonzalez, lviera, mgel, lchiarvetto}@untdf.edu.ar
{rosina.soler, gimenabustamante}@conicet.gov.ar
{abril.4545, brian.rigoni1, ignacioperez583}@gmail.com

RESUMEN

El manejo de ambientes naturales, ya sea para conservación o producción, requiere de una profunda comprensión de la vida silvestre. El número, la ubicación y el comportamiento de los animales salvajes es uno de los principales objetos de estudio en ecología y vida silvestre. El uso de cámaras trampa ofrece la oportunidad de recopilar rápidamente grandes cantidades de fotografías que -sin la presencia humana- registran a la fauna en su hábitat natural, evitando factores que alteren su comportamiento.

En Tierra del Fuego, Argentina, se desarrollan investigaciones sobre el uso del bosque por parte de distintos herbívoros (guanacos, vacas, ovejas) para optimizar el manejo y proteger dichos ecosistemas naturales.

Si bien las cámaras trampa permiten la obtención de millones de imágenes, la interpretación de tales fotografías representa un problema de escala para el procesamiento manual. Así, gran parte del valioso conocimiento en estos enormes repositorios de datos sigue sin ser aprovechado.

Las Redes Neuronales y el Deep Learning son áreas de estudio dentro la Inteligencia Artificial, durante la última década estas dos disciplinas han hecho cuantiosos aportes en el ámbito del reconocimiento de imágenes de gran relevancia a nivel mundial.

Los estudios ecológicos y de conservación de la vida silvestre, pueden combinarse con estas nuevas tecnologías para extraer información importante a partir de las fotografías obtenidas por cámaras trampa, con el objeto de aportar a la comprensión de distintos procesos naturales y mejorar el manejo de las áreas silvestres implicadas.

Nuestro proyecto busca desarrollar modelos de redes neuronales para clasificar especies de animales en fotografías obtenidas mediante cámaras trampa, para resolver problemas de gran volumen en investigación científica.

Palabras clave: deep learning ; computer vision ; trap camera ; vida silvestre

CONTEXTO

Este proyecto forma parte de la línea de investigación "Innovación en sistemas de software" del área 8 "Desarrollo Informático", del Instituto de Desarrollo Económico e Innovación de la Universidad Nacional de Tierra del Fuego (IDEI-UNTDF).

Nuestro grupo de investigación viene trabajando temas afines desde 2017 y en 2020 comenzamos con la interpretación de cámaras trampa en el proyecto interno del IDEI "Inteligencia Artificial para la identificación de fauna en fotografías automáticas utilizadas en investigación científica". Recientemente,

hemos postulado a un proyecto PID-UNTDF, que esperamos sea aprobado próximamente y su ejecución se dará a lo largo de 2022 y hasta mediados de 2023.

INTRODUCCIÓN

El manejo de ambientes naturales, ya sea para conservación o producción, requiere el conocimiento del comportamiento de la vida silvestre. El número, la ubicación y el comportamiento de los animales silvestres es uno de los principales objetos de estudio en ecología y manejo de la vida silvestre (Silveira et al. 2003, Fegraus et al. 2011, Palmer y Packer 2018). El uso de cámaras con sensores de movimiento en hábitats naturales -llamadas cámaras trampa- ha transformado la investigación en ecología y conservación de la vida silvestre en las últimas dos décadas (O'Connell et al. 2010). Estas se han convertido en una herramienta esencial para los ecologistas, permitiéndoles estudiar el tamaño y la distribución de las poblaciones (Silveira et al. 2003) y evaluar el uso del hábitat. Si bien permiten tomar millones de imágenes (Fegraus et al. 2011), la clasificación y extracción de información (datos) es tradicionalmente realizada por humanos (es decir, expertos o una comunidad de voluntarios), es lenta y costosa debido a su procesamiento manual. Así, gran parte del valioso conocimiento en estos grandes repositorios de datos sigue sin ser aprovechado.

Actualmente, estas cámaras tienen sensores de movimiento que se activan con la presencia de un animal, registrando una imagen digital por cada situación detectada. Dichos sensores pueden configurarse para ser más o menos sensibles. Técnicamente, el sensor de movimiento reacciona a los cambios de luces, una configuración sensible produce una mayor cantidad de falsos positivos, una configuración menos sensible es propensa a no fotografiar todas las situaciones necesarias.

Para evitar el sub-muestreo de individuos, es común configurar la cámara en un rango de mayor sensibilidad; esto lleva a obtener una inmensa cantidad de registros innecesarios, ya que cualquier movimiento será interpretado

como "necesario de fotografiar". Así, por ejemplo, dentro de un bosque los movimientos de ramas u otra vegetación activan el sensor y la cámara acciona el diafragma, pero probablemente ningún animal haya estado presente. Lo mismo ocurre cuando una nube tapa el sol repentinamente, cuando nieva, etc. Otro de los problemas típicos es la presencia de animales que no son de interés para el estudio (ej, aves), que inevitablemente se cruzan delante del lente y accionan la cámara. Finalmente, muchas de estas cámaras tienen capacidad de hacer fotografías nocturnas gracias a tecnología de infrarrojos, que si bien producen imágenes en blanco y negro, son de gran utilidad, ya que muchos animales tienen hábitos nocturnos.

Las cámaras trampa pueden pasar meses en el campo trabajando automáticamente, cuentan con baterías de larga duración y con memorias digitales de gran capacidad. Dependiendo del ambiente donde se instale el equipo, de las condiciones climáticas, el tipo de animales esperados y la sensibilidad configurada, es común que una de cada mil fotografías tomadas sea de interés para el estudio en cuestión. Si a esto se le suma la cantidad de tiempo que la cámara pase activa en el campo (semanas, meses) y la cantidad de cámaras trabajando en paralelo dentro de una misma investigación, el procesamiento de las imágenes y la tarea de encontrar manualmente las fotografías útiles para el estudio, puede convertirse en un trabajo abrumador o incluso imposible.

La Inteligencia Artificial (IA) ha tenido un importante crecimiento y popularidad durante la última década, y particularmente durante los últimos cinco años, gracias a un innovador enfoque que dio impulso al Deep Learning y las Redes Neuronales (Goodfellow et al. 2016, He et al. 2016), junto con una importante capacidad de procesamiento gracias a la invención de las GPU (Graphics Processing Unit).

Los modelos basados en redes neuronales con aprendizaje profundo son capaces de identificar patrones en imágenes, obtener conclusiones basadas en un denominador común y generar un modelo que representa a

cierto grupo de imágenes con un patrón similar (Simonyan y Zisserman 2014). Luego, dada una imagen cualquiera, dicho modelo puede utilizarse para reconocer si esa imagen coincide en su representación con su patrón definido.

Los estudios ecológicos y de conservación de la vida silvestre, pueden combinarse con la IA para extraer información importante a partir de las fotografías obtenidas por cámaras trampa, con el objeto de aportar a la comprensión de distintos procesos naturales y mejorar el manejo de las áreas silvestres implicadas.

Actualmente, se encuentra en desarrollo el proyecto “Evaluación del impacto diferencial de herbívoros nativos y domésticos en bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) con producción ganadera en Tierra del Fuego” a cargo de la Dra. Rosina Soler, investigadora del Laboratorio de Recursos Agroforestales del CADIC-CONICET en Ushuaia. El proyecto se desarrolla en bosques nativos del centro de la provincia, en cercanías del Municipio de Tolhuin. El estudio analiza la interacción planta-herbívoro en los bosques de ñire, a partir de la respuesta de la regeneración arbórea (densidad, crecimiento, supervivencia) a la exclusión del ganado y de los herbívoros nativos. El proyecto ha recolectado más de 150.000 fotos en el período 2015-2017 utilizando un set de 24 cámaras trampa.

Esta cantidad de información representa un alto costo de análisis manual de imágenes, ralentiza el trabajo y dificulta la obtención de resultados. Durante 2020 y parte de 2021 se desarrolló también el proyecto “Inteligencia Artificial para la identificación de fauna en fotografías automáticas utilizadas en investigación científica”, bajo la dirección de Federico Gonzalez y con prácticamente el mismo grupo de trabajo de este proyecto. Con la ayuda del Deep Learning y la IA, el proyecto permitió separar fotos “con animales” y “sin animales” de la mencionada base de datos.

La nueva etapa de estudio que abordaremos próximamente, pretende conocer más detalles sobre las especies encontradas en cada una de las 150.000 imágenes. Ya no sólo limitarse a clasificar presencia-absencia de animal, sino identificar qué tipo de especies hay en cada

imagen y cuántos individuos de cada una.

Más allá de lo positivo que este proyecto podría tener en el plano local, los resultados obtenidos de esta colaboración que se plantea entre el CADIC y la UNTDF tendrían la capacidad de ser transferibles globalmente a otros estudios similares en los que se utilicen este tipo de cámaras y donde se requiera clasificar imágenes para identificar fauna silvestre.

Finalmente, también cabe destacar que en la carrera de Licenciatura en Sistemas de la UNTDF no existe ninguna materia que trate temas de IA en profundidad, por lo tanto los alumnos involucrados en este proyecto de investigación tendrán la posibilidad de obtener conocimiento de gran valor para su vida profesional.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Nuestro trabajo se enmarca en la Inteligencia Artificial como una gran línea de investigación, aunque nuestro foco de atención se encuentra específicamente en el Deep Learning (aprendizaje profundo) y en Computer Vision (visión por computador) como ejes específicos.

RESULTADOS Y OBJETIVOS

Nuestro proyecto busca desarrollar modelos de redes neuronales basados en Deep Learning para clasificar animales en fotografías obtenidas mediante cámaras trampa, haciendo uso de la IA para resolver problemas de gran volumen en investigación científica.

En 2021 hemos podido clasificar la base de datos con 150.000 imágenes, identificando en cada una la presencia-absencia de animales con una precisión del 85% aprox. y con una variación según los ambientes naturales, la época del año y la luz disponible (día y noche) de $\pm 10\%$.

Nuestro próximo objetivo pretende especializar el modelo anterior, para clasificar las imágenes según especie animal, con un nivel de precisión similar al que una persona entrenada podría alcanzar mediante separación manual.

Luego esperamos desarrollar un modelo de red

neuronal capaz de generalizarse a otros ambientes naturales y otras especies animales. Por lo cual, los resultados obtenidos tendrían la capacidad de ser transferibles globalmente a otros estudios similares.

Desde un punto de vista académico se espera aportar al conocimiento de los docentes-investigadores que participan directamente del proyecto, quienes actualmente se encuentran realizando estudios de Doctorado y Maestría; pero también para los alumnos participantes quienes manifiestan interés en aplicarlos en sus propuestas de tesis de licenciatura.

Finalmente, se espera volcar localmente lo aprendido en un taller de presentación de resultados, que estará orientado a profesores de la UNTDF, investigadores del CADIC-CONICET y otros profesionales interesados.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo está compuesto por personas provenientes de diferentes disciplinas y antecedentes. En el campo de la educación, tres profesores adjuntos con cargo docente-investigador, un asistente y tres estudiantes: todos ellos vinculados a la carrera de Lic. en Informática en la UNTDF.

A su vez, por parte de CADIC-CONICET, participan la Dra. Rosina Soler y la Ing. Gimena Bustamante. La Dra. Rosina Soler es bióloga, investigadora adjunta de CONICET y dirige el proyecto “Evaluación del impacto diferencial de herbívoros nativos y domésticos en bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) con producción ganadera en Tierra del Fuego”, desde donde se genera la base de datos que utilizamos en este trabajo. La Ing. Gimena Bustamante está finalizando su Doctorado en Ciencias Agrarias y Forestales en la UNLP.

Mientras que la arista informática cuenta con perfiles de diferentes especialidades. El Lic. Federico González quien dirige el proyecto, tiene un Máster en Ciudades Inteligentes por la Univ. de Girona (UdG), España y está desarrollando su Doctorado en Inteligencia Artificial en la Univ. de Barcelona (UB).

Mientras que el Lic. Leonel Viera -co-director del proyecto- tiene la expectativa de finalizar

su Máster en Inteligencia de Datos y BigData en la Univ. Nacional de La Plata (UNLP) dentro del marco de nuestro proyecto.

El Lic. Matías Gel está también desarrollando su Máster en Inteligencia de Datos y BigData en la UNLP.

La Lic. Lucila Chiarvetto Peralta está finalizando su Doctorado en Ciencias de la Computación en la Univ. Nacional del Sur (UNS).

Por último, los alumnos Abril Montaldo, Ignacio Perez y Brian Rigoni son Analistas Universitarios en Sistemas y están cursando su último año de Lic. en Informática, de quienes se espera que puedan comenzar su tesina de grado en temas afines al proyecto.

REFERENCIAS

Deng J, Dong W, et al. (2009) Imagenet: A large-scale hierarchical image database. 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Miami, FL, pp. 248-255.

Fegraus EH, Lin K, et al. (2011) Data acquisition and management software for camera trap data: A case study from the team network. *Ecol Inform* 6(6): 345-353.

Goodfellow I, Bengio Y, Courville A (2016) *Deep Learning*. MIT Press, Cambridge, MA, USA.

He K, Zhang X, Ren S, Sun J (2016) Deep residual learning for image recognition. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, 2016, pp.

Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton GE (2012) Imagenet classification with deep convolutional neural networks. 2012 Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS).

LeCun YA, Bottou L, Orr GB, Müller KR (2012) Efficient backprop in Neural networks: Tricks of the trade. In: Montavon G, Orr GB, Müller KR. (eds) *Lecture Notes in Computer Science*, vol 7700. Springer, Berlin.

Stuart J. Russell, Peter Norvig (2010) *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Third Edition, Prentice Hall ISBN 9780136042594.

O'Connell AF, Nichols JD, Karanth KU (2010) *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Springer, Tokyo, Japan.

Palmer MS, Packer C (2018) Giraffe bed and breakfast: Camera traps reveal Tanzanian yellow-billed oxpeckers roosting on their large mammalian hosts. *Afr J Ecol* 56(4): 882-884.

Silveira L, Jacomo AT, Diniz-Filho JAF (2003) Camera trap, line transect census and track surveys: A comparative evaluation. *Biol Conserv* 114(3): 351-355.

Simonyan K, Zisserman A (2014) Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. arXiv preprint arXiv:1409.1556

Szegedy C, Liu W, et al. (2015) Going deeper with convolutions. 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Boston, MA, 2015, pp.

Wiesler S, Ney H (2011) A convergence analysis of log-linear training. 2011 Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS).

Yosinski J, Clune J, Bengio Y, Lipson H (2014) How transferable are features in deep neural networks? 2014 Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS).

Desarrollo de un simulador para la evaluación de algoritmos clásicos y nuevos para la gestión de recursos compartidos en sistemas distribuidos contemplando exclusión mutua

David L. La Red Martínez, Stella Maris Gerzel, Federico Agostini, Manuel Alejandro Ricardone, Cynthia Evelin Bruic, Hugo R. Haurech, Carlos Leandro M. Latyn

Universidad Nacional del Chaco Austral
Sáenz Peña, (3700), Argentina

laredmartinezdavid@uncaus.edu.ar, stellagerzel@uncaus.edu.ar, agostinifede@hotmail.com,
manuelricardone@uncaus.edu.ar, Cynthia.bruic@gmail.com, hugohaurech@gmail.com,
leandrolatyn@uncaus.edu.ar

Resumen

En los sistemas de procesamiento distribuido es necesario que los procesos que actúan en grupos deban tomar decisiones basados en acuerdos respecto del acceso a recursos; las decisiones pueden estar relacionadas con la realización de determinada actividad que requiera o no la sincronización de los procesos, es decir, que los procesos del grupo estén activos en los mismos lapsos en sus respectivos procesadores, requiriendo el uso de recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua mediante consensos estrictos o no. Así surge el siguiente interrogante: ¿Cuáles son los modelos de decisión y los operadores de agregación que habrá que generar incorporando la perspectiva cognitiva a los modelos clásicos para la toma de decisiones en la gestión de grupos de procesos, que trasciendan el enfoque tradicional de las ciencias de la computación, teniendo en cuenta la autorregulación? ¿Cómo se implementarán los algoritmos de los distintos modelos de decisión? ¿Cómo validar los nuevos algoritmos propuestos comparándolos entre sí y con los algoritmos tradicionales? Para ello habrá que desarrollar un simulador que implemente los algoritmos tradicionales y los nuevos propuestos y permita observar su comportamiento y resultados ante diferentes tipos de cargas de trabajo. Estas actividades se

desarrollan en el marco del PI N° 126, aprobado por Res. N° 011/20 CS de la UNCAus.

Palabras Clave: operadores de agregación, sistemas operativos, planificación de procesadores, simulador de planificación de procesos

Contexto

Debido a la proliferación de las redes de comunicaciones de datos es cada vez mayor la utilización de sistemas distribuidos en los cuales los distintos procesos compiten por el uso de recursos, muchos de ellos compartidos y accedidos en la modalidad de exclusión mutua para asegurar integridad de las estructuras de datos o debido a la naturaleza del recurso, lo cual impacta en el rendimiento al limitar el paralelismo. Esta problemática ha sido estudiada ampliamente y sus resultados constituyen los llamados modelos clásicos, entendiéndose por tales al algoritmo centralizado, al algoritmo distribuido de Lamport, Ricart y Agrawala, al algoritmo de anillo de fichas, entre otros.

Las soluciones mencionadas precedentemente no tienen en cuenta una visión global del sistema distribuido ni del estado de los distintos nodos de procesamiento y

almacenamiento en particular, considerando las distintas variables que configuran su carga computacional.

Surge así la necesidad de generar nuevos “modelos de decisión” y “operadores de agregación” que incorporen la perspectiva cognitiva para la toma de decisiones en la gestión de grupos de procesos, teniendo en cuenta la autorregulación. Se debe validar los nuevos modelos generados comparándolos entre sí y con los tradicionales. Para ello se propone desarrollar un simulador que implemente los algoritmos tradicionales y los nuevos propuestos y permita observar su comportamiento y resultados ante diferentes tipos de cargas de trabajo.

La realización del simulador mencionado por sí solo constituiría un aporte importante para la enseñanza de los sistemas operativos, especialmente los sistemas distribuidos, en tanto que los nuevos modelos de decisión y los algoritmos y operadores de agregación que los integren podrían constituir un significativo aporte al mejoramiento del rendimiento global de los sistemas distribuidos en los cuales se comparten recursos, muchos de ellos en la modalidad de exclusión mutua distribuida.

Introducción

En los sistemas informáticos, muchos de ellos distribuidos, en los cuales existen múltiples procesos que cooperan para el logro de una determinada función, es necesario disponer de modelos de decisión que permitan a los procesos intervinientes en los distintos grupos de procesos, tomar decisiones en las que son necesarios diferentes niveles de acuerdo, especialmente cuando se trata del acceso a recursos computacionales compartidos y el sistema debe autorregular la forma de dicha compartición.

Es especialmente significativo el caso del acceso a las llamadas regiones críticas de memoria por parte de distintos procesos, que pueden estar operando en equipos distribuidos,

donde el acceso a las regiones críticas debe hacerse en la modalidad de acceso exclusivo y con el consentimiento de los demás procesos del grupo.

Ejemplos de lo mencionado se encuentran en [1] y [2], donde se describen los principales algoritmos de sincronización en sistemas distribuidos, en [3], donde se presenta una solución eficiente y tolerante a fallas para el problema de la exclusión mutua distribuida, en [4], [5] y en [6], donde se presentan unos algoritmos para gestionar la exclusión mutua en redes de computadoras, en [7], donde se describen los principales algoritmos de sincronización en sistemas distribuidos, en [8], donde se detallan los principales algoritmos para la gestión distribuida de procesos, los estados globales distribuidos y la exclusión mutua distribuida. Estos temas y otros relacionados también han sido tratados en [9], [10], etc.

Los modelos de decisión disponibles en la actualidad y generalmente aplicables en los sistemas distribuidos se basan en algoritmos de intercambio de permisos que intentan lograr un acuerdo de todos los procesos intervinientes para realizar determinadas acciones, como el acceso a un área de memoria compartida a la que se debe acceder en la modalidad de exclusión mutua.

En los sistemas computacionales de procesamiento distribuido es frecuentemente necesario que los procesos que actúan en grupos deban tomar decisiones basados en el acuerdo; dichos procesos podrán operar en un mismo equipo informático o en varios equipos distribuidos interconectados; las decisiones para las cuales deben alcanzar algún nivel de acuerdo pueden estar relacionadas con la realización de determinada actividad que no requiera el uso de recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua, o con la realización de determinada actividad que sí requiera el uso de recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua, para lo cual

generalmente las exigencias de niveles de acuerdo son mayores que para el caso anterior, pudiendo darse además que los procesos integren grupos que requieran (o no) sincronización (estar activos en sus respectivos procesadores en un mismo lapso de tiempo).

Los principios de la cibernética de segundo orden, los sistemas complejos y la autorregulación, posibilitan desarrollar modelos de decisión desde la óptica cognitiva para la toma de decisiones en grupos de procesos, que trasciendan el enfoque tradicional de las ciencias de la computación considerando la posibilidad de imputación de datos faltantes y la fuzzyficación de ciertas variables, utilizando la familia de operadores OWA, generando operadores específicos para cada uno de los siguientes tipos de situaciones:

- Que los procesos accedan a recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua sin constituir grupos de procesos que requieran sincronización (estar activos en sus respectivos procesadores en un mismo lapso) y con exigencias estrictas de consenso para lograr el acceso.
- Que los procesos accedan a recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua sin constituir grupos de procesos que requieran sincronización (estar activos en sus respectivos procesadores en un mismo lapso) y sin exigencias estrictas de consenso para lograr el acceso.
- Que los procesos accedan a recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua constituyendo grupos de procesos que requieren sincronización (estar activos en sus respectivos procesadores en un mismo lapso) y con exigencias estrictas de consenso para lograr el acceso.
- Que los procesos accedan a recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua constituyendo grupos de procesos que requieren sincronización (estar activos en sus respectivos procesadores en un mismo lapso) y sin exigencias estrictas de consenso para lograr el acceso.

Líneas de Investigación y Desarrollo

Se considera especialmente importante estudiar la aplicación de modelos de decisión para la toma de decisiones en grupo que se desprendan de conceptos cognitivos de la cibernética en general y de la cibernética de segundo orden en particular, en el contexto de sistemas complejos autorregulados.

Se estima de gran importancia estudiar los mecanismos de autorregulación de los sistemas, especialmente de los sistemas complejos, en el contexto de la cibernética de segundo orden, a los efectos de su posterior incorporación en el desarrollo de modelos de decisión aplicables a procesos distribuidos que deben tomar decisiones en grupo respecto del uso de recursos compartidos, con requisitos de sincronización. Se considera en tal sentido que dichos grupos de procesos mejorarían su desempeño mediante los modelos de decisión que se tiene previsto desarrollar incorporando mecanismos de autorregulación y conceptos de la cibernética de segundo orden en el proceso de toma de decisiones. Se pretende generar nuevos modelos de toma de decisiones en grupos de procesos distribuidos, contemplando además la aplicación de métodos de imputación de datos para aquellos casos de datos faltantes, por ejemplo, como consecuencia de problemas en las comunicaciones entre los procesos, y fuzzyficación de variables para dar soporte a situaciones donde no es posible o conveniente expresar valores exactos.

Habrà que desarrollar, por lo tanto, los modelos de decisión para la toma de decisiones en grupos de procesos, para los siguientes tipos de situaciones: a) que los procesos accedan a recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua sin constituir grupos de procesos que requieran sincronización (estar activos en sus respectivos procesadores en un mismo lapso de tiempo) y con exigencias estrictas de consenso para lograr el acceso; b) que los procesos accedan a recursos

compartidos en la modalidad de exclusión mutua sin constituir grupos de procesos que requieran sincronización (estar activos en sus respectivos procesadores en un mismo lapso de tiempo) y sin exigencias estrictas de consenso para lograr el acceso; c) que los procesos accedan a recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua constituyendo grupos de procesos que requieren sincronización (estar activos en sus respectivos procesadores en un mismo lapso de tiempo) y con exigencias estrictas de consenso para lograr el acceso; d) que los procesos accedan a recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua constituyendo grupos de procesos que requieren sincronización (estar activos en sus respectivos procesadores en un mismo lapso de tiempo) y sin exigencias estrictas de consenso para lograr el acceso.

Atento a lo indicado precedentemente, y además de las diferencias cualitativas que presentarán los diferentes algoritmos, es necesario evaluar su comportamiento mediante un simulador de cargas de trabajo, el que tendrá que ser desarrollado para simular el comportamiento de los diferentes algoritmos para diferentes cargas de trabajo.

Como consecuencia del análisis, podría ser necesario modificar los modelos de decisión propuestos, lo cual iniciaría un nuevo ciclo de validaciones.

Resultado Esperados

Definir teóricamente los modelos de decisión mencionados, proceder a la validación de estos comparando sus prestaciones con las de los modelos de las ciencias de la computación habitualmente utilizados en los sistemas operativos, para lo cual se desarrollará un simulador específico.

En el marco del PI se ha realizado una publicación relacionada con un nuevo método para la selección de recursos en la nube [11] y

se ha desarrollado una primera versión del simulador, que se describe en [12].

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está compuesto por un Doctor, dos Magisters, una Licenciada en Sistemas de Información, una Ingeniera de Sistemas y un estudiante avanzado en condición de adscripto al proyecto.

Referencias

- [1] Tanenbaum, A. S. *Sistemas Operativos Distribuidos*. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México. 1996.
- [2] Tanenbaum, A. S. *Sistemas Operativos Modernos*. 3ra. Edición. Pearson Educación S. A. México. 2009.
- [3] Agrawal, D. y El Abbadi, A. An Efficient and Fault-Tolerant Solution of Distributed Mutual Exclusion. *ACM Trans. on Computer Systems*. Vol. 9. Pp. 1-20. USA. 1991.
- [4] Ricart, G. y Agrawala, A.K. An Optimal Algorithm for Mutual Exclusion in Computer Networks. *Commun. of the ACM*. Vol. 24. Pp. 9-17. 1981.
- [5] Cao, G. and Singhal, M. A Delay-Optimal Quorum-Based Mutual Exclusion Algorithm for Distributed Systems. *IEEE Transactions on Parallel And Distributed Systems*. Vol. 12, no. 12. Pp. 1256-1268. USA. 2001.
- [6] Lodha, S. and Kshemkalyani, A. A Fair Distributed Mutual Exclusion Algorithm. *IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems*. Vol. 11. N° 6. Pp. 537-549. USA. 2000.
- [7] La Red Martínez, D.L. *Sistemas Operativos*. EUDENE. Argentina. 2004
- [8] Stallings, W. *Sistemas Operativos*. 5ta. Edición. Pearson Educación S.A. España. 2005.
- [9] Joshi, R., Holzmann, G. J. A Mini-Challenge: Build a Verifiable Filesystem, *Formal Aspects of Computing*, Vol. 19. 2007.

[10] Alagarsamy, K. Some Myths About Famous Mutual Exclusion Algorithms. ACM SIGACT News 34 (3): 94–103. 2003.

[11] Haurech, H.R.; La Red Martínez, D. L. The Analytic Hierarchy Process as a Method for the Selection of Resources in the Cloud., en F. V. Cipolla-Ficarra (Ed.), Handbook of Research on Software Quality Innovation in Interactive Systems. Hershey; ISSN N° 2327-3453; PA, USA: IGI Global Engineering Science Reference; 2021.

[12] D. L. la Red Martínez, F. Agostini, J. C. Acosta, S. Gerzel, L. Latyn; “Simulador para la evaluación de algoritmos para la gestión de recursos compartidos en sistemas distribuidos”; Revista de Investigación en Tecnologías de la Información (RITI); ISSN: 2387-0893; Barcelona, España (Aceptado por el editor y en etapa de evaluación externa, aún no publicado).

DISEÑO DE METAHEURÍSTICAS PARALELAS CON EL PARADIGMA *NOVELTY SEARCH* PARA LA REDUCCIÓN DE INCERTIDUMBRE EN LA PREDICCIÓN DE FENÓMENOS DE PROPAGACIÓN

Jan Strappa^{ab}, Paola Caymes Scutari^{ab} y Germán Bianchini^a

^aLaboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido (LICPaD),
Dpto. de Ingeniería en Sistemas de Información - UTN-FRM - Mendoza - Argentina.

^bConsejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

jstrappa@frm.utn.edu.ar, pcaymesscutari@frm.utn.edu.ar, gbianchini@frm.utn.edu.ar

RESUMEN

Los incendios forestales son un fenómeno ambiental multicausal de gran prevalencia. El impacto de este fenómeno incluye pérdidas humanas, daños ambientales y económicos. Para mitigar estos daños, existen sistemas de simulación computacionales que predicen el comportamiento del fuego en base a un conjunto de parámetros de entrada o escenario (velocidad, dirección del viento; temperatura; etc.). Sin embargo, los resultados de una simulación suelen tener un alto grado de error por la incertidumbre en los valores de algunas variables, por no ser conocidos o porque su medición puede ser imprecisa o errónea. Por este motivo se han desarrollado métodos que combinan resultados de un conjunto de simulaciones sobre distintos escenarios, para detectar tendencias y así reducir dicha incertidumbre. Dos propuestas recientes, ESSIM-EA y ESSIM-DE, utilizan algoritmos evolutivos paralelos para orientar el espacio de escenarios a considerar, logrando mejoras en la calidad predictiva. Estos enfoques están guiados por una función objetivo que recompensa el avance hacia una solución. En problemas complejos, dicha función objetivo no siempre es un indicador directo de la calidad de las soluciones. En trabajos previos se han encontrado limitaciones como convergencia prematura, y se han requerido acciones de calibración y sintonización para incorporar soluciones más diversas al proceso de

predicción. Para superar estas limitaciones, en este trabajo proponemos aplicar el paradigma *Novelty Search* (búsqueda basada en novedad), que reemplaza la función objetivo por una medida de la novedad de las soluciones encontradas, para generar continuamente soluciones con comportamientos diferentes entre sí. Este enfoque logra evitar óptimos locales y permitiría encontrar soluciones útiles que serían difíciles de hallar por otros algoritmos. Al igual que los métodos existentes, esta propuesta también puede aplicarse a otros modelos de propagación (inundaciones, avalanchas o corrimientos de suelo).

Palabras Clave: Predicción de Incendios Forestales, Metaheurísticas, Búsqueda Basada en Novedad, Reducción de Incertidumbre.

CONTEXTO

El proyecto aquí descrito se está llevando a cabo en el marco de una línea de investigación que se ha desarrollado a lo largo de los últimos años en el LICPaD (Laboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido), en la UTN-FRM. Esta línea involucra el desarrollo de un sistema de predicción del comportamiento de fenómenos de propagación, aplicado al caso particular del avance de la línea de fuego en incendios

forestales. Este tipo de sistema utiliza un modelo de simulación que toma como entrada un conjunto de parámetros, que describen características que afectan a la propagación. Los métodos desarrollados por el grupo tienen como objetivo la reducción de incertidumbre en estas simulaciones, dado que las limitaciones para proveer parámetros de entrada correctos para el modelo conducen a errores en la precisión de la predicción. Recientemente se han desarrollado sistemas que utilizan métodos evolutivos para obtener predicciones basadas en un conjunto de simulaciones. En este proyecto, se propone el uso de una metaheurística dentro de un paradigma de búsqueda alternativo, llamado *Novelty Search* o búsqueda por novedad.

1. INTRODUCCIÓN

Las herramientas para predecir el comportamiento de los incendios forestales son de gran interés para la toma de decisiones en el control de incendios, con el fin de mitigar sus consecuencias. Existen diversos simuladores, los cuales utilizan modelos de propagación cuyo objetivo es predecir la evolución de la línea de fuego a lo largo de un período de tiempo, representada por mapas que indican el área del terreno alcanzada por el fuego en cada paso de predicción. Desde el punto de vista computacional, este problema de predicción es desafiante debido a la complejidad de los modelos utilizados y a las fuentes de incertidumbre involucradas en los datos de entrada. Este último aspecto es de gran importancia dado que las limitaciones para proveer parámetros de entrada correctos para el modelo conducen a errores en la predicción. Esta incertidumbre se debe a la dificultad o imposibilidad de obtener los valores de las variables involucradas. Para enfrentar esta incertidumbre, se han propuesto métodos que combinan resultados de múltiples simulaciones para analizar la tendencia, y así mitigar los efectos negativos de la incertidumbre. Recientemente, se han desarrollado dos

sistemas con este enfoque: ESSIM-EA [1, 2] y ESSIM-DE [3]. Ambos combinan una etapa de Optimización, para obtener escenarios cuya simulación permita obtener buenas predicciones, con una etapa de Análisis Estadístico, que logra la agregación de mapas obtenidos durante la optimización, para así poder predecir el comportamiento de la línea de fuego. Para manejar la alta carga de cómputo, ambos se basan en un *modelo de islas* [4], utilizando una doble jerarquía de procesos que les permite abarcar mejor el espacio de búsqueda y acelerar la optimización. Adicionalmente, y con el fin de mejorar la calidad y la eficiencia de estos métodos, se ha trabajado en incorporar a estos sistemas distintos mecanismos de *sintonización*. Las estrategias de sintonización permiten calibrar algún aspecto crítico, cuello de botella o factor limitante de la aplicación para mejorar su desempeño, y estas pueden ser automáticas (cuando las técnicas están incorporadas en la aplicación de forma transparente) y dinámicas (los ajustes ocurren durante la ejecución) [5].

A pesar de que los enfoques mencionados han obtenido mejoras respecto a métodos anteriores, aún tienen algunas limitaciones. Las metaheurísticas de estos enfoques utilizan una función de aptitud o *fitness* para evaluar la calidad de las soluciones. Esta función se usa para evaluar la calidad de los individuos (soluciones encontradas durante la búsqueda) y así guiar la búsqueda de manera que las poblaciones sucesivas contengan individuos con mejor *fitness* a lo largo de las iteraciones, con el objetivo de que la población eventualmente converja a una única solución. Mediante este mecanismo, a lo largo del tiempo aparecen genotipos (codificación de los individuos) cada vez más similares entre sí, por lo que, en este caso, la población que fue evolucionada para realizar las predicciones en cada intervalo de tiempo puede consistir en un conjunto de escenarios muy cercanos unos a otros, lo que limita el aporte de estas soluciones a la reducción de incertidumbre.

Además, se dejan de lado soluciones que pueden estar genóticamente alejadas en el espacio de búsqueda, pero que aun así pueden tener valores de aptitud aceptables que contribuyan a la predicción. Estas limitaciones llevan a considerar la selección de otros enfoques de búsqueda que puedan producir mejoras en la calidad de las predicciones.

En base a este análisis, se observó la posibilidad de utilizar un paradigma alternativo al de las metaheurísticas tradicionales: la *búsqueda basada en novedad* o *Novelty Search* (NS) [6–8]. Este es un paradigma de búsqueda que ignora el objetivo como guía para la exploración y, en su lugar, recompensa a soluciones candidatas que presentan comportamientos novedosos (diferentes a los anteriormente descubiertos), con el fin de maximizar la exploración y evitar óptimos locales. Se ha aplicado con buenos resultados a múltiples problemas de diversas áreas [6, 7], [9–11]. La búsqueda basada en novedad es una alternativa prometedora frente a las limitaciones de las metaheurísticas aplicadas previamente al problema, debido a que, en este paradigma alternativo, la búsqueda es dirigida por una caracterización del comportamiento de los individuos, cambiando así el *paisaje de la función de fitness* (*fitness landscape*), previniendo de manera directa los problemas de convergencia prematura y estancamiento. Por último, en la literatura existen múltiples enfoques híbridos que combinan *fitness* y novedad y se ha demostrado que son efectivos para resolver problemas prácticos [7, 9, 10], [12–15]. Estas contribuciones indican que son muchas las alternativas a explorar en el área de NS, y por lo tanto las oportunidades de adaptabilidad de este tipo de algoritmos a distintos problemas.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Los sistemas de predicción existentes han obtenido resultados satisfactorios para la reducción de incertidumbre en el problema de aplicación. En particular, ESSIM-EA demostró obtener predicciones de buena calidad, mientras que ESSIM-DE redujo significativamente los tiempos de respuesta, pero sin obtener mejoras en calidad. Por esta razón, posteriormente se ha trabajado en mejorar el rendimiento del método ESSIM-DE mediante estrategias denominadas de sintonización [16]. Se desarrollaron dos de estas métricas [17, 18], ambas orientadas a mitigar los problemas de convergencia prematura y estancamiento de la población presentes en el caso de aplicación del algoritmo, obteniendo mejoras en calidad y tiempos de respuesta.

Dadas las características del problema y los resultados previos, se espera que un algoritmo que implemente NS pueda obtener buenos resultados en calidad y, dependiendo del algoritmo elegido y sus posibilidades de paralelización, también mejoras en eficiencia. El enfoque NS es adecuado para este problema, por un lado, porque resuelve por diseño los problemas propios de algoritmos explotativos; por otro lado, porque presenta múltiples oportunidades de paralelización y de hibridación con enfoques basados en *fitness*. También es posible adaptar el comportamiento del algoritmo de acuerdo a las características del problema. Respecto a la posibilidad de aplicación de mecanismos de sintonización, en el caso de NS, también es factible suponer que un proceso de sintonización sería capaz de contribuir predicciones más precisas y en menor tiempo para el caso propuesto; por ejemplo, implementando la modificación, de forma automática y dinámica, de alguno de los aspectos antes mencionados. La presente línea de investigación plantea la implementación de una metaheurística adaptada al paradigma NS,

comenzando con una versión simple para luego poder implementar mejoras iterativas en base a las posibilidades previamente descritas. En una primera versión se paralelizará solo el cómputo de las evaluaciones de individuos, mientras que a futuro se podrán explorar métodos como el modelo de islas para este nuevo enfoque.

3. OBJETIVOS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES

El objetivo general de esta investigación consiste en la reducción de incertidumbre en sistemas de predicción de fenómenos de propagación mediante un enfoque paralelo de búsqueda por novedad, aplicado al caso de incendios forestales. Se espera que este nuevo enfoque pueda obtener resultados experimentales de calidad comparable o superior a los métodos existentes. Posteriormente, mediante la incorporación de métodos adicionales de paralelización, se esperan posibles mejoras tanto en calidad como en eficiencia, respecto a la primera versión. A nivel teórico, se espera que los resultados experimentales provean nuevo conocimiento que permita caracterizar mejor el problema, mediante el análisis de las predicciones basadas en NS y su comparación con resultados de métodos anteriores.

A largo plazo, se plantean objetivos que pueden obtener mejoras adicionales. Por un lado, extender el método desarrollado mediante estrategias híbridas de búsqueda que combinen novedad y *fitness*. Por otro lado, diseñar métodos de sintonización que permitan variar los parámetros de dichas estrategias híbridas con el fin de proveer mayor adaptabilidad al algoritmo frente a diversas instancias del problema.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El grupo de trabajo para esta investigación se encuentra conformado por el Dr. Jan Strappa,

quien se incorporó al laboratorio en 2021 con una beca postdoctoral de CONICET, dirigida por la Dra. Paola Caymes Scutari y codirigida por el Dr. Germán Bianchini. En 2020 se defendieron dos tesis doctorales relacionadas con esta línea de investigación, desarrolladas por la Dra. Laura Tardivo (bajo la dirección de la Dra. Paola Caymes Scutari) y el Dr. Miguel Méndez Garabetti (bajo la dirección del Dr. Germán Bianchini y la codirección de la Dra. Paola Caymes Scutari).

El grupo de trabajo siempre está abierto a la incorporación de nuevos integrantes (de grado o postgrado) que deseen familiarizarse con las temáticas con las que se trabaja dentro del mismo.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Méndez Garabetti, G. Bianchini, M. L. Tardivo, and P. Caymes Scutari, "Comparative Analysis of Performance and Quality of Prediction Between ESS and ESS-IM," *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, vol. 314, pp. 45–60, Jun. 2015.
- [2] M. Méndez Garabetti, G. Bianchini, P. Caymes Scutari, M. L. Tardivo, and V. Gil Costa, "ESSIM-EA applied to Wildfire Prediction using Heterogeneous Configuration for Evolutionary Parameters," *XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, p. 10, 2017.
- [3] M. L. Tardivo, P. Caymes Scutari, G. Bianchini, and M. Méndez Garabetti, "Hierarchical parallel model for improving performance on differential evolution: Hierarchical parallel model for improving performance on differential evolution," *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, vol. 29, no. 10, p. e4087, May 2017.
- [4] E. G. Talbi, *Metaheuristics: From Design to Implementation*. 2009.

- [5] P. Caymes Scutari, G. Bianchini, A. Sikora, and T. Margalef, “Environment for automatic development and tuning of parallel applications,” in *2016 International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS)*, 2016, pp. 743–750.
- [6] J. Lehman and K. O. Stanley, “Abandoning Objectives: Evolution Through the Search for Novelty Alone,” *Evolutionary Computation*, vol. 19, no. 2, pp. 189–223, Jun. 2011.
- [7] J. Lehman and K. O. Stanley, “Exploiting Open-Endedness to Solve Problems Through the Search for Novelty,” *Artificial Life*, p. 8, Jan. 2008.
- [8] J. Lehman and K. O. Stanley, “Evolvability Is Inevitable: Increasing Evolvability without the Pressure to Adapt,” *PLoS ONE*, vol. 8, no. 4, pp. 2–10, 2013.
- [9] J. Gomes, P. Urbano, and A. L. Christensen, “Evolution of swarm robotics systems with novelty search,” *Swarm Intelligence*, vol. 7, nos. 2-3, pp. 115–144, Sep. 2013.
- [10] P. Krčah, “Solving Deceptive Tasks in Robot Body-Brain Co-evolution by Searching for Behavioral Novelty,” in *Advances in Robotics and Virtual Reality*, vol. 26, J. Kacprzyk, L. C. Jain, T. Gulrez, and A. E. Hassanien, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 167–186.
- [11] C. Ollion and S. Doncieux, “Why and how to measure exploration in behavioral space,” in *Proceedings of the 13th annual conference on Genetic and evolutionary computation - GECCO '11*, 2011, p. 267.
- [12] J. Gomes, P. Mariano, and A. L. Christensen, “Devising Effective Novelty Search Algorithms: A Comprehensive Empirical Study,” in *Proceedings of the 2015 Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation*, 2015, pp. 943–950.
- [13] J.-B. Mouret and S. Doncieux, “Encouraging Behavioral Diversity in Evolutionary Robotics: An Empirical Study,” *Evolutionary Computation*, vol. 20, no. 1, pp. 91–133, Mar. 2012.
- [14] J. K. Pugh, L. B. Soros, P. A. Szerlip, and K. O. Stanley, “Confronting the Challenge of Quality Diversity,” in *Proceedings of the 2015 Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation*, 2015, pp. 967–974.
- [15] J.-B. Mouret and J. Clune, “Illuminating search spaces by mapping elites,” *arXiv:1504.04909 [cs, q-bio]*, Apr. 2015.
- [16] K. Naono, K. Teranishi, J. Cavazos, and R. Suda, Eds., *Software Automatic Tuning*. New York, NY: Springer New York, 2010.
- [17] M. L. Tardivo, P. Caymes Scutari, M. Méndez Garabetti, and G. Bianchini, “Optimization for an Uncertainty Reduction Method Applied to Forest Fires Spread Prediction,” in *Computer Science 2017*, vol. 790, A. E. De Giusti, Ed. Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 13–23.
- [18] M. L. Tardivo, P. Caymes Scutari, G. Bianchini, and M. Méndez Garabetti, “Sintonización Dinámica del Método Paralelo de Predicción de Incendios Forestales ESSIM-DE,” *XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, p. 10, 2019.

Técnicas de modelado y simulación en sistemas de HPC y salud.

Diego Encinas^{1,2}, Jimena Jara¹, Román Bond¹, Daniel Rosatto¹, Lucas Maccallini¹, Mauro Gomez¹, Federico Montes de Oca¹, Adriana Gaudiani³, Martín Morales^{1,4}

¹Proyecto de Investigación SimHPC - Programa TICAPPS - Instituto de Ingeniería y Agronomía - UNAJ

²Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) - Facultad de Informática - UNLP - Centro Asociado CIC

³Área de Computación - Instituto de Ciencias - UNGS

⁴Centro CodApli - Facultad Regional La Plata - UTN

dencinas@unaj.edu.ar, elchejime@gmail.com, rbond@unaj.edu.ar, drosatto@unaj.edu.ar, lucas.maccallini@gmail.com, mauro.f.gmz@gmail.com, federicomdo97@gmail.com, agaudiani@ungs.edu.ar, martin.morales@unaj.edu.ar

Resumen

El objetivo de esta línea de investigación es el estudio de diferentes técnicas de modelado y simulación para entornos de Cómputo en Altas Prestaciones (HPC, High Performance Computing). El enfoque del estudio es la obtención de herramientas que permitan predecir la eficiencia del sistema ante posibles escenarios y reconfigurar el sistema físico. Además, se analizan los diferentes componentes del sistema que pueden influir en las prestaciones significativamente y pueden llegar a modelarse y/o reconfigurarse.

Por otra parte, se ha llevado a cabo el desarrollo de un simulador para entornos en el área de salud, en el sector de emergencias hospitalarias y de propagación de enfermedades.

Palabras clave: *Arquitecturas Multiprocesador. Simulación. Sistema E/S paralela. Modelado y Simulación basado en agentes (Agent-Based Modeling and Simulation, ABMS). Cloud Computing. CloudSim. Simulación y Salud.*

Contexto

Se presenta una línea de Investigación que es parte del Proyecto de Investigación “Simulación, Computación de Altas Prestaciones (HPC) y

optimización de aplicaciones sociales – SimHPC” de la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ), acreditado por resolución interna 183/21. Además, el proyecto aporta al Programa “Tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en aplicaciones de interés social” – TICAPPS de la UNAJ.

En el tema existe un convenio de colaboración en actividades de Investigación y Postgrado con el Instituto de Investigación en Informática – LIDI de la Universidad Nacional de La Plata y el Área de Computación del Instituto de Ciencias de la Universidad Nacional de General Sarmiento.

Introducción

El crecimiento sostenido en la demanda del poder de cómputo remarca la necesidad de sistemas con enfoques de paralelización masiva y cómputo de alta performance (HPC, High Performance Computing) [1]. Los clusters se han convertido en uno de los enfoques principales para lograr paralelismo a bajo costo. Una noción extendida lo constituye la utilización de grid computing y más recientemente cloud computing. Independientemente de la solución, estos sistemas constan de un gran número de componentes incluyendo nodos de

procesamiento, bancos de memoria, discos, entre otros.

En cuanto a las herramientas de simulación para Cloud Computing, CloudSim es un framework desarrollado en Java que provee las APIs necesarias para que el usuario genere una simulación de un Data Center funcionando como servidor de nube capaz de simular la ejecución de CloudLets.

Por otra parte, los servicios de urgencias hospitalarias son considerados como una de las unidades del sistema sanitario de mayor complejidad y fluidez, lo que unido a la variabilidad de su actividad da lugar a que su gestión operativa sea una tarea muy complicada [2]. Es por ello que resultaría de mucha utilidad para sus responsables disponer de un sistema de ayuda a la toma de decisiones (Decision Support System-DSS) tan flexible como un simulador, que permitiría tomar medidas disponiendo de información suficiente sobre las alternativas posibles.

Sistemas de E/S Paralela

Las exigencias en los sistemas de E/S paralelos se han incrementado debido al aumento en número, velocidad y potencia de las unidades de procesamiento en los clusters. También las aplicaciones científicas que utilizan cómputo de altas prestaciones acrecientan estos requerimientos.

En muchos casos, el cuello de botella de los sistemas paralelos es la E/S a causa de las exigencias que debe afrontar [3]. La E/S Paralela es esencial para emparejar el avance de las arquitecturas de los procesadores y el rápido crecimiento de la capacidad computacional. Aunque la arquitectura jerárquica de memoria multinivel puede evitar grandes pérdidas de prestaciones debido a los retardos de acceso a disco, la capacidad de memoria es limitada. Además, como la capacidad computacional aumentará, la disponibilidad de memoria por core decrecerá, especialmente si la escala de los sistemas de HPC se proyecta a millones de cores o más. Varias simulaciones científicas y de ingeniería de áreas críticas de investigación, tales como la nanotecnología, astrofísica, clima y energía física están convirtiéndose en aplicaciones intensivas de datos. Para poder disminuir la brecha entre CPUs-E/S se deben

identificar los factores que influyen en las prestaciones y proponer nuevas soluciones [4] [5].

En el área de tolerancia a fallas en sistemas de cómputo de alta prestaciones se puede notar la importancia de la unidad de E/S en las arquitecturas paralelas como un punto a mejorar para lograr cubrir las exigencias de las aplicaciones que utilizan HPC. Una manera de llevar a cabo este trabajo es utilizar técnicas de simulación para evaluar el efecto de los cambios de los factores con mayores influencias en las prestaciones del sistema de E/S paralelo.

Se puede disminuir la complejidad y la probabilidad de errores en la generación de sistemas híbridos desarrollando una simulación específica de éstos utilizando diferentes frameworks [6] [7] [8].

Las aplicaciones científicas con un uso intensivo de datos utilizan software de E/S paralelo para acceder a archivos. Contar con una herramienta que permita predecir el comportamiento de este tipo de aplicaciones en HPC es de gran utilidad para los desarrolladores de aplicaciones paralelas como para administradores de centros de cómputo. Por otro lado, ABMS ha sido utilizado para modelar problemas y sistemas complejos en diversas áreas de la ciencia.

Evaluar las prestaciones del subsistema de E/S con diferentes configuraciones y la misma aplicación, permite adaptar la configuración de E/S teniendo en cuenta el patrón de acceso de la aplicación. Pero también puede ser una gran ventaja analizar las necesidades de las aplicaciones antes de configurar el sistema físico. Una manera de predecir el comportamiento de las aplicaciones en el sistema de cómputo, ante distintas configuraciones, es utilizando técnicas de modelado y simulación.

Se está desarrollando modelos e implementando una simulación de la arquitectura de E/S paralela, por medio de técnicas de simulación basadas en agentes o Sistemas Multi-Agente, (MAS-MultiAgentSystems), para evaluar el efecto de dimensionar el sistema de E/S o cambiar componentes como la red de almacenamiento, dispositivos de E/S, entre otros [9].

Simulación de arquitecturas de Cloud Computing

CloudSim [10] [11] es un Framework de simulación generalizado y extensible que permite el modelado y la simulación de diferentes infraestructuras y servicios de aplicaciones de Cloud Computing. Un ejemplo de utilización es la simulación de muchos centros de datos.

Su arquitectura consiste en entidades específicas que se representan como clases Java que pueden ser heredadas o instanciadas. Estas clases representan centros de datos, hosts físicos, máquinas virtuales, servicios a ejecutar en los centros de datos y servicios en la nube de usuarios [12] [13]. Además, CloudSim soporta la inserción dinámica de los elementos de simulación y proporciona aplicaciones de paso de mensajes y la topología de la red del centro de datos.

La versatilidad de CloudSim es la principal ventaja del sistema. La integración de nuevos parámetros y conceptos de la simulación es implementada desde abstracciones preestablecidas convenientemente por los autores. Las abstracciones principales son SimEvent [14], SimEntity [15], DataCenterCharacteristics y Vm.

El aporte de un desarrollo de nuevos actores al componente Vm (Virtual Machine) posibilita que por medio de simulación se obtengan métricas de entrada/salida. Las estadísticas que aporta la nueva implementación de Vm dan soporte a un espacio de memoria ram en tiempos de simulación. Dicho espacio de memoria principal está controlado por otro componente que es capaz de procesar instrucciones guardadas en el espacio de memoria sintético denominado RamEntity. Si las instrucciones se guardan lógicamente, la nueva versión de Vm es capaz de administrar procesos en la nueva capa de ejecución. La idea general de la implementación consiste en la creación de una nueva SimEntity y sus agregaciones necesarias para manipular el espacio de memoria proporcionada por RamEntity, en tiempos de simulación. De tal forma que cada celda de RamEntity no sólo guarda datos, sino que también es posible que mantenga objetos interpretables como eventos para la nueva SimEntity que se denomina InitEntity.

Lo destacable es que el entorno de la cola de procesos es en el espacio de memoria de RamEntity y que cada instrucción que compone a un código objeto del proceso es en realidad un evento con todos sus parámetros.

Simulación y Salud

Al analizar las necesidades presentes en los servicios de salud, se obtiene que dentro de una sala de urgencias se encuentre una gran diversidad de escenarios posibles donde cada uno de estos puede afectar a resultados sensibles como, por ejemplo, la tasa de mortalidad de personas. Para solucionar este problema se desarrolló un simulador con el objetivo de ser una herramienta capaz de recrear una gran cantidad de escenarios y así poder tomar decisiones rápidas.

El simulador desarrollado se centra en la prevalencia puntual de infecciones intrahospitalarias [16] en una sala de urgencias y cómo la afectan distintos factores relacionados con la gestión hospitalaria.

Para llevar a cabo el modelado del simulador se utilizó el paradigma de Modelado y Simulación basado en Agentes (ABMS). El framework utilizado es Repast Symphony [17], una herramienta especializada en ABMS, la cual provee una serie de ventajas respecto al modelado e implementación de agentes, así como también la coordinación concurrente de los agentes.

De esta manera, se clasificaron distintos agentes intervinientes en el ambiente de una sala de urgencias, como los pacientes y médicos, entre otros. Dichos agentes definen su comportamiento mediante máquinas de estado, las cuales determinan las acciones correspondientes tanto a la atención hospitalaria como también al estado de salud respecto de una enfermedad intrahospitalaria específica.

La propagación de la infección intrahospitalaria estará modelada mediante interacciones entre estos agentes, por ejemplo, uno de los focos de infección más importante de las salas de urgencias son las salas de espera. La forma más efectiva para calibrar el simulador se da mediante el grado de interacción de agentes, ajustando así la tasa de transmisión de la enfermedad en cuestión.

Una vez calibrado el simulador, se pueden obtener resultados. El trabajador de la salud dispone de diversos parámetros para configurar la simulación, por ejemplo, la cantidad de pacientes, la cantidad de camas disponibles, la cantidad de insumos hospitalarios, etc. Al realizar distintas ejecuciones, se pueden obtener resultados analizando distintos posibles cuellos de botella, configurando la cantidad de médicos clínicos disponibles, la cantidad de recepcionistas encargados de la admisión, el triage, entre otros. De esta manera, es posible la toma de decisiones respecto a la asignación de recursos y personal para agilizar la estancia hospitalaria de los pacientes y evitar los contagios producidos por sus interacciones.

Además, se analiza y trabaja la optimización y paralelización del simulador con los ambientes Repast HPC para clusters y Flame para ejecución sobre GPU, obteniendo mejor performance en términos de tiempos.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Temas de Estudio e Investigación

- Arquitecturas multiprocesador para procesamiento paralelo: multiprocesador de memoria compartida, multiprocesador on-chip de memoria distribuida. Multicore, Clusters, Clusters de multicore. Grid. Cloud.
- Arquitectura de E/S paralela considerando el software, hardware, comunicaciones entre módulos y dispositivos de almacenamiento.
- Nuevos aportes de desarrollos que mejoren los modelos de simulaciones con CloudSim para el análisis de la performance en sistemas de arquitecturas de software de Cloud Computing.
- Modelado y simulación para la administración de sistemas de salud.

Resultados y Objetivos

Investigación experimental

- Diseño y desarrollo de modelos mediante técnicas de Modelado y simulación basada en agentes (ABMS) para analizar el

comportamiento de las distintas capas de la pila de software de E/S.

- Análisis, modelado e implementación de las operaciones típicas de E/S: read, write, open, close, flush.
- Análisis y modelado de librerías de archivos para aplicaciones que utilizan cómputo de altas prestaciones-HPC. Se ha utilizado Amazon Web Services para creación de cluster virtuales y obtener métricas de la pila de software de E/S.
- Incorporación de tiempos de entrenamiento, obtenidos en AWS, en el simulador. Con esto se logra una salida más detallada y un método para validar tiempos y métricas del simulador con AWS.
- Implementación de comandos para ejecutar desde command center en NetLogo. Con esto se logró sintetizar el benchmark IOR correspondiente a la capa de aplicación de la pila de E/S, logrando introducir nuevos parámetros como tamaño de archivo y cantidad de nodos de E/S (metadata server y data server). De ejecutar este comando, se obtiene una nueva salida similar a la del benchmark IOR [18].
- Obtención de un método de desarrollo de nuevos actores genéricos CloudSim que mejoran el modelado y la producción de estadísticas virtuales.
- Implementación de la entidad InitEntity que procesa instrucciones en el espacio de memoria de las máquinas virtuales. Se vinculan exitosamente los tiempos de procesamiento de un cloudlet y las instrucciones en las máquinas virtuales [19].
- Contraste de una simulación de un cluster en la nube y uno idéntico desplegado en un sistema de cloud computing público [20].
- Modelado de infraestructuras de sistemas de salud.
- Implementación de un simulador para analizar el contagio de enfermedades intrahospitalarias [21].
- Paralelización en la ejecución de simuladores.
- Implementación de un simulador para analizar la propagación de enfermedades [22].

Formación de Recursos Humanos

Dentro de la temática de la línea de I/D se participa en el dictado de la carrera de Ingeniería en Informática de la UNAJ. También aportan trabajos de alumnos de las materias Redes de Computadoras 2 y Programación en Tiempo Real. Por otro lado, algunos integrantes participan en el dictado de la Diplomatura en Ciencia de Datos de la UNAJ.

Durante 2021 se han realizado publicaciones nacionales e internacionales. Además, se encuentran en desarrollo y concluidas varias Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) con las que concluyen sus estudios los alumnos de Ingeniería en Informática.

En esta línea de I/D existe cooperación a nivel nacional e internacional. Hay dos investigadores realizando estudios de postgrado, 1 becario EVC CIN, un becario de Iniciación a la Investigación UNAJ y 2 alumnos avanzados de grado colaborando en las tareas.

Referencias

1. Grama A, Gupta A, Karypis G, Kumar V. "Introduction to parallel computing". Second Edition. Pearson Addison Wesley, 2003.
2. R. Galeano, C. Villalba, D. Rexachs, E. Luque. Agent-Based Model to Simulate Outpatient's Consultations at the "Hospital de Clínicas". The Eighth International Conference on Advances in System Simulation (SIMUL 2016). 1:46-51
3. H Hennessy, J. L., Patterson, and D. A., Computer Architecture, Fourth Edition: A Quantitative Approach. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2006.
4. J. M. May, Parallel I/O for high performance computing. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2001.
5. V. Balaji, Earth system modelling – Volume 4. IO and Postprocessing. Springer, 2013.
6. D. Encinas, Utilización de un reloj global para el modelado de un ambiente simulado distribuido. XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. 2012
7. D. Encinas, Simulación de una red CAN para dimensionar las comunicaciones de una IMU. VII Congreso Argentino de Tecnología Espacial. 2013.
8. D. Black, SystemC: From the Ground Up. Second Edition, Springer, 2010.
9. D. Encinas et al., Modeling I/O System in HPC: An ABMS Approach. The Seventh International Conference on Advances in System Simulation (SIMUL), ISBN: 978-1-61208-442-8, 2015.
10. R. Calheiros, R. Ranjan, A. Beloglazov, C. De Rose and R. Buyya "CloudSim: a toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms" Published online 24 August 2010 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/spe.995.
11. <http://www.cloudbus.org/cloudsim> 2018.
12. Hamza Ouarnoughi, Jalil Boukhobza, Frank Singhoff, Stephane Rubini, Erwann Kassis. "Considering I/O Processing in CloudSim for Performance and Energy Evaluation". OpenStack Cloud Software: Open source software for building private and public clouds. © Springer International Publishing AG 2016 M. Tauber et al. (Eds.): ISC High Performance Workshops 2016, LNCS 9945, pp. 591–603, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-46079-6_40.
13. Kushang Parikh, Nagesh Hawanna, Haleema. P.K, Jayasubalakshmi.R and N.Ch.S.N.Iyengar. School of Computing Science and engineering Vellore Institute of Technology, Tamil Nadu, "Virtual Machine Allocation Policy in Cloud Computing Using CloudSim in Java." 2015.
14. www.icsa.inf.ed.ac.uk/research/groups/hase/simj ava 2018.
15. F. Howell, R Mc Nab. A discrete event simulation library for java. International Conference on Web-Based Modeling and Simulation. 1998.
16. Prevalencia puntual de infección nosocomial, disponible en internet: https://www.researchgate.net/publication/242363760_Prevalencia_puntual_de_infeccion_nosocomial. Fecha: 29/03/2020
17. Repast Symphony Frequently Asked Questions, disponible en internet: <https://repast.github.io/docs/RepastFAQ/RepastFAQ.html>. Fecha: 29/03/2020
18. D. Encinas, S. Mendez, M. Naiouf, A. De Giusti, D. Rexachs del Rosario, and E. Luque, An Agent-Based Model for Analyzing the HPC Input/Output System International journal on advances in systems and measurements vol. 13, num. 3 & 4, págs. 192-202, 2020.
19. D. Rosatto, R. Bond, M. Belizán, M. Morales, D. Encinas. Modelado y simulación de arquitecturas de Cloud Computing con CloudSim: comunicación entre entidades. XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. ISBN 978-950-34-1539-9. 2017
20. T. Rosales, J. Spinelli, M. Di Nardo, R. Bond, D. Rosatto, D. Encinas, F. Romero. Análisis de una plataforma de simulación para Cloud Computing. Un caso de estudio. XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. 2020
21. L. Maccallini, D. O. Encinas, and F. Romero. "An Approach to the Modeling and Simulation of Intra-Hospital Diseases". Journal of computer science and technology (ISSN 1666-6038), vol. 21, num. 2, págs. 157-169, doi. 10.24215/16666038.21.e14, 2021.
22. J. Baez, A. Barreto, B. Galarza, M. Morales, D. Encinas. Simulación para estimar propagación de enfermedades. 8º Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CoNaIISI 2020). San Francisco, Córdoba. 2020

Cloud Computing, IaaS privados y públicos para el análisis y modelado de sistemas.

Diego Encinas^{1,2}, Brian Galarza¹, Román Bond¹, Gonzalo Zaccardi¹, Nicolás Benquerença Mendes¹, Jorge Osio¹, David Duarte¹, Martín Morales^{1,3}

¹Proyecto de Investigación SimHPC - Programa TICAPPS - Instituto de Ingeniería y Agronomía - UNAJ

²Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) - Facultad de Informática - UNLP – Centro Asociado CIC

³Centro CodApli - Facultad Regional La Plata - UTN

dencinas@unaj.edu.ar, bgalarza@unaj.edu.ar, rbond@unaj.edu.ar, gzaccardi@unaj.edu.ar, nicobenquerenca@yahoo.com.ar, josio@unaj.edu.ar, davito.duarte.22@gmail.com, martin.morales@unaj.edu.ar

Resumen

El objetivo de esta línea de investigación es el estudio del rendimiento de las arquitecturas tipo cloud a través del despliegue de IaaS y utilización de IaaS públicos, en particular en el área de cómputo paralelo de altas prestaciones (HPC). Enfocando en la obtención de herramientas que permitan predecir la eficiencia del sistema ante posibles escenarios. Analizando los diferentes componentes del sistema que pueden influir en las prestaciones significativamente, especialmente la entrada/salida y las comunicaciones.

Palabras clave: *Cloud Computing. OpenStack. Sistemas de Archivos en clústers. Redes definidas por Software.*

Contexto

Se presenta una línea de Investigación que es parte del Proyecto de Investigación “Simulación, Computación de Altas Prestaciones (HPC) y optimización de aplicaciones sociales – SimHPC” de la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ), acreditado por resolución interna 183/21. Además, el proyecto colabora con el Programa “Tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en aplicaciones de interés social” – TICAPPS de la UNAJ.

Introducción

Cloud Computing es un paradigma que ha estado en constante crecimiento. Cada vez más compañías y grupos de investigación trabajan en conjunto con el fin de explotar las oportunidades ofrecidas por el mismo [1]. Dicho paradigma ofrece muchas ventajas, tales como el bajo costo de implementación, ya que no se necesitan

computadoras de última tecnología debido a que éstas trabajan conjuntamente (Clustering) con la posibilidad de escalar horizontalmente de manera sencilla. Además, hay software Open Source disponible para los nodos en el clúster como las infraestructuras Eucalyptus, OpenNebula, CloudStack u OpenStack integradas con GNU/Linux y compatibles, por ejemplo, con Amazon WebServices.

Despliegue de IaaS

Las comunicaciones en Cloud Computing son una parte fundamental del paradigma que consisten en utilizar distintos nodos y lograr hacerlos funcionar conjuntamente.

Para lograr una comunicación sincronizada entre estos nodos se propone utilizar OpenStack [2] como también OpenNebula [3].

OpenStack es una plataforma de tecnología open source que utiliza recursos virtuales agrupados para diseñar y gestionar nubes privadas y públicas a través de múltiples servicios que, de manera coordinada, cumplen diferentes propósitos para lograr el correcto funcionamiento de, por ejemplo, una "Infraestructure as a service" (IaaS). Algunos de los servicios ofrecidos por OpenStack son: hypervisor (Nova), autenticación (Keystone), Imágenes (Glance), Dashboard (Horizon), Networking (Neutron) y block storage (Cinder). Según las necesidades se pueden requerir de ciertos servicios u otros. La Arquitectura básicamente consiste en dos tipos de nodos: "Compute Node" y "Controller Node". Se llaman Compute Node a todos aquellos que se encargan del procesamiento de servicios específicos mientras que Controller Node es aquel que comunica a cada uno de los anteriores [4] [5] [6].

Fuel es una herramienta open source desarrollada por Mirantis en la cual se ejecuta un script que permite configurar, de manera más amigable respecto a OpenStack, los recursos que se desean otorgar a la infraestructura, como la cantidad de nodos, los núcleos de procesador, la memoria RAM, entre otros [7].

Fuel trabaja con un nodo master el cual es el encargado de controlar a los nodos slaves que contendrán la infraestructura OpenStack. Es decir, desde el nodo Fuel Master se indican qué paquetes se van a instalar en cada nodo slave (Glance, Nova-Compute, Keystone, etc.) para luego en los slaves tener armados los nodos compute y controller, sin necesidad de realizar configuraciones manuales en cada uno de los mismos.

OpenNebula es un software de código abierto que permite el despliegue de IaaS. Busca reducir la complejidad generada por OpenStack y ofrece soporte con hipervisores tales como KVM y VMware vCenter.

OpenNebula clasifica a los nodos en dos tipos, Front – end los cuales entran en contacto con los usuarios y a su vez se comunican con los nodos de la infraestructura en los cuales se lanzarán las instancias y los nodos virtualizados los que a su vez deben contar con los paquetes correspondientes de storage, autenticación y networking para poder funcionar correctamente.

La implementación de estas infraestructuras ofrece ventajas en las cuales los clústeres virtualizados trabajan en conjunto ofreciendo un buen rendimiento a bajos costos y con posibilidad de escalabilidad al poder agregar mayor cantidad de nodos para procesamiento de manera sencilla.

Sistemas de Archivos Paralelos en clústeres

Amazon Webservices [8], mediante el servicio EC2 (Amazon Elastic Compute Cloud) permite desplegar clústeres virtuales mediante instancias de VMs y almacenamiento para las mismas. Mediante este servicio y el correspondiente clúster conformado, se utiliza un sistema de archivos paralelo (PVFS2) que permite la gestión de datos particionados y distribuidos en los distintos nodos, mediante múltiples tareas de una aplicación ejecutada sobre el clúster.

PVFS2 utiliza una estructura cliente-servidor. Dependiendo de su rol, existen tres tipos de nodos dentro de un clúster con este sistema de archivos: servidores de datos, servidores de metadatos y clientes, en donde cada uno de los nodos puede cumplir los tres roles.

PVFS2 [9] contiene una herramienta interna que permite volcar información en logs durante la ejecución de tareas dentro del sistema de archivos. Por cada uno de los nodos, el administrador del clúster puede obtener información de depuración (GOSSIP) conformado por registros de debug, de acceso, contadores de rendimiento y errores producidos durante la ejecución. Referido a los contadores de rendimiento, se obtienen mediante el software de monitoreo Atop. Esta herramienta permite obtener reportes de la actividad de los procesos y la utilización de los diferentes recursos del sistema (memoria, disco, CPU, red, etc) [10].

Asimismo, es posible especificar los datos a obtener en función de las distintas capas de PVFS2, del rol específico de cada nodo (cliente-servidor), así como también de otros factores relacionados con el funcionamiento interno y operaciones asociadas a la gestión de archivos.

Teniendo conocimiento del funcionamiento del código fuente correspondiente a PVFS2 y del modo en el

que realiza la escritura de registros en los logs, resulta factible realizar modificaciones que permitan obtener otro tipo de parámetros de interés a partir de esta herramienta.

Finalmente se propone el análisis, uso y configuración de distintas herramientas no invasivas para determinar la performance del sistema de archivos en clústeres virtuales.

Redes definidas por Software

Las redes definidas por software (SDN) son un paradigma de gestión y administración de redes por medio de software que permiten tener un control más flexible con respecto al control del tráfico de datos por medio de hardware ya que permite cambiar en tiempo real las normas y políticas establecidas en la red[11].

Mininet[12] es un emulador de redes SDN open source que permite generar tráfico artificial entre nodos virtuales de la red.

Se ha llevado a cabo el montaje de un laboratorio SDN utilizando Mininet junto con Amazon WebServices con el fin de analizar el comportamiento de este nuevo paradigma de redes de computadoras en un entorno de Cloud Computing.[13]

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Temas de Estudio e Investigación

- Arquitecturas multiprocesador para procesamiento paralelo: multiprocesador de memoria compartida, multiprocesador on-chip de memoria distribuida. Multicore, Clusters, Clusters de multicore. Grid. Cloud.

- Plataformas de software para implementar y administrar Clouds públicos, privados e híbridos.
- Sistemas de Archivos Paralelos.

Resultados y Objetivos

Investigación experimental

- Implementación de un IaaS encargado de realizar operaciones en procesamiento paralelo aumentando la eficiencia y reduciendo los costes generados.
- Implementación de OpenStack Dashboard y de un sistema desarrollado para poder controlar/administrar de manera visual (web) y más básica cada uno de los servicios.
- Implementación de OpenNebula en un sistema con las mismas características que el implementado por OpenStack con el fin de poder realizar pruebas en entornos similares.
- Utilización de Fuel para administrar OpenStack como sistema de administración de nube (Cloud Computing) a partir de la infraestructura de 2 nodos compute y el controller [14].
- Análisis del rendimiento de un Cloud privado en la ejecución de instancias personalizadas.
- Ejecutar diferentes benchmarks en la infraestructura desplegada sobre OpenStack y OpenNebula para así comparar los resultados obtenidos de ambas infraestructuras y poder realizar un análisis del rendimiento en cada caso.
- Introducción al estudio e integración de sensores físicos y los servicios en la nube [15].

- Medición de servicios en la nube enfocados a IaaS y PaaS [16].
- Análisis y configuración de clústeres virtuales.
- Análisis y configuración de herramientas no invasivas para la obtención de métricas en las distintas capas de software de los sistemas de archivos paralelos.
- Utilización de otros sistemas de archivos paralelos como Lustre [17] y Beegfs [18] para obtener métricas en Metadataservidores [19] [20].

Formación de Recursos Humanos

Dentro de la temática de la línea de I/D se participa en el dictado de la carrera de Ingeniería Informática de la UNAJ. También aportan trabajos de alumnos de las materias Sistemas Operativos 1, Redes de Computadoras 2, Programación en Tiempo Real y Organización y Arquitecturas de Computadoras. Por otro lado algunos integrantes participan en el dictado de la Diplomatura en Ciencia de Datos de la UNAJ.

Durante 2021 se han realizado publicaciones nacionales. Además, se encuentran en desarrollo y concluidas varias Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) con las que concluyen sus estudios los alumnos de Ingeniería en Informática.




















En esta línea de I/D existe cooperación a nivel nacional. Hay 4 investigadores realizando carreras de postgrado y alumnos avanzados de grado colaborando en las tareas.

Referencias

1. Kondo, D., Javadi, B., Malecot, P., Cappello, F., Anderson, D. P.: "Cost-benefit

- analysis of Cloud Computing versus desktop grids". In: IPDPS '09 Proceedings. IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing. Washington, USA (2009).
2. OpenStack Cloud Software: Open source software for building private and public clouds. <http://www.openstack.org>. Febrero 2015.
 3. OpenNebula. <https://opennebula.org/>. Febrero 2019
 4. Galarza, B.; Tuamá, C.; Zaccardi, G.; Encinas, D.; Morales, M. "Implementaciones de Cloud Computing y aplicaciones en el ámbito universitario". 1° Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CoNaIISI 2013). Ciudad de Córdoba, Argentina.
 5. Zaccardi, G.; Galarza, B.; Encinas, D.; Morales, M. "Implementación de Cloud Computing utilizando OpenStack". 2° Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CoNaIISI 2014). Ciudad de San Luis, Argentina.
 6. Galarza, B.; Zaccardi, G.; Encinas, D.; Morales, M. "Análisis de despliegue de una IaaS utilizando Openstack". XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2015). Ciudad de Junín, Argentina.
 7. OpenStack Deployment Fuel. <https://www.mirantis.com/products/mirantis-openstack-software/openstack-deployment-fuel/>. Febrero 2016
 8. Amazon Web Services (AWS)-Cloud Computing Services. <https://aws.amazon.com> Marzo 2019
 9. T. PVFS2, "PVFS 2 File System Semantics Document," tech. rep., PVFS Development Team, 2015
 10. Atop Tool. <https://www.atoptool.nl/index.php>
 11. Kreutz, D., Ramos, F. M. V., Esteves Verissimo, P., Esteve Rothenberg, C., Azodolmolky, S., & Uhlig, S. (2015). Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey. Proceedings of the IEEE, 103(1), 14–76.
 12. Mininet. <http://mininet.org>
 13. Montes de Oca, F.; Galarza, B.; Morales, M.; Encinas, D. "Redes Definidas por Software en Entorno de Cloud Computing". 6° Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CoNaIISI 2018). Mar del Plata, Argentina.
 14. Zaccardi, G.; Galarza, B.; Morales, M.; Encinas, D. "Despliegue y ejecución de un cloud privado". 4° Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CoNaIISI 2016). Ciudad de Salta, Argentina.
 15. Armano, M.; Navarro, G.; Morales, M.; Encinas, D. "Utilización de servicios de Cloud Computing y sensores". 8° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CoNaIISI 2020). San Francisco, Córdoba.
 16. González, N.; Lescano, N.; Pinto, C.; Morales, M.; Encinas, D. "Análisis de rendimiento de IaaS y PaaS". 8° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CoNaIISI 2020). San Francisco, Córdoba.
 17. Lustre Manual. https://doc.lustre.org/lustre_manual.xhtml#idm140436306123424. Febrero 2021.
 18. Heichler, Jan. "An introduction to BeeGFS." (2014).
 19. Benquerença Mendes, N.; Bond, R.; Morales, M.; Encinas, D. "Rendimiento de sistema de archivos en arquitecturas distribuidas y paralelas". 8° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CoNaIISI 2020). San Francisco, Córdoba.
 20. E. Párraga, B. León, R. Bond, D. Encinas, A. Bezerra, S. Mendez, D. Rexachs, E. Luque. (2021) Analyzing the I/O Patterns of Deep Learning Applications. Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics. JCC-BD&ET 2021. Communications in Computer and Information Science, vol 1444. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-84825-5_1

Software de Base, Modelos y Aplicaciones en Arquitecturas Multiprocesador

Armando De Giusti ⁽¹⁾⁽²⁾ , Marcelo Naiouf⁽¹⁾ , Fernando G. Tinetti ⁽¹⁾⁽³⁾ , Horacio Villagarcía ⁽¹⁾⁽³⁾ , Franco Chichizola⁽¹⁾ , Laura De Giusti⁽¹⁾⁽³⁾ , Enzo Rucci⁽¹⁾⁽³⁾ , Adrián Pousa⁽¹⁾ , Victoria Sanz ⁽¹⁾⁽³⁾ , Diego Montezanti ⁽¹⁾ , Diego Encinas ⁽¹⁾ , Ismael Rodríguez⁽¹⁾ , Sebastián Rodríguez Eguren⁽¹⁾ , Erica Montes de Oca⁽¹⁾ , Juan Manuel Paniego⁽¹⁾ , Martín Pi Puig⁽¹⁾ , César Estrebow⁽¹⁾ , Leandro Libutti⁽¹⁾ , Manuel Costanzo ⁽¹⁾, Joaquín De Antueno⁽¹⁾, Julieta Lanciotti⁽¹⁾, Javier Balladini⁽⁴⁾ 

¹Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI),
Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata – Comisión de Investigaciones Científicas de la
Provincia de Buenos Aires

²CONICET – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

³CICPBA – Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

⁴Universidad Nacional del Comahue

{degiusti,mnaiouf,fernando,hvw,francoch,ldgiusti,erucci,apousa,vsanz,dmontezanti,dencinas,ismael,seguren,emont
esdeoca,jmpaniego,mpipuig,cesarest,llibutti, mcostanzo,jdeantueno,jlanciotti}@lidi.info.unlp.edu.ar;
javier.balladini@gmail.com

Resumen

El eje de esta línea de I/D lo constituye el estudio de las arquitecturas multiprocesador que integran sistemas distribuidos y paralelos. Incluye como temas centrales:

- Arquitecturas many-core (GPU, procesadores MIC, TPUs), FPGAs, híbridas (diferentes combinaciones de multicores y aceleradores), y asimétricas.
- Desarrollo y evaluación de algoritmos paralelos sobre nuevas arquitecturas y su evaluación de rendimiento computacional y energético.
- Estudio y optimización de código heredado.
- Desarrollo y evaluación de estrategias de resiliencia.
- Modelado y simulación de E/S en HPC.

Palabras clave: *Sistemas Paralelos. Clusters. Arquitecturas asimétricas. GPU, MIC, FPGA, TPU. Eficiencia energética. Resiliencia. Código heredado. E/S paralela.*

Contexto

Se presenta una línea de Investigación que es parte del proyecto “Computación de Alto Desempeño: Arquitecturas, Algoritmos, Métricas de Rendimiento y Aplicaciones en HPC, Big Data, Robótica, Señales y Tiempo Real.” del III-LIDI y de proyectos específicos

apoyados por organismos nacionales e internacionales. También del proyecto “Procesamiento Eficiente de Grandes Datos usando Cómputo de Altas Prestaciones, Edge y Fog” financiado por la Facultad de Informática de la UNLP.

En los temas hay cooperación con varias Universidades de Argentina y se está trabajando con Universidades de América Latina y Europa en proyectos financiados por CyTED, AECID y la OEI (Organización de Estados Iberoamericanos).

Por otra parte, se cuenta con financiamiento de Telefónica de Argentina en Becas de grado y posgrado y se ha tenido el apoyo de diferentes empresas (IBM, Microsoft, Telecom, Intel) en la temática de Cloud Computing.

Se participa en iniciativas como el Programa IberoTIC de intercambio de Profesores y Alumnos de Doctorado en el área de Informática.

Asimismo, el III-LIDI forma parte del Sistema Nacional de Cómputo de Alto Desempeño (SNCAD) del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación.

Introducción

Una de las áreas de creciente interés lo constituye el cómputo de altas prestaciones, en el cual el rendimiento está relacionado con dos

aspectos: por un lado, las arquitecturas de soporte, y por otro, los algoritmos que hacen uso de estas.

A la aparición de arquitecturas *many-core* (como las GPU o los procesadores MIC), se ha sumado el uso de FPGAs debido a su potencia de cómputo y rendimiento energético. Su combinación en sistemas HPC da lugar a plataformas híbridas con diferentes características [22].

Lógicamente, esto trae aparejado una revisión de los conceptos del diseño de algoritmos paralelos (incluyendo los mismos lenguajes de programación y el software de base), así como la evaluación de las soluciones que éstos implementan. También resulta necesario investigar las estrategias de distribución de datos y de procesos a fin de optimizar la performance.

Además, el estudio del consumo y la eficiencia energética de los nuevos sistemas paralelos se vuelve tan importante como el de las métricas clásicas (speedup, eficiencia, escalabilidad) debido a los costos económicos y a los problemas operativos asociados [9].

GPUs y Cluster de GPUs

Las GPUs son el tipo de acelerador dominante en la comunidad de HPC hoy en día por su alto rendimiento y bajo costo de adquisición. En la actualidad, tanto NVIDIA como AMD trabajan especialmente en mejorar la eficiencia energética de sus placas y disminuir el alto costo de programación.

La combinación de GPUs con otras plataformas paralelas como clusters y multicores, brindan un vasto conjunto de posibilidades de investigación en arquitecturas híbridas, a partir de diferentes combinaciones como son:

- Máquinas multicore con más de una GPU, que combinan herramientas de programación paralela como OpenMP/CUDA o Pthread/CUDA.
- Cluster de máquinas multicore cada una con una o más placas de GPU, lo que permite combinar OpenMP/MPI/CUDA o Pthread/MPI/CUDA.

Los desafíos que se plantean son múltiples, sobre todo en lo referido a distribución de

datos y procesos en tales arquitecturas híbridas a fin de optimizar el rendimiento de las soluciones.

MIC

En forma reciente Intel brinda una alternativa a partir de la arquitectura MIC (*Many Integrated Core Architecture*). Esta arquitectura permite utilizar métodos y herramientas estándar de programación HPC, lo que los distingue especialmente de las GPUs. De esta forma, se remueven barreras de entrenamiento y se permite focalizar en el problema más que en la ingeniería del software. Xeon Phi es el nombre elegido por Intel para su serie de procesadores many-core. Recientemente, Intel ha lanzado Knights Landing (KNL), la segunda generación de Xeon Phi. A diferencia de sus predecesores que operaban como co-procesadores a través del puerto PCI, los procesadores KNL pueden operar en forma autónoma. Además, integran las nuevas extensiones vectoriales AVX-512 y tecnología de memoria 3D, entre otras características avanzadas [21].

FPGAs

Una FPGA (*Field Programmable Gate Array*) es una clase de acelerador basado en circuitos integrados reconfigurables. La capacidad de adaptar sus instrucciones de acuerdo con la aplicación objetivo le permite incrementar la productividad de un sistema y mejorar el rendimiento energético para ciertos tipos de aplicaciones. Tradicionalmente han sido utilizadas para el procesamiento digital de señales. Sin embargo, en los últimos años, existen dos tendencias claras para extender su uso a otros dominios. En primer lugar, el establecimiento de alianzas estratégicas entre fabricantes de procesadores y de FPGAs para integrar estos dispositivos en arquitecturas híbridas (Intel con Altera; IBM con Xilinx) [10][11]. En segundo lugar, el desarrollo de nuevas herramientas de programación para FPGAs empleando estándares familiares para HPC, con las cuales se espera reducir los tradicionales tiempos y costos de programación [27][31]. Por último, la incorporación de FPGAs a los servicios de

Cloud abre nuevas oportunidades para la explotación de esta clase de aceleradores.

TPUs

Las unidades de procesamiento tensorial (TPU) son una clase de Circuitos Integrados de Aplicación Específica (ASIC) desarrolladas por Google con el propósito de acelerar las cargas de trabajo de aprendizaje automático que requieren las aplicaciones desarrolladas en su framework TensorFlow [29]. Su uso provee una alternativa a otras arquitecturas ya conocidas como CPUs, GPUs y MICs. En ese sentido, interesa analizar las tasas de aceleración y eficiencia energética provistas por esta nueva arquitectura, en comparación con el resto.

Eficiencia energética

La mejora de la eficiencia energética es una de las principales preocupaciones en la informática actual, principalmente a partir de las plataformas con gran cantidad de procesadores. Muchos esfuerzos están orientados a tratar la eficiencia energética y a las metodologías para medirla como ejes de I/D, como una métrica de evaluación relevante.

Entre los puntos de interés pueden mencionarse:

- Análisis de metodologías y herramientas para medir y optimizar el consumo energético.
- Estudio de técnicas para reducir el consumo energético en aplicaciones de HPC de acuerdo con las arquitecturas utilizadas.
- Evaluación de eficiencia energética de diferentes algoritmos y plataformas paralelas.
- Optimización de la eficiencia energética. A partir de los valores de energía que brindan los contadores hardware es posible definir estrategias de programación que lleven a reducir el consumo, manteniendo a su vez el rendimiento en valores aceptables [25].

Código heredado

La mayoría de los programas de simulación numérica que se emplean hoy en día fueron desarrolladas cuando las arquitecturas

paralelas no existían. Es por ello que este conjunto de aplicaciones presenta la oportunidad de desarrollar técnicas y herramientas que permitan optimizar el código, tanto desde el punto de vista computacional como desde la ingeniería de software [28].

Resiliencia

En la actualidad, lograr sistemas resilientes resulta un verdadero desafío considerando el creciente número de componentes, la cercanía a los límites físicos en las tecnologías de fabricación y la complejidad incremental del software. La corrección de las aplicaciones y la eficiencia en su ejecución se torna más importante en HPC debido a los extensos tiempos de ejecución. En ese sentido, resulta relevante desarrollar estrategias de detección y recuperación de fallos, especialmente a través de librerías de software.

Entrada/Salida paralela

A pesar de los avances tecnológicos, las operaciones de E/S en los centros de supercómputo siguen siendo un cuello de botella para determinadas aplicaciones HPC. El rendimiento de un sistema depende de la carga de trabajo (patrones de E/S de las aplicaciones) y de su configuración (hardware y software) [19]. Contar con herramientas que permitan modelar y predecir el comportamiento de este tipo de aplicaciones en HPC resulta fundamental para mejorar su rendimiento [5].

Analizar y diseñar modelos de simulación basados en la arquitectura de E/S paralela, permite disminuir la complejidad y cubrir las exigencias de las aplicaciones en HPC, al poder identificar y evaluar los factores que influyen en las prestaciones [6].

Dispositivos de bajo costo con capacidades para cómputo paralelo

En la actualidad se comercializan placas de bajo costo como Raspberry PI [20] u Odroid [ODR16] que poseen múltiples núcleos simples. Asimismo, existen diversos dispositivos móviles con capacidades similares. Es de interés estudiar cómo explotar

el paralelismo en estos dispositivos para mejorar el rendimiento y/o consumo energético de las aplicaciones [32].

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

- Arquitecturas many-core (procesadores MIC, GPU y TPU) y FPGA. Análisis de este tipo de máquinas y de técnicas para desarrollar código optimizado.

- Arquitecturas híbridas (diferentes combinaciones de clusters, multicores, manycores y FPGAs). Diseño de algoritmos paralelos sobre las mismas. Técnicas de resiliencia.

- Exploración de nuevos lenguajes y modelos de programación para HPC.

- Consumo energético en las diferentes arquitecturas de alto desempeño, en particular en relación con los algoritmos paralelos y la configuración de la arquitectura. Análisis de metodologías y herramientas de medición. Modelado y estimación del consumo de potencia de arquitecturas HPC.

- Análisis y desarrollo de modelos e implementación de simuladores de la pila de software de E/S en HPC.

Resultados y Objetivos

Investigación experimental por realizar

- Desarrollar y evaluar algoritmos paralelos sobre nuevas arquitecturas paralelas. Analizar rendimiento, eficiencia energética y costo de programación.

- Analizar las capacidades de lenguajes no convencionales para procesamiento paralelo, considerando rendimiento y costo de programación.

- Realizar el desarrollo de nuevos planificadores de tareas para multicores asimétricos sobre diferentes sistemas operativos con el objetivo de maximizar el rendimiento y minimizar el consumo de energía [24][25].

- Analizar proceso de migración de algoritmos entre arquitecturas diferentes, considerando portabilidad, rendimiento y esfuerzo de programación.

- Calibrar y sintonizar el modelado y simulación de E/S en HPC conseguido para distintos escenarios e infraestructuras

- Desarrollar técnicas de tolerancia a fallas que permitan aumentar la resiliencia de sistemas paralelos y distribuidos.

Resultados obtenidos

- Se compararon soluciones paralelas para el método de cifrado AES en diversas arquitecturas de memoria compartida [26].

- Se evaluaron capacidades de paralelismo de lenguajes no convencionales en arquitecturas multicore, como Python [14] y Rust [3].

- Se realizó un primer estudio de migración de códigos CUDA a DPC++ usando el ecosistema oneAPI [2]

- Se realizaron y analizaron modificaciones al framework TensorFlow para permitir la maleabilidad de hilos [12].

- Se diseñó y desarrolló un prototipo de simulador de transmisión de enfermedades intra-hospitalarias [13].

- Se exploró el uso de diferentes microcontroladores para aplicaciones de aprendizaje automático [7] [8].

- Se evaluó el impacto de las comunicaciones en un cluster heterogéneo de placas RPi [30]

- Se desarrolló y validó un modelo estadístico para consumo de potencia en placas RPi de diferentes generaciones [18].

- Se diseñó la herramienta SEDAR y evaluó su desempeño para detección y recuperación de fallos transitorios [15].

- Se han desarrollado técnicas de modelado y simulación de E/S en HPC que permiten predecir cómo los cambios realizados en los diferentes componentes de éste afectan a la funcionalidad y al rendimiento del sistema [5][6].

- Se analizó el impacto de la E/S en aplicaciones de aprendizaje automático profundo [19].

- Se desarrolló un modelo que permite predecir el consumo energético de un sistema ante diferentes estrategias aplicadas para reducirlo cuando ocurre una falla [16].

- Se realizó un análisis comparativo de rendimiento y eficiencia energética entre las

arquitecturas Intel Xeon Phi KNL vs NVIDIA Pascal usando como caso de estudio el problema de caminos mínimos en un grafo [1].

Organización de Eventos

En el año 2021 se han organizado las IX Jornadas de Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics (JCC-BD&ET 2021) en Argentina, con participación de especialistas académicos del país y del exterior y de empresas con experiencia en Cloud Computing [17][4]. En junio de 2022 se organizarán las X JCC-BD&ET.

Formación de Recursos Humanos

Dentro de la temática de la línea de I/D el último año se concluyó 1 Tesis Doctoral, 1 tesis de Maestría y 1 Trabajo Final de Especialización. Al mismo tiempo se encuentran en curso 3 tesis de Doctorado en Ciencias Informáticas y 3 tesis de Maestría.

Además, se participa en el dictado de las carreras de Doctorado en Ciencias Informáticas, y Magíster y Especialización en Cómputo de Altas Prestaciones de la Facultad de Informática de la UNLP (acreditadas por la CONEAU con categoría A, B y A, respectivamente), por lo que potencialmente pueden generarse nuevas Tesis de Doctorado y Maestría, además de Trabajos Finales de Especialización.

Existe cooperación con grupos de otras Universidades del país y del exterior, y hay tesis de diferentes Universidades realizando su Tesis con el equipo del proyecto.

Respecto a las carreras de grado, se dictan por parte de integrantes de la línea de investigación tres materias directamente relacionadas con los temas de ésta: “Taller de Programación sobre GPUs”, “Cloud Computing y Cloud Robotics” y “Conceptos y Aplicaciones en Big Data”.

Referencias

[1] M. Costanzo, E. Rucci, U. Costi, F. Chichizola, and M. Naiouf, “Comparison of HPC Architectures for Computing All-Pairs Shortest Paths. Intel Xeon Phi KNL vs NVIDIA Pascal”. En: Computer Science – CACIC 2020. Revised Selected Papers., Springer

International Publishing, págs. 37-49, doi. 10.1007/978-3-030-75836-3_3, 2021.

[2] M. Costanzo, E. Rucci, C. García-Sánchez, and M. Naiouf. “Early Experiences Migrating CUDA codes to oneAPI”, Short papers of the 9th Conference on Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics (JCC-BD&ET 2021), ISBN: 978-950-34-2016-4, págs. 14-18, 2021.

[3] M. Costanzo, E. Rucci, M. Naiouf, and A. D. Giusti, “Performance vs Programming Effort between Rust and C on Multicore Architectures: Case Study in N-Body”, Proceedings of 2021 XLVII Latin American Computing Conference (CLEI), ISBN: 978-1-66549-503-5, págs. 1-10, doi. 10.1109/CLEI53233.2021.9640225, 2021.

[4] A. E. De Giusti, M. Naiouf, L. C. De Giusti, E. Rucci, and F. Chichizola, “Short papers of the 9th Conference on Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics” Facultad de Informática (UNLP), ISBN: 978-950-34-2016-4, 2021.

[5] D. Encinas, M. Naiouf, A. De Giusti, S. Méndez, D. Rexachs del Rosario, and E. Luque, “On the Calibration, Verification and Validation of an Agent-Based Model of the HPC Input/Output System” Proceedings of the The Eleventh International Conference on Advances in System Simulation (SIMUL 2019), ISBN: 978-1-61208-756-6, págs. 14-21, 2019.

[6] D. Encinas, S. Mendez, M. Naiouf, A. De Giusti, D. Rexachs del Rosario, and E. Luque, “An Agent-Based Model for Analyzing the HPC Input/Output System” International journal on advances in systems and measurements vol. 13, num. 3 & 4, págs. 192-202, 2020.

[7] C. A. Estrebou, M. Fleming, M. Saavedra, and F. Adra, “MbedML: A Machine Learning Project for Embedded Systems”, Short papers of the 9th Conference on Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics (JCC-BD&ET 2021), ISBN: 978-950-34-2016-4, págs. 25-28, 2021.

[8] C. A. Estrebou, M. Fleming, M. D. Saavedra, and F. Adra, “A Neural Network Framework for Small Microcontrollers”, Actas del XXVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2021), ISBN: 978-987-633-574-4, págs. 51-60, 2021.

[9] W. Feng, X. Feng and R. Ge, "Green Supercomputing Comes of Age," in IT Professional, vol. 10, no. 1, pp. 17-23, Jan.-Feb. 2008, doi: 10.1109/MITP.2008.8.
















[10] IBM. “IBM and Xilinx Announce Strategic Collaboration to Accelerate Data Center Applications”. Disponible en <https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/48074.wss>

[11] Intel. “Intel Acquisition of Altera”. Disponible en <http://intelacquiresaltera.transactionannouncement.com>

[12] L. Libutti, L. De Giusti, and M. Naiouf. “PLANIFICACIÓN Y ACELERACIÓN DE ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING”.

- Investigación joven (ISSN 2314-3991), vol. 7, num. 2, págs. 552-553, abril de 2021.
- [13] L. Maccallini, D. O. Encinas, and F. Romero. "An Approach to the Modeling and Simulation of Intra-Hospital Diseases". *Journal of computer science and technology* (ISSN 1666-6038), vol. 21, num. 2, págs. 157-169, doi. 10.24215/16666038.21.e14, 2021.
- [14] A. Milla and E. Rucci, "Acelerando código científico en Python usando Numba", *Actas del XXVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2021)*, ISBN: 978-987-633-574-4, págs. 72-82, 2021.
- [15] D. Montezanti, E. Rucci, A. D. De Giusti, M. Naiouf, D. Rexachs, and E. Luque, "Soft errors detection and automatic recovery based on replication combined with different levels of checkpointing". *Future generation computer systems* (ISSN 0167-739X), vol. 113, págs. 240-254, doi. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.07.003>, 2020.
- [16] M. Morán, J. Balladini, D. Rexachs, and E. Rucci. "Towards Management of Energy Consumption in HPC Systems with Fault Tolerance". *Proceedings from the 2020 IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON)*, págs. 1-8, doi. 10.1109/ARGENCON49523.2020.9505498, 2021.
- [17] Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics: 9th Conference, JCC-BD&ET, La Plata, Argentina, June 22-25, 2021, *Proceedings*. Editores: M. Naiouf, E. Rucci, F. Chichizola, and D. Giusti, Springer International Publishing, ISBN: 978-3-030-84824-8, doi. 10.1007/978-3-030-84825-5, 2021.
- [ODR16] Odroid <http://www.hardkernel.com> Accedido 21 de marzo de 2016.
- [18] J. M. Paniego, L. Libutti, M. P. Puig, F. Chichizola, L. De Giusti, M. Naiouf, and A. De Giusti, "Unified Power Modeling Design for Various Raspberry Pi Generations Analyzing Different Statistical Methods". En: *Computer Science – CACIC 2019. communications in Computer and Information Science.*, ISBN: 978-3-030-48325-8, Springer International Publishing, págs. 53-65, 2020.
- [19] E. Párraga, B. León, R. Bond, D. Encinas, A. Bezerra, S. Mendez, D. Rexachs, and E. Luque. "Analyzing the I/O Patterns of Deep Learning Applications". *Proceedings from the 9th Conference on Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics (JCC-BD&ET 2021)*, vol. 1444, págs. 3-16, doi. 10.1007/978-3-030-84825-5_1, 2021.
- [20] Raspberry PI. <https://www.raspberrypi.org/>
- [21] Reinders, J., Jeffers, J., Sodani, A. "Intel Xeon Phi Processor High Performance Programming Knights Landing Edition". Morgan Kaufmann Publishers Inc., Boston, MA, USA, 2016
- [22] Rucci, Enzo: "Evaluación de rendimiento y eficiencia energética en sistemas heterogéneos para bioinformática". Tesis de Doctorado en Ciencias Informáticas (Facultad de Informática – UNLP). 2016.
- [23] E. Rucci, M. Naiouf, F. Chichizola, and L. De Giusti "Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics. 8th Conference, JCC-BD&ET 2020, La Plata, Argentina, September 8-10, 2020, *Proceedings*". Springer CCIS, ISBN: 978-3-030-61218-4, 2020.
- [24] Juan Carlos Saez, Adrian Pousa, Daniel Chaver, Fernando Castro, Manuel Prieto Matias: "ACFS: A Completely Fair Scheduler for Asymmetric Single-ISA Multicore Systems". In: *ACM SAC 2015 (The 30TH ACM/SIGAPP Symposium on applied computing)*. 2015.
- [25] Saez, J.C., Pousa, A., Rodríguez-Rodríguez, R., Castro, F., Prieto-Matias, M. "PMCTrack: Delivering performance monitoring counter support to the OS scheduler". *The computer journal* Volume 60, Issue 1 January 2017.
- [26] V. Sanz, A. Pousa, M. Naiouf, and A. De Giusti. "Comparison of Hardware and Software Implementations of AES on Shared-Memory Architectures". *Proceedings from the 9th Conference on Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics (JCC-BD&ET 2021)*, vol. 1444, págs. 60-70, doi. 10.1007/978-3-030-84825-5_5, 2021.
- [27] Sean Settle: "High-performance Dynamic Programming on FPGAs with OpenCL". In: *IEEE High Performance Extreme Computing Conference*. 2013.
- [28] F. G. Tinetti, M. J. Perez, A. Fraidenraich, and A. E. Altenberg, "Legacy code and parallel computing: updating and parallelizing a numerical model". *The journal of supercomputing* (ISSN 1573-0484), doi. 10.1007/s11227-020-03172-7, 2020.
- [29] Google Inc. "Cloud Tensor Processing Unit (TPU)" Disponible en <https://cloud.google.com/tpu/docs/tpus?hl=es-419>
- [30] O. C. Valderrama Riveros and F. G. Tinetti, "MPI Communication Performance in a Heterogeneous Environment with Raspberry Pi", *Advances in Parallel & Distributed Processing, and Applications. Transactions on Computational Science and Computational Intelligence.*, ISBN: 978-3-030-69984-0, págs. 451-460, doi. 10.1007/978-3-030-69984-0_33, 2021.
- [31] Xilinx Inc. "SDAccel Development Environment". [Online]. Disponible en <http://www.xilinx.com/products/design-tools/software-zone/sdaccel.html>
- [32] P. S. Rodríguez Eguren, F. Chichizola, and E. Rucci, "Análisis del uso de un cluster de Raspberry Pi para cómputo de alto rendimiento". *Actas del XXIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2018)*, ISBN: 978-950-658-472-6, págs. 134-144, 2018.

Integración de Arquitecturas Edge-Fog-Cloud en Procesamiento Distribuido. Aspectos de Eficiencia y Resiliencia

Armando De Giusti ⁽¹⁾⁽²⁾ , Marcelo Naiouf⁽¹⁾ , Santiago Medina, Joaquín De Antuano⁽¹⁾, Laura De Giusti⁽¹⁾⁽³⁾ , Julieta Lanciotti⁽¹⁾, Fernando G. Tinetti ⁽¹⁾⁽³⁾ , Franco Chichizola⁽¹⁾ , Enzo Rucci⁽¹⁾⁽³⁾ , Adrián Pousa⁽¹⁾ , Victoria Sanz ⁽¹⁾⁽³⁾ , Diego Montezanti ⁽¹⁾ , Diego Encinas ⁽¹⁾ , Ismael Rodríguez⁽¹⁾ , Sebastián Rodríguez Eguren⁽¹⁾ , Juan Manuel Paniego⁽¹⁾ , Martín Pi Puig⁽¹⁾ , Leandro Libutti⁽¹⁾ , Manuel Costanzo ⁽¹⁾

¹Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI),
Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata – Comisión de Investigaciones Científicas de la
Provincia de Buenos Aires

²CONICET – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

³CICPBA – Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

{degiusti, mnaouf, fernando, smedina, jdeantueno, ldgiusti, jlanciotti, fernando, francoch, erucci, apousa, vsanz, dmontezanti, dencinas, ismael, seguren, jmpaniego, mpipuig, llibutti, mcostanzo,}@lidi.info.unlp.edu.ar

Resumen

El eje de esta línea de I/D lo constituye el estudio de la integración de arquitecturas distribuidas que van desde el nivel de los nodos sensores basados en microcontroladores (Edge Computing), pasando por una capa intermedia de preprocesamiento (Fog Computing) y finalmente la capa de procesamiento en la nube (Cloud Computing).

Los temas centrales son:

- Distribución equilibrada del procesamiento y almacenamiento de datos en cada nivel.
- Análisis de integridad y performance en las comunicaciones, según el grado de distribución del procesamiento.
- Migración de “inteligencia” al nivel “Edge” para reducir consumo y comunicaciones.
- Control de tolerancia a fallos de la arquitectura.
- Evaluación e integración de plataformas y servicios
- Desarrollo y evaluación de aplicaciones que integran niveles de procesamiento.
- Análisis de eficiencia en tiempo, consumo energético y comunicaciones.

Palabras clave: *Sistemas Distribuidos. Cloud Computing. Fog Computing. Edge Computing. IoT, Algoritmos distribuidos. Eficiencia.*

Contexto

Se presenta una línea de Investigación que es parte del proyecto “Computación de Alto Desempeño: Arquitecturas, Algoritmos, Métricas de Rendimiento y Aplicaciones en HPC, Big Data, Robótica, Señales y Tiempo Real.” del III-LIDI y de proyectos específicos apoyados por organismos nacionales e internacionales. También del proyecto “Procesamiento Eficiente de Grandes Datos mediante Cómputo de Altas Prestaciones, Fog y Edge” financiado por la Facultad de Informática de la UNLP y el proyecto “Unidad Inteligente para Control de Consumo Energético” financiado por la Secretaría de Políticas Universitarias y la UNLP.

En el tema hay cooperación con varias Universidades de Argentina y se está trabajando con Universidades de América Latina y Europa en proyectos financiados por ERASMUS, CyTED y la OEI (Organización de Estados Iberoamericanos). En particular con el proyecto “Computación de Altas Prestaciones Eficiente y Segura para Aplicaciones de Servicios de Salud Inteligentes” de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Por otra parte, se tiene financiamiento de diferentes empresas de Argentina, en particular en la formación de recursos humanos en la temática de Cloud/Fog y Edge Computing.

Se participa en iniciativas como el Consorcio en temas de Cloud Computing-Big Data y Temas Emergentes, con Universidades de Argentina y España.

Asimismo, el III-LIDI forma parte del Sistema Nacional de Cómputo de Alto Desempeño (SNCAD) del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación.

Introducción

El constante aumento de la cantidad de datos a procesar que generan los múltiples sensores “inteligentes” en la actualidad y la necesidad de tiempos de respuesta menores trae como consecuencia plantear nuevas arquitecturas que gestionen esa información.

La integración de capas de procesamiento y servicios, en lo que se denomina Edge y/o Fog Computing ha dado lugar a un nuevo modelo de arquitectura denominado “Edge-Fog Cloud Computing” [1] que trata de generar una serie de ventajas:

- Reducir el tráfico de comunicaciones, con un mayor procesamiento en los mismos nodos sensores o en una capa intermedia, anterior al Cloud.
- Reducir los tiempos de respuesta evitando la comunicación con el Cloud resolviendo en instancias anteriores.
- Resiliencia a fallos de comunicación o cortes de conexión.
- Capacidad de adaptar las instancias de procesamiento en función del contexto, incluyendo mayor procesamiento en los nodos sensores.

Este modelo de arquitectura trae nuevos desafíos, tales como [2], [3], [4], [5]:

- Administración de varios niveles de procesamiento y almacenamiento de datos heterogéneos que aseguren integridad al sistema.
- Definición de protocolos y mecanismos de interoperabilidad entre las diferentes capas de la arquitectura y los servicios en el Cloud.
- Desarrollo de estrategias para el control de fallos.

- Análisis de la distribución óptima de tareas en cada nivel, en función de mejorar los tiempos de respuesta.
- Análisis de estrategias para disminuir el consumo energético.
- Estudio e integración de diferentes plataformas, aplicaciones y servicios.
- Seguridad e integridad en los datos.
- Estudios de escalabilidad (no lineal) con el crecimiento de los sensores en la capa “Edge”.

Cloud Computing

Cloud Computing, proporciona grandes conjuntos de recursos físicos y lógicos (como pueden ser infraestructura, plataformas de desarrollo, almacenamiento y/o aplicaciones), fácilmente accesibles y utilizables por medio de una interfaz de administración web, con un modelo de arquitectura “*virtualizada*” [6] [7]. Estos recursos son proporcionados como servicios (“*as a service*”) y pueden ser dinámicamente reconfigurados para adaptarse a una carga de trabajo variable (escalabilidad), logrando una mejor utilización y evitando el sobre o sub dimensionamiento (elasticidad) [8].

En nuestro modelo de procesamiento distribuido que integra desde sensores a la nube, Cloud Computing se reserva para el procesamiento centralizado de algoritmos complejos, con gran volumen de datos. Parte de estos datos podrán haber sido “preprocesados” en las capas “Edge” o “Fog”. [9] [10] [11] [12].

Fog Computing

El modelo de Fog Computing surge como respuesta al crecimiento de los desarrollos relacionados con el Internet de las Cosas. Estos desarrollos requieren procesamiento en la nube, pero presentan características que hacen complejo su armado haciendo uso exclusivo de tecnologías de Cloud Computing. Fog Computing consiste entonces en una plataforma intermedia que provee procesamiento, almacenamiento y servicios de comunicación en red entre los dispositivos “Edge” que adquieren los datos en el modelo IoT. Las características de Fog Computing son

las de una capa intermedia orientada a [13] [14] [15]:

- Aplicaciones de tiempo real distribuidas.
- Gran número de nodos, que puede escalar dinámicamente.
- Heterogeneidad de los nodos.
- Movilidad.
- Red predominante de comunicaciones inalámbricas.
- Baja latencia y conocimiento de la ubicación.

Edge Computing

El modelo de “Edge” computing está impuesto por el crecimiento exponencial del número de dispositivos sensores con inteligencia local disponibles. Internet “de las cosas” (IoT) crece y hoy hablamos de 50.000 millones de dispositivos conectados a Internet, con un tráfico del orden de 800 Zbytes. Se requiere entonces capacidad de procesamiento cerca de los sensores, integración de datos locales y geográficamente ubicados y posibilidad de pre procesar los mismos y enviarlos con un menor overhead de comunicaciones a las capa superiores (Fog o Cloud). [16] [17] [18] [19]. Las ventajas del modelo Edge son directas [20] [21] :

- Respuestas automáticas al usuario, en tiempo real, utilizando su capacidad local.
- Disminución del tráfico de datos.
- Mayor seguridad por el procesamiento local.
- Disminución del consumo energético, por las características de los componentes.
- Mejora de la eficiencia global para un sistema distribuido, débilmente acoplado.

Aplicaciones de tiempo real.

Este nuevo modelo Edge-Fog Cloud Computing es especialmente aplicable a problemas de tiempo real (Cloud robotics, Vehículos autónomos, Monitoreos de salud personalizados, etc.), al permitir que las capas cercanas a los sensores y al usuario resuelvan en menor tiempo y con menor overhead de

comunicaciones, la respuesta “inmediata”, dejando para el Cloud el procesamiento de los datos masivos “off-line” (por ejemplo para ajustar/perfeccionar un modelo de comportamiento que luego se transforma en ajustes a los algoritmos en las capas Edge y Fog. [22] [23].

Eficiencia energética

La mejora de la eficiencia energética es un tema central en la informática actual, principalmente a partir de las plataformas con gran cantidad de procesadores. Muchos esfuerzos están orientados a tratar la eficiencia energética como eje de I/D, como métrica de evaluación, y también a la necesidad de metodologías para medirla. En el caso del modelo Edge-Fog Cloud Computing, hay una mejora del consumo por dos efectos:

- Normalmente los procesadores de la capa “Edge” son de bajo consumo.
- Al bajar el tráfico de comunicaciones, también se baja el consumo energético asociado al mismo.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

- Arquitecturas aplicables en Edge Computing. Modelos de referencia.
- Arquitecturas aplicables en Fog Computing. Modelos de referencia.
- Administración de recursos y datos en Edge y Fog computing. Integración de los mismos.
- Seguridad e integridad en los datos.
- Vinculación de las capas Edge y Fog con el Cloud. Servicios requeridos.
- Vinculación de las capas Edge y Fog con plataformas dedicadas al Internet de las Cosas.
- Estrategias de distribución óptima de procesamiento entre capas.
- Escalabilidad en aplicaciones Edge-Fog-Cloud.
- Migración de inteligencia al nivel Edge para reducir consumo y comunicaciones.
- Métricas de eficiencia considerando tiempo de respuesta / costo

comunicaciones / consumo energético / resiliencia.

- Desarrollo de diferentes nodos: nodos sensores, robots, drones, etc.
- Algoritmos colaborativos en tiempo real integrando las tres capas.
- Aplicaciones: sistemas inteligentes distribuidos para reducir el consumo energético.

Resultados y Objetivos

Investigación experimental por realizar

- Análisis comparativo de tecnologías y plataformas empleadas en Edge/Fog Computing.
- Análisis comparativo de los servicios para arquitecturas Edge y Fog.
- Estudio de protocolos de comunicación con el Cloud, desde el nivel de Edge y/o Fog.
- Análisis de integridad y performance en comunicaciones de larga y corta distancia, en función del escalado de la arquitectura de sensores.
- Estudios de consumo energético en aplicaciones de Edge/Fog/Cloud.
- Estudio comparativo de la distribución de carga de procesamiento en aplicaciones distribuidas (en particular de tiempo real).
- Integración de aplicaciones móviles y relación entre las capas Edge y Fog.
- Análisis de estrategias para el control de fallos en las diferentes capas de la arquitectura.
- Aplicaciones: robots / drones colaborativos trabajando en comunicación con una capa Fog y con el Cloud.
- Aplicaciones: Sistema de tableros inteligentes para optimización de consumo energético en edificios distribuidos.

Resultados obtenidos

- Se han configurado, desplegado y analizado plataformas orientadas a la gestión de recursos en Edge y Fog Computing.

- Se han realizado comparaciones entre diferentes tipos de servicios para la integración con el Cloud.
- Se han estudiado protocolos y tráfico de comunicaciones en aplicaciones distribuidas en tiempo real que requieren interactuar con el Cloud.
- Se desarrolló un modelo de tablero inteligente para reducción del consumo y su integración con la capa Fog y comunicación con la nube.
- Se está estudiando el tema de consumo distribuido, en el caso de los tableros inteligentes, de los robots distribuidos y del trabajo con drones.

Organización de Eventos

En el año 2021 se han organizado las IX Jornadas de Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics (JCC-BD&ET 2021) en Argentina, con participación de especialistas académicos del país y del exterior y de empresas con experiencia en Cloud Computing. En junio de 2022 se organizarán las X JCC-BD&ET.

Formación de Recursos Humanos

Dentro de la temática de la línea de I/D están en curso 3 Tesis de Maestría.

Asimismo se desarrollaron 2 trabajos finales de alumnos.

Además, se participa en el dictado de las carreras de Doctorado en Ciencias Informáticas, y Magíster y Especialización en Cómputo de Altas Prestaciones de la Facultad de Informática de la UNLP (acreditadas por CONEAU), por lo que potencialmente pueden generarse Tesis de Doctorado y Maestría y Trabajos Finales de Especialización.

Existe cooperación con grupos de otras Universidades del país y del exterior con posibilidad de realizar Tesis en colaboración.

Respecto a las carreras de grado, se dictan por parte de integrantes de la línea de investigación dos asignaturas directamente relacionadas con los temas de la misma: "Cloud Computing y Cloud Robotics" y "Conceptos y Aplicaciones en Big Data".

Asimismo, todos los años se desarrollan proyectos con alumnos, relacionados básicamente con aplicaciones de tiempo real con robots y drones.

Referencias

- [1] Mohan N., Kangasharju J. "Edge-Fog Cloud: A Distributed Cloud for Internet of Things Computations", 2016 Cloudification of the Internet of Things (CIoT), Paris, France, 2016, pp. 1-6.
- [2] P. Garcia Lopez et al. "Edge-centric computing: Vision and challenges," *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, vol. 45, no. 5, pp. 37–42, Sep. 2015.
- [3] M. Yannuzzi et al. "Key ingredients in an iot recipe: Fog computing, cloud computing, and more fog computing," in *IEEE CAMAD*, 2014.
- [4] K. Hong et al. "Mobile fog: A programming model for large-scale applications on the internet of things," in *ACM SIGCOMM Workshop on Mobile Cloud Computing*, 2013.
- [5] A. Chandra, J. Weissman, and B. Heintz, "Decentralized edge clouds," *Internet Computing, IEEE*, vol. 17, no. 5, pp. 70–73, Sept 2013.
- [6] E. Rucci, M. Naiouf, F. Chichizola, and L. De Giusti "Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics. 8th Conference, JCC-BD&ET 2020, La Plata, Argentina, September 8-10, 2020, Proceedings". Springer CCIS, ISBN: 978-3-030-61218-4, 2020.
- [7] Xing, Y., Zhan, Y.: "Virtualization and Cloud Computing". In: Proceedings pp.305-312, Springer Link. ISBN 978-3-642-27323-0. (2012). Morgan Kaufmann. 2013.
- [8] Velte, A.T., Velte, T.J., Elsenpeter, R.: "Cloud Computing: A Practical Approach". McGraw Hill Professional. 2009.
- [9] Ashkan Yousefpour, Caleb Fung, Tam Nguyen, Krishna Kadiyala, Fatemeh Jalali, Amirreza Niakanlahiji, Jian Kong, Jason P. Jue. "All one needs to know about fog computing and related edge computing paradigms: A complete survey", *Journal of Systems Architecture*, Volume 98, 2019, Pages 289-330, ISSN 1383-7621, <https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2019.02.009>.
- [10] Pi Puig M. et al. (2019) Intelligent Distributed System for Energy Efficient Control. In: Naiouf M., Chichizola F., Rucci E. (eds) *Cloud Computing and Big Data. JCC&BD 2019. Communications in Computer and Information Science*, vol 1050. Springer, Cham
- An Overview on Edge Computing Research
- [11] Keyan Cao, Yefan Liu, Gongjie Meng, Quimeng Sun "An Overview on Edge Computing Research" in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 85714-85728, 2020.
- [12] W. S. Shi, X. Z. Zhang, and Y. F. Wang, "Edge computing: State-of-the-art and future directions," *J. Comput. Res. Develop.*, vol. 56, no. 1, pp. 1_21, 2019.
- [13] X. Hong and Y. Wang, "Edge computing technology: Development and countermeasures," *Chin. J. Eng. Sci.*, vol. 20, no. 2, p. 20, 2018.
- [14] D. Evans. "The Internet of Things How The Next Evolution of the Internet is Changing Everything". Available: <https://www.researchgate.net/publication/30612290>
- [15] M. Satyanarayanan, "The emergence of edge computing," *Computer*, vol. 50, no. 1, pp. 30_39, Jan. 2017.
- [16] Y. Q. Gao, H. Bguan, and Z. W. Qi, "Service level agreement based energy-Efficient resource man agreement in cloud data centers," *Comput. Elect. Eng.*, vol. 40, no. 5, pp. 1621_1633, 2014.
- [17] W. Shi, H. Sun, J. Cao, Q. Zhang, and W. Liu, "Edge computing-an emerging computing model for the Internet of everything era," *J. Comput. Res. Develop.*, vol. 54, no. 5, pp. 907_924, May 2017.
- [18] J. de Antueno, S. Medina, L. De Giusti and A. De Giusti, "Analysis, Deployment and Integration of Platforms for Fog Computing", *Journal of Computer Science and Technology*, 20(2), e12, October 2020.
- [19] F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu and S. Addepalli, "Fog Computing and Its Role in the Internet of Things", in *MCC '12: Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing. Association for Computing Machinery, New York, NY, United States*, 2012.
- [20] M. Asemmani, F. Jabbari, F. Abdollahei and P. Bellavista, "A Comprehensive Fog-enabled Architecture for IoT Platforms", *High-Performance Computing and Big Data Analysis. TopHPC 2019. Communications in Computer and Information Science, vol 891. Springer, Cham*, 2019.
- [21] W. S. Aung and S. Aung Nyein Oo, "Monitoring and Controlling Device for Smart Greenhouse by using Thingier.io IoT Server". *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 2019.
- [22] Dr. S. K. Selvaperumal, W. Al-Gumaei, R. Abdulla and V. Thiruchelvam, "Integrated Wireless Monitoring System Using LoRa and Node-Red for University Building". *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, Volume 16, Number 8, American Scientific Publishers*, 2019.
- [23] M. Pi Puig, J. M. Paniego, S. Medina, S. Rodriguez Eguren, L. Libutti, J. Lanciotti, J. de Antueno, C. Estrebou, F. Chichizola and L. De Giusti, "Intelligent Distributed System for Energy Efficient Control", *Cloud Computing and Big Data. JCC&BD 2019. Communications in Computer and Information Science, vol 1050. Springer, Cham*, 2019.

Migración de aplicaciones Monolíticas a entornos distribuidos Serverless

Nelson Rodríguez¹, María Murazzo¹, Diego Medel¹, Daniel Arias Figueroa², Lorena Parra¹, Ana Laura Molina¹, Adriana Martín¹, Hernán Atencio³, Martín Gómez³
Guillermo Casasola³

¹ Departamento e Instituto de Informática - F.C.E.F. y N. - U.N.S.J.

² Consejo de Investigación, FCE, Universidad Nacional De Salta

³ Alumno Avanzado Licenciatura en Sistemas de Información y Cs. de la Computación - F.C.E.F. y N. - U.N.S.J.

Complejo Islas Malvinas. Cereceto y Meglioli. 5400. Rivadavia. San Juan, 0264 4234129

nelson@iinfo.unsj.edu.ar, marite@unsj-cuim.edu.ar, vdiego.unsj@hotmail.com,
daaf@cidia.unsa.edu.ar, lorenaparra152@yahoo.com.ar, almm95@gmail.com, fgsanchez@unsj-
cuim.edu.ar, adrianamartin1@gmail.com, hernan.atencio.98@gmail.com,
martinsj0811@gmail.com, guillecasasola@gmail.com

Resumen

Serverless Computing es una arquitectura o modelo de ejecución en el cloud, alternativo al modelo tradicional. Ofrece numerosas ventajas sobre una arquitectura monolítica, como aportar agilidad, innovación, un mejor escalado automático, flexibilidad en el desarrollo y una mejor evaluación y control de los costos. Surgió como una evolución de microservicios corriendo en contenedores e implementando funciones, por lo cual a veces se lo denomina función como servicio. Las ventajas que presenta este modelo de computación, promueven a que sea conveniente migrar aplicaciones montadas sobre el cloud tradicional a una arquitectura serverless. Estas aplicaciones se deben llevar a una arquitectura de microservicios, donde se ejecutan funciones, cada una de las cuales de forma independiente y conducida por eventos. Si bien existen varias estrategias y propuestas metodológicas para llevar a cabo la migración, surgen numerosos desafíos y problemas a resolver, debido a que el desarrollo es completamente diferente, además se deben aplicar técnicas de observación y monitorear el progreso de la migración, por lo tanto toda la problemática expresada es el motivo de la presente línea de investigación.

Palabras clave: *Serverless Computing, Distributed Computing, Software Architecture, Cloud Computing*

Contexto

El presente trabajo se encuadra dentro del área de I/D Procesamiento Distribuido y Paralelo y es una de las líneas de investigación internas, del proyecto: Computación Serverless para el tratamiento de datos provenientes de dispositivos de IoT, cuya propuesta ha sido aprobada y está en desarrollo para el período 2020-2021, y se ha extendido un año más. Asimismo el grupo de investigadores viene trabajando en proyectos relacionados con la computación distribuida y de alta performance desde hace más de 21 años. Como continuación del proyecto anterior: Orquestación de Servicios para la Continuidad Edge al Cloud, se continúa el trabajo con investigadores de otras universidades, lo cual favorece notablemente a todas las instituciones participantes.

Introducción

Cloud Computing es una arquitectura o modelo de provisión de servicios bastante adoptado y aceptado, sin embargo administrar

estos servicios no es una tarea fácil en absoluto. Los autores de [1] han abordado varios desafíos al administrar un entorno de nube por parte de un usuario, como la disponibilidad, el equilibrio de carga, el escalado automático, la seguridad, la supervisión, etc.

Estos desafíos han llevado a introducir otro modelo informático en el Cloud, que se denomina computación Serverless.

Tiene como objetivo fundamental aliviar varios problemas que tienen los desarrolladores en el Cloud tradicional, permitiéndoles concentrarse solo en la funcionalidad principal de su producto [2].

La computación Serverless es una tecnología con un impacto creciente en nuestra sociedad y una mayor adopción tanto por parte de la academia como de la industria [3]. Es un paradigma en el que las aplicaciones de software se descomponen en múltiples funciones independientes sin estado [4] [5]. Las funciones se ejecutan en contenedores en respuesta a acciones desencadenantes (como interacciones de usuario, eventos de mensajería o cambios en la base de datos), se pueden escalar de forma independiente y pueden ser efímeras.

En este enfoque, casi todas las preocupaciones operativas son abstraídas lejos de los desarrolladores. Los cuales en principio simplemente escriben código e implementan sus funciones en una plataforma sin servidor. La plataforma se encarga de la ejecución de la función, el almacenamiento y la infraestructura de contenedor, redes y tolerancia a fallas. Adicionalmente, también se encarga de escalar las funciones según la demanda real.

En la mayoría de los casos, se puede escribir funciones en el lenguaje favorito del programador (Node.js, Python, Go, Java y más) y utilizar herramientas de contenedor y serverless, como AWS SAM o la CLI de Docker, para compilar, probar e implementar las funciones.

La computación serverless ha sido identificada como un enfoque prometedor para varias aplicaciones, como el análisis de datos en el edge [6]. En consecuencia, una plataforma maneja el ciclo de vida, la ejecución y escalada

de las funciones reales; estas necesitan correr solo cuando son invocadas o activadas. Por lo tanto, el mayor beneficio son las pocas preocupaciones operativas y de gestión y la utilización eficiente de los recursos [7].

Un modelo basado en funciones es particularmente adecuado para ráfagas, uso de CPU intensivo, cargas de trabajo granulares. Actualmente, los casos de uso de FaaS varían ampliamente, incluido el procesamiento de datos, el procesamiento de flujo, la computación de borde (IoT) y la computación científica [8] [9], y es probable que otros casos de uso surjan en un futuro.

El término "sin servidor" es confuso ya que hay hardware y procesos de servidor que se ejecutan, pero la diferencia en comparación con los enfoques tradicionales es que la organización que construye y admite una aplicación "sin servidor" no se ocupa de ese hardware o esos procesos, debido a que están subcontratando esta responsabilidad.

El término comenzó a utilizarse en 2012 [10]. El término se hizo más popular en 2015, luego del lanzamiento de AWS Lambda,

Existen varias definiciones, se ha tomado como referencia la elaborada por el grupo de investigación The SPEC Cloud, que la describe de la siguiente manera:

La computación serverless es una forma de computación en el cloud que permite a los usuarios ejecutar eventos y aplicaciones facturadas de forma granular, sin tener que abordar la lógica operativa [11].

Los desarrolladores se centran en abstracciones de alto nivel (por ejemplo, funciones, consultas y eventos) y en crear aplicaciones que se asignan a recursos concretos y servicios de soporte. Esto permite que los desarrolladores se enfoquen en la lógica empresarial y en las formas de interconectar elementos de la lógica empresarial en flujos de trabajo complejos. Mientras tanto, los proveedores de servicios se aseguran de que las aplicaciones están alojadas en contenedores, desplegadas, aprovisionadas y disponibles bajo demanda, mientras se factura al usuario solo por los recursos utilizados [12].

La computación serverless se puede identificar como resultado de la unión de Cloud y Microservices Architecture. Pero la evolución a Serverless ha pasado por varias etapas y está en permanente crecimiento.

Migración de aplicaciones Monolíticas a Serverless Computing

El término arquitectura monolítica se deriva de la era histórica cuando los edificios antiguos fueron tallados, fundidos o excavados a partir de una sola pieza de material. Por ejemplo, las iglesias monolíticas de Etiopía y Pancha Rathas en la India fueron talladas en una sola pieza de roca. La mayor desventaja era que si se realizaban pequeños trabajos de reparación afectaba a toda la arquitectura.

Del mismo modo, en el contexto de desarrollo de software, los componentes de la arquitectura monolítica están fuertemente acoplados. Por lo tanto, si se planea escalar, eliminar errores o realizar ligeros cambios en cualquier componente, toda la aplicación se verá afectada. Eso significa que, en tales casos, se debe reescribir la aplicación desde cero.

Serverless presenta muchas ventajas sobre la arquitectura monolítica, como son: recuperación más rápida de fallos, reducción del mantenimiento del servidor, reutilización de código y libertad para codificar en diferentes lenguajes. Por lo tanto es conveniente realizar la migración a este entorno.

La migración seguramente implicará una vasta reescritura del código existente, a diferencia de, por ejemplo, si está migrando una aplicación tradicional basada en servidor para que se ejecute dentro de contenedores donde los cambios generalmente se limitan al nivel de infraestructura. Se debe realizar un análisis de costo-beneficio antes de continuar.

Otro aspecto muy importante es la migración de la base de datos, por ejemplo, si se tiene la aplicación en MongoDB, surgen interrogantes sobre cómo realizar la migración, por ejemplo a DynamoDB (si se usa AWS Lambda) y todo lo que ello implica: sincronización de datos, autenticación, tiempo de transición en que ambos están en uso, etc.

En el inicio de la migración, se debe desacoplar el sistema monolítico, dividiéndolo en una serie de servicios bien definidos y poco acoplados [13].

Serverless, son aplicaciones sin estado, sin embargo las aplicaciones monolíticas, por lo general tienen estado. En este caso se deben implementar mecanismos para proveer de estado a la aplicación.

El arranque en frío, es una característica de Serverless, dado que la función a ejecutar debe cargarse en el contenedor y esto lleva una demora que puede afectar la performance, en el caso de que exista algún requerimiento temporal, debe ser tenido en cuenta.

El diseño de aplicaciones distribuidas (en este caso rediseño), requiere que los programadores tomen en cuenta la totalidad de los aspectos operativos incluyendo confiabilidad, mantenimiento y sobreprovisión de recursos, estos deben ser conocidos en profundidad.

Al ser código heredado de una aplicación monolítica, se debe considerar si se va a realizar esta migración de forma gradual, o se va a implementar todo el sistema. En el caso de una migración gradual: Los componentes de la aplicación se reemplazan por versiones serverless de ellos, una a la vez, mientras los usuarios utilizan esta versión híbrida.

Un plan de migración está determinado por: El estado actual de su organización, el estado actual de la aplicación y el estado deseado. Existen tres estrategias generales de migración para crear una aplicación sin servidor:

- Leapfrog
- Organic
- Strangler

La estrategia Leapfrog se salta las fases intermedias y se mueve directamente a una arquitectura de Cloud Serverless.

Con la estrategia Orgánica, se "trasladan" los programas locales al Cloud. Las aplicaciones actuales se mantienen ejecutándose en instancias Amazon EC2 o Amazon ECS (por ejemplo si la migración fuera en AWS).

En la estrategia **strangler**, se descompone los programas monolíticos mediante el establecimiento de API y componentes basados en eventos. Combina la interfaz de usuario y el código de acceso a los datos y

reemplazan lentamente los componentes heredados. Permite un desarrollo más rápido de nuevas características con menos riesgo que la estrategia Leapfrog. Strangler es la estrategia más común [14].

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

La investigación sobre esta línea de trabajo ha comenzado hace un año aproximadamente a partir de un análisis documental sobre revisiones sistemáticas [15], surveys [16] [17] [18] y otros trabajos, que permitió profundizar sobre el estado del arte en la migración de aplicaciones monolíticas a Serverless. Esto permitió encontrar cuáles son los problemas científicos, consideraciones y desafíos que se van a tratar de solucionar.

Posteriormente la investigación se conducirá de forma hipotética mixta (experimental y deductiva). Esta forma de trabajo permitirá analizar la estrategia en diferentes tipos de migraciones según el tipo de aplicación, enfrentar problemas y desafíos y construir un conjunto de buenas prácticas. El método a utilizar será empírico analítico, pero puede variar en función de cada problema en particular.

Resultados y Objetivos

Resultados Obtenidos

Durante los últimos catorce años se trabajó en el área de Computación de Altas Prestaciones y distribuidas, en particular sobre análisis de diversas arquitecturas paralelas y distribuidas, tales como: Cloud Computing, Cluster de commodity, arquitecturas distribuidas y paralelas de bajo costo y fog computing. El proyecto marco de esta línea de investigación, se inició hace dos años, el mismo tiene como temática principal a Serverless Computing. A partir de distintos análisis y debates en el grupo, se inició la línea de investigación del presente trabajo. El grupo ha realizado varias publicaciones en esta área: ocho trabajos de investigación en Congresos y Jornadas, se realizaron tres publicaciones en revistas

científicas y se transfirieron los resultados mediante conferencias en eventos científicos. Se han aprobado dos tesinas de grado, se incorporó un becario de investigación categoría alumno y otra beca está en evaluación.

Objetivos

Los objetivos del grupo de investigación en esta línea de conocimiento son los siguientes:

- Realizar aportes desde la academia a la temática de la presente propuesta, debido a que existen pocos trabajos científicos publicados. Por otro lado, si bien la industria ha realizado su aporte (aunque son también pocas publicaciones) son menos rigurosos en sus conclusiones, procedimientos y métodos.
- Desarrollar un conjunto coherente de buenas prácticas, que permitan ofrecer una guía o soporte metodológico para que el equipo de desarrollo lleve adelante sus tareas.
- Profundizar en el análisis y tratamiento de problemas abiertos o aún no resueltos, para lograr una efectiva migración.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo de esta línea de investigación está compuesto de ocho investigadores que figuran en este trabajo de las universidades Nacional de San Juan y Nacional de Salta y dos alumnos de grado. Además, el proyecto marco donde se está desarrollando esta propuesta incluye a tres investigadores más de la Nacional de San Luis, de la Universidad Champagnat y de la Universidad Nacional de San Juan y tres alumnos de grado.

Se está desarrollando una tesis doctoral sobre paralelismo híbrido y Big Data, una tesis de maestría en áreas afines y seis tesinas de grado en el área de Serverless computing, Concurrencia y Computación distribuida, en particular dos sobre migración de aplicaciones monolíticas. Además se espera aumentar el número de publicaciones. Por otro lado también se prevé la divulgación de varios temas investigados por medio de cursos de postgrado y actualización o publicaciones de

divulgación y asesoramiento a empresas y otros organismos del estado.

Referencias

- [1] Jonas E, Schleier-Smith J, Sreekanti V, Tsai C-C, Khandelwal A, Pu Q, Shankar V, Carreira J, Krauth K, Yadwadkar N, Gonzalez JE, Popa RA, Stoica I, Patterson DA (2019) Cloud Programming Simplified: A Berkeley View on Serverless Computing. <http://arxiv.org/abs/1902.03383>. Accessed 6 Jan 2021
- [2] S. Eismann et al., ‘Serverless Applications: Why, When, and How?’ (2021), *IEEE Software*, vol. 38, no. 1, pp. 32–39, Jan. 2021, doi: 10.1109/MS.2020.3023302.
- [3] IDC, FutureScape: Worldwide IT Industry 2019 Predictions," <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US44403818>, (2018).
- [4] Adzic, G., & Chatley, R. (2017). Serverless computing: economic and architectural impact. In *Proceedings of the 2017 11th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering* (pp. 884-889). ACM.
- [5] Baldini, I., Castro, P., Chang, K., Cheng, P., Fink, S., Ishakian, V. & Suter, P. (2017). Serverless computing: Current trends and open problems. In *Research Advances in Cloud Computing* (pp. 1-20). Springer, Singapore.
- [6] Nastic, S., Rausch, T., Scekcic, O., Dustdar, S., Gusev, M., Koteska, B. & Prodan, R. (2017). A serverless real-time data analytics platform for edge computing. *IEEE Internet Computing*, 21(4), 64-71.
- [7] Mohanty, S. K., Premsankar, G., & Di Francesco, M. (2018). An Evaluation of Open Source Serverless Computing Frameworks. In *CloudCom* (pp. 115-120).
- [8] Gottlieb, N. (2016). State of the Serverless Community Survey Results. <https://serverless.com/blog/state-of-serverless-community/>.
- [9] Jonas, E., Pu, Q., Venkataraman, S., Stoica, I., & Recht, B. (2017). Occupy the cloud: Distributed computing for the 99%. In *Proceedings of the 2017 Symposium on Cloud Computing* (pp. 445-451). ACM.
- [10] Fromm, K. (2012). <https://readwrite.com/2012/10/15/why-the-future-of-software-and-apps-is-serverless/>
- [11] Van Eyk, E., Iosup, A., Seif, S., & Thömmes, M. (2017). The SPEC cloud group's research vision on FaaS and serverless architectures. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Serverless Computing* (pp. 1-4). ACM.
- [12] Van Eyk, E., Toader, L., Talluri, S., Versluis, L., Uță, A., Iosup, A. (2018). Serverless is more: From paas to present cloud computing. *IEEE Internet Computing*, 22(5), 8-17.
- [13] Alireza Goli, Omid Hajihassani, Hamzeh Khazaei*, Omid Ardakanian, Moe Rashidi and Tyler Dauphinee. Migrating from Monolithic to Serverless: A FinTech Case Study. In *ACM/SPEC International Conference on Performance Engineering Companion (ICPE '20 Companion)*, April 20–24, 2020, Edmonton, AB, Canada. ACM, New York, NY, USA, 6 pages.
- [14] Mustafa Osama. Migrating to serverless. *Migrating to Serverless*. (2021). Technology Geek (osamaoracle.com)
- [15] Kjorveziroski, V.; Filiposka, S.; Trajkovik, V. IoT Serverless Computing at the Edge: A Systematic Mapping Review. *Computers* (2021), <https://doi.org/10.3390/computers10100130>
- [16] Hassan et al. Survey on serverless computing *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications* (2021) 10:39 <https://doi.org/10.1186/s13677-021-00253-7>
- [17] Zijun Li, Linsong Guo, Jiagan Cheng, and Quan Chen, The Serverless Computing Survey: A Technical Primer for Design Architecture. (2022) *ACM Computers Survey*. <https://doi.org/10.1145/3508360>
- [18] Zhe Li et al. A Survey of Cost Optimization in Serverless Cloud Computing (2021) *Journal Phys.: Conf. Ser.* 1802 032070

HPC Serverless para tratamiento de datos provenientes del IoT

Nelson Rodríguez¹, María Murazzo¹, Diego Medel¹, Fabiana Piccoli², Lorena Parra¹, Ana Laura Molina¹, Adriana Martín¹, Miguel Méndez Garabetti³, Pablo Gómez⁴, Joaquín Lebeti⁴

¹ Departamento e Instituto de Informática - F.C.E.F. y N. - U.N.S.J.

² Departamento de Informática - F.C.F.M. y N – UNSL

³ Instituto de Investigaciones, Facultad de Informática y Diseño, Universidad Champagnat

⁴ Alumno Avanzado Licenciatura en Sistemas de Información y Cs. de la Computación - F.C.E.F. y N. - U.N.S.J.

Complejo Islas Malvinas. Cereceto y Meglioli. 5400. Rivadavia. San Juan, 0264 4234129

nelson@iinfo.unsj.edu.ar, marite@unsj-cuim.edu.ar, vdiego.unsj@hotmail.com, mpiccoli@unsl.edu.ar, lorenaparra152@yahoo.com.ar, almm95@gmail.com, adrianamartin1@gmail.com, mendez-garabettimiguel@uch.edu.ar, pablo.gomez.allende@gmail.com, lebejoaquin@gmail.com

Resumen

Se ha demostrado que la ejecución de aplicaciones de HPC en el cloud es una opción viable a las arquitecturas paralelas o distribuidas convencionales, las cuales requieren un alto grado de administración, así como un pobre escalado de recursos.

El enfoque tradicional para un usuario usualmente es utilizar al proveedor de Cloud para aprovisionar máquinas virtuales (VM) empleándolas de manera similar a una infraestructura local, con el consiguiente problema de la administración de recursos sumado a la degradación de la performance de las aplicaciones por la contextualización de los ambientes virtualizados.

Serverless computing, permite a un usuario ejecutar código escrito en el lenguaje de programación de su elección, sin tener que aprovisionar primero una máquina virtual. Por otro lado, la elasticidad, disponibilidad, escalabilidad y la tolerancia a fallas son proporcionadas de manera transparente por el proveedor cloud. De esta manera es posible disminuir la complejidad de la administración de la infraestructura para el desarrollador, permitiéndole que se centre en la lógica de la

aplicación. Y además surgen ventajas económicas, al pagar solo por el tiempo de uso.

La presente línea de investigación se centra en el desafío de evaluar el costo, no solo monetario sino también de performance, de migrar aplicaciones de HPC a entornos serverless. Esta evaluación permitirá que se pueda tomar la decisión que infraestructura se usará con la finalidad que se obtenga el mejor beneficio de performance.

Palabras clave: *Serverless Computing, HPC, Cloud Computing, IoT*

Contexto

El presente trabajo se encuadra dentro del área de I/D Procesamiento Distribuido y Paralelo y es una de las líneas de investigación internas, del proyecto: Computación Serverless para el tratamiento de datos provenientes de dispositivos de IoT, cuya propuesta ha sido aprobada y está en desarrollo para el período 2020-2021, y se ha extendido un año más.

Asimismo el grupo de investigadores viene trabajando en proyectos relacionados con la computación distribuida y de alta performance desde hace más de 21 años. Como

continuación del proyecto anterior: Orquestación de Servicios para la Continuidad Edge al Cloud, se continúa el trabajo con investigadores de otras universidades, lo cual favorece notablemente a todas las instituciones participantes.

Introducción

La popularización de IoT y la masificación de las infraestructuras cloud durante el último tiempo se ha abierto un mundo de posibilidades para las aplicaciones HPC. Esto se debe a que los dispositivos IoT generan una gran cantidad de datos, los cuales se hace impráctico tratarlos con paradigmas tradicionales. Para lograr el procesamiento adecuado de estos datos con características de velocidad y tamaño importantes, se hace necesario prescindir de los paradigmas de programación tradicionales [1]. Es por ello que es necesario aplicar algoritmos que permitan aprovechar la escalabilidad de recursos de cómputo y procesamiento de datos [2] [3]. En este sentido se plantea como solución al procesamiento de datos provenientes del IoT, técnicas de computación de alta prestaciones (HPC) con el fin de aumentar la performance de procesamiento.

Los entornos HPC son ideales para resolver aplicaciones científicas, computacionalmente costosas con manejo de grandes cantidades de datos, a fin de lograr resultados en menor tiempo. Dadas estas características, estas arquitecturas son las mejores candidatas para procesar datos provenientes del IoT. Si bien, las arquitecturas HPC han evolucionado en pos de obtener mejores tiempos de respuesta para las aplicaciones, presentan el inconveniente del escalado, tanto vertical como horizontal, de recursos de cómputo. Es por ello que una alternativa es migrar al cloud [4].

Cloud Computing se ha caracterizado por ser una tecnología centrada en ofrecer cómputo bajo demanda como cualquier otro servicio. Esto es una ventaja para montar aplicaciones donde es necesario el procesamiento intensivo, tales como aquellas aplicaciones que procesen

y extraigan información de datos provenientes de dispositivos de IoT [5].

Los proveedores cloud alegan muchas ventajas en la migración de aplicaciones de HPC, como el acceso rápido a los recursos, costos más bajos y flexibilidad en la contratación y el aprovisionamiento de recursos. Un punto adicional es la seguridad, la cual, afirman es de alto nivel y en muchos casos muy difícil de implementar en la mayoría de los laboratorios, ya que tener personal de TI especializado en seguridad no es común [6].

Un aspecto más que lleva a la adopción del cloud como plataforma de despliegue de aplicaciones HPC es, mejorar la colaboración científica, es decir, facilitar la investigación colaborativa y la innovación; este aspecto ha sido el foco de este proyecto desde hace varios años al incorporar investigadores de otras universidades del país.

Otro tema es el potencial ahorro de tiempo que ofrece el cloud a los usuarios finales. Estos usuarios no necesitan preocuparse por actualizaciones de software, compatibilidad o parches de seguridad, pues todo esto es proporcionado de forma transparente.

Sin embargo, el cloud tiene dos grandes desventajas, la primera es la degradación de la performance de las aplicaciones al montarlas sobre arquitectura virtualizada, debido a que genera overhead en la contextualización de las máquinas virtuales; la segunda desventaja cuando se despliegan aplicaciones en el cloud, es que es responsabilidad de la organización mantener funcionando de forma correcta la infraestructura que se necesite para el despliegue de las aplicaciones, lo cual lleva a cargar costos sobre el presupuesto para su mantenimiento y soporte [7].

En este sentido, la aparición del Serverless Computing [8] logra que los desarrolladores no tengan que preocupar por el aprovisionamiento y escalado de la infraestructura, por lo que se pueden centrar en la lógica de sus aplicaciones. De esta forma es posible lograr la abstracción de la gestión de servidores (aprovisionamiento, configuración, escalado, etc.) para que los

usuarios, en este caso desarrolladores, puedan enfocarse en la lógica de sus aplicaciones.

HPC Serverless

Se ha mencionado en párrafos anteriores las ventajas y desventaja de migrar aplicaciones HPC al cloud. Sin embargo, el tiempo y el esfuerzo necesarios para configurar los recursos virtuales pueden ser mayores que el tiempo y el esfuerzo reales dedicados a hacer los cálculos. En contraposición, si se usa el paradigma serverless, será posible tener control más granular sobre el servicio prestado al dejar en manos del proveedor cloud la administración de la infraestructura.

En [9], se ha realizado un mapeo sistemático de 89 casos de uso donde se aplicó el paradigma serverless, para resolver problemas en su mayoría que se encuadran en HPC. Pero hay escasa información sobre una comparativa de performance entre las aplicaciones ejecutándose sobre paradigma serverless frente a las mismas aplicaciones ejecutándose sobre una infraestructura cloud tradicional, en la cual se pueda hacer un análisis de comportamiento para posteriormente decidir cuál es la mejor solución para ejecutar aplicaciones HPC

Otro punto ventajoso de serverless, pero que por ahora no es motivo de análisis de la presente propuesta, es el tiempo de desarrollo para las soluciones, dado que serverless permite que cada función pueda estar implementada en un lenguaje de programación diferente, en este caso se puede involucrar más desarrolladores a los proyectos.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

La presente línea de investigación usa como punto de partida [10] y profundiza las tareas de investigación en base a [11], [12], [13], entre otras de los últimos años, en las cuales se han explorado y evaluado el rendimiento del uso de serverless en aplicaciones HPC. Si bien estos estudios demuestran que serverless es fácil de usar y económico, no se ha cuantificado su

efectividad sobre el enfoque convencional de aplicaciones corriendo en cloud.

En función de esta problemática el grupo de trabajo abordará esta problemática mediante la evaluación del comportamiento de las aplicaciones HPC ejecutándose en sobre infraestructura cloud tradicional contra serverless.

Para realizar esta tarea se realizará un análisis de los productos serverless que ofrece el mercado y de la factibilidad de ejecutar en ellos aplicaciones HPC que sean capaces de procesar datos provenientes de dispositivos IoT. Realizada esta tarea y seleccionado el proveedor cloud se realizará la evaluación en función de diferentes cargas de trabajo, diferentes tipos de datos, diferentes tipos de problemas y diferentes soluciones HPC tradicionales.

La metodología a seguir será experimental deductiva, lo cual permitirá analizar cómo se comportan las aplicaciones en diferentes entornos de ejecución.

Resultados y Objetivos

Resultados Obtenidos

Durante los últimos catorce años se trabajó en el área de Computación de Altas Prestaciones y distribuidas, en particular sobre análisis de diversas arquitecturas paralelas y distribuidas, tales como: Cloud Computing, Cluster de commodity, arquitecturas distribuidas y paralelas de bajo costo y fog computing.

El proyecto marco de esta línea de investigación, se inició hace dos años, el mismo tiene como temática principal a Serverless Computing. A partir de distintos análisis y debates en el grupo, se inició la línea de investigación del presente trabajo.

El grupo ha realizado varias publicaciones en esta área: ocho trabajos de investigación en Congresos y Jornadas, se realizaron tres publicaciones en revistas científicas y se transfirieron los resultados mediante conferencias en eventos científicos.

Se han aprobado dos tesinas de grado, se incorporó un becario de investigación categoría alumno y otra beca está en evaluación.

Objetivos

El objetivo del grupo de investigación es realizar un análisis de costos y performance en la ejecución de aplicaciones de HPC sobre serverless. Estas aplicaciones se plantean como aquellas capaces de manejar una gran cantidad de datos provenientes de dispositivos IoT, por lo que la variabilidad de la carga de trabajo también es un aspecto a evaluar.

De esta manera será posible evaluar la factibilidad de usar serverless para correr aplicaciones de HPC que posean cargas de trabajo variable.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo de esta línea de investigación está compuesto de siete investigadores que figuran en este trabajo de las universidades Nacional de San Juan y Nacional de San Luis y dos alumnos de grado. Además, el proyecto marco donde se está desarrollando esta propuesta incluye a dos investigadores más de la Universidad Nacional de Salta, de la Universidad Champagnat y tres alumnos de grado.

Se está desarrollando una tesis doctoral sobre paralelismo híbrido y Big Data, una tesis de maestría en áreas afines y seis tesinas de grado en el área de Serverless computing, Concurrencia y Computación distribuida, en particular una sobre evaluación de la migración de HPC en el cloud a serverless y otra sobre bases de datos NewSQL.

Además se espera aumentar el número de publicaciones y se prevé la divulgación de varios temas investigados por medio de cursos de postgrado y actualización o publicaciones de divulgación y asesoramiento a empresas y otros organismos del estado.

Referencias

- [1] Farhan, L., Kharel, R., Kaiwartya, O., Quiroz-Castellanos, M., Alissa, A., & Abdulsalam, M. (2018, July). A concise review on Internet of Things (IoT)-problems, challenges and opportunities. In 2018 11Th International Symposium On Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP) (pp. 1-6). IEEE.
- [2] Medel, D., Murazzo, M. A., Molina, A. L., Sánchez, F., Cornejo, M., Rodríguez, N. R., ... & Piccoli, M. F. (2019). La Computación de Alta Performance como soporte a los sistemas altamente distribuidos. In XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2019, Universidad Nacional de San Juan).
- [3] Barrionuevo, M., Escalante, J., Lopresti, M., Lucero, M., Miranda, N. C., Murazzo, M. A., & Piccoli, M. F. (2020). Solución de grandes problemas aplicando HPC multitecnología. In XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2020, El Calafate, Santa Cruz).
- [4] de Souza Cimino, L., de Resende, J. E. E., Silva, L. H. M., Rocha, S. Q. S., de Oliveira Correia, M., Monteiro, G. S., ... & de Castro Lima, J. (2017, November). IoT and HPC integration: revision and perspectives. In 2017 VII Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering (SBESC) (pp. 132-139). IEEE.
- [5] Biswas, A. R., & Giaffreda, R. (2014, March). IoT and cloud convergence: Opportunities and challenges. In 2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT) (pp. 375-376). IEEE.
- [6] Añel, J. A., Añel, J. A., Montes, D. P., Iglesias, J. R., & Romano. (2020). Cloud and Serverless Computing for Scientists. Springer International Publishing.
- [7] Malla, S., & Christensen, K. (2020). HPC in the cloud: Performance comparison of function as a service (FaaS) vs infrastructure as a service (IaaS). Internet Technology Letters, 3(1), e137.
- [8] Baldini, I., Castro, P., Chang, K., Cheng, P., Fink, S., Ishakian, V., ... & Suter, P. (2017). Serverless computing: Current trends and open

problems. In *Research advances in cloud computing* (pp. 1-20). Springer, Singapore.

[9] Eismann, S., Scheuner, J., Van Eyk, E., Schwinger, M., Grohmann, J., Herbst, N., ... & Iosup, A. (2020). A review of serverless use cases and their characteristics. *arXiv preprint arXiv:2008.11110*.














[10] Rodríguez, N. R., Murazzo, M. A., Medel, D., Parra, L., Molina, A. L., Sánchez, F., ... & Vargas, L. (2021). Procesamiento paralelo sobre arquitecturas serverless para tratamiento de datos provenientes del IoT. In *XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja)*.

[11] Niu, X., Kumanov, D., Hung, L. H., Lloyd, W., & Yeung, K. Y. (2019, September). Leveraging serverless computing to improve performance for sequence comparison. In *Proceedings of the 10th ACM International Conference on Bioinformatics, Computational Biology and Health Informatics* (pp. 683-687).

[12] Spillner, J., Mateos, C., & Monge, D. A. (2017, September). Faaster, better, cheaper: The prospect of serverless scientific computing and hpc. In *Latin American High Performance Computing Conference* (pp. 154-168). Springer, Cham.

[13] Chard, R., Skluzacek, T. J., Li, Z., Babuji, Y., Woodard, A., Blaiszik, B., ... & Chard, K. (2019). Serverless supercomputing: High performance function as a service for science. *arXiv preprint arXiv:1908.04907*.

ALGORITMOS PARALELOS Y EVALUACION DE RENDIMIENTO EN PLATAFORMAS DE CÓMPUTO DE ALTAS PRESTACIONES

Marcelo Naiouf⁽¹⁾ , Armando De Giusti⁽¹⁾⁽²⁾ , Laura De Giusti⁽¹⁾⁽³⁾ , Franco Chichizola⁽¹⁾ , Victoria Sanz⁽¹⁾⁽³⁾ , Adrián Pousa⁽¹⁾ , Enzo Rucci⁽¹⁾⁽³⁾ , María José Basgall⁽¹⁾⁽²⁾ , Mariano Sánchez⁽¹⁾ , Manuel Costanzo⁽¹⁾ , Silvana Gallo⁽¹⁾⁽²⁾ , Emmanuel Frati⁽¹⁾⁽⁴⁾ , Adriana Gaudiani⁽⁵⁾ 

¹Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)
Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata
50 y 115, La Plata, Buenos Aires
Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Buenos Aires (CIC)
526 e/ 10 y 11 La Plata Buenos Aires

²CONICET – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

³CIC – Comisión de Investigación Científica de la Provincia de Buenos Aires

⁴Universidad Nacional de Chilecito

⁵Universidad Nacional de General Sarmiento

{mnaiouf, degiusti, ldgiusti, francoch, vsanz, apousa, erucci, sgallo, fefrati, msanchez, mjbasgall}@lidi.info.unlp.edu.ar, agaudi@ungs.edu.ar

RESUMEN

El eje central de la línea de I/D es investigar en temas de cómputo paralelo y distribuido de alto desempeño, tanto en lo referido a los fundamentos como a la construcción, evaluación y optimización de las aplicaciones en arquitecturas multiprocesador. Se aplican los conceptos en problemas numéricos y no numéricos de cómputo intensivo y/o sobre grandes volúmenes de datos con el fin de obtener soluciones de alto rendimiento.

También incluye la construcción de ambientes para la enseñanza de la programación concurrente y paralela.

En la dirección de tesis de postgrado existe colaboración con el grupo HPC4EAS (High Performance Computing for Efficient Applications and Simulation) del Dpto. de Arquitectura de Computadores y Sistemas Operativos de la Universidad Autónoma de Barcelona; con el Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática de la Universidad Complutense de Madrid; y con el grupo Soft Computing and Intelligent Information Systems (SCI2S) de la Universidad de Granada, entre otros.

Palabras clave: Cómputo paralelo y distribuido de altas prestaciones. Algoritmos paralelos y distribuidos. Arquitecturas multiprocesador. Ambientes de enseñanza.

CONTEXTO

La línea de I/D que se presenta es parte del Proyecto “Computación de Alto Desempeño: Arquitecturas, Algoritmos, Métricas de rendimiento y Aplicaciones en HPC, Big Data, Robótica, Señales y Tiempo Real.” del III-LIDI acreditado por el Ministerio de Educación, y de proyectos acreditados y subsidiados por la Facultad de Informática de la UNLP. Además, existe cooperación con Universidades de Argentina, Latinoamérica y Europa a través de proyectos acreditados por AECID, CyTeD, OEI y CIC y becas de Telefónica de Argentina. Asimismo, el III-LIDI forma parte del Sistema Nacional de Cómputo de Alto Desempeño (SNCAD).

1. INTRODUCCIÓN

El área de cómputo de altas prestaciones (HPC, High-Performance Computing) es clave dentro de las Ciencias de la Computación, debido al creciente interés por el desarrollo de soluciones a problemas con alta demanda computacional y de almacenamiento, produciendo transformaciones profundas en las líneas de I/D [1].

El rendimiento en este caso está relacionado con dos aspectos: las arquitecturas de soporte y los algoritmos que hacen uso de las mismas, y el desafío se centra en cómo aprovechar las prestaciones obtenidas a partir de la evolución de las arquitecturas físicas. En esta línea la mayor importancia está en los algoritmos paralelos y en los métodos utilizados para su construcción y análisis a fin de optimizarlos.

Uno de los cambios de mayor impacto ha sido el uso de manera masiva de procesadores con más de un núcleo (*multicore*), produciendo plataformas distribuidas híbridas (memoria compartida y distribuida) y generando la necesidad de desarrollar sistemas operativos, lenguajes y algoritmos que las usen adecuadamente. También creció la incorporación de placas aceleradoras a los sistemas multicore constituyendo plataformas paralelas de memoria compartida con paradigma de programación propio asociado como pueden ser las unidades de procesamiento gráfico (GPU, Graphic Processing Unit) de NVIDIA y AMD, los coprocesadores Xeon Phi de Intel [2] o los aceleradores basados en circuitos integrados reconfigurables (FPGAs, Field Programmable Gate Array) [3]. En la actualidad se comercializan placas de bajo costo como Raspberry PI [4] u Odroid [5] que poseen múltiples núcleos de baja complejidad y en algunos casos son procesadores multicore asimétricos (AMPs) con el mismo repertorio de instrucciones. Es de interés estudiar como explotar el paralelismo en estos dispositivos para mejorar el rendimiento y/o consumo energético de las aplicaciones [6], así como las características de scheduling en los mismos [7]. Asimismo, los entornos de computación cloud introducen

un nuevo foco desde el punto de vista del HPC, brindando un soporte “a medida” sin la necesidad de adquirir el hardware.

La creación de algoritmos paralelos en arquitecturas multiprocesador no es un proceso directo [8]. El costo puede ser alto en términos del esfuerzo de programación y el manejo de la concurrencia adquiere un rol central en el desarrollo. Si bien en las primeras etapas el diseñador de una aplicación paralela puede abstraerse de la máquina sobre la que ejecutará el algoritmo, para obtener buen rendimiento debe tenerse en cuenta la plataforma de destino. En las máquinas multiprocesador, se deben identificar las capacidades de procesamiento, interconexión, sincronización y escalabilidad. La caracterización y estudio de rendimiento del sistema de comunicaciones es de interés para la predicción y optimización de performance, así como la homogeneidad o heterogeneidad de los procesadores [9].

Muchos problemas algorítmicos se vieron impactados por los multicore y clusters de multicore. A partir de incorporar varios chips multicore dentro de un nodo y conectar múltiples nodos vía red, se puede crear una arquitectura NUMA, de modo que los cores en un chip compartan memoria principal, y puedan acceder remotamente a la memoria dedicada de otro chip, aunque ese acceso sea más costoso, surgiendo así varios niveles de comunicación. Esto impacta sobre el desarrollo de algoritmos que aprovechen adecuadamente las arquitecturas, y motiva el estudio de performance en sistemas híbridos. Además, es necesario estudiar la utilización de lenguajes y bibliotecas ya que aún no se cuenta con un standard, aunque puede mencionarse el uso de los tradicionales MPI, OpenMP y Pthreads [10][11] o los más recientemente explorados UPC, Chapel y Titanium del modelo PGAS [12].

La combinación de arquitecturas de múltiples núcleos con aceleradores dio lugar a plataformas híbridas con diferentes características. Más allá del acelerador utilizado, la programación de estas plataformas representa un desafío. Para lograr aplicaciones de alto rendimiento, los programadores enfrentan dificultades como: estudiar características específicas de cada arquitectura y aplicar técnicas de programación y optimización particulares de cada una, lograr un balance de carga adecuado entre los dispositivos de procesamiento y afrontar la ausencia de estándares para este tipo de sistemas.

Por otra parte, los avances en las tecnologías de virtualización han llevado a que Cloud Computing sea una alternativa a los tradicionales sistemas de cluster [13]. El uso de cloud para HPC presenta desafíos atractivos, brindando un entorno reconfigurable dinámicamente sin la necesidad de adquirir hardware, y es una excelente plataforma para testear escalabilidad de algoritmos aunque queda mucho por hacer en cuanto al diseño, lenguajes y programación

Métricas de evaluación del rendimiento y balance de carga

La diversidad de opciones vuelve complejo el análisis de performance de los Sistemas Paralelos, ya que los ejes sobre los cuales pueden compararse dos sistemas son varios. Existe un gran número de métricas para evaluar el rendimiento, siendo las tradicionales: tiempo de ejecución, speedup, eficiencia. Por su parte, la *escalabilidad* permite capturar características de un algoritmo paralelo y la arquitectura en que se lo implementa. Posibilita testear la performance de un programa sobre pocos procesadores y predecirla en un número mayor, así como caracterizar la cantidad de paralelismo inherente en un algoritmo.

Un aspecto de interés que se ha sumado como métrica, a partir de las plataformas con gran cantidad de procesadores, es el del *consumo* y la *eficiencia energética* [14]. Muchos esfuerzos están orientados a tratar el consumo como eje de I/D, como métrica de evaluación, y también a la necesidad de metodologías para medirlo.

El objetivo principal del cómputo paralelo es reducir el tiempo de ejecución haciendo uso eficiente de los recursos. El *balance de carga* es un aspecto central y consiste en, dado un conjunto de tareas que comprenden un algoritmo y un conjunto de procesadores, encontrar el mapeo (asignación) de tareas a procesadores tal que cada una tenga una cantidad de trabajo que demande aproximadamente el mismo tiempo, y esto es más complejo si hay heterogeneidad. Dado que el problema general de mapping es *NP*-completo, pueden usarse enfoques que dan soluciones subóptimas aceptables. Las técnicas de planificación a nivel micro (dentro de cada procesador) y macro (en un cluster) deben ser capaces de obtener buen balance de carga. Existen técnicas estáticas y dinámicas cuyo uso depende del conocimiento que se tenga sobre las tareas de la aplicación.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

- Investigar en temas de cómputo paralelo y distribuido de alto desempeño, en lo referido a los fundamentos y a la construcción y evaluación de las aplicaciones. Esto incluye los problemas de software asociados con el uso de arquitecturas multiprocesador:
 - Lenguajes, modelos y paradigmas de programación paralela (puros e híbridos a distintos niveles).
 - Asignación de procesos a procesadores optimizando el balance de la carga de procesamiento.
 - Métricas de evaluación de complejidad y rendimiento: speedup, eficiencia, escalabilidad, consumo energético, costo de programación.
- Construir, evaluar y optimizar soluciones utilizando algoritmos concurrentes, paralelos y distribuidos sobre diferentes plataformas de software y arquitecturas con múltiples procesadores:
 - Arquitecturas de trabajo homogéneas, heterogéneas e híbridas: multicores, clusters,

GPU, Xeon Phi, FPGA, placas de bajo costo y entornos cloud.

- Aplicar los conceptos en problemas numéricos y no numéricos de cómputo intensivo y/o sobre grandes volúmenes de datos (aplicaciones científicas, búsquedas, simulaciones, imágenes, realidad virtual y aumentada, bioinformática, big data, n-body).
- Analizar y desarrollar ambientes para la enseñanza de programación concurrente y paralela.
 - Caracterizar diferentes modelos de arquitecturas paralelas.
 - Representar distintos modelos de comunicación/sincronización.
 - Definir métricas de evaluación de rendimiento y eficiencia energética.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

- Desarrollar y optimizar algoritmos paralelos sobre diferentes modelos de arquitectura. En particular, en aplicaciones numéricas y no numéricas de cómputo intensivo y tratamiento de grandes volúmenes de datos.
- Estudiar y comparar los lenguajes sobre las plataformas multiprocesador para diferentes modelos de interacción entre procesos.
- Investigar la paralelización en plataformas que combinan clusters, multicore y aceleradores. Comparar estrategias de distribución de trabajo teniendo en cuenta las diferencias en potencias de cómputo y comunicación, dependencia de datos y memoria requerida.
- Evaluar la performance (speedup, eficiencia, escalabilidad, consumo energético) de las soluciones propuestas. Analizar el rendimiento de soluciones paralelas a problemas con diferentes características (dependencia de datos, relación cómputo / comunicación, memoria requerida).
- Mejorar y adecuar las técnicas disponibles para el balance de carga (estático y dinámico) entre procesos a las arquitecturas consideradas.

En este marco, pueden mencionarse los siguientes resultados:

- Para la experimentación se han utilizado y analizado diferentes arquitecturas homogéneas o heterogéneas, incluyendo multicores, cluster de multicores (con 128 núcleos), GPU y cluster de GPU, Xeon Phi y FPGA.
- Se experimentó la paralelización en arquitecturas híbridas, con el objetivo de estudiar el impacto del mapeo de datos y procesos, así como de los lenguajes y librerías.
- Respecto de las aplicaciones y temas estudiados, se trabajó fundamentalmente con los siguientes problemas:

➤ **Aceleración de aplicaciones con cómputo colaborativo CPU-GPU.** Las computadoras comerciales actuales incluyen decenas de cores y al menos una GPU. El uso de ambas unidades de procesamiento de forma colaborativa puede mejorar significativamente el rendimiento de una aplicación. Sin

embargo, esto supone un desafío para los programadores ya que dichas unidades difieren en arquitectura, modelo de programación y rendimiento. En [15] se propuso un modelo híbrido para estructurar código a ser ejecutado sobre un sistema heterogéneo con múltiples cores y 1 GPU (utilizando todos los recursos disponibles). Utilizando este modelo se desarrolló un algoritmo paralelo de pattern matching para sistemas heterogéneos CPU-GPU [16]. Los resultados revelaron que este algoritmo supera en rendimiento a trabajos previos, desarrollados para sistemas multicore y GPUs, para datos de tamaño considerable. En [17] se presentó una solución al problema de pattern matching que aprovecha toda la potencia computacional de los procesadores Intel Xeon Phi KNL 7230 mediante el uso de SIMD y paralelismo de hilos. Se mostró que el algoritmo propuesto alcanza aceleraciones significativas. En trabajos futuros interesa investigar sobre el cómputo colaborativo incluyendo este tipo de arquitecturas.

➤ **Alineamiento de secuencias biológicas.** Esta operación consiste en comparar dos o más secuencias biológicas, como pueden ser las de ADN o las de proteínas, y resulta fundamental en investigaciones de la bioinformática y la biología molecular. El algoritmo de Smith-Waterman es considerado el método de alineamiento más preciso. Desafortunadamente, este algoritmo resulta costoso debido a su complejidad computacional cuadrática mientras que la situación se agrava aún más a causa del crecimiento exponencial de datos biológicos en los últimos años [18]. El reciente surgimiento de aceleradores en HPC (GPU, Xeon Phi, FPGA, entre otros) da la oportunidad de acelerar los alineamientos sobre hardware comúnmente disponible a un costo accesible, como se ha mostrado en [19][20][21][22]. A futuro, interesa explorar las fortalezas y debilidades del uso de nuevas tecnologías de software para arquitecturas paralelas como, por ejemplo, oneAPI [23].

➤ **Cálculo de los caminos mínimos.** Es uno de los problemas básicos y de mayor antigüedad de la teoría de grafos teniendo aplicación en el dominio de las comunicaciones, del ruteo de tráfico, de la bioinformática, entre otros. El algoritmo de Floyd-Warshall (FW) permite computar la distancia mínima entre todos los pares de un grafo. Además de poseer una alta demanda de ancho de banda, FW resulta costoso computacionalmente al ser $O(n^3)$. Se desarrollaron implementaciones optimizadas para dos arquitecturas HPC recientes -como son Intel Xeon Phi KNL y NVIDIA Pascal- y se analizó comparativamente su rendimiento y eficiencia energética (teórica) en diferentes escenarios. Como trabajo futuro, interesa incorporar otros modelos de las arquitecturas elegidas al estudio para robustecer el análisis [24].

➤ **Simulaciones utilizando modelos basados en agentes.** El objetivo de esta línea son las simulaciones basadas en agentes sobre infraestructuras de altas prestaciones con modelos más cercanos a la realidad que ayuden a la toma de decisiones a científicos de otras disciplinas, y no expertos en el área de la informática, (biología, ecología, física, etc.). Para ello, y por ser modelos complejos que necesitan mucha potencia de cómputo, resulta imprescindible el uso de soluciones de HPC con el fin de lograr tiempos de respuesta reducidos para entornos complejos. Se busca desarrollar algoritmos y simuladores como soluciones HPC que sean eficientes y escalables y por ello una cuestión importante, tratada en esta línea de trabajo, es lograr que además de estas premisas, la simulación sea realizada con el menor consumo posible de energía. Dado que son simulaciones con un gran número de ejecuciones por escenario, no solo es necesario que la solución tenga buenas prestaciones sino que sea posible predecir, mediante un modelo energético, la energía necesaria para llevar a cabo diferentes escenarios de simulación.

➤ **Simulación de N cuerpos computacionales con atracción gravitacional.** Su propósito es aproximar en forma numérica la evolución de un sistema de cuerpos en el que cada uno interactúa con todos los restantes. El uso más conocido de esta simulación quizás sea en la astrofísica, donde cada cuerpo representa una galaxia o una estrella particular que se atraen entre sí debido a la fuerza gravitacional. Si bien existen diferentes métodos para procesar la simulación de los N cuerpos, en todos los casos se requiere alta demanda computacional. Se estudió la paralelización de la versión directa de esta simulación sobre diferentes lenguajes no convencionales en el ámbito de HPC, en particular Python y Rust. Se focalizó en cómo diferentes técnicas de optimización logran mejorar el rendimiento y en su comparación con un lenguaje tradicional como es C, considerando no sólo el rendimiento sino también el esfuerzo de programación. A futuro, interesa extender el estudio incorporando otras aplicaciones y arquitecturas multicore [25][26].

➤ **Problemas de optimización de simulación de sistemas dinámicos complejos mediante heurísticas.** La búsqueda de un conjunto de parámetros de entrada que optimicen el funcionamiento de un simulador de un sistema físico es un proceso de alto costo computacional que puede considerarse intratable y requiere de heurísticas que permitan disminuir el tiempo de ejecución. En los nuevos avances realizados en esta línea se aprovechó la continuidad en los valores de los parámetros físicos distribuidos sobre el dominio del sistema, de manera de realizar búsquedas de parámetros ajustados sobre espacios de búsquedas de tamaño mucho más reducidos que los utilizados en una primera etapa del trabajo. Esta metodología mucho más eficiente se puede extender a otros simuladores de fenómenos

físicos y en particular con simuladores de inundaciones de ríos con las que se llevaron adelante las experiencias. Las experiencias se pueden correr de manera colaborativa beneficiándose ampliamente del uso de plataformas de clusters de procesadores [27] [28].

➤ **Ambientes para la enseñanza de concurrencia.** Se desarrolló el entorno CMRE para la enseñanza de programación concurrente y paralela a partir de cursos iniciales en carreras de Informática. Incluye un entorno visual que representa una ciudad en la que pueden definirse varios robots que interactúan. Combina aspectos de memoria compartida y distribuida mediante instrucciones para bloquear y liberar esquinas de la ciudad y el concepto de pasaje de mensajes a través de primitivas de envío y recepción. Además, se incluyen los conceptos de heterogeneidad (diferentes velocidades de los robots) y consumo energético [29]. Se ha integrado con el uso de robots físicos (Lego Mindstorm 3.0) que ejecutan en tiempo real las mismas instrucciones que los robots virtuales y se comunican con el entorno mediante bluetooth [30]. Se ha ampliado para incorporar conceptos básicos de computación en la nube (Cloud Computing) [30]. Actualmente, se está desarrollando una nueva herramienta para la enseñanza de programación concurrente en cursos avanzados. Su objetivo principal es visualizar los conceptos de sincronización y comunicación entre procesos.

➤ **Aplicaciones en Big Data.** En los últimos años, los escenarios de grandes volúmenes de datos (Big Data) son cada vez más comunes debido a la constante generación de datos a partir de fuentes como sensores o Internet, por ejemplo. Para poder trabajar con conjuntos de datos Big Data, se requiere de cómputos de altas prestaciones y de herramientas software específicas capaces de procesar significativos tamaños de datos en tiempos razonables, y que puedan ser ejecutados de manera paralela y distribuida.

Una de las herramientas más populares para el procesamiento de Big Data es Apache Spark, la cual presenta varias características deseables que la hacen ser ampliamente elegida. El uso intensivo de memoria RAM, los mecanismos eficientes de tolerancia a fallos, las distintas estructuras de datos que provee altamente optimizadas, la amplia variedad de librerías que habilitan utilizar algoritmos de Machine Learning, procesamiento en Streaming, entre otros, son algunas de sus características más relevantes.

En esta línea de trabajo, se están desarrollando nuevas técnicas para el preprocesamiento de datos para problemas de clasificación en Big Data, utilizando el framework Apache Spark sobre Cómputo de Altas Prestaciones. Como parte del trabajo realizado se presenta una propuesta metodológica para la reducción dual (reducción de instancias y de características) de un conjunto de datos tabulares que representa un problema de clasificación [31].

Se trata de un diseño sencillo y escalable, capaz de analizar la reducción de datos de forma vertical y horizontal, recibiendo la visión del experto en datos mediante el establecimiento de dos simples condiciones: un umbral de calidad predictiva asociado al modelo obtenido a partir del conjunto reducido, y un rango de porcentajes de reducción a comprobar. Además, su implementación utiliza operaciones paralelas y utilidades totalmente optimizadas proporcionadas por Apache Spark.

Esta línea de trabajo se está llevando a cabo en colaboración con el Dr. Alberto Fernández Hilario del grupo de investigación "Soft Computing and Intelligent Information Systems" (SCI2S) de la Universidad de Granada, España.

➤ **Cifrado de grandes volúmenes de datos.** Hoy en día, la cantidad de datos sensibles que se generan para ser almacenados y/o transmitidos a través de la red aumenta constantemente. Para proteger los datos confidenciales de amenazas potenciales, se utilizan estrategias de encriptación. Además, el tiempo involucrado en el cifrado de datos está directamente relacionado con la cantidad de datos que se cifrarán y puede ser significativo. Para reducir el tiempo de cifrado es natural recurrir a soluciones de encriptación paralelas, que explotan todo el poder computacional proporcionado por las arquitecturas emergentes. AES (Advanced Encryption Standard) es uno de los algoritmos de cifrado más utilizados y el gobierno de los Estados Unidos lo considera lo suficientemente seguro como para proteger la información nacional. Hay varias implementaciones de AES, tanto en hardware como en software. En [32] se presenta una comparación de rendimiento de una solución AES basada en hardware para CPU multinúcleo con el de otras dos soluciones AES basadas en software para CPU multinúcleo y GPU, respectivamente. El primero se implementa con las nuevas instrucciones de Intel AES y el segundo con la biblioteca OpenSSL. Los resultados revelan que utilizar cómputo paralelo para el proceso de cifrado reduce significativamente el tiempo de ejecución respecto a una solución secuencial. Los resultados también muestran que el mayor rendimiento se alcanza utilizando una solución multicore con AES basado en hardware. Sin embargo, la solución por software utilizando 2 GPUs puede ser una alternativa competitiva a la solución multicore por hardware cuando se tienen pocos núcleos o una CPU que no soporta AES.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Dentro de la temática de la línea de I/D se concluyó 1 tesis doctoral, 1 Trabajo Final de Especialización y 2 Tesinas de Grado de Licenciatura. Se encuentran en curso en el marco del proyecto 3 tesis doctorales, 2 de maestría, 2 trabajos de Especialización y 4 Tesinas de grado.

Se participa en el dictado de las carreras de Doctorado en Cs. Informáticas y Magíster y Especialización en Cómputo de Altas Prestaciones de la Facultad de Informática UNLP, por lo que potencialmente pueden generarse más Tesis y Trabajos Finales.

Hay cooperación con grupos de otras Universidades del país y del exterior, y tesistas de diferentes Universidades realizan su trabajo con el equipo del proyecto.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Giles MB, Reguly I. "Trends in high-performance computing for engineering calculations". *Phil.Trans.R.Soc.A* 372: 20130319. 2014. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2013.0319>
- [2]. Jeffers, James; Reinders, James. "Intel Xeon Phi Coprocessor High Performance Programming". Morgan Kaufmann. 2013.
- [3]. Sean Settle. "High-performance Dynamic Programming on FPGAs with OpenCL". *IEEE High Performance Extreme Computing Conf (HPEC '13)*. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.04.159>.
- [4]. Raspberry PI. <https://www.raspberrypi.org/> Accedido 21 de Marzo de 2016.
- [5]. Odroid <http://www.hardkernel.com> Accedido 21 de Marzo de 2016.
- [6]. Annamalai A., Rodrigues R., Koren I., Kundu S., "Dynamic Thread Scheduling in Asymmetric Multicores to Maximize Performance-per-Watt," 2012 IEEE 26th International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops & PhD Forum, pp. 964-971, 2012 IEEE 26th International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops & PhD Forum, 2012.
- [7]. Juan Carlos Saez, Adrian Pousa, Daniel Chaver, Fernando Castro, Manuel Prieto Matias. "ACFS: A Completely Fair Scheduler for Asymmetric Single-ISA Multicore Systems". *ACM SAC 2015 (The 30TH ACM/SIGAPP Symposium on applied computing)*. 2015.
- [8]. McCool, Michael. "Structured Parallel Programming: Patterns for Efficient Computation", Morgan Kaufmann, 2012
- [9]. De Giusti L, Naiouf M., Chichizola F., Luque E., De Giusti A. "Dynamic Scheduling in Heterogeneous Multiprocessor Architectures. Efficiency Analysis". *Computer Science and Technology Series – XV Argentine Congress of Computer Science Selected Papers*. La Plata (Buenos Aires): Editorial de la Universidad de La Plata (edulp). 2010. p85 - 95. isbn 978-950-34-0684-7.
- [10]. Chapman, B., Jost, G. & Van der Pas. "Using OpenMP – Portable Shared Memory Parallel Programming". (2008). UK: MIT Press.
- [11]. Hager, G. & Wellein, G. "Introduction to HPC for Scientists and Engineers". (2011) EEUU: CRC Press.
- [12]. De Wael, M; Marr, S; De Fraine, B; Van Cutsem, T; De Meuter, W. "Partitioned Global Address Space Languages". *ACM Computing Surveys (CSUR)* 47 (4), 2015.

- [13]. Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2). <http://aws.amazon.com/es/ec2/>. Febrero 2013.
- [14]. Balladini J., Rucci E., De Giusti A., Naiouf M., Suppi R., Rexachs D., Luque E. "Power Characterisation of Shared-Memory HPC Systems". Computer Science & Technology Series – XVIII Argentine Congress of Computer Science Selected Papers. ISBN 978-987-1985-20-3. Pp. 53-65. EDULP, La Plata (Argentina), 2013
- [15]. V. Sanz, A. Pousa, M. Naiouf, and A. De Giusti, "Accelerating Pattern Matching with CPU-GPU Collaborative Computing", Proceedings of the International Conference on Algorithms and Architectures for Parallel Processing (ICA3PP 2018), ISBN: 978-3-030-05051-1, págs. 310-322, doi. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05051-1_22, 2018.
- [16]. Sanz V., Pousa A., Naiouf M., De Giusti A. (2020) Efficient Pattern Matching on CPU-GPU Heterogeneous Systems. In: Wen S., Zomaya A., Yang L. (eds) Algorithms and Architectures for Parallel Processing. ICA3PP 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11944. Springer, Cham.
- [17]. Sanz V., Pousa A., Naiouf M., De Giusti A. (2020) Accelerating Pattern Matching on Intel Xeon Phi Processors. In: Qiu M. (eds) Algorithms and Architectures for Parallel Processing. ICA3PP 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12452. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60245-1_18.
- [18]. Enzo Rucci, Armando De Giusti, Marcelo Naiouf, Carlos García Sanchez, Guillermo Botella Juan, Manuel Prieto-Matías. "State-of-the-art in Smith-Waterman Protein Database Search". Big Data Analytics in Genomics. Ka-Chun Wong (Editor). ISBN: 978-3-319-41278-8 (print) 978-3-319-41279-5 (online), Springer, págs. 197-223, 2016.
- [19]. E. Rucci, C. Garcia, G. Botella, A. De Giusti, M. Naiouf, and M. Prieto-Matías. "Accelerating Smith-Waterman Alignment of Long DNA Sequences with OpenCL on FPGA". En: Bioinformatics and Biomedical Engineering. IWBBIO 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol 10209., ISBN: 978-3-319-56154-7, Springer, Cham, págs. 500-511, 2017.
- [20]. E. Rucci, C. Garcia, G. Botella, A. De Giusti, M. Naiouf, and M. Prieto-Matías. "SWIFOLD: Smith-Waterman Implementation on FPGA with OpenCL for Long DNA Sequences". BMC Systems Biology. ISSN: 1752-0509. In press. 2018.
- [21]. E. Rucci, C. Garcia, G. Botella, A. De Giusti, M. Naiouf, and M. Prieto-Matías. "First Experiences Accelerating Smith-Waterman on Intel's Knights Landing Processor". Algorithms and Architectures for Parallel Processing. ICA3pp 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol 10393, ISBN: 978-3-319-65482-9, Springer International Publishing, págs. 569-579, 2017.
- [22]. Enzo Rucci, Carlos García, Guillermo Botella, Armando De Giusti, Marcelo Naiouf and Manuel Prieto-Matías. "SWIMM 2.0: enhanced Smith-Waterman on Intel's Multicore and Manycore architectures based on AVX-512 vector extensions". International Journal of Parallel Programming, Springer US, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10766-018-0585-7>
- [23]. one API Programming Model, Disponible en www.oneapi.org, Accedido el 15/02/2021.
- [24]. M. Costanzo, E. Rucci, U. Costi, F. Chichizola, and M. Naiouf, "Comparison of HPC Architectures for Computing All-Pairs Shortest Paths. Intel Xeon Phi KNL vs NVIDIA Pascal". En: Computer Science – CACIC 2020. Revised Selected Papers., Springer International Publishing, págs. 37-49, doi. 10.1007/978-3-030-75836-3_3, 2021.
- [25]. M. Costanzo, E. Rucci, M. Naiouf, and A. D. Giusti, "Performance vs Programming Effort between Rust and C on Multicore Architectures: Case Study in N-Body", Proceedings of 2021 XLVII Latin American Computing Conference (CLEI), ISBN: 978-1-66549-503-5, págs. 1-10, doi. 10.1109/CLEI53233.2021.9640225, 2021.
- [26]. A. Milla and E. Rucci, "Acelerando código científico en Python usando Numba", Actas del XXVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2021), ISBN: 978-987-633-574-4, págs. 72-82, 2021.
- [27]. Trigila M., Gaudiani A., Luque E. (2018) "Agile Tuning Method in Successive Steps for a River Flow Simulator". In: Shi Y. et al. (eds) Computational Science – ICCS 2018. ICCS 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10862. Springer, Cham
- [28]. Trigila, Mariano, Gaudiani, Adriana, Luque, Emilio. "Adjustment of a simulator of a complex dynamic system with emphasis on the reduction of computational resources". Actas del Workshop. p. 142-147. 2018.
- [29]. J. Castro, L. D. Giusti, G. Gorga, M. Sánchez, and M. Naiouf, "ECMRE: Extended Concurrent Multi Robot Environment". Computer Science – CACIC 2017. Communications in Computer and Information Science, vol 790, ISBN: 978-3-319-75213-6 978-3-319-75214-3, Springer, Cham, págs. 285-294. 2018.
- [30]. L. C. De Giusti, F. Chichizola, S. Rodríguez Eguren, M. Sanchez, J. M. Paniego, A. E. De Giusti. "Introduciendo conceptos de Cloud Computing utilizando el entorno CMRE". Proceedings del XXII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2016) – Workshop de Innovación en Educación en Informática. Octubre 2016. Pp 1357-1365.
- [31]. Basgall, M. J., Naiouf, M., & Fernández, A. (2021). FDR2-BD: A Fast Data Reduction Recommendation Tool for Tabular Big Data Classification Problems. Electronics, 10(15), 1757. <https://doi.org/10.3390/electronics10151757>.
- [32]. Sanz V., Pousa A., Naiouf M., De Giusti A. (2021) Comparison of Hardware and Software Implementations of AES on Shared-Memory Architectures. In: Naiouf M., Rucci E., Chichizola F., De Giusti L. (eds) Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics. JCC-BD&ET 2021. Communications in Computer and Information Science, vol 1444. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-84825-5_5.

Tecnología HPC en la UNdeC como motor de ciencia

Fernando Emmanuel FRATI¹, José TEXIER¹, Paula Cecilia RIVERA¹, Jonathan ALVAREZ¹,
 Fernanda CARMONA¹, Patricia FIGUEROLA¹, Francisco FRATI¹, Sebastián GUIDET¹, Roberto
 MILLON¹, Raul MORALEJO¹, Matías PEREZ¹, Emmanuel PORTUGAL¹, Donna RATTALINO¹, Alberto
 Eduardo RIBA¹, Daniel ROBINS¹, Mara ROVERO¹, Javier RUITTI¹, Jorge TEJADA¹, Jusmeidy
 ZAMBRANO¹,
 Carlos Esteban GRAFFIGNA¹, Javier BALLADINI², Enzo RUCCI³, Ruber HERNÁNDEZ GARCÍA⁴

¹ Universidad Nacional de Chilecito

9 de julio 22, Chilecito, La Rioja, Argentina

{fefrati, jtexier, privera, jalvarez, fbcarmona, pfiguerola, flfrati,
 sguidet, rmillon, rmoralejo, mperez, eportugal, drattalino, ariba,
 drobins, mrovero, jruiitti, jtejada, jzambrano,
 cgraffigna}@undec.edu.ar,

² Universidad Nacional del Comahue

javier.balladini@fi.uncoma.edu.ar,

³ Instituto de Investigación en Informática III-LIDI, Universidad Nacional de La Plata

erucci@lidi.info.unlp.edu.ar,

⁴ Laboratorio de Investigaciones Tecnológicas en Reconocimiento de Patrones (LITRP),

Universidad Católica de Maule

rhernandez@ucm.cl

RESUMEN

En la actualidad, para abordar problemas de mayor tamaño y complejidad, los estudios de ciencia básica y aplicada utilizan Computación de Altas Prestaciones (HPC - High Performance Computing). El HPC permite mejorar la capacidad, velocidad y precisión en el procesamiento de datos. Con el proyecto que da origen a este trabajo se abordan seis estudios desde la perspectiva del HPC, para explorar los aspectos centrales del paralelismo aplicado desde las Ciencias de la Computación en otras disciplinas.

Algunos de estos estudios se realizan exclusivamente en la Universidad Nacional de Chilecito, mientras que otros son en cooperación con otras instituciones nacionales y extranjeras. Entre estos, tres formalizan trabajos finales de postgrado. En todos los casos, el HPC es abordado a través de un proceso metodológico organizado para:

- Consolidar una infraestructura de experimentación, desarrollo y producción de soluciones a problemas de HPC
- Desarrollar las capacidades científico-tecnológicas del equipo

- Fomentar la vinculación y transferencia con los sectores académico, social y productivo
- Cada problema abordado reúne entre sus integrantes investigadores especialistas en la disciplina del estudio, investigadores de Ciencias de la Computación y estudiantes en sus últimos años de formación de grado. Con esto, se está consolidando un grupo de investigación, desarrollo y transferencia que generará oportunidades de formación de recursos humanos, proveerá de servicios a la comunidad en el área de estudio y potenciará los vínculos de cooperación con otras instituciones.

Palabras clave: HPC, cómputo paralelo, aplicaciones, interdisciplinariedad.

CONTEXTO

La línea de investigación presentada es parte del proyecto “Software y aplicaciones en Computación de Altas Prestaciones” fue aprobado en la convocatoria a proyectos de Investigación y Desarrollo 2018 de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNdeC, y se encuentra en ejecución desde junio de 2019. Además, en 2018 la UNdeC destinó fondos de PROMINF para la adquisición de 12 PC con procesadores i7 y 8GB RAM, 5 de las cuales

están equipadas con placas de video NVIDIA GTX 1060 para el “Laboratorio de Sistemas Paralelos”. También, con el objeto de desarrollar las capacidades en HPC de la UNDeC, a fines de 2019 se adquirió un servidor Dell PowerEdge R740, equipado con 2 Xeon Platinum 8176 (56 núcleos físicos, 112 threads en total), 256 GB de RAM y 2 GPGPU NVIDIA Quadro P4000 (financiado a través del “Plan de mejoramiento de la función de I+D+i” - MINCyT), actualmente en funcionamiento. Finalmente, se destinaron fondos del PROMINF para financiar parcialmente la formación de postgrado de docentes afines a la disciplina, 20 de los cuales están realizando la *Especialización en inteligencia de datos orientada a big data* (acreditada por CONEAU) de la Facultad de Informática de la UNLP. Durante el desarrollo del proyecto se iniciaron y consolidaron colaboraciones con las universidades UNLP (Argentina), UCM (Chile) y UNCo (Argentina). Estas iniciativas permiten consolidar una infraestructura de experimentación, desarrollo y producción de soluciones a problemas de HPC, como así también recursos humanos formados para aprovecharla.

1. INTRODUCCIÓN

La informática tiene su origen en la necesidad de los distintos sectores de la sociedad de conseguir mayor velocidad, confiabilidad y precisión para resolver sus problemas. Sin embargo, la capacidad de solución a un problema dado encuentra su límite en los tiempos requeridos por sus algoritmos. Superar ese límite requiere que el problema sea abordado mediante cómputo paralelo. Normalmente, esto implica estudiar tres aspectos clave: hardware, aplicaciones y software.

Durante décadas, la industria respondió a la creciente demanda de mayor poder computacional incrementando exponencialmente el rendimiento de los procesadores [1]. Sin embargo, esta forma de obtener mayor poder de cómputo encontró barreras físicas, limitando el rendimiento de los microprocesadores y los sistemas en general [2]. Desde el año 2005, el escalado tecnológico se

ha venido aprovechando para aumentar el número de cores dentro del chip, dando lugar a una importante variedad de arquitecturas (multicores, commodity clusters, GPGPU y Cloud) [3], [4].

No obstante, reducir los tiempos de procesamiento y obtener la mayor eficiencia de ese hardware requiere el diseño y desarrollo de algoritmos paralelos [5]. Transformar un algoritmo secuencial en uno paralelo no es trivial. En general los procesos concurrentes necesitan algún mecanismo para comunicar resultados parciales entre sí. Dependiendo de la arquitectura de cómputo, se consigue a través del uso de variables compartidas o del paso de mensajes entre procesos. Una transformación ‘implícita’ o transparente es deseable, pero el costo es una pérdida importante de rendimiento [6]. En su lugar, el programador recurre a librerías estándares para expresar explícitamente el paralelismo: OpenMP, Pthreads, CUDA, OpenCL, MPI [7].

Las suposiciones de orden de ejecución entre instrucciones heredadas del modelo de programación secuencial ya no son válidas, obligando al programador a utilizar algún mecanismo de sincronización para garantizar estados consistentes del programa. En este contexto, la correctitud de los algoritmos es más difícil de garantizar que en la computación serial. Frecuentemente ocurren errores al sincronizar los procesos, dando lugar a deadlocks, condiciones de carrera, violaciones de orden, violaciones de atomicidad simple y violaciones de atomicidad multivariable, requiriendo el uso de herramientas de depuración específicas [8]. A diferencia de soluciones secuenciales donde existe un modelo teórico que permite estimar el desempeño de los programas antes de escribirlos, la evaluación del sistema paralelo (software y hardware) requiere la definición de distintas métricas: tiempo de ejecución, speedup, eficiencia y overhead. Las soluciones paralelas están tan estrechamente vinculadas con el hardware subyacente que dificultan enormemente conseguir portabilidad de rendimiento [9].

Existen muchos aspectos que requieren ser tomados en cuenta al diseñar la solución

paralela: tamaño del problema, división de datos o tareas, balance de carga, requerimientos de memoria, precisión de los cálculos, comunicaciones y sincronización entre procesos, errores de concurrencia, detección y tolerancia a fallos entre los más relevantes. La complejidad de los problemas requiere habilidades especiales de los desarrolladores: dominio de múltiples paradigmas de programación y frecuentemente múltiples lenguajes, conocimientos de redes y comprensión de la concurrencia y sus consecuencias. Por todo esto, se considera de gran interés el estudio de estos temas para el desarrollo de capacidades científico-tecnológicas en la UNdeC que favorezcan el trabajo interdisciplinario en la institución.

2. LÍNEAS DE I+D

Se abordaron las siguientes líneas de I+D desde la perspectiva del HPC como eje central:

- Análisis de la diversidad molecular de microorganismos del suelo [10]–[13]. Estudio e implementación de algoritmos que contribuyan a reducir los tiempos de procesamiento y aumentar la capacidad de análisis referidos a este campo de la bioinformática, a fin de profundizar en el estudio de la diversidad molecular de microorganismos del suelo asociados a cultivos regionales.
- Evaluación de enfoques de desarrollo HDL y HLL en FPGA para aplicaciones de procesamiento de imágenes [14]–[16]. Estudio de lenguajes de desarrollo HDL y HLL en FPGA para implementar soluciones de procesamiento de imágenes eficientes.
- Identificación biométrica masiva mediante venas del dedo usando redes de aprendizaje extremo (ELM) [17], [18]. Estudio de técnicas de computación paralela para mejorar la eficiencia y aceleración del preprocesamiento, extracción de características biométricas, búsqueda e identificación de individuos, y el diseño de algoritmos de ELM mejorados que manejen eficientemente lotes de datos de gran tamaño.

- Servicios basados en lingüística computacional para análisis de texto [19]–[24]. Estudio sobre modelos computacionales que reproduzcan aspectos del lenguaje humano, con el fin de realizar análisis lingüísticos como servicios para el Centro de Escritura en la UNdeC.
- Documentos inteligentes a través del Blockchain [25]–[27]. Estudio de la tecnología blockchain para garantizar la integridad de documentos universitarios.
- Nodo de información meteorológica [28], [29]. Estudio, diseño e implementación de algoritmos para reducir los tiempos de procesamiento, aumentar la capacidad de análisis y favorecer la escalabilidad de aplicaciones de análisis y proyección de datos climáticos.
- Desarrollo de algoritmos de procesamiento paralelo que permitan optimizar el cálculo de la Transformada Rápida de Fourier y operaciones matriciales, utilizadas en la medición de la intensidad compleja del sonido y otras variables de energética acústica [30], [31].

3. RESULTADOS

Se alcanzaron los siguientes resultados:

- Tres publicaciones en revista [32]–[34] y una en revisión.
- Diez presentaciones en congresos y/o workshops [35]–[44].
- Siete charlas científicas con invitados externos expertos en los distintos temas del proyecto.
- Cinco capacitaciones en otros centros de formación del país y del exterior en temas relacionados con el proyecto.
- Desarrollo de un curso de posgrado sobre “Análisis de rendimiento de aplicaciones paralelas (colaboración UNCo / UNdeC)” y una capacitación sobre “Eficiencia Energética en Sistemas de Cómputo” (colaboración UNCo / UNdeC / Red UNCI).
- Una tesis de maestría terminada (codirigida con UNLP), una tesis de maestría en etapa de defensa (codirigida con UCM-Chile), dos en desarrollo (una

codirigida con UNCo y otra codirigida con la UNSJ).

- Una tesina de grado en desarrollo (Asistente virtual académico de estudiantes de IS de la UNdeC).
- Un documento de recomendaciones para escribir tesinas de Ingeniería en Sistemas (en desarrollo).
- Un becario CIN.
- Tres trabajos finales de asignatura en los temas “Comparación entre Tecnologías de Programación Heterogénea CUDA y OpenCL” y “Cluster Beowulf con CUDA, OpenMP y OpenMPI: Reporte Técnico”
- Puesta en funcionamiento del cluster del Laboratorio de Sistemas Paralelos.
- Puesta en funcionamiento del servidor de altas prestaciones recientemente adquirido con fondos del Plan de Mejoramiento de la función de I+D+i del MINCyT (ver contexto).

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Seis miembros del equipo poseen formación de postgrado a nivel de doctorado, uno de ellos es especialista en Cómputo de Altas Prestaciones. Uno completó su formación a nivel de maestría durante 2021, otro se encuentra en la etapa de defensa y otro en proceso de desarrollo en temas abordados por esta propuesta. Las tres tesis de maestría son codirigidas por docentes de la Universidad Católica de Maule (Chile), la Universidad Nacional de La Plata y la Universidad Nacional del Comahue. Nueve miembros están cursando la Especialización en inteligencia de datos orientada a Big Data (UNLP), ya en etapa de elaboración de sus trabajos finales. Cada línea I+D propuesta integra al menos un docente investigador experto en el campo de cada estudio específico. Todos los temas propuestos se trabajan con estudiantes de grado de las carreras Ingeniería en Sistemas y Licenciatura en Sistemas de la UNdeC (ambas acreditadas por CONEAU). Los docentes forman parte de los equipos de diversas asignaturas de estas carreras, entre las que se encuentran programación, arquitecturas

de computadoras y arquitecturas paralelas. Nueve docentes se encuentran categorizados en el programa de incentivos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Borkar y A. A. Chien, «The Future of Microprocessors», *Commun ACM*, vol. 54, n.º 5, pp. 67–77, may 2011, doi: 10.1145/1941487.1941507.
- [2] K. Ahmed y K. Schuegraf, «Transistor wars», *IEEE Spectr.*, vol. 48, n.º 11, pp. 50–66, nov. 2011, doi: 10.1109/MSPEC.2011.6056626.
- [3] V. V. Kindratenko *et al.*, «GPU clusters for high-performance computing», en *2009 IEEE International Conference on Cluster Computing and Workshops*, 2009, pp. 1–8.
- [4] J. Jeffers, J. Reinders, y A. Sodani, *Intel Xeon Phi Processor High Performance Programming: Knights Landing Edition*. Morgan Kaufmann, 2016.
- [5] A. Grama, A. Gupta, G. Karypis, y V. Kumar, *Introduction to Parallel Computing - Second Edition*. Pearson Education and Addison Wesley, 2003.
- [6] G. Hager y G. Wellein, *Introduction to high performance computing for scientists and engineers*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011.
- [7] J. Dongarra *et al.*, *Sourcebook of parallel computing*, vol. 3003. Morgan Kaufmann Publishers San Francisco, 2003.
- [8] F. E. Frati, «Software para arquitecturas basadas en procesadores de múltiples núcleos», Tesis, Facultad de Informática, 2015.
- [9] S. Ghosh, *Distributed Systems: An Algorithmic Approach*, 1.ª ed. University of Iowa, Iowa City, USA: Chapman and Hall/CRC, 2006.
- [10] M. S. De, M. Prager, R. E. Naranjo, y O. E. Sanclemente, «El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agroecológicas», *Agroecología*, vol. 7, n.º 1, pp. 19–34, 2012.
- [11] J. P. Hulsenbeck y F. Ronquist, «MrBayes: Bayesian inference of phylogeny», *Bioinformatics*, vol. 17, pp. 754–755, 2001.
- [12] A. Stamatakis, «RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies», *Bioinformatics*, vol. 30, n.º 9, pp. 1312–1313, may 2014, doi: 10.1093/bioinformatics/btu033.
- [13] M. A. Suchard, P. Lemey, G. Baele, D. L. Ayres, A. J. Drummond, y A. Rambaut, «Bayesian phylogenetic and phylodynamic data integration using BEAST 1.10», *Virus Evol.*, vol. 4, n.º 1, ene. 2018, doi: 10.1093/ve/vey016.
- [14] R. Nane *et al.*, «A Survey and Evaluation of FPGA High-Level Synthesis Tools», *IEEE Trans. Comput.-Aided Des. Integr. Circuits Syst.*, vol. 35, n.º 10, pp. 1591–1604, oct. 2016, doi: 10.1109/TCAD.2015.2513673.
- [15] S. Windh *et al.*, «High-Level Language Tools for Reconfigurable Computing», *Proc. IEEE*, vol. 103, n.º 3, pp. 390–408, mar. 2015.
- [16] R. Tessier, K. Pocek, y A. DeHon, «Reconfigurable Computing Architectures», *Proc. IEEE*, vol. 103, n.º 3, pp. 332–354, mar. 2015.
- [17] D. Ezhilmaran y P. R. B. Joseph, «A STUDY OF FEATURE EXTRACTION TECHNIQUES AND IMAGE ENHANCEMENT ALGORITHMS FOR FINGER VEIN RECOGNITION», p. 8, 2015.

- [18] A. Akusok, K. Björk, Y. Miche, y A. Lendasse, «High-Performance Extreme Learning Machines: A Complete Toolbox for Big Data Applications», *IEEE Access*, vol. 3, pp. 1011-1025, 2015.
- [19] M. Vallez y R. Pedraza, «El Procesamiento del Lenguaje Natural en la Recuperación de Información Textual y áreas afines», *Hipertext Net*, 2007.
- [20] J. Texier, F. E. Frati, F. B. Carmona, A. E. Riba, M. Pérez, y J. Zambrano, «La gestión de la información en abierto, vehículo importante para maximizar la visibilidad web», presentado en XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina), may 2016.
- [21] P. Gamallo Otero, J. C. Pichel Campos, M. García González, J. M. Abuín Mosquera, y T. Fernández Pena, «Análisis morfosintáctico y clasificación de entidades nombradas en un entorno Big Data», 2014.
- [22] S. W. D. Chien, C. P. Sishtla, S. Markidis, J. Zhang, I. B. Peng, y E. Laure, «An Evaluation of the TensorFlow Programming Model for Solving Traditional HPC Problems», en *International Conference on Exascale Applications and Software*, 2018, p. 34.
- [23] H. Guan, X. Shen, y H. Krim, «Egeria: A Framework for Automatic Synthesis of HPC Advising Tools Through Multi-layered Natural Language Processing», en *Proceedings of the International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis*, New York, NY, USA, 2017, p. 10:1–10:14.
- [24] P. Suber, *Ensuring open access for publicly funded research*. British Medical Journal Publishing Group, 2012.
- [25] A. Preukschat, *Blockchain: la revolución industrial de internet*. Gestión 2000, 2017.
- [26] L.-Y. Yeh, P. J. Lu, y J.-W. Hu, «NCHC blockchain construction platform (NBCP): rapidly constructing blockchain nodes around Taiwan», en *Digital Libraries (JCDL), 2017 ACM/IEEE Joint Conference on*, 2017, pp. 1–2.
- [27] H. Dai *et al.*, «TrialChain: A Blockchain-Based Platform to Validate Data Integrity in Large, Biomedical Research Studies», *ArXiv Prepr. ArXiv180703662*, 2018.
- [28] A. Botta, W. De Donato, V. Persico, y A. Pescapé, «On the integration of cloud computing and internet of things», en *Future internet of things and cloud (FiCloud), 2014 international conference on*, 2014, pp. 23–30.
- [29] P. Yue, H. Zhou, J. Gong, y L. Hu, «Geoprocessing in cloud computing platforms—a comparative analysis», *Int. J. Digit. Earth*, vol. 6, n.º 4, pp. 404–425, 2013.
- [30] D. Stanzial y C. E. Graffigna, «On the general connection between wave impedance and complex sound intensity», New Orleans, Louisiana, 2017, p. 055013. doi: 10.1121/2.0000797.
- [31] D. Stanzial y C. E. Graffigna, «Precision device for measuring the three dimensional spectra of complex intensity», New Orleans, Louisiana, 2017, p. 055014. doi: 10.1121/2.0000798.
- [32] R. Hernández-García *et al.*, «Fast Finger Vein Recognition Based on Sparse Matching Algorithm under a Multicore Platform for Real-Time Individuals Identification», *Symmetry*, vol. 11, n.º 9, p. 1167, sep. 2019, doi: 10.3390/sym11091167.
- [33] S. Guidet, R. J. Barrientos, R. Hernández-García, y F. E. Frati, «Exhaustive similarity search on a many-core architecture for finger-vein massive identification», *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1702, p. 012012, nov. 2020.
- [34] R. Millón, E. Frati, y E. Rucci, «A Comparative Study between HLS and HDL on SoC for Image Processing Applications», *Elektron*, vol. 4, n.º 2, pp. 100-106, dic. 2020.
- [35] S. Guidet y E. Frati, «Desarrollo de un método para identificación de personas por venas de dedo en grandes bases de datos.», presentado en VIII Jornadas Científicas de Estudiantes Investigadores, Chilecito, La Rioja, Argentina, oct. 2019.
- [36] A. Riperto y J. Texier, «Smart Contract en la generación de título de grado bajo infraestructura HPC», presentado en VII Jornadas Científicas de Estudiantes Investigadores, Chilecito, La Rioja, Argentina, oct. 2019.
- [37] A. Ortiz y I. Flores, «Sistema para el análisis de textos científicos a través de HPC», presentado en VIII Jornadas Científicas de Estudiantes Investigadores, Chilecito, La Rioja, Argentina, oct. 2019.
- [38] J. Zambrano y J. Texier, «Laboratorio de escritura: dispositivos de acompañamiento en escritura para estudiantes de la UNDeC.», presentado en 1er Congreso Internacional de Ingeniería Aplicada de Ibero-American Science & Technology Education Consortium, 2019.
- [39] R. Hernández-García, S. Guidet, R. J. Barrientos, y F. E. Frati, «Massive Finger-vein Identification based on Local Line Binary Pattern under Parallel and Distributed Systems», en *2019 38th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)*, 2019, pp. 1–7.
- [40] R. Millon, E. Rucci, y E. Frati, «Análisis Comparativo de Implementaciones HLS de Filtro Sobel en SoC», en *Libro de actas del XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación - CACIC 2020*, Buenos Aires, Argentina, oct. 2020, pp. 639-648.
- [41] R. Millon, F. E. Frati, y E. Rucci, «Implementación de Filtro de Detección de Bordes Sobel en SoC usando Síntesis de Alto Nivel», presentado en Congreso Argentino de Sistemas Embebidos (CASE2020)
- [42] S. Guidet, R. J. Barrientos, F. E. Frati, y R. Hernández-García, «Finger-vein individuals identification on massive databases», presentado en VIII Conference on Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics, 2020.
- [43] F. E. Frati *et al.*, «Software y aplicaciones en computación de altas prestaciones para el contexto de la UNDeC», presentado en XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2020, El Calafate, Santa Cruz), 2020.
- [44] F. E. Frati *et al.*, «Software y aplicaciones en computación de altas prestaciones para el contexto de la UNDeC», presentado en XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2019, Universidad Nacional de San Juan)., abr. 2019.

TOMA DE DECISIONES EN SISTEMAS DE EVENTOS MEDIANTE INTELIGENCIA COMPUTACIONAL Y COMPUTACIÓN DE ALTO DESEMPEÑO

Esteban Schab^(1,3), Mariela Lopresti⁽²⁾, Natalia Miranda⁽²⁾,
Carlos Casanova^(1,3) y Fabiana Piccoli^(1 y 2)

⁽¹⁾ Universidad Autónoma de Entre Ríos, Concepción del Uruguay

⁽²⁾ LIDIC- Univ. Nacional de San Luis, San Luis

⁽³⁾ Univ. Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Concepción del Uruguay
Argentina

{omlopres,nemiran, mpiccoli}@unsl.edu.ar

{schabe, casanovac}@frcu.utn.edu.ar

RESUMEN

La toma de decisiones en contextos dominados por grandes volúmenes de datos debe conjugar dos atributos usualmente contrapuestos: calidad y velocidad. La disponibilidad de información generada por personas y dispositivos abre nuevos desafíos en el diseño de mecanismos para aprovecharla. Estos deben ser capaces de determinar las decisiones de mayor utilidad sujetas a ventanas temporales que garanticen su factibilidad. Uno de estos mecanismos lo constituyen las distintas analíticas, las cuales buscan transformar los datos en información a través de técnicas diversas. En este trabajo proponemos dos líneas de investigación, una enfocada en la analítica prescriptiva, capaz de determinar acciones a ser ejecutadas en el momento (decisiones operativas) o en el futuro (decisiones tácticas para corto y mediano plazo, decisiones estratégicas para largo plazo) para lograr un objetivo deseado; la otra relacionada con las técnicas de aprendizaje supervisado y la recuperación de información no estructurada. En ambos, se propone la utilización de desarrollos provenientes de la Inteligencia Computacional y de la Computación de Alto Desempeño con el fin de obtener, de forma colaborativa, calidad y velocidad en las decisiones.

Palabras clave: Inteligencia Computacional. Analíticas. Big Data. Computación de Alto Desempeño.

CONTEXTO

Esta propuesta de trabajo se lleva a cabo dentro de los proyectos de investigación: “Tecnologías Avanzadas aplicadas al Procesamiento de Datos Masivos” (LIDIC, UNSL) y “Cómputo de Altas Prestaciones

aplicado a la Solución de Grandes Problemas” (UADER).

1. INTRODUCCIÓN

La mejora continua y adaptativa de los procesos de negocio resulta clave para mantener la competitividad de las organizaciones. En este contexto, la digitalización de los procesos, así como el incremento en las tecnologías de monitoreo, han llevado a producir una enorme cantidad de datos, los cuales tienen un gran potencial para mejorar los procesos conducidos por analíticas [9][12][30].

Las analíticas buscan transformar los datos en conocimiento para la toma de decisiones [11], y se distinguen cuatro tipos de analíticas según el nivel de automatización del proceso [17]. Ellas son:

- Descriptivas: intentan responder qué ha pasado o está pasando.
- Diagnósticas: por qué ha pasado o está pasando, analizando para ello datos históricos [26].
- Predictivas: buscan responder qué sucederá, aplicando el conocimiento para predecir nuevos datos sobre el presente o el futuro (pronóstico) [6].
- Prescriptivas: responden qué debería hacerse para lograr un objetivo, esto es, determina acciones a ser ejecutadas en el momento (decisiones operativas) o en el futuro (decisiones tácticas para corto y mediano plazo, decisiones estratégicas para largo plazo).

Cabe aclarar que ninguno de los tres primeros enfoques sugiere acciones concretas, sino que descansan en el juicio subjetivo y las habilidades analíticas del usuario para deducir acciones de mejora [26] [27].

Si bien el volumen de datos generados por personas y dispositivos se encuentra en continuo crecimiento, y a pesar de los avances tecnológicos, en general, las analíticas de procesos existentes dentro de la industria actual no aprovechan completamente el conocimiento oculto debido a las siguientes limitaciones [9]:

- a. No hacen uso de técnicas prescriptivas para transformar los resultados del análisis en acciones de mejora concretas, dejando este paso completamente a criterio del usuario.
- b. Hacen un uso intensivo de datos de sistemas en producción, generando un deterioro en el desempeño de las herramientas de software que soportan los procesos.
- c. La optimización es conducida *ex post*, después de completado el proceso, en contraste a la mejora proactiva durante la ejecución del proceso.

En el área de datos masivos (o *Big Data*), se identifica como área emergente el procesamiento de *datastreams*, también llamado *Data Stream Mining* [2][14][24]. Un *datastream* es una representación digital y transmisión continua de datos, los cuales describen una clase de eventos relacionada [23] [32]. Mediante el procesamiento de estos *datastreams* se puede lograr la respuesta en tiempo real a los eventos en forma de toma de decisiones.

Los grandes volúmenes de datos generados pueden ser utilizados en algoritmos de diversa índole para la generación de analíticas, particularmente las descriptivas y predictivas, utilizando por ejemplo aprendizaje supervisado o no supervisado. Existe, sin embargo, una dificultad en lo relativo a las analíticas prescriptivas: no cuentan con un “profesor” [25] que les enseñe qué acción tomar en cada circunstancia. Un tipo de aprendizaje que no necesita de un profesor es el llamado aprendizaje por refuerzo. En este esquema es el propio agente quien es capaz de juzgar y criticar sus acciones con base en sus percepciones y de alguna medida de aptitud, recompensa o refuerzo. La tarea del aprendizaje por refuerzo es usar recompensas observadas para aprender una política óptima (o aproximadamente óptima) del entorno, sin asumir ningún conocimiento *a priori* [25][29]. Esta política le dice al agente qué hacer en cada estado posible a alcanzar.

Por otra parte, la Inteligencia Computacional (IC), que toma su inspiración de la naturaleza [13], apunta a resolver los problemas aprovechando la imprecisión y la incertidumbre presente en el proceso de toma de decisiones brindando las “soluciones más satisfactorias”. Por ello, el aprendizaje por refuerzo en combinación con técnicas de IC son un activo fundamental para la elaboración de analíticas prescriptivas que permitan resolver problemas concernientes a la toma de decisiones en contextos de incertidumbre.

Cualquiera sea la analítica, su generación debe ser lo suficientemente rápida como para procesar los *datastreams* generados en forma continua por el sistema, esto implica el uso de técnicas y herramientas de Computación de Alto Desempeño (HPC).

En la siguiente sección se describen con mayor detalle las características de las líneas de investigación.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

En este contexto de Procesos de negocio y su mejora, los *datastreams* abren nuevas y amplias oportunidades para la creación de valor en las organizaciones. A través de su procesamiento se puede conseguir respuesta en tiempo real a eventos en forma de toma de decisiones.

En [8][10][32] encontramos distintos enfoques para la definición de eventos en un proceso de negocio, variando en su complejidad. Una secuencia o flujo de eventos (*Event Stream*) es una serie ordenada y potencialmente ilimitada de eventos [21]. Los flujos de eventos se generan y utilizan en muchos sistemas. Ejemplo de ellos son:

- Bancos y otros sistemas de atención al público: En ellos la generación de *datastreams* es causada por los sistemas de gestión de atención implementados [19]. Estos sistemas en general utilizan modelos relacionales de bases de datos y, si bien permiten la elaboración de analíticas, puede resultar inapropiada su implementación. En un contexto de *Software as a Service* (SaaS) [31], el desempeño del sistema de atención, puede colapsar ante las continuas consultas

por monitoreo. Por tal motivo, la generación y el procesamiento en paralelo al sistema de atención de los eventos como *datastreams*, puede ser la tecnología de base para un monitoreo eficiente.

- Enrutamiento de vehículos: conocido por sus siglas VRP (*Vehicle Routing Problem*) [3], con suministro de información y reencaminamiento en tiempo real, orientado a la búsqueda de un paradigma de movilidad inteligente [16]. Dentro de este problema se pueden estudiar de forma particular o en conjunto la logística urbana, el transporte de personas y los conductores individuales. En este caso los *datastreams* son generados de forma distribuida por cada agente involucrado y pueden ser procesados de forma centralizada o distribuida según el esquema elegido y los recursos disponibles.

Partiendo del objetivo general de lograr la Optimización de procesos de negocio por recomendación, surgen dos líneas de investigación. La primera propone la composición de modelos de analítica prescriptiva para superar los inconvenientes descritos. Estos modelos serán parte esencial de un proceso de mejora continua basado en la recomendación de acciones operativas y tácticas a fin de mantener el rendimiento del sistema en los valores deseados.

La segunda línea, está relacionada con el aprendizaje supervisado. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden resolver de manera eficiente problemas con grandes conjuntos de datos complejos de distintas fuentes: web, redes sociales, eventos, teléfonos, telescopios, imágenes satelitales, entre otros. El algoritmo k-NN es muy conocido y ampliamente utilizado por su sencillez y robustez, descrito en 1967 por Cover y Hart [5]. Este método se basa en la idea intuitiva de que objetos similares pertenecen a la misma clase, entonces la clase de un objeto puede ser inferida a partir de la clase a la que pertenecen los objetos (o el objeto) más parecidos de la muestra de aprendizaje. La idea de similitud se refleja formalmente en el concepto de distancia.

La implementación más simple de k-NN tiene como gran inconveniente determinar los k-vecinos más cercanos de un objeto. Para esto se

requiere calcular las distancias entre él y todos los demás objetos de entrenamiento. Con el tamaño creciente de los conjuntos de datos, este enfoque se vuelve ineficiente, resultando en una búsqueda de complejidad lineal. Se han desarrollado variantes de k-NN, las cuales no sólo consideran la forma en que se comparan los objetos, sino también en las técnicas de programación, como es el caso de HPC, en particular GPU.

Para la primera línea, se propone el uso de agentes de aprendizaje por refuerzo [29], junto a técnicas provenientes de la Inteligencia Computacional: redes neuronales como modelos, teoría de conjuntos difusos como lenguaje de especificación, y métodos numéricos y metaheurísticos para el entrenamiento de tales modelos [7][28][33]. Para la segunda, el objetivo es acelerar y mejorar los métodos k-NN desarrollados considerando su utilización en problemas con grandes volúmenes de datos.

En ambos casos, se considera satisfacer la necesidad de dar rápida respuesta a los procesos de negocios dinámicos, en consecuencia es mandatorio pensar en la aplicación de modelos/paradigmas de HPC [9][15][22] portables, particularmente en GPU.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Por un lado, se encuentra en desarrollo un agente de aprendizaje por refuerzo para un caso de enrutamiento de vehículos, con suministro de información y re-encaminamiento en tiempo real. Este caso es uno de logística urbana. Se espera completar el desarrollo de un modelo prescriptivo dirigido por los datos, basado en la recomendación automática y proactiva de acciones operativas y tácticas destinadas a mantener los indicadores de rendimiento del sistema dentro de los valores deseados. Por el otro, se está trabajando en la adecuación de las implementaciones paralelas de k-NN considerando múltiples GPU.

Como uno de los objetivos es lograr soluciones paralelas portables, de costo predecible, capaz de explotar las ventajas de modernos ambientes HPC a través de

herramientas y “frameworks de computación” de alto nivel [15][22], los primeros desarrollos se están haciendo en GPU Nvidia con CUDA [18], y se prevé el uso de otras tecnologías como OpenCL[4] y OneAPI[20].

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Los resultados esperados respecto a la formación de recursos humanos son el desarrollo de 1 tesis de doctorado, 2 de maestría y de varias tesinas de grado en las universidades intervinientes.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M.Barrionuevo, M.Lopresti, N.Miranda, and M.F. Piccoli. “Solving a big-data problem with gpu: the network traffic analysis”. *Journal of Comp. Sc. and Techn.*, 15(01): Pp.30–39, Apr. 2015.
- [2] A. Bifet and J. Read. “Ubiquitous artificial intelligence and dynamic data streams”. In *Proceedings of the 12th ACM International Conference on Distributed and Event-Based Systems, DEBS '18*, Pp. 1–6, Association for Computing Machinery. New York, USA, 2018.
- [3] K. Braekers, K. Ramaekers and I. Van Nieuwenhuysse, "The vehicle routing problem: State of the art classification and review", *Comp. & Ind. Eng.*, vol. 99, pp. 300-313, 2016.
- [4] M. Breyer, G. Daiss and D. Pflüger. “*Performance-Portable Distributed k-Nearest Neighbors Using Locality-Sensitive Hashing and SYCL*”. *Int. Workshop on OpenCL*. ISBN 9781450390330. Association for Computing Machinery. 2021
- [5] T. Cover and P. Hart. 1967. *Nearest neighbor pattern classification*. *IEEE Transactions on Information Theory* 13, 1, 7. Jan. 1967. doi.org/{10.1109/tit.1967.1053964.
- [6] G. Deka. "Big data predictive and prescriptive analytics". In *Handbook of research on cloud infrastructures for Big Data analytics*. IGI Global. p. 370-391. 2014.
- [7] A. Ebrahimnejad and J. L. Verdegay. “Fuzzy sets-based methods and techniques for modern analytics”. Springer Int. Publishing. 2018.
- [8] O. Etzion and P. Niblett, "Event processing in action", Manning, 2011.
- [9] C. Gröger, H. Schwarz, and B. Mitschang. “Prescriptive analytics for recommendation-based business process optimization”. In *Int. Conf. on Business Information Systems*, pages 25–37. Springer, 2014.
- [10] A. Hinze, K. Sachs and A. Buchmann. "Event-based applications and enabling technologies". *Proc. Third ACM Int. Conf. on Dist. Event-Based Systems*. pp. 1-15. 2009.
- [11] C. Holsapple, A. Lee-Post and R. Pakath. “A unified foundation for business analytics. *Decision Support Systems*”, 64:130{141, 2014.
- [12] M. Kaur Saggi and S. Jain. “A survey towards an integration of big data analytics to big insights for value-creation”. *Inf. Proc.& Management*, 54(5):758-790, 2018.
- [13] J. Keller, D. Liu and D. Fogel. "Fundamentals of computational intelligence: neural networks, fuzzy systems, and evolutionary computation". Wiley & Sons. 2016.
- [14] T. Kolajo, D. Olawande and A. Ayodele. "Big data stream analysis: a systematic literature review". *Journal of Big Data*, vol. 6, no 1, pp. 1-30, 2019.
- [15] S. Kurgalin and S. Borzunov, “A Practical Approach to High-Performance Computing”. Springer. 2019.
- [16] S. Melo, J. Macedo and P. Baptista, "Guiding cities to pursue a smart mobility paradigm: An example from vehicle routing guidance and its traffic and operational effects". *Research in Transp. Economics*, vol. 65, p. 24-33, 2017.
- [17] M. Minelli, M. Chambers, and A. Dhiraj. “Big data, big analytics: emerging business intelligence and analytic trends for today’s businesses”. Vol. 578. Wiley & Sons, 2013.
- [18] Nvidia. “*CUDA C++ Programming Guide, Design Guide*”.

- https://docs.nvidia.com/cuda/pdf/CUDA_C_Programming_Guide.pdf. 2019.
- [19] T. Olanrewaju. "The rise of the digital "bank."<https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/ourinsights/the-rise-of-the-digital-bank/>. Accessed: 2020.
- [20] OneAPI Specification, release 1.0-rev 3. <https://spec.oneapi.com/versions/1.0-rev-3/>. 2020.
- [21] T. J. Owens, "Survey of event processing", Air Force Research Lab Rome NY Inf. Directorate, 2007.
- [22] P. Pacheco. "An Introduction to Parallel Programming", 1Ed., San Francisco, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2011.
- [23] F. Pigni, G. Piccoli, and R. Watson. "Digital data streams: Creating value from the real-time flow of big data". *California Management Review*, 58(3):5–25, 2016.
- [24] S. Ramírez-Gallego, B. Krawczyk, S. García, M. Wozniak and F. Herrera. "A survey on data preprocessing for data stream mining: Current status and future directions". *Neurocomputing*, 239:39 – 57, 2017.
- [25] S. Russell and P. Norvig. "Inteligencia Artificial: un enfoque moderno". 2004.
- [26] R. Sharda, D. Delen, and E. Turban. "Business Intelligence and Analytics". 2015.
- [27] R. Sharda, D. Delen, and E. Turban. "Analytics, Data Science, & Artificial Intelligence". 2020.
- [28] N. Siddique and H. Adeli. "Computational intelligence: synergies of fuzzy logic, neural networks and evolutionary computing". Wiley & Sons, 2013.
- [29] R. Sutton and A. Barto. "Reinforcement learning: An introduction". MIT press. 2018.
- [30] U. Thirathon, B. Wieder, Z. Matolcsy and M.L. Ossimitz. "Impact of big data analytics on decision making and performance". In *Int. Conf. on Enterprise Systems, Accounting and Logistics*, 2017.
- [31] M. Turner, D. Budgen and P. Brereton, "Turning software into a service". In *Computer*, vol. 36, no. 10, pp. 38-44, Oct. 2003.
- [32] C. Wrench, et al. "Data stream mining of event and complex event streams: A survey of existing and future technologies and applications in big data." *Enterprise Big Data Engineering, Analytics, and Management*. IGI Global, 2016. Pp. 24-47.
- [33] L.A. Zadeh. "Fuzzy logic, neural networks, and soft computing". *Comm. ACM* 37,3, 77–84. <https://doi.org/10.1145/175247.175255>. March 1994.

PSST – Procesamiento de Señales y Sistemas en Tiempo Real

Métricas de rendimiento, aplicaciones de datos masivos e inteligencia artificial en cómputo paralelo y distribuido

Javier Balladini¹, Marina Morán¹, Claudio Zanellato¹, Claudia Rozas¹, Rodrigo Cañibano¹,
Cristina Orlandi², Armando De Giusti³, Remo Suppi⁴, Dolores Rexachs⁴, Emilio Luque⁴,
Emmanuel Frati⁵

¹ Facultad de Informática, Universidad Nacional del Comahue
{javier.balladini, marina, claudio.zanellato, claudia.rozas, rcanibano}@fi.uncoma.edu.ar

² Hospital Francisco Lopez Lima - orlandi.mariacristina@gmail.com

³ Instituto de Investigación en Informática LIDI, Universidad Nacional de La Plata - degiusti@lidi.info.unlp.edu.ar

⁴ Departamento de Arquitectura de Computadores y Sistemas Operativos, Universidad Autónoma de Barcelona
{remo.suppi, dolores.rexachs, emilio.luque}@uab.es

⁵ Universidad Nacional de Chilecito, fefrati@undec.edu.ar

Resumen

Los grandes avances tecnológicos de los sistemas de cómputo paralelo y distribuido hacen viable nuevas soluciones a problemas. Por un lado, nos enfocamos en métricas de rendimiento. En particular, nos abocamos a métricas energéticas que cobraron enorme relevancia debido al gran número de unidades de procesamiento que componen los sistemas de cómputo. Por otro lado, buscamos aplicar técnicas de cómputo paralelo y distribuido para brindar soluciones en el sector salud. En especial, nos orientamos a sistemas de alertas tempranas de gravedad, basadas en inteligencia artificial. Una aplicación está destinada a Unidades de Cuidados Intensivos, que debe tratar con datos masivos, y otra aplicación tiene como fin la clasificación del nivel de gravedad de pacientes con COVID-19, que presenta una arquitectura distribuida, tolerante a fallos y de simple administración. Los trabajos se desarrollan en colaboración con otras universidades, y un hospital público de Argentina. La formación de recursos humanos en estas líneas está orientada al nivel de tecnicatura, grado, maestría y doctoral.

Palabras claves: computación de altas prestaciones, eficiencia energética, big data, salud, inteligencia artificial.

1. Contexto

Las líneas de investigación aquí presentadas están enmarcadas dentro del proyecto de investigación 04/F017 "Cómputo paralelo y distribuido: métricas de rendimiento, aplicaciones de big data e inteligencia artificial", financiado por la Universidad Nacional del Comahue (UNComa), con inicio el 01/01/2021 y finalización el 31/12/2024, acreditado por el Ministerio de Educación de Argentina.

La mayoría de los temas de investigación surgieron en proyectos anteriores acreditados. El eje de aplicaciones para la salud, que involucra temáticas de inteligencia artificial y Big Data, se desarrolla en colaboración con el Hospital Francisco López Lima de General Roca (Río Negro) y con interés del Ministerio de Salud de la Provincia de Río Negro. El eje de métricas de rendimiento de los sistemas de cómputo paralelo, se desarrolla en colaboración con el Instituto de Investigación en Informática LIDI de la Universidad Nacional de La Plata, el grupo de investigación "High Performance Computing for Efficient Applications and Simulation" de la Universidad Autónoma de Barcelona, España, y con la Universidad Nacional de Chilecito, La Rioja.

2. Introducción

Numerosas aplicaciones informáticas que requieren el procesamiento de grandes volúmenes de datos están surgiendo gracias al uso de tecnologías de cómputo paralelo y distribuido, que hasta hace unos años eran excepcionales. La masificación tecnológica y consecuente reducción de costos hizo que se pueda pensar en el desarrollo de nuevas aplicaciones que tengan un fuerte impacto social. En particular, nos interesamos principalmente en el sector de salud.

A su vez, nos enfocamos en las métricas de eficiencia computacional y energética de los sistemas de cómputo paralelo y distribuido. Desde los inicios de la computación las métricas de interés se relacionaban únicamente con la eficiencia computacional. Actualmente, las métricas de rendimiento energéticas en muchos casos superan en relevancia a la velocidad de cómputo. En particular, nos hemos orientado a la gestión del consumo energético de estos sistemas, para reducir su impacto económico, medioambiental y social.

A continuación se introduce la motivación y problemática de ambas líneas de investigación.

2.1. Aplicaciones para la salud

Unidad de Cuidados Intensivos

Una Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) provee cuidados continuos y rigurosos a personas adultas críticamente enfermas que pueden beneficiarse de tratamiento, y da un buen morir a pacientes irrecuperables. Los datos de los pacientes involucran datos clínicos de baja frecuencia y flujos de datos fisiológicos de alta frecuencia generados por el equipamiento médico. En una UCI típica, los enfermeros completan manualmente datos en formularios, registrando datos clínicos y fisiológicos. Los datos fisiológicos se obtienen por observación de las pantallas del equipamiento médico a intervalos de tiempo que definen los médicos para cada paciente. El equipamiento médico emite alertas cuando hay riesgo en la salud del paciente basándose en mediciones de parámetros. Luego, los médicos analizan los datos de los formularios y dan

a los enfermeros indicaciones de tratamientos.

Los principales problemas que ocurren en las UCIs típicas son: (a) gestión de la información es proclive a errores humanos, (b) pérdida de datos entre registros de enfermería, (c) detección tardía del deterioro de la salud de los pacientes. Las causas tienen origen en el tratamiento manual de la información (lento y propenso a errores), y cuyos efectos incluyen diagnósticos imprecisos o incorrectos o retrasados, inconsistencias en la información, menos datos para investigaciones médicas, y mayores necesidades de recursos humanos. En la mayoría de las UCIs del país, no hay médicos intensivistas durante las 24hs, y hay sobrecarga laboral, impactando negativamente en la salud de los pacientes.

Las soluciones se orientan a sistema expertos de detección automática, temprana y progresiva del deterioro de pacientes, tal como los propuestos en [1, 10, 13].

DetECCIÓN DE RIESGO EN PACIENTES CON COVID-19

El 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud dictaminó la pandemia de COVID-19. El sistema sanitario argentino tiene su límite crítico en la cantidad de enfermeros disponibles por habitantes, con un número de 2,6 enfermos cada mil habitantes en contra parte de los 5,7 que tienen España e Italia¹, quienes no han podido contener la situación con ese personal. Esta situación generó que los recursos humanos especializados escaseen.

El “triage” es un método que permite la organización y optimización de los recursos en situaciones críticas, seleccionando y clasificando a los pacientes en diferentes niveles de gravedad para una correcta asignación de la atención. Este método fue aplicado en China [11] en pacientes con COVID-19 por medio de la adaptación de uno de los sistemas de alertas tempranas más conocido y validado. Esto permite mejorar el rendimiento del personal, reduciendo los controles en pacientes estables y

¹Datos relevados en 2017 por el Banco Mundial (<https://datos.bancomundial.org>).

aumentando los mismos en pacientes graves, y reducir la mortalidad hospitalaria inesperada en áreas de internación general.

Si bien el triage puede ser realizado mediante cálculos hechos a mano, no solo se agregaría una nueva tarea al personal de salud sino que sería un método muy propenso a errores humanos y por ende poco fiable. En consecuencia, estamos desarrollando un sistema informático inteligente que implemente un sistema de alerta temprana para pacientes en internación general con COVID-19, que realiza un triage a través del análisis automático y en tiempo real de datos clínicos, clasificando a los pacientes según el riesgo, emitiendo alertas al personal de salud, y permitiendo organizar y optimizar recursos humanos. El sistema, a partir de la carga de datos de enfermería, comorbilidades, resultados radiológicos y de laboratorio, predice la gravedad de los pacientes (bajo, moderado, alto, crítico). No conocemos actualmente sistemas de este tipo.

2.2. Métricas de rendimiento - eficiencia energética en HPC

La computación de alto rendimiento (HPC) sigue aumentando su rendimiento computacional y su eficiencia energética. Por ejemplo, el superordenador Fugaku, la supercomputadora más rápida del mundo en el ranking Top500, presenta 442 PFlops frente a los 148,6 PFlops de su predecesor, Summit. Estas máquinas, al momento de ingresar al Top500 se encontraban entre las diez de mayor eficiencia energética del ranking Green500, con alrededor de 15 GFlops/W. Sin embargo, como las máquinas aumentan enormemente de tamaño, el consumo de energía sigue incrementándose; mientras que la computadora Summit tiene un consumo de 10 MW, Fugaku tiene casi 30 MW (aproximadamente lo mismo que consume una ciudad de 400.000 habitantes). Como este aumento del consumo de energía no es sostenible, es necesario reducirlo.

La computación ecológica es el estudio y la práctica de la computación ambientalmente sostenible. Ella se ocupa de diferentes aspectos

de los sistemas de cómputo: diseño, manufactura, eliminación, y uso. Este último aspecto, el uso ecológico, se refiere al uso de los sistemas de cómputo con conciencia ambiental. Es posible reducir el consumo de energía de los sistemas de cómputo utilizando diferentes estrategias que deben ser consideradas a nivel del software [9, 6], y consisten en realizar cambios en la configuración del sistema (escalado dinámico de frecuencia y tensión, e hibernación de recursos) o en las aplicaciones (uso adecuado de la jerarquía de memoria, rediseño de algoritmos, planificación de tareas, y asignación de tareas a recursos hardware).

El aumento significativo de la cantidad de unidades de procesamiento causa el incremento del consumo de energía y la disminución de la confiabilidad del sistema de cómputo. Así, a poco tiempo de arribar a la era exaescala (o ya en ella para aplicaciones que requieren ejecutar operaciones de baja complejidad), la tolerancia a fallos y el consumo energético se han identificado como los dos mayores desafíos a enfrentar [12, 8]. En consecuencia, proponemos desarrollar metodologías, modelos y software para gestionar el consumo energético, en especial al utilizar mecanismos de tolerancia a fallos en máquinas paralelas de tipo cluster.

3. Líneas de investigación

El eje central de nuestra investigación es desarrollar metodologías, modelos y soluciones informáticas para colaborar en la resolución de problemas de cómputo paralelo y distribuido, que puedan tener una alta demanda computacional e impacto social en el campo de la salud, y en la reducción del consumo energético de sistemas de HPC.

3.1. Aplicaciones para la salud

UCI: Nuestro sistema intenta emular el comportamiento de un médico intensivista experto, dando recomendaciones para la toma de decisiones clínicas, con el objetivo de reducir la incertidumbre sobre el diagnóstico, las opciones de tratamiento y el pronóstico. La solución

requiere la aplicación de técnicas de cómputo paralelo y distribuido para procesamiento en tiempo real de algoritmos de inteligencia artificial sobre grandes volúmenes de datos. A diferencia de otras alternativas, nuestro objetivo se orienta a la construcción de un sistema multihospitalario (con el fin de incrementar el volumen de datos y consecuente extracción de conocimiento) con soporte de telemedicina, que integre componentes de software libre maduros, que nosotros optimizados para nuestro dominio, que sea seguro, tolerante a fallos y resiliente.

COVID-19: Nuestro objetivo es construir un sistema y modelo computacional de alerta temprana para pacientes con COVID-19, inicialmente basado en el conocimiento de personal experto en salud, y posteriormente mejorado mediante técnicas de aprendizaje automático. La complejidad de la arquitectura del sistema no está en la alta demanda computacional sino en evitar el uso de servidores estándares en los hospitales (a fin de simplificar la administración multihospitalaria), y que el sistema local de un hospital se mantenga operativo ante fallos de conexión con la nube, utilizando únicamente dispositivos móviles.

3.2. Métricas de rendimiento - consumo energético en HPC

Nos centramos en el desarrollo de metodologías, modelos y construcción de software para administrar y gestionar el consumo de energía y prestaciones computacionales de sistemas de cómputo paralelo. Actualmente, nuestro principal objetivo es la gestión energética en mecanismos de tolerancia a fallos basados en checkpoints.

4. Resultados y objetivos

4.1. Aplicaciones para la salud

UCI: En [5] presentamos un análisis del estado general de la UCI del hospital Francisco López Lima, y la propuesta del diseño de alto nivel del sistema. En [2] presentamos el diseño

de la infraestructura del sistema de procesamiento de reglas clínicas y un prototipo. En [3] propusimos la herramienta como mejora de la prestación de servicios integrados de cuidados intensivos de la salud. En [7] presentamos una optimización de la administración de datos de curvas fisiológicas. Próximos objetivos: continuar con el desarrollo de hardware y software para extraer datos del equipamiento médico, desarrollar aplicaciones para el procesamiento eficiente de señales, manejo de errores en datos fisiológicos, optimización de la infraestructura de datos masivos de tiempo real para el procesamiento de reglas clínicas, y el desarrollo de una aplicación para la interacción del sistema con médicos y enfermeros.

COVID-19: Estamos completando la primera versión del sistema informático (COVINDEX), que implementa modelos de alertas tempranas. El sistema se compone de una aplicación web, una aplicación móvil y una aplicación que ejecuta en un servidor en la nube. A partir de los datos históricos que se recolecten de pacientes, se calibrará periódicamente el sistema de alerta temprana de insuficiencia respiratoria, sobre la base de técnicas de aprendizaje automático, para aumentar la capacidad predictiva del sistema. Aún no se cuenta con publicaciones científicas. Próximos objetivos: estamos trabajando en conjunto con el Ministerio de Salud de la Provincia de Río Negro para construir un sistema adaptable a otras enfermedades y para el uso en pacientes con enfermedades no contempladas de manera específica, que permita derivaciones de pacientes entre hospitales y un control general de la situación por parte del ministerio.

4.2. Métricas de rendimiento - consumo energético en HPC

Los métodos de tolerancia a fallos tienen fuerte incidencia en el consumo energético de los sistemas de HPC, y resulta de suma importancia conocer, antes de ejecutar una cierta aplicación, el impacto que pueden producir los diferentes métodos y configuraciones del mismo. En [4], presentamos una metodología para

predecir el consumo energético producido por el método de checkpoint coordinado remoto, y en [15] expusimos un análisis de los factores que afectan el consumo energético de operaciones de checkpoint y restart en clusters. En [14] propusimos un modelo para estimar el consumo energético de operaciones de checkpoint y restart, y un método para su construcción. En [16] presentamos estrategias para checkpoints no coordinados que, al momento de un fallo de un nodo, permiten gestionar y reducir el consumo energético de los nodos que no han fallado; se construyó también un modelo energético y un simulador que permite evaluar las estrategias. Próximos objetivos: se está ampliando el simulador para contemplar más situaciones como las operaciones no bloqueantes y las esperas en cascada causadas por las dependencias entre procesos.

Se dictó un curso de posgrado “Análisis de rendimiento de aplicaciones paralelas” (colaboración UNCo / UNdeC) y una capacitación sobre “Eficiencia Energética en Sistemas de Cómputo” (colaboración UNCo / UNdeC / Red UNCI).

5. Formación de recursos humanos

El equipo de trabajo de la Universidad Nacional del Comahue tiene un Doctor y un Máster, una estudiante de Doctorado y dos estudiantes de Maestría. Tres estudiantes de grado están realizando trabajos de tesis, y hay un estudiante de tecnicatura. En 2021 no se ha finalizado ninguna tesis.

Referencias

- [1] S. Balaji, M. Patil, and C. McGregor. A cloud based big data based online health analytics for rural nicus and picus in india: Opportunities and challenges. In *2017 IEEE 30th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)*, pages 385–390, 2017.
- [2] Javier Ballardini, Pablo Bruno, Rafael Zurita, and Cristina Orlandi. An automatic and early detection of the deterioration of patients in intensive and intermediate care units. *Journal of Computer Science and Technology*, 18(03):e25, Dec. 2018.
- [3] Javier Ballardini, Pablo Bruno, Rafael Zurita, Cristina Orlandi, Remo Suppi, Dolores Rexachs, and Emilio Luque. A tool for improving the delivery of integrated intensive health care performance. *International Journal of Integrated Care*, 19(4), 07/2019 2019.
- [4] Javier Ballardini, Marina Morán, Dolores Rexachs, and Emilio Luque. Metodología para predecir el consumo energético de checkpoints en sistemas de hpc. *XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2014)*, 2014.
- [5] Javier Ballardini, Claudia Rozas, Emmanuel Frati, Nestor Vicente, and Cristina Orlandi. Big data analytics in intensive care units: challenges and applicability in an argentinian hospital. *Computer Science and Technology (JCST)*, 2015.
- [6] Aurelien Bouteiller, Franck Cappello, Jack Dongarra, Amine Guermouche, Thomas Héroult, and Yves Robert. Multi-criteria checkpointing strategies: Response-time versus resource utilization. In *European Conference on Parallel Processing*, pages 420–431. Springer, 2013.
- [7] Rodrigo Cañibano, Claudia Rozas, Cristina Orlandi, and Javier Ballardini. Data management optimization in a real-time big data analysis system for intensive care. In *Conference on Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics*, pages 93–107. Springer, Cham, 2020.
- [8] Franck Cappello, Al Geist, William Gropp, Sanjay Kale, Bill Kramer, and Marc Snir. Toward exascale resilience: 2014 update. *Supercomputing Frontiers and Innovations*, 1(1), 2014.
- [9] Mohammed El Mehdi Diouri, Olivier Glück, Laurent Lefèvre, and Franck Cappello. Ecofit: A framework to estimate energy consumption of fault tolerance protocols for hpc applications. In *Proceedings of the 13th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud, and Grid Computing*, pages 522–529, 2013.
- [10] Jagreet Kaur and Dr. Kulwinder Singh Mann. AI based HealthCare platform for real time, predictive and prescriptive analytics using reactive programming. *Journal of Physics: Conference Series*, 933:012010, jan 2018.
- [11] Xuelian Liao, Bo Wang, and Yan Kang. Novel coronavirus infection during the 2019–2020 epidemic: preparing intensive care units-the experience in sichuan province, china. *Intensive care medicine*, 46(2):357–360, 2020.
- [12] Yongpeng Liu and Hong Zhu. A survey of the research on power management techniques for high-performance systems. *Software: Practice and Experience*, 40(11):943–964, 2010.
- [13] Fernando López-Martínez, Edward Rolando Núñez-Valdez, Vicente García-Díaz, and Zoran Bursac. A case study for a big data and machine learning platform to improve medical decision support in population health management. *Algorithms*, 13(4), 2020.
- [14] M. Morán, J. Ballardini, D. Rexachs, and E. Luque. Prediction of energy consumption by checkpoint/restart in hpc. *IEEE Access*, 7:71791–71803, 2019.
- [15] Marina Morán, Javier Ballardini, Dolores Rexachs, and Emilio Luque. Factores que afectan el consumo energético de operaciones de checkpoint y restart en clusters. *XXIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2018)*, 2018.
- [16] Marina Morán, Javier Ballardini, Dolores Rexachs, and Enzo Rucci. Towards management of energy consumption in hpc systems with fault tolerance. In *2020 IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON)*, pages 1–8, 2020.

Modelos Matemáticos y Aritmética Computacional

Javier Giacomantone - Oscar Bria

Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)
Facultad de Informática – UNLP

Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)
La Plata, Buenos Aires

{jog, onb}@lidi.info.unlp.edu.ar

Resumen

Los modelos matemáticos determinísticos y probabilísticos permiten el análisis, diseño e implementación de distinto tipo de sistema. Los métodos computacionales y el desarrollo de técnicas aritméticas discretas en hardware y de algoritmos específicos nos permiten abordar problemas y plantear soluciones numéricas viables. El objetivo principal de las líneas de investigación y desarrollo descriptas es estudiar y evaluar modelos matemáticos, métodos numéricos y la implementación aritmética computacional que permita abordar problemas específicos en ingeniería. Los modelos abordados son dependientes del tipo de sistema estudiado y del fenómeno analizado. Determinar el método para evaluar el rendimiento y las soluciones numéricas óptimas o sub-óptimas forma parte de los objetivos generales.

Palabras Clave: modelos matemáticos aplicados, métodos computacionales, aritmética computacional, desempeño de sistemas, confiabilidad de sistemas.

Contexto

Las líneas de investigación y desarrollo (I/D) forman parte del proyecto “Computación de Alto Desempeño: Arquitecturas, Algoritmos, Métricas de rendimiento y Aplicaciones en HPC, Big Data, Robótica, Señales y Tiempo Real”. En particular del sub-proyecto “Mode-

los y métodos computacionales. Procesamiento de señales y reconocimiento de patrones”.

1. Introducción

Los modelos matemáticos nos permiten predecir fenómenos naturales y el comportamiento de estructuras, dispositivos, procesos y sistemas diseñados por el hombre. Los métodos computacionales asociados a modelos determinísticos y probabilísticos permiten estudiar el dominio del problema considerando distintas condiciones estructurales y funcionales. El análisis aritmético computacional es esencial no sólo para el diseño de hardware específico sino para comprender el alcance y limitaciones efectivas de un determinado modelo en su implementación. A medida que el objeto o fenómeno real se aleja de las hipótesis fundamentales es necesario evaluar su validez y su utilidad respecto a los objetivos iniciales [1][2]. Este abordaje permite implementaciones en *hardware* o *software* que ofrezcan soluciones viables. Determinar si una solución es viable con fundamento científico, es una tarea compleja y dependiente del problema particular analizado [3]. Este proyecto tiene como primer objetivo analizar y proponer modelos computacionales, métodos y las soluciones particulares derivadas de los mismos [4]. La evaluación de rendimiento es un aspecto fundamental para poder validar las soluciones propuestas o los modelos analizados [5]. Por lo tanto, otro aspecto fundamental es el estudio de las métricas y pa-

radigmas de desempeño en sistemas específicos.

En la sección 2 se presenta un breve resumen de los temas de I/D específicos en el período actual. La sección 3 enumera resultados obtenidos y esperados. Finalmente, la sección 4 resume los objetivos con respecto a la formación de recursos humanos.

2. Líneas de Investigación

2.1 Modelos Probabilísticos

El primer objetivo de esta línea de investigación es estudiar si un determinado modelo es viable en el contexto de un sistema particular. El segundo objetivo general es determinar si es robusto cuando compromisos de diseño implican apartarse de las hipótesis iniciales del modelo.

2.1.1 Imágenes de Tiempo de Vuelo (ToF)

Las cámaras de ToF permiten obtener imágenes de rango, también denominadas $2 \frac{1}{2} D$. El ruido y los artefactos en este tipo de imagen requieren de modelos probabilísticos adecuados para caracterizar, filtrar y eventualmente reducir efectos indeseados. Los filtros no lineales útiles en otro tipo de imágenes requieren determinar sus parámetros críticos de forma particular en imágenes ToF. Segmentar imágenes de tiempo de vuelo requiere modelos de segmentación con características específicas [6][7][8]. En particular métodos estadísticamente robustos.

2.1.2 Datos Fuertemente Desbalanceados

Cuando el conjunto de patrones de entrenamiento de un clasificador probabilístico es marcadamente asimétrico, esta línea de investigación estudia el dominio específico del problema y la capacidad de generalización del sistema de clasificación. Se analizan paradigmas de aprendizaje automático estadístico supervisado y semi-supervisado [9][10][11].

2.2 Desempeño de Sistemas de Posicionamiento, Navegación y Vigilancia.

En los sistemas de posicionamiento, de navegación y de localización [12][13], el concepto de desempeño excede al habitual que está limitado a la calidad nominal de la estimación de ubicación y eventualmente a la confiabilidad [14][15]. En estos sistemas deben considerarse además los parámetros de integridad y continuidad que le garanticen al usuario que la información proporcionada por el sistema es correcta para que una operación crítica pueda realizarse en forma segura [16][17].

Un tema relacionado con el desempeño de los sistemas vigilancia es el volumen de transacciones con características aleatorias [18].

Otro tema de interés es la integración de sensores, no a través de la fusión de las estimaciones sino de la cooperación en etapas previas del procesamiento o en funciones particulares o en los límites del volumen de cobertura [19]. Esta línea de trabajo se avoca al estudio de problemas puntuales de desempeño en los sistemas mencionados, utilizando criterios y métodos diversos de modelado y procesamiento de señales [20].

2.3 Generación de Descriptores

El objetivo de esta línea de trabajo es mejorar la calidad de los descriptores obtenidos a partir de modelos probabilísticos y modelos espectrales, considerando: unicidad, invariancia, sensibilidad y su impacto en el sistema de clasificación.

2.4 Aritmética de Precisión Finita

El análisis de los errores debidos a la aritmética de precisión finita utilizada es necesario para asegurar sistemas robustos y confiables. El análisis de los errores de propagación y de la inestabilidad de un determinado sistema, forman parte de los objetos de análisis necesario para la implementación en *hardware* o *software* de los modelos propuestos. Por la importancia y por su carácter transversal respecto a las líneas de investigación del proyecto, es el tema

adoptado para evaluar, objetivamente, modelos y métodos particulares de enseñanza-aprendizaje.

3. Resultados y Objetivos

3.1 Resultados publicados

- Se estudiaron y propusieron métodos para detección en series temporales de fMRI [21][22].
- Se desarrollaron métodos de segmentación de imágenes de rango y supresión del plano de fondo [23][24][25][26].
- Se analizaron y propusieron alternativas para el agrupamiento de objetos de interés en video [27].
- Se estudió el desempeño de un método de exclusión de satélites en un sistema de ayuda a la aeronavegación basado en GNSS [28].
- Se presentaron resultados experimentales de un método de aprendizaje en aritmética computacional [29].
- Se propuso un método de segmentación espectral para imágenes ToF [30].
- Se estudió el comportamiento bajo carga de un algoritmo para programar transacciones de radares aeroportuarios [31].

3.2 Objetivos generales

- Desarrollar modelos y optimizar algoritmos particulares de clasificación supervisada y no supervisada.
- Evaluar métodos de análisis de desempeño y su aplicación sobre los clasificadores y conjuntos de datos particulares.
- Diseñar y evaluar técnicas híbridas de vigilancia SSR/ADS-B.
- Evaluar la monitorización de la integridad de los sistemas de ayuda a la navegación aérea basados en sistemas GNSS.

- Estudiar métodos de selección y extracción de características.
- Promover la interacción con otros grupos y líneas de I/D resultando en un mecanismo de permanente consulta y transferencia.

4. Formación de Recursos Humanos

La formación de recursos humanos en primer lugar implica la transferencia de los resultados de cada línea de investigación a las asignaturas de grado y cursos de postgrado que los integrantes dictan. Los alumnos también tienen la posibilidad de realizar trabajos supervisados de investigación, resultantes en tesis y tesis en el área. Debido al carácter trans-disciplinar de las líneas de I/D expuestas, se espera orientar y brindar apoyo a investigadores y alumnos de otras líneas de investigación relacionadas.

BIBLIOGRAFIA

1. Zaluzniak V. Essentials of Scientific Computing – Numerical Methods for Science and Engineering. Woodhead Publishing, 2008.
2. Juergen G. Coupled Systems: Theory, Models, and Applications in Engineering. CRC, 2014.
3. Torokhti A., Howlett P. Computational Methods for Modelling of Nonlinear Systems. Elsevier, 2007.
4. Gustafsson B. Fundamentals of Scientific Computing Springer, 2011.
5. Aslak T., et al. Elements of Scientific Computing. Springer, 2010.
6. Von Luxburg U. A Tutorial on Spectral Clustering. Statistics and Computing, v.17(4), 2007.
7. Kim H.Y., Giacomantone J. O., Cho, Z. H. Robust Anisotropic Diffusion to Produce Enhanced Statistical Parametric Map, Computer Vision and Image Understanding, v.99, pp.435-452, 2005.
8. Han Y., Feng X., Baciú G. Variational and PCA based natural image segmentation. Pattern Recognition 46, pp. 1971-1984, 2013.
9. Cortes C, Vapnik V, Support vector networks. Machine Learning v.20, pp.273-297, 1995.

10. Vapnik, V. *The Nature of Statistical Learning Theory*. N. Y. Springer, 1995.
11. Aytug H. Feature selection for support vector machines using Generalized Benders Decomposition. *European Journal of Operational Research*, v. 244(1), pp. 210-218, 2015.
12. Partap Misra, Per Enge. *Global Positioning System: Signals, Measurements and Performance*, Ganga-Jamuna Press, 2010.
13. Hakan Koyuncu, Shuang Hua Yang. *A Survey of Indoor Positioning and Object Locating Systems Indoor Positioning System*, *International Journal of Computer Science*, 2010.
14. Petevelo Mark. *Quantifying the performance of Navigation Systems and Standards for assisted-GNSS*, Inside GNSS, 2008.
15. Morurikis A., Roumeliotis S. *Performance Analysis of Multirobot Cooperative Localization*, IEEE, 2005.
16. Murphy T., et. al., *Fault Modeling for GBAS Airworthiness Assessments*, Navigation, 2012.
17. Cosmen-Schortmann J., Azaola-Sáenz, Martínez-Olagüe M. A., Toledo-López M., *Integrity in Urban and Road Environments and its use in Liability Critical Applications*, IEEE, 2008.
18. Pengfei Duan, Maarten Uijy De Haa. *Flight Test Results of a Measurement-Based ADS-B System for Separation Assurance*, Navigation, 2013.
19. Paolo Mariano, Patrizio De Marco, Claudio Giacomini, *Data Integrity Augmentation by ADS-B SSR Hybrid Techniques*, *Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference*, ICNS, 2018.
20. Sam Pullen, Todd Walter, Per Enge. *SBAS and GBAS Integrity for Non-Aviation Users: Moving Away from "Specific Risk,"* *International Technical Meeting of The Institute of Navigation*, 2011.
21. Giacomantone J., Tarutina T. *Diffuse Outlier Detection Technique for Functional Magnetic Resonance Imaging*. *Computer Science and Technology Series*. XVI Argentine Congress of Computer Science Selected Papers. pp. 255-265, 2011.
22. Giacomantone J., De Giusti A. *Detección de áreas de interés bajo la hipótesis de relación espacial de voxels activados en fMRI*. XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. San Justo. Argentina, 2014.
23. Lorenti L., Giacomantone J. *Segmentación espectral de imágenes utilizando cámaras de tiempo de vuelo*. XI Workshop Computación Gráfica, Imágenes y Visualización. pp. 430-439. Mar del Plata, Argentina, 2013.
24. Lorenti L., Giacomantone J. *Time of flight image segmentation through co-regularized spectral clustering*. *Computer Science & Technology Series*. XX Argentine Congress of Computer Science. Selected papers. La Plata, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, 2015.
25. Giacomantone J., et al. *Supresión del plano de fondo en imágenes de tiempo de vuelo*. VII Workshop Procesamiento de Señales y Sistemas de Tiempo Real, 2016.
26. Lorenti, L., Giacomantone, J., Bria, O. N., De Giusti, A. E. (2017). *Fusión de información de geometría e intensidad para segmentación de imágenes ToF*. XXIII CACIC. La Plata, Argentina, 2017.
27. Lorenti L., Giacomantone J., De Giusti A. *Agrupamiento de trayectorias vía clustering espectral incremental*. XXII CACIC, pp. 222-231, 2016.
28. Bria, O., Giacomantone, J., Lorenti, L., *Excluding Ionosphericly Unsafe Satellite Geometries in GBAS CAT-I*. XXII CACIC. CCIS 790: Revised CACIC Selected Papers, 790, pp. 243-252, 2018.
29. Giacomantone, J., Bria, O., *Proactive Independent Learning Approach: A case study in computer arithmetic*. XXII CACIC. La Plata, Argentina, 2017.
30. Lorenti L., Giacomantone J., Bria O., *Unsupervised ToF Image Segmentation through Spectral Clustering and Region Merging*. *Journal of Computer Science & Technology*, v.18(2), pp. 97-104, 2018.
31. Bria O., Giacomantone J., Villagarcía H., *Compound Interleaving Scheduling Algorithm for SLM Transactions in Mode S Surveillance Radar*. *Communications in Computer and Information Science* 995, pp. 297-312. Springer, 2019.

Redes de Sensores Inalámbricas y Simulación en Sistemas de Tiempo Real

Fernando Romero¹, Diego Encinas¹, Armando De Giusti^{1,2}, Santiago Medina¹, Lucas Maccallini, Martín Pi Puig¹, Horacio Villagarcía^{1,3}, Juan Manuel Paniego¹, Fernando G. Tinetti^{1,3}

¹Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)³
Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata – Centro Asociado CIC

²CONICET – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

³Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

{fromero, dencinas, degiusti, smedina, mpipuig, hvw, jmpaniego, fernando}@lidi.info.unlp.edu.ar
lucas.maccallini@gmail.com

Resumen

Esta línea de investigación se dedica al desarrollo y análisis de Sistemas de Tiempo Real. Dentro de esta temática se trabajó sobre tres sublíneas: 1) Redes de sensores inalámbricas. 2) Modelado y Simulación. 3) SOTR y hardware de comunicaciones utilizados en nodos de Sistemas Distribuidos de Tiempo Real

Dentro de las redes de sensores inalámbricas se trabajan diferentes escenarios de despliegue, tanto urbanos como rurales. En cuanto a las simulaciones se realizan tanto de sistemas de hardware y cloud computing como a situaciones tales como evacuaciones en casos de emergencia y transmisión de enfermedades.

Contexto

Esta línea de Investigación forma parte del proyecto 11/F024 – Computación de Alto Desempeño: Arquitecturas, Algoritmos, Métricas de rendimiento y Aplicaciones en HPC, Big Data, Robótica, Señales y Tiempo Real SubProyecto CAD-3.

Procesamiento para problemas de Tiempo Real / Robótica del Instituto de Investigación en Informática LIDI acreditado por la UNLP.

Palabras Claves: Tiempo Real, Simulación, Comunicaciones, Redes de Sensores, Microcontroladores, Cloud Computing.

1. Introducción

Los Sistemas de Tiempo Real (STR) se definen como aquellos que implican restricciones de tiempo en los plazos en que, ante una determinada entrada, deben producir una salida. Otra característica es que interactúan con el mundo físico, o sea sus entradas provienen de información producida por sensores y detectores y sus salidas están conectadas a actuadores [3] [4] [7] [8] [17]. Estas restricciones temporales a los plazos dependen fundamentalmente del medio físico a controlar. Para respetar esto debe haber una sincronización entre mundo físico o real y el procesamiento dentro del sistema de cómputo, que deberá contar con un reloj de tiempo real sincronizado con algún

estándar de tiempo físico. Por otro lado, los sensores pueden estar en una diferente locación física, a distancia, como también ser numerosos. Esto lleva a la necesidad de estudiar redes de sensores, tanto de conexión con conductores como inalámbricas. A veces estos sensores están montados sobre robots móviles, terrestres y aéreos [6] [14] [15] [23], en combinación con los sensores y actuadores. En el desarrollo de redes de sensores se utilizan placas de desarrollo basadas en microcontroladores como, Arduino, NodeMCU, CIAA [12] [11] [18] y Computadoras de Placa Simple como, Raspberry Pi, Raspberry Pi Zero W, utilizando diferentes SOTR (Linux RT-Preempt, FreeRTOS, MQX, OSEK-OS, Zephyr, Raspbian, etc.) [5]. Se realizan pruebas de alcance, integridad y funcionalidad de redes de sensores inalámbricas [19] [20] [21] [13] [33] principalmente utilizando módulos WiFi y LoRa [16]. También se estudiaron sistemas para conectar los nodos de una red a plataformas y servicios del Cloud [1] [13]

En el campo del modelado y simulación [10] [9] [15] [17], se las realiza para obtener datos que permitan predecir el comportamiento y la eficiencia de distintos sistemas ante diferentes escenarios. Además, se ajustan estas simulaciones con datos reales, lo cual permite luego realizar ensayos sobre la simulación: ejemplos de ellos son las simulaciones de robots, placas, incendios, evacuación de edificios en catástrofes y procesos industriales.

2. Resultados y Objetivos

Se han desarrollado tareas sobre los temas antes expuestos tales como:

- Construcción y estudio de redes de sensores inalámbricas basadas en WiFi y LoRa[1].

- Interconexión de diferentes Single Board Computers (SBC) a través de servicios (como brokers MQTT) para realizar tareas que requieren sincronización [24] [25] [26].
- Se evaluaron, desplegaron y compararon distintas plataformas de software dedicadas al Internet de las Cosas (IoT) [27] [28] [29] [30].
- Se experimentó con la interconexión de diferentes placas de desarrollo a través de un cloud público [24] [31] [32].
- Se realizó una comparación entre los sistemas operativos de tiempo real FreeRTOS y Zephyr [33][34] sobre placas con sistemas de comunicación wifi [18] [33]
- Modelado y simulación de arquitecturas de Cloud Computing para comparar con arquitecturas de HPC [21] [2].
- Modelado y simulación de transmisión de enfermedades intrahospitalarias [22].
- Modelado y simulación para el análisis de vida ictícola [23].
- Paralelización y aceleración en la ejecución de simulaciones.

3. Formación de Recursos Humanos

Se desarrollan trabajos de alumnos en la Convocatoria a Proyectos de Desarrollo e Innovación de la Facultad de Informática de la UNLP.

Además, se encuentran en desarrollo 2 Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) con las que concluyen sus estudios los alumnos de Ingeniería en Computación y Analista en TICs, orientadas a las redes de sensores. Y se concluyó una PPS con foco en la utilización de la plataforma IBM Watson.

De postgrado, investigadores del grupo están desarrollando un trabajo final de especialización, una tesis de Maestría y una tesis de Doctorado.

5. Referencias

- [1] Integration of Sensor Networks with Cloud ComputingS. Medina, F. Romero, and F. G. Tinetti, Short papers of the 8th Conference on Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics (JCC-BD&ET 2020), ISBN: 978-950-34-1927-4, págs. 2-5, 2020.
- [2] R. Calheiros, R. Ranjan, A. Beloglazov, C. De Rose and R. Buyya "CloudSim: a toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms" Published online 24 August 2010 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/spe.995.
- [3]Burns, A, A, Wellings. "Real-Time Systems and Programming Languages: Ada, Real-Time Java and C/Real-Time POSIX", Addison-Wesley Educational Publishers Inc., 2009.
- [4] Buttazzo, G. C., "Hard RealTime Computing Systems", Third edition, Springer, 2011.
- [5]"FreeRTOS - market leading RTOS (real time operating system) for embedded systems supporting 34 microcontroller architectures". [http:// www.freertos.org/](http://www.freertos.org/).
- [6]Jenkins, T., I. Bogost. "Designing for the internet of things: prototyping material interactions." In CHI'14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 731-740. ACM, 2014.
- [7]Kopetz. H., "Real-Time Systems, Design Principles for Distributed Embedded Applications". Second Edition. Springer. 2011.
- [8]Liu, J. W. S. Liu, "Real Time Systems", Integre Technical Publishing Co., Inc., 2000
- [9]C. Macal, M. North, Tutorial on agent-based modeling and simulation part 2: how to model with agents, in: Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2006.
- [10]PHILLIP A. LAPLANTE, SEPPO J. OVASKA. REAL-TIME SYSTEMS DESIGN AND ANALYSIS Tools for the PractitionerFourth Edition. A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION. IEEE PRESS. 2012.
- [11]<http://www.proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/doku.php?id=desarrollo:edu-ciaa:edu-ciaa-nxp>
- [12] <http://www.can-cia.de/can-knowledge/can/can-fd/>
- [13] Análisis de una plataforma de simulación para Cloud Computing. Un caso de estudio. Tomás Rosales, Julián Spinelli, Marcos Di Nardo, Román Bond, Daniel Rosatto, Diego Encinas, Fernando Romero XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2020) La Matanza
- [14] F. G. Tinetti and O. C. Valderrama Riveros, "Unmanned Vehicles: Towards Heterogeneous Hardware Approaches," 2018 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), Las Vegas, NV, USA, 2018, pp. 919-924.
- [15] Fernando G. Tinetti, Oscar C. Valderrama Riveros, Fernando L. Romero, "Unmanned Vehicles: Real Time Problems in Drone Receivers", Conf. on Computational Science & Computational Intelligence (CSCI'19), Las Vegas, Nevada, USA , 2019, pp. 1081-1085.
- [15] D. Black, SystemC: From the Ground Up. Second Edition, Springer, 2010.
- [16] LoRa <https://www.lora-alliance.org/> 2017
- [17] Proteus. <https://www.labcenter.com>. 2017
- [18] NodeMcu <http://www.nodemcu.com/> 2017

- [19] Akyildiz, Ian F., and Mehmet Can Vuran. "Wireless sensor networks" Vol. 4. John Wiley & Sons, 2010.
- [20] Lewis, Franck L. "Wireless sensor networks." *Smart environments: technologies, protocols, and applications* 11 (2004): 46.
- [21] Raghavendra, Cauligi S., Krishna M. Sivalingam, and Taieb Znati, eds. "Wireless sensor networks" Springer, 2006.
- [22] Maccallini, L. ., Encinas, D. O., & Romero, F. . (2021). An Approach to the Modeling and Simulation of Intra-Hospital Diseases. *Journal of Computer Science and Technology*, 21(2), e14. <https://doi.org/10.24215/16666038.21.e14>
- [23] Alcalá-Carrillo, M., Castillo-Vargasmachuca, S. G, & Ponce-Palafox, J. T. (2016). Efectos de la temperatura y salinidad sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de pargo *Lutjanus guttatus*. *Latin american journal of aquatic research*, 44(1), 159-164. <https://dx.doi.org/10.3856/vol44-issue1-fulltext-17>
- [24] <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/os.html>
- [25] <https://nodered.org/docs/>
- [26] <https://www.hivemq.com/>
- [27] <https://ubidots.com/>
- [28] <https://developers.mydevices.com/cayenne/features/>
- [29] <https://www.kaaiot.com/>
- [30] <https://thingsboard.io/>
- [31] <https://www.ibm.com/es-es/cloud/internet-of-things>
- [32] <http://www.raspbian.org/>
- [33] ESP32-DevKitC V4 Getting Started Guide. Disponible en internet en: <https://docs.espressif.com/projects/espressif/en/latest/esp32/hw-reference/esp32/get-start-ed-devkitc.html>
- [34] ESP32 Zephyr setup — Amarula Solutions's Wiki documentation. Disponible en internet: <https://wiki.amarulasolutions.com/zephyr/esp32/esp32-setup.html>. 20 de octubre de 2021.

ORCID autores:

Fernando Romero: 0000-0002-1498-3752

Diego Encinas: 0000-0002-6948-9786

A. De Giusti: 0000-0002-6459-3592

Santiago Medina: 0000-0001-6852-7165

Martín Pi Puig: 0000-0002-7202-7638

Horacio Villagarcía:

Juan Manuel Paniego: 0000-0001-6721-9822

Fernando G. Tinetti:

ESTUDIO DEL HABLA DE PACIENTES CON ENFERMEDAD DE PARKINSON Y DESARROLLO DE APLICACIÓN WEB

Monica Giuliano¹, Silvia N. Pérez¹⁻², Nahuel Mangiarua¹

¹Instituto de Ingenierías y Nuevas Tecnologías, Universidad Nacional del Oeste

²Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas –

Universidad Nacional de La Matanza

{mgiuliano; sperez}@uno.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se propone explorar y optimizar técnicas de procesamiento y análisis automático del habla para detectar y clasificar pacientes con enfermedad de Parkinson (EP). Además de desarrollar una aplicación web para interactuar con médicos y pacientes.

El proyecto tiene una línea de investigación que contempla dos líneas de trabajo. En la primera se considerarán audios de vocales, palabras, frases y habla espontáneas disponibles en bases de datos pública con habla de personas con y sin Parkinson. Se emplearán criterios estadísticos para optimizar los algoritmos para la detección y clasificación del grado de avance de la EP.

Paralelamente, se propone desarrollar una aplicación web que permita que los médicos puedan realizar grabaciones del habla de sus pacientes con EP en sus consultorios. Estas grabaciones formarán parte de una nueva base de datos para futuros análisis. Además, los audios requerirán una devolución de las características más importantes para médicos y pacientes, que se harán según el avance de la primera línea de trabajo.

Se espera como resultado ofrecer una interfaz para la interacción entre los investigadores, los desarrolladores informáticos y los médicos, que aporte al tratamiento de pacientes con EP.

Palabras clave: Parkinson, Procesamiento automático del habla, Aplicación web.

CONTEXTO

La propuesta que se presenta es parte del proyecto de investigación “Estudio del habla de pacientes con Enfermedad de Parkinson para la asistencia al diagnóstico y seguimiento” del Instituto de Ingenierías y Nuevas Tecnologías, Universidad Nacional del Oeste (UNO)

1. INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo crónico y progresivo del sistema nervioso central, de comienzo gradual y progresión lenta, apareciendo en edades medias, entre 40 y 70 años. Las manifestaciones motoras de la EP están representadas por temblor de reposo, rigidez y bradicinesia [1]. En su evolución natural se agregan otros síntomas como: trastornos de la marcha, desequilibrio y alteraciones de la voz, que implican un marcado impacto en la calidad vida [2].

Se estima que entre un 60-80% de pacientes con EP presentan alteraciones de la voz, caracterizadas por cambios en frecuencia, duración e intensidad del habla [3].

Estas alteraciones se confunden en muchas ocasiones con los cambios naturales de los adultos mayores, en relación con la presbifonía (distensión y flacidez de los pliegues vocales) [4]. Otro síntoma frecuente en la EP es la presencia progresiva de disartria hipocinética (rigidez muscular e incapacidad de producir movimiento). La EP puede dejar marcas en la

distonía y el temblor de las cuerdas vocales. Los parámetros biomecánicos que controlan la tensión y el desequilibrio de las cuerdas vocales ayudan a rastrear la actividad neuromotora de las vías laríngea y articularia [5].

El análisis acústico de la voz permite detectar los cambios de los parámetros vocales, lo cual puede ser utilizado para predecir el avance de la EP y definir una intervención clínica específica [6]. Se ha observado que el análisis acústico podría actuar como marcador diagnóstico objetivo y no invasivo en la EP.

A modo de ejemplo se presentan en la Fig.1 ejemplos de la señal de fonación de la vocal /a/ para el caso de una persona sin EP en la primera imagen y con EP en la segunda.

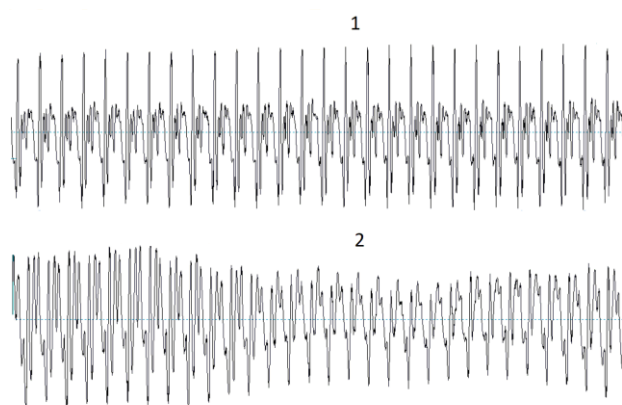


Fig. 1: 0.15 seg de la fonación de la vocal /a/, en (1) voz de persona sin y (2) con Parkinson.

Además, el diagnóstico y seguimiento de EP a través del análisis del habla pueden utilizar sistemas de tele-diagnóstico y tele-monitoreo, de bajo costo y de posible auto administración por parte de los pacientes [5, 7-9].

Los avances de los últimos años son variados y dispersos en cuanto a los mejores parámetros a estudiar con mayor desarrollo en el campo de la ingeniería. A nuestro criterio falta una mayor interacción con los médicos tratantes de EP y por ello creemos fundamental el aporte de la aplicación web (App) para profundizar este campo.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Se inicia con este proyecto una nueva línea de investigación para la UNO que incluye dos líneas de trabajo. La primera correspondiente al procesamiento de señales de audio con métodos automáticos. En segundo lugar, se trabaja en el desarrollo de una App que permita la interacción entre investigadores y médicos de pacientes con EP.

La App permitirá diferentes acciones desde la perspectiva de diferentes perfiles de usuarios: administrador, investigadores, médicos y pacientes. Los sistemas de software cliente-servidor con interfaces gráficas basadas en HTML, comúnmente llamadas App, conforman una alternativa realmente flexible a la problemática del despliegue y de la distribución de software. Mediante la estandarización de sus interfaces y protocolos de comunicación a aquellos de la web (HTTP, HTML, JSON, XML) las App puede ser utilizadas desde casi cualquier dispositivo actual con acceso a internet, facilitando el alcance y la distribución de la misma a lo largo y ancho de la geografía, atravesando múltiples estratos sociales. A su vez las tecnologías de “backend” basadas en java o .net otorgan una amplia capacidad de procesamiento y disponibilidad de bibliotecas de software de análisis.

En principio para este proyecto apuntamos a desarrollar una App en java utilizando spring/cdi sobre un servidor tomcat y JSF como frontend. No se descarta utilizar un framework de cliente para el frontend (angular) en vez de JSF si resulta conveniente para funcionalidades offline. A su vez, el backend java necesitará hacer interfaz con las herramientas y modelos de análisis que la otra línea de trabajo determine.

En el marco del proyecto se desarrollará una App que permita gestionar grabaciones de

habla de pacientes con EP para ser utilizada por los médicos en el consultorio

Becarios alumnos participarán del desarrollo de esta App. La app facilitará a un usuario personal médico la grabación y el almacenamiento de muestras de audio de pacientes que serán procesadas para generar y devolver distintos tipos de información que asistan al profesional de la salud.

Los administradores son informáticos formados y en formación, que trabajarán según los requerimientos de los demás usuarios.

Los investigadores buscan optimizar el análisis de la señal de voz a partir de la parametrización adecuada según los avances en el área, para luego aplicar los conocimientos a la App. El análisis de la voz de pacientes con EP requiere conocimientos en varias áreas: sistema fonatorio, procesamiento de señales, análisis estadístico y aprendizaje automático.

Se han utilizado varios métodos para la parametrización del habla de personas con EP. Se han considerado diversos algoritmos y metodologías para la selección de parámetros. La mayoría de los trabajos se dirigen a la fonación de la vocal /a/. A modo de ejemplo solamente se citarán algunos trabajos.

En el metanálisis realizado en [6], como revisión del análisis acústico de la voz en la enfermedad de Parkinson según distintos autores, se observó que no siempre se encuentran diferencias entre la condición de EP y no EP para las medidas de *Jitter* y *Shimmer*. Esto alienta a profundizar en el análisis de otros parámetros o sus variantes.

En [10] Tsanas se ha observado que combinando medidas de disfonías clásicas (*Shimmer*) con técnicas no lineales como EMD-ER (Empirical mode decomposition excitation ratio) o VFER (Vocal fold excitation ratio) y MFCC (Mel frequency cepstral

coefficients) de bajo orden, se obtiene un subconjunto de características que conduce a una más precisa evaluación de la fonación.

Las medidas de disfonía o parámetros que cuantifican las principales características que se observan en el habla de los parkinsonianos, se pueden considerar en cuatro grupos para su análisis [11-12]. El grupo 1 (tipo *Jitter*) y el grupo 2 (tipo *Shimmer*), que detectan problemas en la periodicidad, cuantificando variaciones de la frecuencia (F_0) y amplitud de la señal, respectivamente. El grupo 3 (tipo ruido) involucra problemas relacionados con el cierre incompleto de las cuerdas vocales, lo cual puede producir ruido. Finalmente, los parámetros del grupo 4 (MFCC) consideran problemas en la articulación de la fonación en el tracto vocal.

El aprendizaje automático o *machine learning* (ML) es un área de inteligencia artificial que utiliza el análisis por computadora para estudiar conjuntos de datos con el objetivo de detectar tendencias relevantes. En otras palabras, el aprendizaje automático enseña a las computadoras a aprender de los datos. Una rama importante de ML lo constituye el aprendizaje profundo o *deep learning* [13-14].

El análisis estadístico, sumado al ML, permite el trabajo criterioso con los datos de modo para comprender mejor los resultados y la caracterización del habla de los pacientes con EP.

El análisis automático del habla de personas con EP es una línea de investigación aún abierta que requiere jerarquizar las potencialidades del análisis del habla de pacientes con Parkinson utilizando modelos de inteligencia artificial para diagnóstico y seguimiento de la EP, sumando criterios físicos y estadísticos. A su vez los hallazgos debieran analizarse con especialistas de la salud, como médicos y fonoaudiólogos.

3. RESULTADOS ESPERADOS

El avance en el análisis del habla de personas con EP permitiría en el corto plazo brindar herramientas útiles, tanto a médicos y pacientes, que permitan el diagnóstico de alteraciones y seguimiento de la evolución de los trastornos en el habla.

Inicialmente se trabajará con bases de datos públicas, especialmente con una construida en Argentina [15]. Mas tarde, a partir de la App desarrollada se espera contar con una base de datos propia y creciente en volumen.

En la actualidad la telemedicina aumenta su proyección y efectividad. La utilización del análisis del habla a través de una App, ofrece a los médicos un elemento más de diagnóstico y seguimiento de la EP. Se han desarrollado otros software o aplicación [16-17], cuya utilización no ha prosperado entre los médicos argentinos de hospitales públicos

Se espera generar un espacio de construcción de conocimiento científico sobre el habla de paciente con EP, en base a la interacción entre investigadores de la UNO y personal de la salud de hospitales públicos argentinos, en primer lugar.

El análisis automático del habla de personas con EP requiere necesariamente de la conjunción interdisciplinaria de saberes, además de la identificación de innovaciones necesarias y posibles para el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de los pacientes con EP en relación al habla.

Se busca desarrollar una herramienta informática que les permita a los médicos grabar las voces de los pacientes con EP y que, por ejemplo, les permita identificar tempranamente la necesidad de derivación a un tratamiento con fonoaudiólogos. La solución tecnológica estará representada por un desarrollo web que les pueda ser útil y accesible a los médicos

Se espera contribuir en la construcción de espacios de colaboración e intercambio multidisciplinar entre especialistas del campo de la salud (médicos, fonoaudiólogos, OTR, etc.) y tecnólogos (ingenieros, informáticos, matemáticos, etc.) que favorezca la generación de tecnologías que beneficien a personas con EP. Este espacio se iniciará en primer lugar con investigadores de la UNO y del Hospital Nacional Alejandro Posadas.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La línea de investigación presentada colabora en la tesis doctoral de la Mg. Mónica Giuliano Además se promueve la formación de docentes de matemática y de becarios alumnos de la Escuela de Informática de la UNO.

Además, a través del proyecto se busca brindar servicios a hospitales públicos y médicos tratantes de la EP.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Jankovic, J. (2008). Enfermedad de Parkinson: características clínicas y diagnóstico. Revista de neurología, neurocirugía y psiquiatría, 79 (4), 368-376.
- [2] Kollensperger, M; Wenning, M.S.A.S.G. European, Red flags for multiples y stematopathy, Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society 23(8) (2008) 1093-9.
- [3] De Letter M, Santens P, Borsel, JV. (2003). The effects of levodopa on word intelligibility in Parkinson's disease. J CommunDisord 2005; 28: pp. 187-196.
- [4] Murray Morrison, Linda Rammage "Tratamiento de los trastornos de la voz" Elsevier España, 1996 capítulo 8, pág. 162.
- [5] Gómez-Vilda, P., Vicente-Torcal, M., Ferrández-Vicente, J., Álvarez Marquina, A., Rodellar-Biarge, V., Nieto-Lluis, V., et al. (2015a) Parkinson's disease monitoring from phonation biomechanics.

- [6] Chiaramonte, R., and Marco Bonfiglio. "Análisis acústico de la voz en la enfermedad de Parkinson: revisión sistemática de la discapacidad vocal y metaanálisis de estudios." *Revista de neurología* 70.11 (2020): 393-405.
- [7] Little, M.A, McSharry, P. E., Hunter, J. E. Spielman, J. & Ramig, L. O. (2009). Suitability of dysphonia measurements for telemonitoring of Parkinson's disease," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 56(4):1010–1022.
- [8] Orozco-Arroyave, J. R., Vásquez-Correa, J. C., Klumpp, P., Pérez-Toro, P. A., Escobar-Grisales, D., Roth, N., ... & Nöth, E. (2020). Apkinson: the smartphone application for telemonitoring Parkinson's patients through speech, gait and hands movement. *Neurodegenerative Disease Management*, 10(3), 137-157.
- [9] Tsanas, Athanasios, and Siddharth Arora. (2021). "Assessing Parkinson's Disease Speech Signal Generalization of Clustering Results Across Three Countries: Findings in the Parkinson's Voice Initiative Study." *Age* 63.10.8 (2021): 63.5.
- [10] Tsanas, M. A. Little, C. Fox and L. O. Ramig, (2014) "Objective Automatic Assessment of Rehabilitative Speech Treatment in Parkinson's Disease," in *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 22, no. 1, pp. 181-190, Jan. 2014
- [11] Giuliano, M.; Fernandez L.; Pérez, S. (2020). Selección de Medidas de Disfonía para la Identificación de Enfermos de Parkinson. *Proceedings IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON)*, 2020, pp. 1-8
- [12] Pérez, S. Fernandez L.; Giuliano, M.; (2021). Aporte de medidas de shimmer para la detección de enfermedad de Parkinson. *Jornadas de Avances en Métodos Estadísticos*, Colombia 2021.
- [13] Marsland. Stephen (2015). *Machine Learning: An Algorithmic Perspective – 2nd Ed.* CRC Press. 2015
- [14] Mitchell. Tom M. (1997). *Machine Learning.* WCB McGraw-Hill, 1997
- [15] Giuliano, M. Adamec. D, Debas, M. I. (2021). Construcción de una base de voz de personas con y sin enfermedad de Parkinson. *Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas REDDI*. Vol.:6-Nro.1 (Julio-2021)
- [16] Orozco-Arroyave, J. R., Vásquez-Correa, J. C., Klumpp, P., Pérez-Toro, P. A., Escobar-Grisales, D., Roth, N., ... & Nöth, E. (2020). Apkinson: the smartphone application for telemonitoring Parkinson's patients through speech, gait and hands movement. *Neurodegenerative Disease Management*, 10(3), 137-157
- [17] Giuliano M Luciano E Massiolo R Procopio G Vaccotti F Viqueira. (2020a). Utilización de Software Parkinsoft para comparar voces de personas con y sin Enfermedad de Parkinson. *CONAISI 2020. 05 y 06 de noviembre 2020 RIISIC – CONFEDI – UTN San Francisco.*

Optimización de cálculo para la medición de la intensidad acústica compleja para dispositivos stand-alone de bajo costo

Carlos Esteban GRAFFIGNA¹ (cgraffigna@undec.edu.ar); Doménico STANZIAL² (domenico.stanzial@cnr.it); José Pablo DOÑA¹ (ingenierojpdg@gmail.com); Emanuel Frati¹ (fefrati@undec.edu.ar); Sebastián Guidet¹ (sguidet@undec.edu.ar)

¹Universidad Nacional de Chilecito
9 de julio 22, Chilecito, La Rioja, Argentina

²CNR Istituto di Microelettronica e Microsistemi
Bologna, Italia.

RESUMEN

En recientes publicaciones presentadas por la Universidad Nacional de Chilecito (UNdeC) en colaboración con el Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) y la Università degli Studi di Ferrara (UNIFE) [Stanzial y Graffigna, 2016, 2017], donde se propone una sólida definición de la intensidad acústica compleja basada en la impedancia acústica, las tres instituciones han sido copropietarias de una patente sobre la metodología para la medición de la intensidad compleja del sonido en 3D en el dominio frecuencial.

Dado que la metodología propuesta implica un cálculo elevado y que se espera ejecutarla en un dispositivo stand-alone de bajo costo, es necesario optimizar los algoritmos de medición para maximizar el uso de los recursos de hardware disponibles.

Palabras claves: Cómputo paralelo, Dispositivo de medición, Intensidad sonora.

CONTEXTO

El proyecto nace a partir de una patente desarrollada durante una beca doctoral cofinanciada entre el Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) de Italia, la Università degli Studi di Ferrara (UNIFE) de Italia y la Universidad Nacional de Chilecito (UNdeC) de Argentina.

Una vez concluido satisfactoriamente el doctorado, se firma un nuevo acuerdo de

colaboración científica entre la UNdeC y el Istituto per la Microelettronica e Microsistemi (IMM) perteneciente al CNR, el cual tiene como objetivo principal promover la investigación científica y tecnológica en el campo de la acústica energética, de sus microsistemas sensores y de sus aplicaciones prácticas ambientales e industriales. Además, prevé la cooperación en actividades de formación de personal con tesis de grado y posgrado, intercambio de docentes e investigadores, elaboración de publicaciones científicas y documentos técnicos, entre otras.

La invención consiste en una metodología para medir la intensidad compleja del sonido en 3D en el dominio frecuencial. Dado que es necesario ejecutar los algoritmos en un dispositivo stand-alone para tomar mediciones en campo, se implementaron los algoritmos en un dispositivo Raspberry Pi 3B+ obteniendo resultados importantes, pero con tiempos de procesamiento lentos.

Dado que la UNdeC está trabajando en un proyecto de tecnología HPC [1] se incluyó el mismo como una línea de investigación para optimizar los algoritmos de medición utilizando procesamiento paralelo para mejorar los tiempos de cálculo en la Transformada Rápida de Fourier y las operaciones matriciales.

INTRODUCCIÓN

La energética acústica estudia el comportamiento de la energía sonora dentro

de un campo acústico, el cuál es definido a partir de dos variables: presión sonora (escalar) y velocidad de vibración de la partícula acústica (vectorial) [2].

Si bien esta rama de la acústica viene siendo estudiada desde hace ya medio siglo [3,4], en los últimos años ha tenido un gran impulso debido al desarrollo de nuevos sensores y técnicas para la medición de la velocidad de la partícula acústica.

En la actualidad, existen sensores termo-resistivos que permiten la medición directa de la velocidad de la partícula sonora (sonda p-v) y con la evolución de los micrófonos de tecnologías MEMS ha sido posible realizar otras sondas de bajo costo que miden dicha velocidad de manera indirecta a través del gradiente de presión (sonda p-p).

La medición de estas dos variables contemporáneamente permite conocer entre otras cosas el campo de energía total, cinética y potencial, la velocidad de propagación de la energía, la cantidad de energía absorbida y reflejada dentro del sistema acústico, y la intensidad sonora [5].

Respecto a esta última, existe una definición clara sobre la intensidad activa (parte de la intensidad relacionada al flujo efectivo de la energía sonora que viaja en el medio), en cambio, la definición de intensidad reactiva todavía es un problema controversial.

En recientes publicaciones presentadas por la UNdeC en colaboración con el CNR (Italia) [7,8,9], se ha propuesto una sólida definición de la intensidad acústica compleja (activa y reactiva), basada en la impedancia acústica, a partir de la cual la UNdeC es co-propietaria de una patente que describe la metodología para la medición del espectro de la intensidad compleja del sonido en las 3 dimensiones espaciales [9], el tensor de reactividad espectral, el vector de intensidad activa frequency-overall, el módulo de la intensidad aparente frequency-overall, y la reactividad total del sistema.

Si bien los algoritmos de medición han sido satisfactoriamente ejecutados y verificados en ambiente de laboratorio utilizando equipos performantes y software de cálculo numérico especializado, es necesario desarrollar un sistema stand-alone capaz de procesar las señales acústicas en campo.

Como primera aproximación, se elaboró un prototipo para la medición de las variables energéticas utilizando un dispositivo Raspberry Pi3B+ [6]. Los algoritmos fueron traducidos en Python y se desarrolló una interfaz gráfica elemental para operar.

Dado que los recursos de hardware disponible en estos dispositivos son significativamente menores a los utilizados con laboratorio, los tiempos de procesamiento, tanto en el análisis frecuencial como en el cálculo de matrices, son altos en relación a la dinámica de los sistemas acústicos.

Por este motivo, el presente proyecto persigue como objetivo principal optimizar los algoritmos para mejorar los tiempos en la medición de la intensidad compleja del sonido y demás variables energéticas, maximizando el aprovechamiento del hardware disponible a través del uso de la GPU.

LÍNEAS DE I+D

Para medir la intensidad acústica compleja [7,8] es necesario aplicar transformaciones de Fourier para obtener los espectros frecuenciales, y calcular otras variables físicas de tipo escalar, vectorial y tensorial (matriz) en el dominio de los números complejos [9].

En base a los resultados obtenidos del primer prototipo, se determinó que los procesos con mayor carga computacional se dan en la Transformación de Fourier y en el cálculo matricial para la obtención del tensor de reactividad en el dominio de la frecuencia.

De este análisis se plantean las siguientes líneas de investigación para optimizar el proceso de medición:

Análisis FFT en GPU

Si bien existen distintos trabajos relacionados a la programación utilizando la GPU de los dispositivos de Raspberry y otros donde se utiliza programación paralela para la transformación de Fourier, es difícil encontrar publicaciones que utilicen la GPU de los Raspberry para aplicar la transformación de Fourier utilizando librerías estándar de Python.

Esta línea de investigación propone desarrollar los algoritmos de procesamiento paralelo para procesar la Transformada de Fourier de señales temporales, utilizando la GPU disponible en los dispositivos Raspberry, e integrarla en librerías estándar de Python como `scipy`.

Calculo matricial en GPU

Dado que uno de los cálculos que emplea mayor tiempo en la medición de la intensidad compleja de sonido es el cálculo del tensor de reactividad en el dominio de la frecuencia, se pretende desarrollar un algoritmo paralelo que permita optimizar los tiempos de cálculo utilizando la GPU de los dispositivos Raspberry.

Si bien el cálculo matricial ejecutado por el algoritmo es relativamente simple, el volumen de procesamiento viene dado por la cantidad de matrices que deben ser calculadas. Esto se debe a que se debe computar un tensor de reactividad por cada componente frecuencial.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Este proyecto surge como resultado de una tesis doctoral en Física con especialización en Acústica, donde el doctorando realizó el primer prototipo funcional utilizando librerías estándares de python [6].

Actualmente está en curso una Tesis de Maestría que pretende cubrir la primera línea de investigación que busca optimizar el cálculo de la Transformada de Fourier paralelizando el algoritmo y ejecutándolo en la GPU de la Raspberry Pi.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. E. Frati y otros, "Tecnología HPC como motor de ciencia de la UNdeC", *XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, Chilecito*, 2021.
- [2] Dudley H Towne. *Wave phenomena*. Addison-Wesley, Massachusetts (USA), 1967.
- [3] Frank Fahy. *Sound intensity*. CRC Press, 1989.
- [4] Finn Jacobsen. *Springer Handbook of Acoustics, chapter 25. Sound Intensity, pages 1053–1075*. Springer-Verlag New York, 2014.
- [5] D. Stanzial, Giorgio Sacchi, and Giuliano Schiffrer. "On the physical meaning of the power factor in acoustics". *J. Acoust. Soc. Am.*, 2012.
- [6] C. Graffigna, *Measuring Complex Sound Intensity from Wave Impedance*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Chilecito, La Rioja, Argentina. Universidad de Ferrara. Ferrara Italia, 2019.
- [7] D. Stanzial y C. E. Graffigna. *On the connection between wave impedance, sound intensity and kinetic energy in monochromatic fields*. *Proceedings of Meetings on Acoustics*. Buenos Aires, 2016.
- [8] D. Stanzial y C. E. Graffigna. *On the general connection between wave impedance and complex sound intensity*. *Proceedings of Meetings on Acoustics*. Boston, 2017.
- [9] D. Stanzial y C. E. Graffigna. *Precision device for measuring the three-dimensional spectra of complex intensity*. *Proceedings of Meetings on Acoustics*. Boston, 2017.

Técnicas de big data para el análisis de la teoría moderna de optimización de carteras de inversión en el marco del mercado argentino de valores

Rodrigo Gonzalez^{1,2}, Santiago Eguren¹, y Carlos A. Catania^{1,3}

¹ Universidad Champagnat, Facultad de Informática y Diseño,
Mendoza, Argentina.
{gonzalezrodrigo,cataniacarlos}@uch.edu.ar

² Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, GridTICs,
Mendoza, Argentina.

³ Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, LABSIN, Mendoza,
Argentina.
harpo@ingenieria.uncuyo.edu.ar

RESUMEN

La teoría moderna de configuración de carteras de inversión (Modern Portfolio Theory, MPT) propone diseñar una cartera que proporcione la máxima rentabilidad asumiendo una cantidad de riesgo determinada. En general, la MPT ha sido fuertemente analizada en mercados de países industrializados. El mercado argentino de valores (MAV) es un mercado cuya volatilidad está en sintonía con la de los mercados internacionales, pero que también responde a circunstancias propias. Además, a menudo la inflación no es tenida en cuenta cuando se analiza el desempeño de una cartera de inversión en mercados bursátiles de países industrializados. Contrariamente, esta variable debe tenerse en cuenta cuando se desea formar una cartera de inversión con activos del MAV. La ciencia de datos es un campo interdisciplinario que involucra métodos científicos, procesos y sistemas para extraer conocimiento o un mejor entendimiento de un sistema a partir de sus datos. Además, provee herramientas para la visualización conveniente de todos los aspectos relevantes sobre el sistema que se trata de modelar. Por tanto, este proyecto propone analizar el comportamiento del MAV en los últimos 10 años con técnicas del análisis cuantitativo (quantitative analysis) y de ciencia de los datos, para determinar

diferentes carteras de inversión óptimas con activos argentinos para distintos niveles de riesgo, según la teoría moderna de configuración de carteras de inversión.

Palabras Claves: Análisis cuantitativo, Ciencia de datos, Modern Portfolio Theory, Cartera de inversión, Lenguaje R, Python.

CONTEXTO

El presente proyecto se desarrolla en el marco de la Facultad de Informática y Diseño. Este trabajo es parte de las líneas de investigación llevadas adelante por el Dr. Rodrigo Gonzalez junto al Dr. Carlos A. Catania desde el año 2021.

1. INTRODUCCIÓN

La teoría moderna de configuración de carteras de inversión (Modern Portfolio Theory, MPT) argumenta que es posible diseñar una cartera óptima que proporcione a un inversor la máxima rentabilidad asumiendo una cantidad de riesgo determinada. La MPT fue desarrollada por el economista Harry Markowitz (Markowitz, 1952). Esta teoría destaca la importancia de las carteras de inversión, el riesgo, la diversificación y las conexiones entre los diferentes tipos de activos. Los activos enfrentan tanto riesgos sistemáticos (riesgos de mercado) como

riesgos no sistemáticos (características específicas de cada activo). La diversificación adecuada de una cartera no puede prevenir el riesgo sistemático, pero puede amortiguar, si no eliminar, el riesgo no sistemático. En general, la MPT y sus teorías derivadas (Markowitz, 1959) (Rockafellar, 2000) (Low, 2016) han sido fuertemente analizadas en mercados de países industrializados (Konno, 1991) (Schanzenbach, 2017).

El mercado argentino de valores (MAV) es un mercado cuya volatilidad está en sintonía con la de los mercados internacionales, pero que también responde a circunstancias propias, como la gran caída que sufrió el índice Merval en agosto de 2019. Por otra parte, en mercados de países industrializados generalmente los bonos de un país son considerados instrumentos de baja volatilidad. En el caso del MAV, los bonos del estado argentino han mostrado en los últimos años una volatilidad alta cuando se los compara con instrumentos similares de otros países (Rodríguez, 2017). Además, en el contexto del MAV es necesario tener presente los efectos de la inflación en una cartera de inversión (Spotorno, 2008) (Dapena, 2013) (Brito, 2018). En general, la inflación no es tenida en cuenta cuando se analiza el desempeño de una cartera de inversión en mercados bursátiles de países industrializados. Por lo expuesto, el MAV presenta ciertas características que lo hacen particular.

El MAV puede considerarse formado por dos grandes mercados financieros, ByMA (ByMA, 2020) y ROFEX (ROFEX, 2020), donde el primero se especializa en acciones y bonos, y el segundo en contratos de futuros y opciones. Así, el MAV está compuesto por acciones nacionales y del mercado de los EE.UU. (CEDEAR), bonos nacionales y provinciales, bonos corporativos (ON, obligaciones negociables), contratos de futuros y opciones (puts y calls) sobre acciones, bonos, commodities (cereales, carne vacuna, petróleo, metales), cotización del dólar (dólar futuro) e índices (ROFEX20). Si se considera la cotización de todos estos

activos en los últimos 10 años, se estima que el total de instrumentos de inversión puede llegar a 500. Por tanto, para hacer un análisis exhaustivo para la confección de una cartera de activos óptima en el MAV tomando los cotizaciones de los últimos 10 años, es necesario utilizar herramientas que permitan acceder, analizar, almacenar y visualizar una gran cantidad de información. Respecto a los datos requeridos, estos no están concentrados en una sola fuente, por lo que es necesario recurrir a diferentes APIs (Application Programming Interface) para acceder a datos de los mercados ByMA y ROFEX. Además, es posible que algunos datos necesarios para evaluar una cartera de activos no estén disponibles a través de una API, como la serie de tiempo de algún con la cotización de activo en particular o balances de empresas cotizantes en el MAV, por lo que será necesario implementar técnicas de scraping para extraer datos extras en formato PDF, Excel o HTML de forma automática.

La ciencia de datos es un campo interdisciplinario que involucra métodos científicos, procesos y sistemas para extraer conocimiento o un mejor entendimiento de datos en sus diferentes formas, ya sea estructurados o no estructurados. Además emplea técnicas y teorías extraídas de muchos campos dentro del contexto de las matemáticas, la estadística, la ciencia de la información, y la informática. Es una continuación de algunos campos de análisis de datos como la estadística, minería de datos y aprendizaje automático. Se la define como "un concepto para unificar estadísticas, análisis de datos, aprendizaje automático, y sus métodos relacionados, a efectos de comprender y analizar los fenómenos reales". La ciencia de datos es una herramienta muy utilizada en finanzas. Permite manejar la gran cantidad de datos que proveen los mercados financieros diariamente, y analizar las intrincadas relaciones que pueden existir entre diferentes activos. Además, provee herramientas para la visualización conveniente de todos los datos relevantes

sobre el fenómeno financiero que se desea modelar.

Por lo expuesto, este proyecto propone analizar el comportamiento del MAV en los últimos 10 años con técnicas del análisis cuantitativo (quantitative analysis) y la ciencia de los datos, para determinar diferentes carteras de inversión óptimas con activos argentinos para distintos niveles de riesgo, según la teoría moderna de configuración de carteras de inversión.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Para el desarrollo del presente proyecto pueden diferenciarse 3 etapas principales.

1. Entender los alcances y limitaciones de la teoría moderna de carteras de inversión. Se procederá a estudiar las bases teóricas de la MPT. Se usará la bibliografía más relevante en el área y se tomarán cursos online sobre manejo de carteras de inversión en sitios destacados como Coursera y EdX. Además, algunos integrantes del equipo de trabajo propuesto estudiarán los lenguajes de programación R y Python, para estar al mismo nivel que el resto de los investigadores.

2. Crear un entorno computacional para adquisición, análisis, almacenamiento y visualización de datos de mercados de valores. Se creará un entorno computacional compuesto por funciones y algoritmos derivados del estudio y análisis de la MPT. Se utilizarán activos del mercado de valores estadounidense, ya que la gran mayoría de la bibliografía existente sobre MPT utiliza este mercado para su estudio. Además, hay abundante documentación sobre distintas fuentes de información (bibliotecas en Python y R) que permiten acceder a estos datos. Los datos de mercado se guardarán en una base de datos centralizada. La misma estará compuesta por los precios de acciones, bonos, contratos de futuros y opciones, e información financiera adicional asociada a estos instrumentos como índices dividendos de empresas, alfa, beta, TIR, duration, exit yield, entre otros. Como consecuencia de la diversidad de las fuentes de datos y su

probable falta de estructura, se prevé que se deberán aplicar diferentes técnicas de scraping para sitios online, archivos PDF y tablas de Excel para extraer información sobre estados contables de empresas cotizantes o sus posibles reparto de dividendos. Se utilizarán herramientas de visualización para grandes volúmenes de datos.

3. Determinar diferentes carteras de inversión óptimas según diferentes niveles de riesgo para el mercado argentino de valores entre los años 2010 y 2020. En esta última etapa se determinarán las carteras de inversión óptimas, según la MPT, para el mercado argentino de valores al tomar datos de los últimos 10 años. Se definirá la frontera eficiente (efficient frontier) para diferentes combinaciones de activos, nivel de riesgo y ganancias esperadas. Todos estos valores deberán ser ajustados por inflación y transformados a dólares estadounidenses, para poder comparar directamente con las carteras de inversión encontradas en el mercado estadounidense. Se deberán estudiar los mecanismos de accesos al MAV que ofrecen tanto ByMA como ROFEX.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Al término del tiempo de duración del plan de trabajo, se espera obtener los siguientes resultados:

1. Sólida comprensión de los beneficios y limitaciones de la teoría moderna de creación de carteras de inversión.
2. Creación de un entorno computacional para el análisis y la visualización de carteras de inversión con información de los mercados de valores argentino y estadounidense.
3. Mejor entendimiento de las particularidades del mercado argentino de valores, respecto al mercado de valores de los EE.UU.
4. Obtención de diferentes tipos de carteras de inversión para el mercado argentino, según el nivel de riesgo que desee tomar un inversor en particular. Además, los resultados obtenidos serán publicados tanto en conferencias internacionales de alta calidad con referato, como en revistas especializadas de alto

impacto, parte del catálogo de Scopus y Web of Science.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo de este proyecto está integrado por:

1. El Dr. Rodrigo Gonzalez, codirector de este proyecto, se especializa en procesamiento digital de señales, análisis de series de tiempo, modelado de sistemas, estadística y procesos estocásticos. Cuenta con experiencia en técnicas de aprendizaje automático para el modelado de sistemas utilizando series de tiempo (Gonzalez and Catania, 2019).

2. El Dr. Catania, docente e investigador de la Universidad Nacional de Cuyo y de la Universidad Champagnat, propuesto como investigador formado, es un especialista en el área de Ciencia de los Datos (Data Science). Cuenta con experiencia en la resolución de diferentes problemas aplicando algoritmos específicos del área de aprendizaje automático (Catania et al., 2018) (Gonzalez and Catania, 2019).

3. El Mg. Eguren es Licenciado en Economía y Magíster en Administración de Negocios (MBA), ambos títulos otorgados por la Universidad Nacional de Cuyo. Además, es docente de la cátedra de "Estadística Aplicada a la Logística" en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Cuyo. Es un especialista en análisis cuantitativo y teoría bursátil. Además, cuenta con experiencia práctica en programación en los lenguajes de programación Python y R.

En el campo de la formación de recursos humanos, se espera:

1. Iniciar en investigación a profesionales que estén interesados en postularse a diferentes becas doctorales, en el marco del proyecto en referencia.

2. Iniciar la investigación a alumnos, tanto de la UCH, UTN o UNCuyo, que deseen sumarse al proyecto como becarios.

3. Iniciar en investigación a alumnos de los últimos años de carrera que deseen desarrollar

su proyecto final de carrera en el marco de este proyecto.

5. BIBLIOGRAFÍA

(Brito, 2018) Mateo Brito y Ronen Goldrossen. Instrumentos de cobertura contra la inflación argentina. Tesis de grado. Departamento de Economía. Universidad de San Andrés. Diciembre de 2018.

(ByMA, 2020) Bolsa y Mercados Argentinos S.A. CABA, Argentina. Sitio web: <https://www.byma.com.ar/>.

(Dapena, 2013) José P. Dapena. La evolución del índice Merval (precio de acciones) y la inflación. Newsletter CEA, Dpto. Finanzas. Universidad del Cema. Marzo de 2013.

(Konno, 1991) Konno, H. and H. Yamazaki (1991). "Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and Its Application to Tokyo Stock Market." *Management Science*. Vol. 37, No. 5, May 1991, pp. 519–531.

(Low, 2016) Low, R.K.Y.; Faff, R.; Aas, K. (2016). "Enhancing mean-variance portfolio selection by modeling distributional asymmetries". *Journal of Economics and Business*. 85: 49–72. doi:10.1016/j.jeconbus.2016.01.003.

(Markowitz, 1952) Markowitz, H. "Portfolio Selection." *Journal of Finance*. Vol. 7, No. 1, March 1952, pp. 77–91.

(Markowitz, 1959) Markowitz, H. M. *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. John Wiley & Sons, Inc., 1959.

(Rockafellar, 2000) Rockafellar, R. T. and S. Uryasev. (2000) "Optimization of Conditional Value-at-Risk." *Journal of Risk*. Vol. 2, No. 3, Spring 2000, pp. 21–41.

(Rodríguez, 2017) Rodríguez, J. N., Bueno, J. G., Barrios, G. R., & Díaz, S. Diversificación internacional de portafolio en los mercados accionarios de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú. En el Congreso Internacional en Administración de Negocios Internacionales (CIANI 2017). Septiembre de 2017, págs. 355-375.

(ROFEX, 2020) ROFEX S.A. Ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina. Sitio web: <https://www.rofex.com.ar/>.

(Schanzenbach, 2017) Schanzenbach, M. M., & Sitkoff, R. H. The prudent investor rule and market risk: an empirical analysis. *Journal of Empirical Legal Studies*, 14(1), 129-168.

(Spotorno, 2008) Fausto Spotorno y Alejandro Javier Aranda. Portafolio de cobertura contra la inflación en Argentina. Tesis de Maestría. Universidad del Cema. Diciembre de 2008.

(Catania et al., 2018) Carlos A. Catania; Sebastian Garcia; Pablo Torres. An Analysis of Convolutional Neural Networks for detecting DGA. Argentina. La Plata. 2018. Libro. XXIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación 2018. Red de Universidades con Carreras en Informática.

(Gonzalez and Catania, 2019) Rodrigo Gonzalez and Carlos A. Catania. Time-delayed multiple linear regression for de-noising MEMS inertial sensors. *Computers & Electrical Engineering*, Volume 76, 2019, Pages 1-12, ISSN 0045-7906.

RCCI – Redes de Cooperación Científica Internacionales

Formación de recursos humanos orientados a Ciudades Inteligentes Sostenibles– Proyecto CAP4CITY

Armando De Giusti , Patricia Pesado , Ariel Pasini ,
Pablo Thomas , Rocío Muñoz 
Elsa Estevez , Pablo Fillotrani , Sonia Rueda, Karina Cenci, Gabriela A. Diaz

Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)
Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata
50 y 120 - La Plata, Buenos Aires
Centro Asociado CIC
526 e/ 10 y 11 - La Plata, Buenos Aires
(degiusti, ppesado, apasini, pthomas, rmunoz) @lidi.info.unlp.edu.ar

Laboratorio de Ingeniería de Software y Sistemas de Información (LISSI)
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación – Universidad Nacional del Sur
Av. San Andrés 800 – Campus de Palihue - Bahía Blanca, Buenos Aires
Centro Asociado CIC
526 e/ 10 y 11 - La Plata, Buenos Aires
(ece, prf, svr, kmc, gabriela.diaz) @cs.uns.edu.ar

RESUMEN

El proyecto CAP4CITY tiene como objetivo fortalecer y desarrollar la capacidad de instituciones académicas en América Latina y Europa para mejorar la calidad de la educación superior en el campo de ciudades inteligentes sostenibles. El Proyecto es co-financiado en el marco del Programa Erasmus+ de la Unión Europea, para la construcción de capacidades en la educación superior. Se presenta el avance de los primeros años del proyecto y las actividades a realizar en el siguiente periodo.

Palabras Claves

Ciudades Inteligentes - Capacidades de Gobernanza - Gobernanza Digital - Colaboración Internacional

CONTEXTO

La línea de investigación y desarrollo aquí descrita es parte de las tareas planificadas por el proyecto “Strengthening Governance Capacity for Smart Sustainable Cities (CAP4CITY)”. El Proyecto, financiado como parte del programa Erasmus+ de la Unión Europea

es ejecutado por un consorcio integrado por 12 universidades; cuatro de ellas europeas – Donau Universität für Weiterbildung (DUK) en Austria, Tallinn University of Technology (TUT) en Estonia, Delft University of Technology (TU Delft) en los Países Bajos, y Gdańsk University of Technology (GUT) en Polonia; y ocho universidades en la región de América Latina – Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y Universidad Nacional del Sur (UNS) en Argentina; Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) y Faculdade Meridional (IMED) en Brazil; Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM) y Universidad Católica del Norte (UCN) en Chile; y Universidad Externado de Colombia (UEC) y Escuela Colombiana de Ingeniería (ECI) en Colombia. El Proyecto lleva el número 598273 y se ejecuta bajo el acuerdo 598273-EPP-1-2018-1-AT-EPPK A2-CBHE-JP. Debido a la pandemia de COVID-19 el proyecto ha sido extendido, teniendo una duración de 48 meses.

1. INTRODUCCION

El proyecto CAP4CITY tiene como principal objetivo utilizar la gran atención

que el concepto de Ciudades Inteligentes Sostenibles (SSC, por sus siglas en inglés) ha alcanzado en América Latina e integrarlo en varios cursos universitarios utilizando nuevas herramientas de enseñanza y aprendizaje, así como desarrollar nuevos planes de estudio en todos los niveles del proceso educativo.

Se define una SSC como una ciudad innovadora que utiliza Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) y otros medios para mejorar la calidad de vida, la eficiencia de la operación y los servicios urbanos, y la competitividad, al tiempo que se garantiza que satisfaga las necesidades de las generaciones presentes y futuras con respecto a los aspectos económicos, sociales, ambientales y culturales.

Uno de los modelos de SSC propone cinco dimensiones para su desarrollo: 1) Social, 2) Económica, 3) Ambiental, 4) Gobernanza, y 5) Infraestructura Urbana. La Figura 1 muestra el modelo.

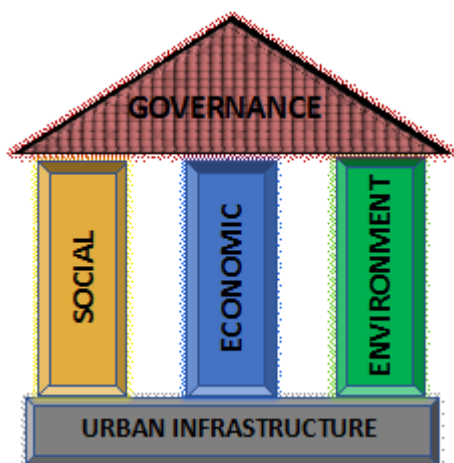


Figura 1. Dimensiones de una CIS

La dimensión Social cubre los aspectos relacionados con las personas y comunidades para garantizar la calidad de vida, como, por ejemplo: salud, seguridad, educación, entre otros. La Económica cubre los aspectos relacionados con el crecimiento económico responsable y sustentable, y la generación de oportunidades laborales. Por su parte, la Ambiental se relaciona con la utilización

de prácticas ecológicas, la protección y restauración del medio ambiente. La dimensión de Gobernanza se refiere a la capacidad de administrar recursos, políticas e involucrar a diferentes partes interesadas, proponiendo mecanismos y procesos regulatorios y de cumplimiento bien equilibrados de manera estandarizada y continua. Por último, la dimensión de Infraestructura Urbana se refiere a la infraestructura física (carreteras, transporte, etc.) y a la infraestructura digital (tecnología de la información y comunicación), que son herramientas esenciales para permitir ciudades inteligentes y sostenibles.

Dadas estas cinco dimensiones, la complejidad de las mismas, así como la característica multidisciplinaria de los problemas a resolver en SSC, hace que la construcción de capacidades humanas, particularmente, la formación de profesionales que se dediquen al liderazgo y gobernanza de estas iniciativas sea un gran desafío.

Debido al creciente número de competencias necesarias y su característica interdisciplinaria, los planes de estudio de SSC se implementarán en áreas como Administración de Empresas, Informática, Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Planificación Urbana, Ciencias Políticas, entre otras, a través de una red de colaboración internacional de instituciones académicas en América Latina y Europa, que apoyan la modernización e internacionalización del campo de la educación superior.

A fin de definir las competencias necesarias para el desarrollo de SSC en América Latina, se hizo un relevamiento de datos en la región. A tal efecto, se realizaron dos talleres en las ciudades de Bogotá y Medellín, Colombia, como experiencia piloto. Luego cada una de las universidades de Latino América replicó el *“Taller de Relevamiento de Competencias*

para el Desarrollo de Ciudades Inteligentes y Sostenibles” con representante de su comunidad, incluyendo ciudadanos y representantes de la industria, la academia y el gobierno.

Con los resultados obtenidos de todas las universidades se estableció una lista de competencias en base a las cuales se definieron 31 cursos. Estos cursos fueron validados mediante entrevistas online, encuestas y workshops con los interesados locales y se contó, además, con el asesoramiento de expertos internacionales externos al proyecto, obteniendo así una retroalimentación de los cursos en general, de cada una de las áreas establecidas y de los contenidos que serán impartidos.

Los beneficiarios del Proyecto CAP4CITY incluyen instituciones de educación superior a nivel local, provincial, nacional e internacional. Estas podrán utilizar los cursos diseñados, compartir conocimientos e intercambiar experiencias sobre el desarrollo y la entrega de programas educativos relacionados con SSC.

El resto de este artículo se organiza de la siguiente manera: la sección 2 explica los objetivos de investigación, la sección 3 los resultados esperados/obtenidos y, por último, la sección 4 discute la formación de recursos humanos.

2. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN Y ACTIVIDADES

- Mejorar la calidad de la educación superior en el campo de SSC, aumentando su relevancia para el mercado laboral y la sociedad en general.
- Aumentar las competencias de los recursos humanos en los países en desarrollo de América Latina para enfrentar los desafíos del mundo digital.

- Proveer el desarrollo continuo de competencias en SSC a través de programas de capacitación y educación.
- Asegurar una enseñanza multidisciplinaria orientada a la resolución de problemas en SSC.
- Desarrollar una red de cooperación entre los socios de diferentes regiones del mundo.
- Promover la colaboración entre los socios del Consorcio, las entidades públicas, las empresas y otros interesados en SSC.
- Facilitar el intercambio de conocimientos, experiencias y buenas prácticas e iniciativas conjuntas en materia de SSC entre socios académicos ubicados en diferentes ciudades y países.

La Universidad Nacional de La Plata y la Universidad Nacional del Sur colaborarán con las siguientes actividades:

- Relevamiento de iniciativas de SSC que puedan identificarse como buenas prácticas y de programas de postgrado relacionados con temas de SSC.
- Capacitación de formadores en SSC.
- Implementación de nuevos programas educativos en SSC.
- Difusión y explotación del concepto de SSC en Argentina.
- Fortalecimiento de los vínculos laborales con sectores públicos y privados de la región.

3. RESULTADOS ESPERADOS/OBTENIDOS

Al primer trimestre de 2022, los resultados obtenidos por la UNLP y la UNS son:

- Se ha desarrollado un relevamiento de programas de postgrado relacionados con temas de SSC.

- Se organizaron talleres para identificar competencias y validar los módulos de formación propuestos.
- Se han diseñado y validado 5 de los 31 cursos (de diferentes niveles – pregrado, posgrado y formación continua) relacionados a SSC.
- Se han estudiado y desarrollado dos casos de estudio relacionados con SSC en Argentina.
- Se ha desarrollado e implementado un curso a distancia de “capacitación de formadores” sobre la construcción de MOOC para los cursos del proyecto.
- Se grabaron distintos MOOC para los cursos desarrollados y para los casos de estudio en Argentina.
- Se dictaron cursos de posgrado relacionados con los contenidos desarrollados sobre Ciudades Inteligentes Sostenibles en la UNLP.
- Se trabajó en la definición de una nueva Maestría Profesional conjunta en Ciudades Inteligentes Sostenibles que será ofrecida y dictada en colaboración entre la UNLP y la UNS.
- Se está organizando un evento de difusión a nivel nacional para presentar los resultados del proyecto.
- Desarrollo de tesis de postgrado y tesinas de grado en el área.
- Participación de los integrantes de esta línea de investigación en el dictado de asignaturas/cursos de grado/postgrado en la Facultad de Informática de la UNLP y en el Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación de la UNS.
- Fortalecimiento de la colaboración institucional internacional entre las universidades miembros del consorcio.

5. AGRADECIMIENTOS

Project co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union. Grant no: 598273-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Akande, A., Cabral, P., Gomes, P., Casteleyn, S. 2019. “The Lisbon ranking for smart sustainable cities in Europe.” *Sustainable Cities and Society*, 44, pp. 475-487.
- [2] Caragliu, Andrea, Chiara Del Bo, and Peter Nijkamp. 2011. “Smart Cities in Europe.” *Journal of Urban Technology* 18(2):65–82.
- [3] Craglia, Massimo, Lila Leontidou, Giampaolo Nuvolati, and Jürgen Schweikart. 2004. “Towards the Development of Quality of Life Indicators in the ‘Digital’ City.” *Environment and Planning B: Planning and Design* 31(1):51–64.
- [4] Elsa Estevez, Nuno Lopes, Tomasz Janowski. 2016. “Smart sustainable cities: Reconnaissance Study”, 1-330.
- [5] Huovila, A., Bosch, P., Airaksinen, M. 2019. “Comparative analysis of standardized indicators for Smart sustainable cities: What indicators and standards to use and when?” *Cities*, 89, pp. 141-153.
- [6] Keshvardoost, S., Renukappa, S., Suresh, S. 2019. “Developments of policies related to smart cities: A critical review”. *Proceedings -*

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

Los esfuerzos dedicados a la formación de recursos humanos incluyen:

- Capacitación de los miembros del proyecto en SSC.

- 11th IEEE/ACM International Conference on Utility and Cloud Computing Companion, UCC Companion 2018, art. no. 8605807, pp. 365-369.
- [7] Kurebayashi, Toshihiko, Yoshihiro Masuyama, Kiyonori Morita, Naoyuki Taniguchi, and Fumio Mizuki. 2011. "Global Initiatives for Smart Urban Development." *Hitachi Review* 60(2):89–93.
- [8] Martin, C., Evans, J., Karvonen, A., Paskaleva, K., Yang, D., Linjordet, T. 2019. "Smart-sustainability: A new urban fix?" *Sustainable Cities and Society*, 45, pp. 640-648.
- [9] Paroutis, Sotirios, Mark Bennett, and Loizos Heracleous. 2014. "A Strategic View on Smart City Technology: The Case of IBM Smarter Cities During a Recession." *Technological Forecasting and Social Change* 89:262–72.

SI – Seguridad Informática

Consorcio para la colaboración en I+D+I en Temas de Cloud Computing, Big Data y Emerging Topics (CCC-BD&ET)

**Proyecto Integrador: “Transformación Digital en la incorporación de la Resiliencia como
un Key Performance Indicator de Prestaciones Sociales (KPIs)”**

III-LIDI – Instituto de Investigación en Informática LIDI (UNLP – Argentina)

LISSI – Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software y Sistemas de Información (UNS – Argentina)

VyGLab – Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Visualización y Computación Gráfica (UNS – Argentina)

LIDIC – Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional (UNSL – Argentina)

HPC4EAS – High Performance Computing for Efficient Applications and Simulation (UAB – España)

SMILe – Soft Management of Internet and Learning (Universidad de Castilla-La Mancha – España)

ArTeCS – Group of Architecture and Technology of Computing Systems (UCM – España)

LITRP – Laboratorio de Investigaciones Tecnológicas en Reconocimiento de Patrones (UCM – Chile)

LCG – Laboratorio de Computación Gráfica (UNSL – Argentina)

ITIC – Instituto para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (UNCu – Argentina)

DisCo – Grupo de I+D+I en Computación Distribuida (Universidad de Zaragoza – España)

& Investigadores Asociados al CCC- BD&ET

Resumen

El Consorcio de I+D+i en *Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics* (CCC-BD&ET) [1] es una iniciativa para fomentar y formalizar la colaboración existente entre grupos de investigación de varias universidades en temáticas vinculadas a Cloud Computing, al Análisis Masivo de Datos y a Tópicos Emergentes, como las tecnologías 4.0, entre otros. Estas temáticas, y su integración, han adquirido creciente importancia por su aplicación en dominios de alto impacto como las ciudades inteligentes, la internet de las cosas, los sistemas de e-health y los basados en tecnologías de block-chain.

Los integrantes del consorcio, provenientes mayoritariamente de Argentina, Chile y España han tenido, a lo largo de los años, diversas experiencias de trabajo conjunto que fueron consolidadas a partir de la organización y realización de las *Jornadas de Cloud Computing-Big Data & Emerging Topics* (JCC-BD&ET) llevadas a cabo en la Universidad Nacional de La Plata (Argentina). La constitución de este Consorcio, reafirma y formaliza estas líneas de colaboración proponiendo acciones de cooperación

académica vinculadas con la formación de recursos humanos, la formulación y ejecución de proyectos conjuntos, y la vinculación con empresas y organismos relacionados con la industria informática, entre otras.

Este trabajo presenta el avance del consorcio en la definición de un proyecto integrador que tiene como eje la Resiliencia para la Transformación Digital.

Palabras clave: Prestaciones Sociales, Resiliencia, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Cloud Computing, Big Data, HPC, Data Analytics, Sistemas Inteligentes, Emerging Technologies.

Contexto

El Consorcio de I+D+i en *Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics* (CCC-BD&ET) resulta de la cooperación, llevada a cabo durante varios años, entre grupos de investigación, desarrollo e innovación de Universidades vinculadas con las realización anual de las *Jornadas de Cloud Computing-Big Data & Emerging Topics* (JCC-BD&ET), organizadas por la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), en Argentina.

I. Introducción

Las JCC-BD&ET surgieron como *Jornadas de Cloud Computing* realizándose por primera vez del 17 al 19 de junio de 2013 en La Plata, organizadas por el III-LIDI, Facultad de Informática, de la UNLP. A partir del 2015, pasaron a ser las *Jornadas de Cloud Computing & Big Data* y, en el año 2020, se constituyeron en JCC-BD&ET.

Estas Jornadas se llevan a cabo anualmente en la Facultad de Informática de la UNLP y constituyen un foro de intercambio de ideas, proyectos, resultados científicos y aplicaciones concretas en diferentes áreas relacionadas con Cloud Computing, Inteligencia de Datos, Big Data y Tecnologías Emergentes. Desde sus inicios, en el contexto de las Jornadas se desarrollan conferencias, paneles, cursos de posgrado, y también se integran ponencias científicas con experiencias de desarrollos y aplicaciones, fomentando la interacción entre la academia y los sectores productivos/industriales. A partir de estos encuentros fueron surgiendo distintas actividades en colaboración, que no sólo se formalizaron mediante acuerdos entre los distintos actores. Los resultados de las colaboraciones se encuentran reflejados en las publicaciones detalladas en las páginas mencionadas en las referencias.

Como corolario de las distintas actividades de colaboración realizadas por los participantes a las JCC-BD&ET es que surge la propuesta de conformar un Consorcio de I+D+i en Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics que permita afianzar y proyectar a futuro las relaciones existentes [1]. En este contexto de colaboración, las JCC-BD&ET seguirán constituyendo un foco anual de encuentro, independientemente del trabajo académico y científico que se realice durante el año para la concreción de los objetivos del Consorcio.

Objetivos

Uno de los objetivos del Consorcio es formular un proyecto de investigación que integre las capacidades de los grupos de investigación que lo componen y que a la vez sea un punto de partida para la formulación de posibles presentaciones conjuntas de financiamiento en áreas relacionadas [2].

El Consorcio propone avanzar con una visión prospectiva que dé respuestas a problemas o desafíos estructurales de la sociedad del futuro. De este modo, no sólo se limita a definir un objetivo sino también a delinear una metodología de trabajo que compromete a nuestras áreas de investigación y desarrollo a abordar con rigor científico y con mirada social el camino de la transformación digital que está atravesando nuestra sociedad del siglo XXI.

Esta metodología se enfocará en las posibilidades de incidencia de algunos de los temas transversales de dominio del Consorcio en diferentes retos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [3] y en la aplicación de herramientas y estrategias de la Transformación Digital.

II. Descripción del proyecto integrador

Los ODS constituyen una iniciativa de la ONU y se definen como 17 retos cuyo fin es erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas del mundo, sin distinción, gocen de paz y prosperidad.

La Transformación Digital es un proceso que surge como una alternativa capaz de producir un cambio o una innovación en una organización a partir de la incorporación inteligente de diferentes tecnologías digitales en todos los niveles y funciones de ésta.

Todo modelo de innovación propone como punto de partida el conocimiento y la asimilación de lo que ya se conoce del problema planteado. Luego, en base a las posibles soluciones, se incorpora un proceso de evaluación y comparación de alternativas, que debe hacerse a través de ciertos valores medibles que demuestren efectivamente cómo el sistema está alcanzando los objetivos seleccionados. Este proceso introduce una métrica denominada “*Key Performance Indicator* (KPI)” cuya especificación depende del ámbito de aplicación.

En el proyecto se trabajará sobre Índices/Indicadores específicos relacionados con prestaciones sociales (KPIS) y su impacto sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

A modo de ejemplo, la siguiente tabla muestra ámbitos transversales que forman parte de la *expertise* del Consorcio y los retos seleccionados de los ODS en los que puede impactar una transformación digital.

Aplicaciones de interés social	ODS
En Educación	4,5,11 y 16
Gobierno Digital	5,11,15 y 16
Industriales y Agrícolas	9 y 15
En Economía	11,15 y 16
En Salud	4,5 y 11
En Ciudades Inteligentes y Sostenibles	4,11 y 16
Móviles y su evolución a las Web progresivas (WPA)	4,9 y 16

En todos los casos, el Consorcio propone diversas tecnologías para lograr sus objetivos, dado que una transformación digital no subyace en una única herramienta sino que

existen múltiples procesos claves involucrados para afrontar la transformación:

Tecnologías de la transformación digital	Herramientas
Datos, Información y Conocimiento	Modelos y Simulación - IA/Inteligencia de Datos Big Data - Análisis Visual - Realidad Extendida - Resiliencia
Computación Avanzada	Cloud Computing – HPC, Arquitectura y Aceleradores - IoT – Edge/Fodge Computing

Finalmente, la metodología presentada en este artículo, propone incorporar la capacidad del sistema u organización bajo transformación para soportar y sobreponerse a circunstancias de adversidad y desastres, como un KPI de las prestaciones sociales (KPIS). Este indicador, denominado Resiliencia, evaluará la capacidad de recuperar un estado operativo cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido.

III. Resultados esperados

Los resultados esperados están relacionados con el fortalecimiento de las capacidades de los grupos de investigación del Consorcio, en términos de sus RRHH, redes de trabajo, acceso a recursos organizacionales y mejoramiento de la calidad de los resultados producidos, producto de la colaboración interdisciplinaria e inter-universitaria promovida por el Consorcio. La definición de un proyecto integrador ordena y permite integrar los aportes de los participantes del proyecto.

IV. Formación de RRHH

En lo concerniente a la formación de recursos humanos los distintos integrantes están abocados a la formación de recursos humanos tanto a nivel de grado como de posgrado, en temáticas afines al Consorcio y al Proyecto en particular que en muchos casos se realiza en colaboración entre distintos grupos participantes.

V. Integrantes del Consorcio

El Consorcio está integrado tanto por grupos de investigación como por investigadores asociados. A continuación se detallan los mismos.

Grupos que conforman el CCC- BD&ET

III-LIDI – Instituto de Investigación e Informática LIDI (Universidad Nacional de La Plata – Argentina) [4]
Directora: *Lic. Patricia Pesado*

LISSI – Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software y Sistemas de Información (Universidad Nacional del Sur – Argentina) [5]
Director: *Dr. Pablo Fillottrani*

VyGLab – Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Visualización y Computación Gráfica (Universidad Nacional del Sur – Argentina) [6]
Directora: *Dra. Silvia Castro*

LIDIC – Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional (Universidad Nacional de San Luis – Argentina) [7]
Director: *Dr. Marcelo Errecalde*

HPC4EAS – High Performance Computing for Efficient Applications and Simulation (Universidad Autónoma de Barcelona – España) [8]
Director: *Dr. Emilio Luque*

SMILe – Soft Management of Internet and Learning (Universidad de Castilla-La Mancha – España) [9]
Director: *Dr. José A. Olivas Varela*

ArTeCS – Group of Architecture and Technology of Computing Systems (Universidad Complutense de Madrid – España) [10]
Director: *Dr. Francisco Tirado*

LITRP – Laboratorio de Investigaciones Tecnológicas en Reconocimiento de Patrones (Universidad Católica de Maule – Chile) [11]
Representante para el Consorcio: *Dr. Ricardo Barrientos*

LCG – Laboratorio de Computación Gráfica (Universidad Nacional de San Luis – Argentina) [12]
Director: *Mg. Roberto Guerrero*

ITIC – Instituto para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Universidad Nacional de Cuyo – Argentina) [13].
Director: *Dr. Carlos García Garino*

DisCo – Grupo de I+D+I en Computación Distribuida (Universidad de Zaragoza – España) [14].
Coordinador: *Dr. Pedro Javier Álvarez Pérez-Aradros*

Investigadores Asociados al CCC- BD&ET

Dr. Aurelio Fernández (Universidad Rovira i Virgili – España).
Dr. Emmanuel Frati (Universidad Nacional de Chilecito – Argentina).
Dr. Javier Balladini (Universidad Nacional de Comahue – Argentina).
Dra. Adriana Gaudiani (Universidad Nacional de General Sarmiento – Argentina).
Dra. Mónica Denham (Universidad Nacional de Río Negro – Argentina).
Lic. Nelson Rodríguez (Universidad Nacional de San Juan – Argentina).

Referencias

- [1] Consorcio de I+D+I en *Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics* (CCC-BD&ET), <https://jcc.info.unlp.edu.ar/consorcio-de-idi-en-cloud-computing-big-data-emerging-topics/>.
- [2] Consorcio para la colaboración en I+D+I en temas de Cloud Computing, Big Data y Emerging Topics (CCC-BD&ET)- WICC 2021. 978-987-24611-3-3; 978-987-24611-4-0. Páginas: 778-783.
- [3] La UNESCO y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://es.unesco.org/sdgs>
- [4]<http://weblidi.info.unlp.edu.ar>
- [5]<https://lissi.cs.uns.edu.ar>
- [6]<http://vyglab.cs.uns.edu.ar>
- [7]<http://lidic.unsl.edu.ar>
- [8] <https://grupsderecerca.uab.cat/hpc4eas/>
- [9]<http://smile.esi.uclm.es>
- [10]<https://artecs.dacya.ucm.es>
- [11]<http://www.litrp.cl>
- [12]<http://www.lcg.unsl.edu.ar/>
- [13] <http://itic.uncu.edu.ar/>
- [14] <http://webdiis.unizar.es/DISCO/>

Contratos Inteligentes para Internet de las Cosas

Jorge Eterovic; Marcelo Cipriano; Luis Torres; Dalma Agostina Lomoro

Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología
Dirección de Investigación Vicerrectorado de Investigación y Desarrollo.
Universidad del Salvador.
Lavalle 1854 – C1051AAB -Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina

{jorge.eterovic; cipriano1.618 }@gmail.com; torreslu@ar.ibm.com; agostina.lomoro@usal.edu.ar

RESUMEN

Internet de las Cosas (IoT) es un concepto que se refiere a interconectar distintos dispositivos a través de Internet, lo que puede traer muchos beneficios a la sociedad de diferentes maneras. Como los dispositivos están conectados en diferentes contextos y dominios, la información que se genera y se transmite involucra a múltiples partes interesadas.

Esta información puede variar desde lo privado y confidencial hasta lo público, por lo que es muy importante investigar y proponer soluciones para asegurar la integridad de origen, la seguridad y la interoperabilidad. Esto constituye un gran desafío.

En este trabajo de investigación se discute cómo los contratos inteligentes (Smart Contracts) y la tecnología de la cadena de bloques (Blockchain) pueden, potencialmente, llegar a ser una solución viable, aunque todavía no se ha encontrado una manera eficiente y segura para vincular todos los dispositivos de IoT con los contratos inteligentes, ya que no todos los objetos de IoT tienen la potencia computacional necesaria para implementarlo.

El resultado esperado es encontrar soluciones basadas en contratos inteligentes que mejoren la seguridad y la gestión de la información, identificando nuevas oportunidades y desafíos, y brindando recomendaciones y pautas de seguridad para los datos y las comunicaciones de los dispositivos interconectados.

Palabras Clave:

Contratos Inteligentes. Ethereum. Blockchain. Internet de las Cosas.

CONTEXTO

El Vicerrectorado de Investigación y Desarrollo (VRID), perteneciente a la Universidad del Salvador (USAL), dicta las políticas referidas a la investigación, concibiéndola como un servicio a la comunidad y entendiendo que los nuevos conocimientos son la base de los cambios sociales y productivos. Con el impulso de las propias Unidades Académicas se han venido desarrollando acciones conducentes a concretar proyectos de investigación uni/multidisciplinarios, asociándolos a la docencia de grado y postgrado y vinculando este accionar, para potenciarlo, con otras instituciones académicas del ámbito nacional e internacional.

La Dirección de Investigación, dependiente del VRID, brinda soporte a las distintas Unidades de Investigación y a sus investigadores para el desarrollo de Proyectos y Programas de Investigación, nacionales e internacionales, como así también, apoyo y orientación de recursos para la investigación.

A ella pertenece el Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología (RR 576/12) en el cual se enmarca este proyecto denominado “Integración de Blockchain e Internet de las Cosas usando Contratos Inteligentes.”, con una duración de 2 años (2021-2022) y que ya ha sido evaluado y aprobado para su realización.

1. INTRODUCCIÓN

Si buscamos una tecnología que impactará y beneficiará nuestras vidas en los próximos

años, es el Internet de las cosas. Los automóviles, electrodomésticos, teléfonos inteligentes, medidores de servicios públicos, sensores incorporados al cuerpo, indumentaria y casi cualquier cosa que podamos imaginar estarán conectados a Internet y serán accesibles desde cualquier parte del mundo [1]. La revolución que generará IoT será inigualable, algunos autores dicen que será similar a la construcción de carreteras y ferrocarriles que impulsaron la Revolución Industrial de los siglos XVIII al XIX [2], y será transversal a todos los sectores de la sociedad y todas las industrias, desde educación, salud, hogar y ciudad inteligente, hasta manufactura, minería, comercio, logística y vigilancia, solo por mencionar algunas [3].

En Internet de las cosas está involucrada directa o indirectamente la generación de cantidades significativas de información. Un grupo dinámico de partes interesadas debe tener distintos niveles de derechos de acceso a esa información. Además, el alcance de la información relacionada con IoT variará según los requisitos del dominio de la aplicación y el contexto de los dispositivos.

Las aplicaciones de IoT involucran a muchas partes interesadas, con diferentes roles y funcionalidades que acceden a distintos tipos de información con varios niveles de acceso, identidades múltiples y condiciones particulares de seguridad para cada una de ellas. Administrar todos estos activos de manera eficiente, segura e interoperable es un problema desafiante. Se analizará si la tecnología Blockchain y los contratos inteligentes pueden desempeñar un papel importante en este sentido [4].

Una cadena de bloques mantiene una colección, o libro mayor, de transacciones de manera descentralizada y distribuida. El libro mayor es inmutable e irreversible, lo que significa que las transacciones pasadas no pueden ser modificadas por ninguna entidad que registre transacciones en la Blockchain, y se comparte y sincroniza en todos los nodos participantes. De esta manera, la cadena de bloques garantiza que el libro mayor no puede

ser manipulado, y que todos los datos que posee la Blockchain son confiables [5].

Una cadena de bloques puede ser pública [6] o estar restringida solo a usuarios autorizados [7]. La Blockchain se considera una forma democrática de mantener transacciones [8] y se prevé que proporcione mecanismos de seguridad novedosos, que contribuyan a la sostenibilidad de las aplicaciones de IoT y permitan nuevos modelos de confianza [9].

Un contrato inteligente es una aplicación distribuida que vive en la cadena de bloques [6]. Esta aplicación es, en esencia, una clase de lenguaje de programación con campos y métodos. Los usuarios pueden interactuar con los campos y métodos públicos de esta clase enviando transacciones a su dirección en la cadena de bloques.

Cada vez que un usuario interactúa con un contrato inteligente, todos los nodos de la red Blockchain ejecutan todas las operaciones de manera determinista y confiable y uno de estos nodos se selecciona para almacenar el resultado de la ejecución de los contratos, si corresponde, en la cadena de bloques. Los contratos inteligentes pueden verificar las identidades y firmas digitales de los usuarios de la Blockchain, realizar cálculos de propósito general e invocar a otros contratos [10].

El código de un contrato inteligente es inmutable y no puede ser modificado ni siquiera por su propietario [11]. Además, todas las transacciones enviadas a un contrato se registran en la cadena de bloques, por lo que es posible obtener todos los valores históricos de una variable del contrato.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

La línea de investigación propone analizar cómo se pueden usar los contratos inteligentes y la tecnología Blockchain para proporcionar mecanismos básicos de seguridad, facilitar la gestión de la información y permitir la interacción con los dispositivos de manera interoperable.

Los contratos inteligentes permiten que las aplicaciones interactúen con los dispositivos de IoT de manera similar a cómo los controladores de hardware permiten que las aplicaciones interactúen con los dispositivos de hardware. Es decir, los contratos inteligentes pueden describir las capacidades de un dispositivo, los servicios que ofrece y cómo se puede acceder a él.

Al escribir los contratos inteligentes, los desarrolladores deberían poder integrar los dispositivos en sus sistemas y procesos, para ofrecer servicios innovadores y sostenibles. Además, al aprovechar los anclajes de confianza proporcionados por los contratos inteligentes y la cadena de bloques subyacente, debería ser más fácil crear aplicaciones distribuidas abiertas, confiables y seguras, así como nuevos mecanismos de seguridad, responsabilidad y cobro. Del mismo modo, con los contratos inteligentes, los usuarios pueden realizar fácilmente transacciones con sus monedas digitales o incluso con sus tokens personalizados.

Una propiedad interesante de los contratos inteligentes es que son deterministas y siempre se ejecutan correctamente, por lo tanto, el propietario de un contrato no debe preocuparse si la lógica de la aplicación, por ejemplo, una condición de control de acceso, incluida en el contrato será respetada o no. Además, el código de un contrato generalmente está disponible y el propietario de un contrato puede incluso agregar controles adicionales en un contrato para proteger a sus clientes. Incluso de sí mismo. Por ejemplo, puede implementar un compromiso de dos fases para los pagos: un cliente, en lugar de pagar directamente a un proveedor de servicios, compromete algo de dinero o activos digitales a un contrato; estos fondos se mantienen en depósito por el contrato hasta que el proveedor de servicios proporcione el servicio esperado; en caso de que no lo haga, los fondos se devuelven al cliente.

Finalmente, los contratos inteligentes no se pueden eliminar de una cadena de bloques. Esta propiedad es útil para construir mecanismos de comunicación resistentes al

repudio (non-repudiation). Por ejemplo, y como veremos a continuación, un contrato inteligente puede proporcionar un puntero a la ubicación de un elemento de información, o incluso al elemento en sí. Si esta ubicación se incluye, de alguna manera, en una lista negra, el puntero puede actualizarse fácilmente por el titular del contrato. De manera similar, un contrato inteligente puede contener metadatos que pueden usarse para prevenir fraudes y elementos de contenido falso.

El código fuente del contrato, así como el valor de cada campo del contrato, está disponible públicamente. Por esta razón, los desarrolladores de contratos deben tener mucho cuidado al decidir qué información se almacenará en un contrato. En muchos casos es preferible almacenar los datos fuera de la cadena de bloques y almacenar en la cadena de bloques el hash de los datos. De esta manera, un usuario puede verificar la integridad de los datos recibidos. Además, y por la misma razón, se recomienda a los desarrolladores que utilicen herramientas estáticas (SAST) y dinámicas (DAST) que analicen automáticamente el código del contrato y detecten posibles fallas y riesgos de seguridad [12].

Cabe señalar que cuando decimos que los dispositivos interactúan con una cadena de bloques o con un contrato inteligente, siempre se da a entender que esto es a través de una puerta de enlace confiable. Además, el término usuario puede referirse a entidades del mundo real, aplicaciones, dispositivos o incluso contratos inteligentes.

Se analizan algunos modelos de interacción para IoT basados en contratos inteligentes:

Push-Pull: En este modelo de interacción, los dispositivos hacen que los datos, tanto el contenido como la información, estén disponibles y los empujen (Push) para que los usuarios pueden extraerlos. Para la operación de empuje se pueden considerar los siguientes enfoques:

- a) Los dispositivos empujan los datos en la cadena de bloques. Los datos se almacenan en la cadena de bloques, posiblemente a

través de un contrato inteligente. y se pueden usar contratos inteligentes para recuperarlos.

- b) Los dispositivos empujan los datos a los nodos de almacenamiento dedicados. Luego almacenan un puntero a ese nodo y los metadatos auxiliares en la cadena de bloques a través de un contrato inteligente. Dependiendo de la forma de este puntero, un usuario puede extraer datos utilizando distintos métodos.

Publish-Subscribe: En este modelo de interacción, los usuarios expresan interés en un elemento de datos (Subscribe) y los dispositivos envían elementos de datos (Publish) a los usuarios interesados. El proceso de suscripción se puede implementar mediante un contrato inteligente, que debe mantener una lista de indicadores para los usuarios interesados. Cada contrato inteligente puede ser responsable de un tema específico y se debe utilizar un mecanismo de resolución para asignar un tema a una dirección determinada de contrato inteligente.

Event-based: Una forma de interacción en el IoT es la actuación (Actuation). Realizar una actuación a través de un contrato inteligente no es trivial, ya que los contratos no interactúan con el mundo físico. Por otro lado, algunas implementaciones de contratos inteligentes proporcionan eventos. Usando eventos, la actuación se puede implementar de la siguiente manera: las operaciones de actuación se pueden implementar como métodos de un contrato inteligente. Los usuarios pueden invocar estos métodos, que a su vez, pueden crear un evento. Los dispositivos podrían monitorear la cadena de bloques en busca de eventos y, si se produce uno, realizarían la actuación adecuada.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Como se viene analizando, una de las aplicaciones más importantes de Blockchain que se pueden usar en IoT son los contratos inteligentes.

Los contratos inteligentes son transparentes, se ejecutan de forma determinista por terceros y nadie puede afectar su resultado de ejecución. Proporcionan medios para la autenticación del usuario y la transferencia de tokens. Todas las interacciones con un contrato inteligente se registran en la cadena de bloques. Por otro lado, los contratos inteligentes no son una panacea ya que conllevan riesgos y debilidades. Una vez implementados, no se pueden modificar, no preservan la privacidad del usuario y no pueden almacenar o crear información secreta.

En este trabajo de investigación, se postula que los contratos inteligentes se pueden usar como una abstracción que conectará las aplicaciones con los dispositivos de IoT de una manera eficiente y segura. Unir los dispositivos con contratos inteligentes no siempre será posible, ya que hay dispositivos que no tiene el poder computacional necesario para interactuar con la cadena de bloques.

Además, y teniendo en cuenta que los avances de las investigaciones sobre los protocolos de acceso a los dispositivos y sobre los protocolos de acceso e interoperabilidad de la cadena de bloques avanzan en paralelo, se podría proponer un controlador de protocolos basado en una puerta de enlace (Gateway) que traduciría los protocolos específicos de IoT en transacciones de Blockchain, y viceversa, de manera eficiente y segura.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS.

El equipo de investigadores pertenece al cuerpo docente de Tecnologías Aplicadas de la Facultad de Ingeniería, específicamente al área de Seguridad Informática, de la Universidad del Salvador.

A este proyecto, se incorporaron dos docentes investigadores con amplia trayectoria académica, un docente investigador con muchos años de desempeño en la industria de TI y una alumna que se encuentra promediando la carrera de Ingeniería en Informática.

Esto redundará en un aumento del activo académico e investigativo representado por su cuerpo de docentes investigadores, como así también sembrará las bases para la investigación a futuro, a través de la participación de alumnos de la Facultad de Ingeniería.

5. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] A. Whitmore, A. Agarwal, and L. Da Xu. “The Internet of Things – A survey of topics and trends”. *Information Systems Frontiers*, vol. 17, nro. 2, pp. 261–274. 2015.
- [2] Glen Martin (Forbes). “How the Internet of Things Is More Like the Industrial Revolution than the Digital Revolution”. <https://www.forbes.com/sites/oreillymedia/2014/02/10/more-1876-than-1995/#674c4e0b66d2>. Última consulta: enero 2022.
- [3] L. Da Xu, W. He, and S. Li. “Internet of things in industries: A survey”. *IEEE Transactions on industrial informatics*, vol. 10, nro. 4, pp. 2233–2243. 2014.
- [4] M. Conoscenti, A. Vetro, and J. C. De Martin. “Blockchain for the internet of things: A systematic literature review”. *Computer Systems and Applications (AICCSA), IEEE/ACS 13th International Conference of. IEEE*, 2016, pp. 1–6. 2016.
- [5] K. Christidis and M. Devetsikiotis. “Blockchains and smart contracts for the internet of things”. *IEEE Access*, vol. 4, pp. 2292–2303. 2016.
- [6] G. Wood, “Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger,” *Ethereum Project Yellow Paper*, vol. 151, 2014.
- [7] “Hyperledger home page,” *The Linux Foundation*, 2018, (last accessed 23 Feb. 2018). [Online]. Disponible en: <https://www.hyperledger.org/>
- [8] J. Cohn, P. Finn, S. Nair, and P. Sanjai, “Device democracy: Saving the future of the Internet of Things,” *IBM Institute for Business Value*, 2014, Última consulta: enero 2022. Disponible en: [http://www-01.ibm.com/](http://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=GBE03620USEN)
- [9] G. C. Polyzos and N. Fotiou, “Blockchain-assisted information distribution for the Internet of Things,” in *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration*, 2017, pp. 75–78.
- [10] “Smart contracts, ¿Qué son, cómo funcionan y qué aportan?”, Agosto 2016. Disponible en: <https://academy.bit2me.com/que-son-los-smart-contracts/>. Último acceso: Diciembre 2021.
- [11] F. Schüpfer, “Design and Implementation of a Smart Contract Application”, *Master Thesis*, Agosto 2017. Disponible en: <https://files.ifi.uzh.ch/CSG/staff/Rafati/Florian-Schupfer-MA.pdf>
- [12] K. Christidis and M. Devetsikiotis. “Blockchains and smart contracts for the internet of things”. *IEEE Access*, vol. 4, pp. 2292–2303. 2016.

Especificación Integral del Sistema OTP-Vote Orientada a su Implementación

Silvia Bast¹ Germán Montejano² Mario Berón²

¹Departamento de Matemática
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de La Pampa
Av. Uruguay 151 – (6300) Santa Rosa – La Pampa – Argentina
Tel.: +54-2954-425166 – Int. 28
silviabast@exactas.unlpam.edu.ar – web: <http://exactas.unlpam.edu.ar/>

²Departamento de Informática
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Universidad Nacional de San Luis
Ejército de los Andes 950 – (5700) San Luis – San Luis – Argentina
Tel.: +54-2652-424027 – Int. 251
[gmonte, mberon]@unsl.edu.ar – web: <http://www.unsl.edu.ar>

RESUMEN

La incorporación del voto electrónico en las sociedades democráticas presenta grandes controversias y discusiones entre los ciudadanos. La mayor resistencia para su implementación pasa por la desconfianza de la sociedad en tales sistemas, debido a las experiencias poco exitosas con las que los usuarios han tenido contacto en diversos lugares en elecciones recientes. Resulta claro que el problema de fondo radica en la confianza de la sociedad sobre el sistema que se usa, por lo que construir sistemas seguros y demostrar la solidez de los mismos, es el principal desafío de investigación de este proyecto.

En 2016 se presentó el modelo inicial de datos de un sistema de voto electrónico denominado OTP-Vote que asegura anonimato incondicional y seguridad computacional que puede llevarse a cualquier nivel exigible. El trabajo expone un modelado básico de los datos de los votos. Para lograr la implementación efectiva del sistema se torna necesario especificar un conjunto de aspectos de gran importancia que quedaron planteados como supuestos en el modelo inicial y que deben aportar las condiciones de seguridad

para lograr un sistema de voto electrónico implementable y robusto. Se presentan a continuación los avances realizados en pos de la especificación integral del sistema.

Palabras clave: *Sistemas de Voto Electrónico, Anonimato, Transparencia, Auditoría, One Time Pad, Verificabilidad End to End.*

CONTEXTO

El presente trabajo tiene sus orígenes en una de las líneas de investigación del proyecto "Aspectos de Seguridad en Proyectos de Software", que avanza en el desarrollo de un modelo de voto electrónico basado en criptografía one time pad. (Resolución N° 488/14 del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales –FCEyN– de la Universidad Nacional de La Pampa - UNLPam).

Del mencionado proyecto surgió una tesis de maestría que presentó las bases del sistema OTP-Vote. Tomando como insumo ese trabajo, se sigue profundizando actualmente sobre la temática desarrollando una tesis doctoral

denominada “Especificación Integral del Sistema OTP-Vote Orientada a su Implementación”, en la Universidad Nacional de San Luis, avalada por Resolución 408/21 de inscripción y Aprobación de Plan de Tesis 408/21 Decanato. Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales -FCFMyN- Universidad Nacional de San Luis - UNSL.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a las discusiones y controversias que generan los sistemas de voto electrónico en cuanto a seguridad y transparencia, representan un desafío a los efectos de la investigación. Se torna necesario entonces analizar y evaluar las condiciones de seguridad que deben cumplir y también las soluciones que diferentes autores han propuesto hasta el momento, para intentar generar un modelo teórico que permita luego el desarrollo de un sistema robusto y confiable.

En la tesis de maestría denominada “Optimización de la Integridad de Datos en Sistemas de E-Voting”, defendida en 2016 en la Universidad Nacional de San Luis, se presentaron las bases de un modelo teórico de un sistema de voto electrónico denominado OTP-Vote. En ese trabajo se expone un modelado básico inicial de los datos de los votos, que debe ser refinado, estableciendo precisiones acerca de un conjunto de aspectos, con el fin de lograr una futura implementación.

El refinamiento propuesto apunta a otorgar mayor seguridad a través de:

- Uso de atributos de control y de encriptación, variaciones en cuanto a los datos almacenados de los votos y profundización de las posibilidades de recuperación de los mismos.
- Análisis y refinamiento de protocolos antifraude.
- Análisis y selección de un método criptográfico que asegure la transmisión de datos entre estaciones y servidor.
- Diseño de un modelo para la automatización del proceso de configuración de parámetros y generación de tablas relacionales del sistema de e-voting.

- La información intermedia que puede ser expuesta a los auditores para su control.
- Verificabilidad End to End.

Sistemas de Voto Electrónico

Un sistema de voto electrónico “es un componente de software que mapea electrónicamente el procedimiento de votación” [1].

Importantes autores como Epstein [2], Kazi, Alam y Tamura [3], Prince [4] y van de Graaf, Henrich y Müller-Quade [5], Hao, Ryan [6], Rivest [7], Ryan, Schneide y, Teague [8], Rabin y Rivest [9] y Awad y Leiss [10], expresan detalladamente los requisitos y características de estos sistemas.

El Modelo OTP-Vote

El modelo propuesto en [11] hace uso de i) claves One Time Pad (OTP) que cumplen con la característica de Secreto Perfecto de Shannon [12] (lo que significa que aún un adversario con potencia de cómputo infinita no puede deducir el texto plano a partir del texto cifrado), ii) el esquema de almacenamiento denominado Múltiples Canales Datos único (MCDU) y sus fórmulas propuestas para alcanzar dimensiones con comportamiento óptimo [13], [14], [15] y [16] iii) la operación XOR [17], y iv) la redundancia apropiada [18] para el almacenamiento de los datos para asegurar:

- Anonimato incondicional
- Seguridad computacional que puede llevarse a cualquier nivel exigible durante el proceso electoral.

El proceso de OTP-Vote consiste de tres grandes etapas como puede observarse en la figura 1.

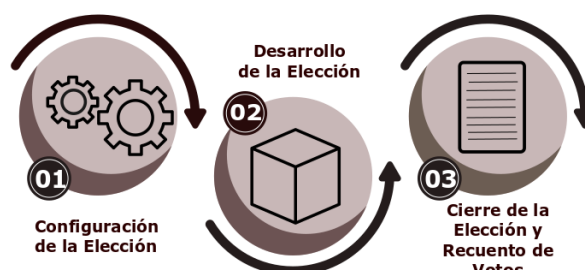


Figura 1. Etapas del Proceso electoral

El modelo teórico presentado supone, para cada una de las etapas mencionadas, el cumplimiento de condiciones de seguridad que resultan imprescindibles para alcanzar el normal funcionamiento del sistema.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Para avanzar en la investigación es necesario realizar un análisis profundo de los aspectos del modelo que requieren de condiciones óptimas de seguridad (comunicación entre usuario-sistema y sistema-servidor de datos).

Una vez identificados los aspectos a mejorar, se realizará una revisión sistemática de aportes de otros autores, para posteriormente trabajar sobre la especificación y validación de propuestas que aporten soluciones en tal sentido.

Será necesario realizar un trabajo minucioso sobre:

- Identificación de los datos que deben permanecer inalterables durante el proceso y los que deben modificarse de forma controlada, para asegurar tales condiciones.
- Análisis de la semántica de las tuplas y especificación propuestas de optimización de configuración que incluyan información de control.
- Especificación y validación de una propuesta de generación automática de tablas relacionales a partir de los datos del sistema.
- Análisis de la información intermedia necesaria para dar transparencia al proceso a la vista de terceros, y especificación, validación y desarrollo de propuestas de auditoría.
- Especificación y validación de una propuesta de verificabilidad End to End.

3. RESULTADOS Y OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es ampliar y refinar la formalización de la especificación del modelo de datos OTP-Vote publicado en 2016, en cuanto a las condiciones de seguridad antifraude para lograr un sistema de voto electrónico robusto, de inmediata y fácil implementación que permita auditorías de control y verificabilidad en todas las etapas de su uso.

Los avances en la investigación están dados por:

- Análisis de los aspectos de seguridad que involucran la comunicación del sistema con el usuario y con el servidor de datos:
 - i) Variaciones en la configuración de los datos en cada proceso eleccionario.
 - ii) Uso de atributos de control y de encriptación.
 - iii) Propuesta inicial de Verificabilidad End to End.
- Revisión sistemática acerca de propuestas ya existentes generadas por otros autores en relación con los aspectos analizados en i), ii) y iii).

Como trabajo futuro, tomando como base los avances ya realizados y la revisión de propuestas ya existentes debe focalizarse en los siguientes aspectos:

- Refinamiento de protocolos antifraude en todas las etapas del modelo.
- Análisis y selección de un método criptográfico que asegure la transmisión de datos entre estaciones y servidor.
- Análisis de la información intermedia que puede ser expuesta a los auditores para su control en las etapas del proceso electoral, sin comprometer el anonimato del votante.
- Elaboración de una propuesta superadora de verificabilidad End to End.
- Evaluación y profundización de los avances ya realizados sobre el modelo original.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

En cuanto a la formación de recursos humanos, Silvia Bast se encuentra desarrollando la tesis denominada “Especificación Integral del Modelo OTP-Vote” para alcanzar el grado de Doctora en Ingeniería Informática en la Universidad Nacional de San Luis, San Luis. Resolución de inscripción y Aprobación de Plan de Tesis 408/21 Decanato. FCFMyN – Universidad Nacional de San Luis.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] B. Ondrisek, B. “E-voting system security optimization”. 42nd Hawaii International Conference on System Sciences (pp. 1-8). IEEE. 2009.

[2] J. Epstein, “Electronic Voting” in *Computer*, vol. 40, no. 8, pp. 92-95, Aug 2007. doi: 10.1109/MC.2007.271.

[3] K. M. Rokibul Alam and S. Tamura, “Electronic voting - Scopes and limitations”, International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV), Dhaka, Bangladesh, pp. 525-529, . 2012. doi: 10.1109/ICIEV.2012.6317324.

[4] A. Prince, “Consideraciones, aportes y experiencias para el Voto electrónico en Argentina”, Editorial Dunken, 2006.

[5] J.van de Graaf, C. Henrich, J. Müller-Quade, “Requirements for secure voting”, Work Notes 2011.

[6] F. Hao, P. Ryan, “Real -World Electronic Voting. Design, Analysis and Deployment”. CRC Press. ISBN-13: 978- 1498714693. ISBN-10: 1498714692. 2017.

[7] R. Rivest, “On the notion of ‘software independence’ in voting systems”.

Philosophical Transactions of the Royal Society A, 366(1881):3759–3767. 2008.

[8] P. Ryan, S. Schneider, V. Teague, “End-to-End Verifiability in Voting Systems, from Theory to Practice”. *Voting Systems, from Theory to Practice. IEEE Security & Privacy*, 13(3):59–62, 2015.

[9] M. Rabin, R. Rivest, “Efficient End to End Verifiable Electronic Voting Employing Split Value Representations” Bregenz, Austria. *Proceedings of EVOTE 2014*. ISBN 978-9949-23-688-6. 2014.

[10] M. Awad, E. Leiss, “End-to-End Cryptography: Spreading Democracy”. *International Journal of Applied Engineering Research*. Volume 11, Issue 11. Ps. 7391-7394. 2016.

[11] S. Bast, “Confidencialidad e Integridad de Datos en Sistemas de E-Voting – Un Modelo para la Implementación Segura de un sistema de Voto Presencial”, Editorial Académica Española. ISBN 978-3-639-53793-2. 2017.

[12] C. E. Shannon, "Communication theory of secrecy systems," in *The Bell System Technical Journal*, vol. 28, no. 4, pp. 656-715, Oct. 1949, doi: 10.1002/j.1538-7305.1949.tb00928.x..

[13] P. García, “Una Optimización para el Protocolo Non Interactive Dining Cryptographers” - Editorial Académica Española (<https://www.eae-publishing.com/> - ISBN-13: 978-3-639-85270-7. ISBN-10: 3639852702. EAN: 9783639852707 – 2017.

[14] J. van de Graaf, G. Montejano, P. García, “Manejo de Colisiones en un Protocolo Non Interactive Dining Cryptographers”. *Anales de las 42° Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO, ISSN: 1850-2776)*. Workshop de Seguridad Informática (WSegI 2013, ISSN: 2313-9110). Páginas 29 a 43. 2013 Disponible en: <http://42jaiio.sadio.org.ar/proceedings/simposios/Trabajos/WSegI/03.pdf>.

[15] García P., van de Graaf J., Montejano G., Bast S., Testa O.: “Implementación de Canales Paralelos en un Protocolo Non Interactive Dining Cryptographers”. 43° Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO 2014), Workshop de Seguridad Informática (WSegI 2014). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/42066>. 2014.

[16] P. García, J. van de Graaf, A. Hevia, A. Viola, “Beating the Birthday Paradox in Dining Cryptographers Networks”. En “Progress in Cryptology – Latincrypt 2014”. Springer International Publishing. ISSN: 0302-9743. ISSN (electronic): 1611-3349. ISBN: 978-3-319-16294-2. ISBN (eBook): 978-3-319-16295-9. Ps. 179 – 198. Octubre, 2014.

[17] M. Murdocca, V. Heuring, “Principles of Computer Architecture. Appendix A: Digital Logic”. Editor: Addison Wesley; Edición: US ed (29 de noviembre de 1999) Idioma: Inglés - ISBN-10: 0201436647 - ISBN-13: 978-0201436648

[18] P. García, G. Montejano, S. Bast, E. Fritz, "Codificación de Sufragios con Detección de Colisiones en NIDC con Canales Paralelos de Slots” Congreso Nacional de Ingeniería en Informática / Sistemas de Información. CoNaIISI 2016.

Análisis de vulnerabilidades en Videojuegos basados en NFT y criptomonedas

Marco Antonio Villan, mvillan@uade.edu.ar, Departamento de Tecnología, Universidad Argentina de la Empresa, UADE.

Martin Ignacio Melani, mamelani@uade.edu.ar, Departamento de Tecnología, Universidad Argentina de la Empresa, UADE.

1. CONTEXTO

El objetivo de la presente investigación es analizar y evaluar las características de seguridad de los diez juegos con más jugadores basados en NFT Gaming en el periodo 2021/2022.

Se analizarán desde el punto de vista técnico mediante el análisis estático del código de los juegos en búsqueda de posibles vulnerabilidades y un análisis dinámico para analizar los datos que recopilan los videojuegos. Además, se identificarán posibles vulnerabilidades que atenten contra la privacidad y seguridad de los usuarios.

También, se analizarán sus políticas de seguridad, infraestructura, ecosistema NFT y se pondrán en comparación con estándares internacionales en protección de datos y la normativa ISO 27001.

2. INTRODUCCIÓN

En 2021 la capitalización del mercado Non Fungible Token (NFT) alcanzó los 22.000 millones de dólares frente a los 338 millones de dólares de finales de 2020. Esto se debe a que gran parte del sector está centrándose en la industria de los videojuegos (Forbes, 2021).

En el primer trimestre de 2021 los juegos basados en blockchain han pasado de ser juegos del tipo Jugar para Ganar (Play to Earn) a juegos de objetos coleccionables basados en esta modalidad, ya que los NFT raros o poco comunes suelen alcanzar precios astronómicos en el mercado (Binance, 2021).

Actualmente en Argentina hay muchas personas jugando y monetizando. Una persona con una cuenta de Axie Infinity puede más o menos obtener unos 400 dólares por mes, dependiendo del valor de la moneda (SLP) en ese momento (Castro, 2021).

En materia de estadísticas de 2021, los coleccionables de juegos en NFT generaron un total de 2,32 billones en ventas durante el tercer trimestre lo que representa el 22% del volumen total de operaciones de NFT en toda la industria. También, la cantidad de billeteras con la actividad de juego aumento un 2,453% de 29.563 billeteras durante la primera semana de 2021 a 754.000 billeteras en el tercer trimestre de 2021.

En materia de seguridad, los NFT Gaming aseguran la transparencia ya que utilizan la plataforma blockchain para registrar sus operaciones. Además, tiene la propiedad de singularidad y seguridad, los activos del juego no se pueden replicar ni destruir, son únicos y construidos en cadena de bloques (Ray, 2021).

En relación con la seguridad de las NFT, en Understanding Security Issues in the NFT Ecosystem se han detectado problemas de seguridad que tenían gran impacto financiero en los mercados Opensea, Rarible y Sorare. De los marketplaces analizados se detectaron problemas en la autenticación de usuarios, en smart contracts y en token contracts que no son de código abierto y no pueden ser auditados (Das y otros, 2021).

También, existen diferentes escenarios en los que podría comprometerse la seguridad, desde los riesgos en el marketplace, problemas de ciberseguridad, riesgos de fraude, y riesgos en los smart contracts

(Geroni,2021). Se pueden cometer ciberdelitos por otros medios. En 2021, cuentas de usuarios de Nifty Gateway fueron comprometidas y con tarjetas de créditos compraron NFT para luego transferirlos o venderlos (Peters,2021).

3. OBJETIVO GENERAL

Analizar el ecosistema NFT de los juegos más importantes en el periodo 2021/2022 y evaluar sus medidas de seguridad y privacidad. Se analizarán los juegos Aliens World, Axie Infinity, Splinterlands, Bomb Crypto, Sunflower Farmers, Upland, Defi Kingdoms, MOBOX: nft farmer, X worlds games y Elfin Kingdom.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos serían los siguientes:

- Analizar si existen vulnerabilidades en los videojuegos mediante el análisis estático y dinámico.
- Identificar el ecosistema NFT
- Identificar vulnerabilidades en el ecosistema NFT
- Definir cuáles son las aplicaciones más utilizadas en Argentina y en Latinoamérica
- Determinar cuáles son las más utilizadas en Argentina.
- Determinar cuál es el cumplimiento de la Ley de Protección de Datos Personales Argentina y del Reglamento General de Protección de Datos de la Unión Europea.
- Determinar qué tipos de datos recopilan los videojuegos
- Establecer la ubicación de las empresas que desarrollan los videojuegos y determinar cuál es la legislación competente en el país.

5. ESPECIFICACIONES METODOLÓGICAS Y/O TÉCNICAS

La propuesta de investigación que se realizará es mixta En cuanto al diseño de investigación será descriptivo, y consisten en analizar la seguridad de los juegos de NFT con más jugadores activos del mercado.

Para la recolección de información se utilizarán las siguientes técnicas:

- Documentales: Revisión y análisis de libros, artículos de revistas, tesis, informes monográficos y páginas web (fichados y análisis de documentos).
- Encuestas de carácter anónimo a personas que utilizan videojuegos para conocer la cantidad de usuarios que la utilizan, sus usos y el juego que utilizan. Se realizará mediante Form office.
- Encuestas para obtener datos estadísticos sobre la cantidad de usuarios promedio y edades en Argentina.
- Entrevistas abiertas y semiestructuradas, las cuales brindan la opción de obtener información
- Entrevistas a especialistas en ciberseguridad
- Desarrolladores de videojuegos
- Especialistas en Criptomonedas}
- Especialistas en NFT
- Especialistas en derecho informático
- Especialistas en privacidad
- Relevamiento y análisis de fuentes secundarias, tales como:
 - Informes de análisis de centros de ciberseguridad
 - Leyes sobre protección de datos personales
 - INCIBE
 - IEEE
 - Google
 - OWASP
 - Common Vulnerabilities and Exposures (CVE)

6. FORMACIÓN DE RRHH

Los participantes de esta investigación (alumnos de grado y maestría) se introducirán al ecosistema NFT y criptomonedas, además, serán capacitados en la utilización de herramientas de análisis de seguridad informática y pentesting.

Los análisis se realizarán en forma automática pero se deberán comparar los resultados con los estándares internacionales en materia de seguridad de la información y privacidad.

7. BIBLIOGRAFÍA

- BINANCE, ¿Qué son los NFT en los juegos? El mercado de los cripto juegos en Blockchain [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022]. Disponible en <https://www.binance.com/es/blog/nft/qu%C3%A9-son-los-nft-en-los-juegos-el-mercado-de-los-criptojuegos-en-blockchain-421499824684902192>
- BLOCKCHAIN GAME ALLIANCE. 2021 Member survey & report. [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022]. Disponible en <https://www.blockchaingamealliance.org/bga-2021-member-survey-report/>
- CASTRO, Valentina. El Negocio del NFT Gaming. [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022]. Disponible en <https://www.pagina12.com.ar/380279-el-negocio-del-nft-gaming>
- DAS, Dipanjan; BOSE, Priyanka; RUARO, Nicola; KRUEGEL, Christopher; VIGNA, Giovanni. Understanding Security Issues in the NFT Ecosystem [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022]. Disponible en <https://arxiv.org/abs/2111.08893>
- FORBES DIGITAL. Cripto juegos y juegos NFT: la chance única de acumular dólares sin salir de tu sillón [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022]. Disponible en <https://www.forbesargentina.com/money/criptojuegos-juegos-nft-chance-unica-acumular-dolares-salir-tu-sillon-n11000>
- GERONI, Diego. Know The Vulnerabilities And Security Concerns Associated With NFT. [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022]. Disponible en <https://101blockchains.com/nft-vulnerabilities-and-security-concerns/>
- PETERS, Jay. Hackers stole NFTs from Nifty Gateway users [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022]. Disponible en <https://www.theverge.com/2021/3/15/2231818/nifty-gateway-hack-steal-nfts-credit-card>
- RAY, Allyson. The Impact Of NFTs on Gaming. [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022]. Disponible en <https://medium.com/security-token-offering/the-impact-of-nfts-on-the-digital-gaming-domain-b4d0155c03dc>
- STATISTA. NFT games with the highest player count in the last 30 days as of January 10, 2022 [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022]. Disponible en <https://www.statista.com/statistics/1266486/blockchain-games-user-number/>
- TURNER, Wright. Edward Snowden dice que los gamers podrían ser vulnerables a exploits mediante los NFT [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022]. Disponible en <https://es.cointelegraph.com/news/edward-snowden-says-gamers-could-be-vulnerable-to-exploitation-using-nfts>

Protocolos de consenso

Javier Díaz ¹, Mónica D. Tugnarelli ², Mauro F. Fornaroli ²

Lucas Barboza², Facundo Miño², Juan I. Carubia Grieco²

⁽¹⁾ Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata

⁽²⁾ Facultad de Ciencias de la Administración – Universidad Nacional de Entre Ríos

e-mail:jdiaz@unlp.edu.ar, monica.tugnarelli, mauro.fornaroli[@.uner.edu.ar]

Resumen

La tecnología blockchain tiene múltiples usos cuando se trata de validar la integridad, la transparencia y trazabilidad de datos. En este trabajo se continúa con la presentación de los avances del PID-UNER 7059 que aborda el estudio de esta tecnología focalizando su aplicación para asegurar la preservación de evidencia digital obtenida de activos esenciales, en un entorno preventivo como lo es Forensic Readiness. Este artículo describe los mecanismos de consenso adoptados por las blockchain seleccionadas así como algunos riesgos de seguridad conocidos y relevantes a la hora de considerar la implementación de una de ellas para cumplimentar el objetivo buscado.

Palabras clave: blockchain, protocolos de consenso, PoA, evidencia digital, seguridad

Contexto

El artículo presenta los avances del Proyecto de Investigación y Desarrollo PID-UNER 7059 denominado “*Tecnología Blockchain para aseguramiento de evidencia digital en entornos Forensic Readiness*” que se encuadra en una de las líneas de investigación establecidas como prioritarias para su fomento, "Arquitectura, Sistemas Operativos y Redes", de la carrera Licenciatura en Sistemas de la Facultad de

Ciencias de la Administración. Se adecua además, a las prioridades de la Universidad Nacional de Entre Ríos por ser un proyecto aplicado a la investigación sobre Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Introducción

En artículos anteriores analizamos diferentes características respecto de la tecnología blockchain que incluyeron:

- Relevamiento de casos de uso a nivel regional y nacional, destacando la iniciativa y puesta en funcionamiento de la Blockchain Federal Argentina (BFA) [1].
- Análisis de diferentes tipos de blockchain a los fines de contar con una base de conocimiento previa para la implementación de prototipos en laboratorio, seleccionando para ello dos soluciones representativas de blockchain: una pública basada en Ethereum y otra privada Hyperledger Fabric. Además, se diseñó un esquema genérico del proceso de almacenamiento de hashes que aseguren la evidencia de los activos esenciales determinados. [2]
- Presentación de métricas preliminares sobre la performance de la Blockchain Federal Argentina como ejemplo de Ethereum y una primera revisión del tema sobre Hyperledger Fabric instalada como base de pruebas en laboratorio [3]

En el presente trabajo revisamos los protocolos de consenso utilizados por las soluciones de blockchain seleccionadas para avanzar en la identificación y análisis de riesgos de seguridad que podrían afectarlas.

Es conocido que la tecnología blockchain utiliza criptografía y tecnología de *timestamp* en la capa de datos (Data), que emplea conexiones peer-to-peer para el intercambio de información en la capa de red, que implementa algoritmos de consenso para validar la información y que usa scripts y algoritmos para implementar smart contracts en diversos lenguajes de base. Este entorno de trabajo asegura varias cuestiones relacionadas con la consistencia, la trazabilidad y la inmutabilidad de la información, pero no por ello queda exento a posibles ataques de seguridad que lo comprometan.

El PID 7059 tiene por objetivo primario analizar las prestaciones de la tecnología Blockchain para asegurar la integridad y trazabilidad de la cadena de custodia en un entorno de Forensic Readiness [4], que como método preventivo requiere de respuestas precisas del entorno tecnológico para resguardar los datos considerados como evidencia digital. Por este motivo es imprescindible que esta tecnología asegure un entorno de confianza y privacidad para las partes intervinientes en el posible proceso judicial.

En ese marco, uno de los componentes principales es el mecanismo de consenso utilizado por BFA y por Hyperledger Fabric, tema que se aborda a continuación así como una breve descripción de los principales problemas de seguridad conocidos para dichas implementaciones.

Mecanismos de Consenso

Los mecanismos de consenso, también llamados protocolos o algoritmos de consenso, permiten que los sistemas distribuidos creen un entorno para colaborar y mantenerse seguros. Este mecanismo implica la aceptación de todos los nodos miembros de la blockchain sobre la información que hay en la misma. Es decir, que todos los nodos aceptan que el último bloque ha sido agregado a la cadena de manera correcta, que es el mismo para todos, que no presenta manipulaciones ni datos erróneos.

Tanto BFA como Hyperledger Fabric usan el mecanismo de consenso llamado Proof of authority (PoA) con algunas variaciones según la implementación. [5,6,7]

En la Prueba de Autoridad existen varios nodos de autoridad los cuales están identificados y reciben el nombre de selladores. En este contexto, la identidad significa la identificación personal de un sellador en el mundo real, como por ejemplo en la Blockchain Federal Argentina donde cada nodo sellador debe solicitar su ingreso, presentar documentación legal que certifique su identidad y ser aceptado por $(n/2)+1$ nodos selladores. Como característica distintiva los 21 nodos selladores operativos de la BFA pertenecen a diferentes sectores (académico, industria, organizaciones públicas, privadas).

Esto brinda un control total sobre qué nodos pueden sellar bloques en la red, sirviendo como primera protección para asegurar que un sellador malicioso no pueda generar problemas.

Hyperledger Fabric, de por sí una plataforma permissionada, utiliza el

mecanismo de consenso PoA con base en Kafka Orderer donde los participantes autorizados con acceso controlado validan las transacciones. Cuando la mayoría valida una transacción, hay consenso y se confirma.

Las versiones posteriores de Hyperledger han incorporado el protocolo de consenso Raft basado en el liderazgo, donde los nodos "seguidores" replican las entradas de registro creadas por el "líder" y también pueden elegir un nuevo nodo líder en caso de que este deje de enviar mensajes después de un tiempo configurado. En la red de pruebas se han levantado 5 nodos para simular las partes interesadas.

Además, si bien Kafka es tolerante a fallos, no lo es frente a fallos bizantinos, lo que podría provocar que el sistema no llegue a un acuerdo en el caso de nodos maliciosos o defectuosos.

Entonces, en ambas implementaciones, la identidad de los participantes es conocida abandonando el concepto de anonimato que se asocia a las criptomonedas, lo que sustenta la autenticación de los mismos.

Otro aspecto a considerar es la modalidad de operación, en cuanto a que BFA es descentralizada y todos los nodos pueden acceder al log de registro. En cambio en Hyperledger el registro no es público y tiene un carácter centralizado. Esta última característica tiene ventajas y desventajas conocidas, tales como mayor control de las operaciones, riesgo de que la centralización produzca "cuellos de botella" y que el nodo "líder" sea objeto de un ataque de denegación de servicios, conceptos relacionados con la disponibilidad.

Riesgos de seguridad

En función de lo planteado brevemente en los párrafos anteriores, es necesario relevar las principales vulnerabilidades que afectan a la tecnología blockchain ya que no son inmunes a los ataques y al fraude, tales como los dos que se describen a continuación:

A) Bifurcación (Fork)

Este tipo de incidentes tiene que ver con los cambios en las reglas de consenso, por ejemplo ante una actualización del software de la red de blockchain. Al publicarse una nueva versión del software de la blockchain, cambia el acuerdo sobre las reglas de consenso en los nodos. Las actualizaciones pueden dar lugar a dos tipos de nodos: nodos nuevos, que ya tienen la nueva versión del software, y nodos viejos, que aún no han actualizado a la nueva versión.

Este problema también puede darse por un error tal como sucedió en enero de este año donde la red de pruebas de Ethereum 2.0, Kintsugi, se bifurcó en por lo menos 3 redes diferentes quedando fuera de servicio durante algunos días. En este caso, y según lo informado por el desarrollador de Ethereum [8], el inconveniente se debió a una prueba de verificación de error dentro de la red, que tiene por objetivo crear bloques inválidos cambiando ciertas características, de manera de verificar que los validadores puedan identificar el fallo e invalidar el bloque. Sin embargo, algunos de los nodos selladores identificaron bloques inválidos como correctos, creando una nueva cadena.

Casi al mismo tiempo la BFA sufrió un inconveniente similar donde los selladores quedaron en distintas bifurcaciones

resultando en unas horas sin sellar, lo cual fue solucionado manualmente mediante el grupo de trabajo Selladores levantando y sincronizando los nodos.

Sobre esta problemática en 2020 se realizó una prueba de concepto, conocida como ataque Erebus [9]. Este ataque está específicamente desarrollado para redes P2P como las de blockchain, buscando dividir la red objetivo, mientras que de manera silenciosa se gana el control de la mayor parte de la misma para hacer que efectivamente la red deje de funcionar. Además agrega una manipulación maliciosa en las conexiones con el fin de tomar el control de la misma usando como base un ataque Man-in-the-middle. Como consecuencia la red entra en un estado de no consenso, que termina dividiendo la red y que incluso podría derivar en un ataque de 51% sobre la blockchain.

B) Phishing

En este tipo de ataque se intenta obtener las credenciales de un usuario. Si bien el campo de acción es mayor en las wallets y blockchain con criptomonedas es un riesgo a considerar, mas aun cuando un componente principal para que funcione el entorno seguro que se pretende desplegar es la autenticación de los participantes.

Un posible ataque podría consistir en conseguir los datos de identificación/acceso de un sellador así como otro tipo de información confidencial lo que puede resultar en pérdidas para el usuario, la red blockchain y para el entorno confidencial que se pretende implementar, por lo cual esta vulnerabilidad se deberá considerar tanto para BFA como para Hyperledger Fabric.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Siguiendo la línea de investigación mencionada en el contexto de este trabajo, se desarrollan actividades que propicien la conformación de una base de conocimiento sobre la tecnología blockchain y sus aplicaciones en diversos ámbitos, destacando el aseguramiento de la integridad y trazabilidad de cualquier activo digital que se considere evidencia digital.

Resultados y Objetivos

El PID 7059 tiene como objetivo primario analizar el impacto de la utilización de la tecnología blockchain aplicada a la preservación, la integridad y trazabilidad de la evidencia digital y la cadena de custodia.

Como objetivos secundarios se establecen:

- Integrar esquemas de recolección de datos y bases de datos de resguardo de evidencia con una solución de blockchain.
- Analizar la relación entre la escalabilidad de blockchain y los algoritmos de consenso.
- Avanzar en la identificación de incidentes de seguridad y el análisis de aspectos de seguridad informática relacionada con la tecnología blockchain.

A la fecha se han cumplimentado diversas etapas en pos del logro de esos objetivos, restando la profundización sobre el tema seguridad el cual es complejo y de permanente actualización.

Por consiguiente, en este artículo se presentaron los resultados preliminares de este análisis, resaltando:

- Si se plantea el resguardo de fragmentos de evidencia forense debe asegurarse un entorno de confianza y privacidad.
- El mecanismo de consenso PoA presenta ventajas tales como eficiencia en los tiempos de transacción y el consenso general de la red, lo que es positivo para la escalabilidad.
- Parte de la ventaja de PoA se convierte también en una vulnerabilidad si consideramos el problema de bifurcación.
- La identificación de los participantes le otorga los requisitos indispensables de transparencia y autenticación, pero se debe tener en cuenta la prevención de una posible suplantación de identidad

Formación de Recursos Humanos

Este proyecto propicia la formación de un docente en co-dirección de proyectos, la formación en actividades de investigación de dos docentes y de un estudiante que se encuentra realizando su trabajo final de la carrera Licenciatura en Sistemas, de un becario del Programa de Becas de Formación (Iniciación en Investigación) de la UNER y de un colaborador estudiante de posgrado de la Maestría en Sistemas de Información que se dicta en la Facultad de Ciencias de la Administración.

Referencias

- [1] Díaz, Francisco Javier; Tugnarelli, Mónica D.; Fornaroli, Mauro F.; Barboza, Lucas. Blockchain para aseguramiento de evidencia digital en entornos Forensic Readiness. XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2020). ISBN: 978-987-3714-82-5
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/103377>
- [2] Díaz, Francisco Javier; Tugnarelli, Mónica D.; Fornaroli, Mauro F.; Barboza, Lucas; Miño, Facundo. Implementación de Blockchain para aseguramiento de evidencia digital en entornos Forensic Readiness. Libro de actas XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2020). ISBN: 978-987-4417-90-9
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/113243>
- [3] Díaz, Francisco Javier; Tugnarelli, Mónica D.; Fornaroli, Mauro F.; Barboza, Lucas; Miño, Facundo. Métricas para blockchain. Libro de actas XXVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2021). ISBN: 978-987-633-574-4
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/129809>
- [4] Tan, John. (2001). Forensic Readiness. http://isis.poly.edu/kulesh/forensics/forensic_readiness.pdf
- [5] Mecanismos de Consenso Ethereum. <https://ethereum.org/es/developers/docs/consensus-mechanisms/>
- [6] Mecanismos de Consenso BFA. <https://bfa.ar/blockchain/protocolos-de-consenso>
- [7] Mecanismos de Consenso Hyperledger Fabric https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/es/latest/fabric_model.html
- [8] Marius van der Wijden (2022) <https://twitter.com/vdWijden/status/1479377978400419843>
- [9] Muoi Tran, Inho Choi, Gi Jun Moon, Anh V. Vu, Min Suk Kang. A Stealthier Partitioning Attack against Bitcoin Peer-to-Peer Network . 2020 IEEE Symposium on Security and Privacy <https://erebus-attack.comp.nus.edu.sg/erebus-attack.pdf>
- [10] Iuon-Chang Lin, Tzu-Chun Liao. A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges. <https://pdfs.semanticscholar.org/f61e/db500c023c4c4ef665bd7ed2423170773340.pdf>
- [11] H. Chen, M. Pendleton, L. Njilla, and S. Xu. 2020. A Survey on Ethereum Systems Security: Vulnerabilities, Attacks, and Defenses. ACM Computing Surveys. 53, 3, Article 67 (June 2020)

Criptografía liviana para objetos conectados

Universidad Argentina de la Empresa

Ricardo Wehbe – rwehbe@uade.edu.ar

Adrián de Armas – adearmas@uade.edu.ar

Elizabeth Barrera – elbarrera@uade.edu.ar

1 Plan de investigación

1.1 Contexto

En los próximos años se acentuará una tendencia que ya ha comenzado, la interconexión de diversos objetos “inteligentes”, denominada IoT (Internet of Things) [1]. Esto trae aparejado un problema de seguridad: los métodos habituales de criptografía simétrica y asimétrica (AES, DES, block ciphers entre los primeros; RSA, Diffie-Hellman, ElGamal, curvas elípticas entre los segundos) [2] [3] requieren un esfuerzo computacional del que estos dispositivos son incapaces.

La criptografía liviana (lightweight cryptography) [4] [5] tiene por objetivo lograr un aceptable nivel de seguridad para dispositivos de capacidades modestas.

Este proyecto se propone evaluar comparativamente los métodos de criptografía liviana propuestos actualmente desde el punto de vista de su consumo energético y los recursos computacionales requeridos.

1.2 Estado actual de conocimiento sobre el tema

Existen diversos algoritmos de criptografía liviana actualmente. Se los puede dividir en:

1. *Stream ciphers* (algoritmos que encriptan un flujo continuo de datos) como SNOW 3G, Trivium, Espresso, LIZARD, etc.
2. Funciones de *hashing* criptográficas (si bien no se utilizan directamente para encriptar, son un componente esencial de muchos esquemas de seguridad). Algunos ejemplos son Armadillo, QUARK, Photon, GLUON, etc.
3. *Block ciphers* (algoritmos que encriptan un flujo de datos por bloque) como TEA, RC5, Hight, PRESENT, KATAN, etc.
4. Algoritmos de criptografía asimétrica, (sistemas de clave pública), como RSA y curvas elípticas (ECC).

Dos buenos *surveys* son los de Bhardwaj et alii y Biryukov et alii [6] y [7], aunque el primero es excesivamente lacónico y el segundo sólo considera criptografía simétrica.

En este proyecto se pretende incluir a los principales algoritmos de criptografía liviana asimétrica, como RSA o ECC [8] [9]. No se ha encontrado antecedentes de estudios comparativos como el que querríamos realizar en esta área. En una etapa ulterior, queremos trabajar sobre funciones de *hashing* livianas y stream ciphers.

2 Objetivos

2.1 Objetivos generales

El objetivo del proyecto es efectuar un relevamiento de los algoritmos actuales de criptografía liviana, implementar estos algoritmos y compararlos desde el punto de su consumo energético y costo computacional.

2.2 Objetivos específicos

La idea es tener un panorama general de las ventajas y desventajas de los diferentes abordajes y de adquirir un *know-how* en la implementación y análisis de estos algoritmos.

Las diferentes familias de algoritmos se considerarán por separado (algoritmos simétricos, asimétricos y funciones de *hashing* [10].) Se implementarán estos algoritmos y se comparará la eficiencia relativa de cada uno de ellos para las diferentes familias consideradas. En una primera etapa nos conformaremos con implementaciones en software, aunque el objetivo final es llegar a las implementaciones en hardware.

3 Especificaciones metodológicas y técnicas

En una primera etapa se hará una selección de algoritmos en tres categorías (criptografía liviana simétrica, criptografía liviana asimétrica y funciones de hashing livianas).

Para cada una de las categorías se efectuará una implementación lo más eficiente posible, utilizando las técnicas que se ven en las materias

de programación avanzadas [11] [12]. Existen además de las técnicas generales, algunas técnicas específicas para este género de problemas (por ejemplo, la utilización de primitivas de las versiones livianas de AES para producir funciones de *hashing* livianas [13].)

El análisis procederá por dos caminos paralelos. Por una parte, estimar el orden de complejidad temporal a través del análisis del código con algunas de las notaciones asintóticas estándar (la notación O o θ [14][15].) Esto dará una estimación general de la eficiencia de un algoritmo. Pero, como se sabe, estas notaciones dejan de lado constantes que pueden ser importantes.

Por eso, se establecerá una medida de la duración real de ejecución sobre un conjunto de datos establecido para determinar la posible influencia de las constantes que las notaciones asintóticas dejan de lado. Se busca crear un ambiente de prueba en el que todos los algoritmos estén trabajando en igualdad de condiciones para que los resultados no estén sesgados.

Para la segunda etapa, la confidencialidad se conseguirá a través de un esquema de criptografía simétrica. Para la autenticación de datos de origen se utilizará, como es habitual, un esquema de clave privada. Se buscará establecer un esquema de confianza en la red para que los objetos estén en condiciones de aceptar o rechazar pedidos de conexión (un esquema similar al que se utiliza en [27] para redes de sensores.) Para ello se asume un contexto de ataques bizantinos [25], en el que se trata de mantener la coherencia de la información en un contexto en el que algunos nodos de la red pueden estar transmitiendo información poco confiable [26].

Un importante objetivo es la posibilidad de crear un grupo de interés que pueda eventualmente expandirse en otras direcciones y estar en el mediano plazo en condiciones de efectuar transferencia tecnológica.

Cabe destacar que algunos de los objetivos ya están cumplidos. Se ha realizado una comparación de diversos algoritmos de clave pública, clave simétrica y funciones de *hashing* livianas en tres diferentes trabajos finales de ingeniería. En todos los casos, se trató de implementaciones en software.

4 Formación de recursos humanos

Los participantes de esta investigación (alumnos de grado y maestría) serán capacitados para entender los fundamentos matemáticos de las principales herramientas criptográficas (funciones de *hashing* criptográficas, algoritmos de criptografía simétrica y asimétrica, MAC, firma digital, métodos de autenticación. Se imple-

mentarán algoritmos seleccionados en distintos lenguajes de programación y se realizará la verificación de los algoritmos implementados y la comparación entre las distintas implementaciones para determinar puntos de referencia respecto del mejor algoritmo para cada escenario.

En una etapa ulterior se prevé trabajar sobre hardware (posiblemente Raspberry.) Para ello, se planea un trabajo conjunto con la Facultad de Ingeniería.

5 Bibliografía

- [1] Li, Shancang; Xu, Li Da; Zhao, Shanshan: The Internet of Things: a Survey, *Inf. Syst. Front.* 17, pp. 243–259, 2015.
- [2] Delfs, Hans; Knebel, Helmut: *Introduction to Cryptography*, Springer, 2007.
- [3] Cohen, Henri; Frey, Gerhard (eds.), *Handbook of Elliptic and Hyperelliptic Cryptography*, Chapman & Hall, 2007.
- [4] Buchanan, William; Li, Shancang; As-siz, Rameez: *Lightweight Cryptography Methods*, *Journal of Cyber Security Technology*, 1(3-4), pp. 187–201, 2017.
- [5] Dutta, Indira; Bayoumi, Magdy; Ghosh, Baskar: *Lightweight Cryptography for Internet of Insecure Things: a Survey*, *Proc. of the 9th Annual IEEE Computing and Communication Workshop and Conf. (CCWC)*, 2019.
- [6] Bhardwaj, Isha; Kumar, Ajay; Bansal, Manu: *A Review on Lightweight Cryptography Algorithms for Data Security and Authentication in IoT*, *Proc. of the 4th IEEE Int. Conf. On Signal Processing, Computing and Control (IC-SPCC)*, 2017.
- [7] Biryukov, Alex; Perrin, Léo-Paul: *State of the Art in Lightweight Symmetric Cryptography*, *IACR Cryptology ePrint Archive 2017*: 511, 2017.
- [8] Abd Zaid, Mustafa ; Hassan, Soukaena : *A Lightweight RSA Algorithm Using Three Prime Numbers*, *Int. J. of Engineering & Technology*, 7(4.36), pp. 293–295, 2018.
- [9] Lara-Nino, Carlos; Díaz-Pérez, Arturo; Morales-Sandoval, Miguel: *Elliptic Curve Lightweight Cryptography: a Survey*, *IEEE Access*, 6, pp. 72514–72550, 2018.
- [10] Hammad, Baraa Tareq; Jamil, Norziana; Rusli, Mohd Ezanee; Z'aba, Muhammad Reza: *A survey of Lightweight Cryptographic Hash Functions*, *Int. J. of Scientific & Engineering Research* 8(7), pp. 806–814, 2017.
- [11] Cormen, Thomas; Leiserson, Charles; Rivest, Ronald; Stein, Clifford: *Introduction to Algorithms*, MIT Press, 2002.
- [12] Dasgupta, Sanjoy; Papadimitriou, Christos; Varizani, Umesh: *Algorithms*, McGraw-Hill Education, 2006.

- [13] Bos, Joppe; Özen, Onun; Stam, Martijn: *Efficient Hashing Using the AES Instruction Set*, Proc. of the Conf. on Cryptographic Hardware and Embedded Systems (CHES) 2011, pp. 507–522, 2011.
- [14] Lewis, Harry; Papadimitriou, Christos: *Elements of the Theory of Computation*, Prentice-Hall, 1998.
- [15] Sipser, Michael: *Introduction to the Theory of Computation*, Thomson Course Technology, 2006.
- [16] Cheruvu, Sunil; Kumar, Anil; Smith, Neil; Wheeler, David: *Demystifying Internet of Things Security*, Apress Open, Springer, 2020.
- [17] Hou, Jianwei; Qu, Leilei; Shi, Wenchang: *A survey on internet of things security from data perspectives*, Computer Networks 148(15), pp. 295–306, 2019.
- [18] Veltri, Giuseppe: *Digital Social Research*, Polity Press, 2020.
- [19] Stephens-Davidowicz, Seth: *Everybody Lies. Big Data, New Data, and What the Internet Can Tell Us about Who We Really Are*, Bloomsbury Publishing, 2017.
- [20] Ohlhorst, Frank: *Big Data Analytics. Turning Big Data Into Big Money*, John Wiley & Sons, 2013.
- [21] Alexandre, Laurent: *La guerre des intelligences : intelligence artificielle versus intelligence humaine*, JC Lattès, 2017.
- [22] Liu, Donggang; Ning, Peng: *Security for Wireless Sensor Networks*, Springer, 2007.
- [23] Jurdak, Raja: *Wireless Ad Hoc and Sensor Networks. A Cross-Layer Design Perspective*, Springer, 2007.
- [24] Sohraby, Kazem; Minoli, Daniel; Znati, Taieb: *Wireless Sensor Networks. Technology, Protocols and Applications*, John Wiley & Sons, 2007.
- [25] Lamport, Leslie: *The Byzantine Generals Problem*, ACM Trans. on Programming Languages and Systems 4(3), pp 387-389, 1982.
- [26] Abdelhakim, Mai; Lightfoot, Leonard; Li, Tontong: *Reliable Data Fusion in Wireless Sensor Networks under Byzantine Attacks*, Proc. of the 2011 IEEE Military Comm. Conf. (MILCOM 2011), pp. 810-815.
- [27] Chen, Haiguang; Wu, Huafeng; Zhou, Xi; Gao, Chuanshan: *Agent-Based Trust Model in a Wireless Sensor Network*, Proc. of the 8th IEEE Conf. on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing (ACIS), pp. 119-124, 2007.

Ciberdefensa y los Usos Maliciosos de la Criptografía.

Cipriano, Marcelo^{1,2}; García, Edith¹, Maiorano, Ariel¹
Malvacio, Eduardo¹, Pazo Robles, María Eugenia¹

¹Laboratorio de Informática, Software Seguro y Criptografía, Facultad de Ingeniería del Ejército (FIE),
Universidad de la Defensa Nacional - UNDEF

²Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes UNQ.

{marcelocipriano; egarcia; maiorano; emalvacio; mepazorobles}@fie.undef.edu.ar

RESUMEN

Los objetivos principales del proyecto son el estudio, análisis, paradigmas y herramientas criptológicas modernas destinadas a la creación de software malicioso y puertas traseras criptográficas. Asimismo indagar mecanismos y metodologías que posibiliten la prevención, detección y protección para ser aplicadas en el ámbito de la Ciberdefensa Nacional.

La criptografía y todas sus aplicaciones (firma digital, autenticación, etc.) suele ser conocidas por ser de las más importantes herramientas de carácter defensivo. Los últimos años esa idea viene levemente cambiando hacia el sentido opuesto. Es decir que puede emplearse en aplicaciones ofensivas y maliciosas. Las más difundidas, al menos hasta ahora, son el secuestro, la pérdida de información y la extorsión. El responsable de llevar adelante tales actos, es una nueva clase de malware, conocida como *Ransomware*.

Otra aplicación, no tan conocida y de igual o mayor impacto aún, es el diseño e implementación de algoritmos criptográficos que incluyan las llamadas *Backdoors Cryptography* o puertas traseras criptográficas. Estas pueden vulnerar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información que, en teoría, deberían proteger.

Son evidentes las graves consecuencias sobre la ciberseguridad de usuarios particulares, empresas y organismos no gubernamentales de tales ataques.

Mayor aún es el impacto que podrían tener sobre la protección de las Infraestructuras Críticas (IICC) de una sociedad, los sistemas de información y comunicación empleados en las fuerzas que defienden la nación, como así también la amenaza directa sobre la población.

Si las IICC están comprometidas, en forma directa o indirecta, entonces la vulnerabilidad trasciende a la ciberseguridad, sino que afecta directamente a la Ciberdefensa. Entendidas aquí a las IICC como organizaciones relacionadas con la generación y distribución de energía, sistema financiero y bancario, organismos de salud como hospitales, servicio de potabilización y distribución de agua, saneamiento de desechos, entre otras.

Palabras Clave

Criptología, Criptovirología, Kleptografía, Puertas Traseras Criptográficas. Ciberdefensa.

CONTEXTO

El proyecto “MAC: Criptografía Maliciosa para la Ciberdefensa” pertenece a la Facultad de

Ingeniería del Ejército (FIE) “Gral. Div. Manuel N. Savio”, perteneciente a la *Universidad de la Defensa Nacional (UNDEF)*.

Se enmarca en el contexto de la carrera de grado de Ingeniería en Informática, la Especialización en Criptografía y Seguridad Teleinformática (Ciberseguridad) y la Maestría en Ciberdefensa, que se dictan en la citada unidad académica.

Los investigadores conforman el *Grupo de Investigación en Criptología y Seguridad Informática (GICSI)* que pertenece al *Laboratorio de Informática, Software Seguro y Criptografía* y lleva adelante tareas de *I+D+i*.

El equipo está conformado por docentes investigadores categorizados en distintos regímenes científicos, profesionales técnicos y alumnos de las carreras antes mencionadas.

1. INTRODUCCIÓN

Suele reconocerse como instrumentos defensivos a la Criptografía cuando ofrece en sistemas de comunicaciones, redes y bases de datos -entre otros- confidencialidad, integridad y autenticación.

Pero esa visión demostró ser parcial, pues en 1996 *Adam Young* y *Moti Yung* [1] presentan lo que han dado en llamar *Criptovirología*.

Ellos demostraron la posibilidad convertir la criptografía en una herramienta de ataque. Asociada adecuadamente a un virus informático, se convierte en un poderoso vector de ataque. Primeramente se infecta el sistema mediante el virus informático. Una vez dentro del sistema, el virus activa su *payload* malicioso, cifrando la información de su víctima. Finalmente, muestra por pantalla un mensaje extorsivo, donde le pide al usuario que

pague rescate si quiere recuperar la información así “secuestrada”.

Lo que los autores estaban describiendo en aquel trabajo fundacional, era lo que hoy se conoce como *ransomware*¹ considerado un malware de alto impacto y profunda afectación de los sistemas que ataca.

En 1997, los mismos autores presentan la llamada “*Kleptografía*”: esto es el diseño e implementación de *Backdoors Cryptography* o *Puertas Traseras en Algoritmos Criptográficos* [2-4].

Para demostrar la viabilidad de la *Kleptografía* más allá de su concepción abstracta, los autores presentan a “*Secretly Embedded Trapdoor with Universal Protection*”, *SETUP*.

Este *kleptograma* es una modificación a nivel matemático del algoritmo de intercambio de claves *Diffie-Hellman (DH)*, considerada la mejor herramienta para resolver el problema de la *Distribución de Claves* que durante milenios estuvo sin solución.

¿Qué consecuencias acarrearían la aplicación de tales *técnicas kleptográficas* en otros algoritmos? Por mencionar algunos ejemplos: esquemas de cifrado y de firma digital *ElGamal*, *DSA*, el algoritmo de firma de *Schnorr*, y el *PKCS* de *Menezes-Vanstone* y finalmente el reconocido algoritmo *RSA* [5-6, 8,13], entre otros.

Se podría asumir que la *Keptografía* se acota a la *Criptografía Asimétrica o de Clave Pública*. Sin embargo se encuentran publicadas funciones hash. Por ejemplo una versión de *SHA-1* modificado[7].

También se pueden hallar alternativas para protección de funciones hash comprometidas en algoritmos de nivel superior, como *HMAC* y *HKDF* [14].

¹ Ransom: rescate en inglés.

Tampoco quedan indemnes los generadores de números pseudo-aleatorios, conocidos como *Pseudo Random Numbers Generators* o *PRNG* [10-13]. A rasgos generales, se inserta una vulnerabilidad en el núcleo de la primitiva criptográfica, que afecta las propiedades estadísticas de tales generadores.

La seguridad de los esquemas criptográficos se mide tradicionalmente, entre otras consideraciones, como la incapacidad de un adversario de violar un objetivo de seguridad deseado, al contar con ciertas limitaciones en sus recursos [14].

Se observa que este argumento de seguridad se basa en un diseño sólido de los componentes subyacentes a los que un adversario no tiene acceso para afectar o influir. Si estas consignas no se satisfacen, es decir que un adversario pueda influir en el diseño de un algoritmo aplicando *Kleptografía*, entonces las consecuencias devastadoras de tal acción, resultan evidentes[16,17].

Peor aún, el daño que podría ocasionar si tal algoritmo, además, fuera estandarizado mediante alguna norma y/o adoptado por algún protocolo o aplicación.

Nadie puede aseverar que este escenario aquí propuesto es sólo una presunción realizable a futuro, o una realidad presente.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN y DESARROLLO

El proyecto sigue distintas líneas de acción:

- Estudio de material actualizado, asistencia a Cursos, Congresos y Workshops específicos, profundización en el estado del arte

tanto de la *Criptovirología* como de la *Kleptografía*, aunque el esfuerzo principal estará dirigido a esta última.

- Estudio y análisis de las diferentes variantes de *Criptovirología*.

- Estudio y análisis de ataques *kleptografía* en la literatura aplicados a diferentes algoritmos o primitivas criptográficas.

- Profundización en el estudio y análisis de técnicas *kleptográficas* para el algoritmo *RSA* y algoritmos de *generación de números pseudo-aleatorios* específicamente.

- Implementación experimental, conceptual y de referencia de alguna o algunas de las técnicas analizadas.

- Análisis y conclusiones de los resultados obtenidos.

3. RESULTADOS OBTENIDOS / ESPERADOS

El proyecto persigue estudiar y analizar la aplicación de los paradigmas y herramientas en la creación de software malicioso y puertas traseras criptográficas, para así poder desarrollar técnicas de prevención, detección y protección para ser considerados en el ámbito de la Ciberdefensa Nacional.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Los docentes del equipo de investigación dictan distintas asignaturas en las carreras de grado y posgrado en FIE. Y desde dichas cátedras se invita de forma permanente a los alumnos para participar como colaboradores.

Se han incorporado al equipo algunos alumnos de la especialización en *Criptografía* y *Seguridad*

Teleinformática (Ciberseguridad) que están llevando a cabo su *Trabajo Final Integrador (TFI)* como así también alumnos de la *Maestría en Ciberdefensa*, que se encuentran trabajando en el desarrollo de sus respectivas tesis. En ambos casos se abordan temáticas afines a la de este proyecto.

Se espera que la contribución mutua entre el equipo de investigadores, especializándose y maestrándose permita alcanzar niveles sinérgicos de avance en la investigación, la formación de recursos humanos.

La Formación de Recursos Humanos permite incrementar el Know-How que tendrá el grupo de investigadores a lo largo de la vida del proyecto. Será un importante beneficio de sus integrantes y de la institución en la cual desarrollan sus actividades científico-docentes.

Por último y atendiendo a la responsabilidad ética y social que compete a la actividad científica y tecnológica, el Grupo Integrante de este Proyecto de Investigación, ya sea durante su ejecución o por la aplicación de los resultados obtenidos, desea expresar su compromiso a no realizar cualquier actividad personal o colectiva que pudiera afectar los derechos humanos, o ser causa de un eventual daño al medio ambiente, a los animales y/o a las generaciones futuras.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Young, Adam L. and Moti Yung. "Cryptovirology: extortion-based security threats and countermeasures." Proceedings 1996 IEEE Symposium on Security and Privacy (1996): 129-140.
- [2] Young, Adam L. and Moti Yung. "The Prevalence of Kleptographic Attacks on Discrete-Log Based Cryptosystems." CRYPTO (1997).
- [3] Young, Adam L. and Moti Yung. "Kleptography: Using Cryptography Against Cryptography." EUROCRYPT (1997).
- [4] Young, Adam L. and Moti Yung. "Malicious cryptography - exposing cryptovirology." (2004).
- [5] Young, Adam L. and Moti Yung. "A Space Efficient Backdoor in RSA and Its Applications." Selected Areas in Cryptography (2005).
- [6] Young, Adam L. and Moti Yung. "An Elliptic Curve Backdoor Algorithm for RSASSA." Information Hiding (2006).
- [7] Albertini, Ange, Jean-Philippe Aumasson, Maria Eichlseder, Florian Mendel and Martin Schl affer. "Malicious Hashing: Eve's Variant of SHA-1." Selected Areas in Cryptography (2014).
- [8] Young, Adam L. and Moti Yung. "Cryptography as an Attack Technology: Proving the RSA/Factoring Kleptographic Attack." The New Codebreakers (2015).
- [9] Russell, Alexander, Qiang Tang, Moti Yung and Hong-Sheng Zhou. "Cliptography: Clipping the Power of Kleptographic Attacks." ASIACRYPT (2015).
- [10] Indarjani, Santi. Sugeng, Kiki. Widjaja, Belawati. "Modification Attack Effects on PRNGs: Empirical Studies and Theoretical Proofs." (2015).
- [11] Young, Adam L. and Moti Yung. "Cryptovirology: the birth, neglect, and explosion of ransomware" Commun. ACM 60 (2017): 24-26.
- [12] Teseleanu, George. "Random Number Generators Can Be Fooled to Behave Badly." IACR Cryptology ePrint Archive (2018).
- [13] Markelova, A. V. "Vulnerability of RSA Algorithm." (2018).
- [14] Fischlin, Marc. Janson, Christian. Mazaheri, Sogol. "Backdoored Hash Functions: Immunizing HMAC and HKDF." (2018): 105-118.
- [15] Xiao, Dianyan and Yang Yu. "Klepto for Ring-LWE Encryption." Comput. J. 61 (2018): 1228-1239.
- [16] Yogi, Manas. Aparna, S.. "Novel insights into Cryptovirology A Comprehensive Study." International Journal of Computer Sciences and Engineering. 6. (2018): 1252-1255.
- [17] Zimba, Aaron. Chishimba, Mumbi. "On the Economic Impact of Crypto-ransomware Attacks: The State of the Art on Enterprise Systems." European Journal for Security Research. (2019).

Criptografía Liviana para aplicar en IoT e IIoT

Cipriano, Marcelo; Eterovic, Jorge; García, Edith; Torres, Luis.

Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología
Dirección de Investigación Vicerrectorado de Investigación y Desarrollo.
Universidad del Salvador.
Lavalle 1854 – C1051AAB -Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina

{ marcelo.cipriano; jorge.eterovic; edith.garcia }@usal.edu.ar
luis.antonio.torres@kyndryl.com

RESUMEN

Desde hace ya varios años existen algoritmos criptográficos que por sus características operativas, conforman la llamada Criptografía Liviana o Ligera. Tales algoritmos pueden emplearse en dispositivos con bajos recursos, como son los que pertenecen a la Internet de las Cosas (IoT) y la Internet Industrial de las Cosas (IIoT), también llamada Industria 4.0. Este proyecto persigue el estudio y análisis de tales algoritmos y los protocolos que los utilizan.

Además del abordaje matemático y algorítmico de la temática a investigar, el proyecto también se propone metas de Difusión y Transferencia de estas temáticas. No solamente orientadas al ámbito académico de las Tecnologías de la Información, también conocido como IT (Information Technology por sus siglas en inglés). Sino también y en la medida de lo posible, se alcance la difusión en el ámbito de la producción industrial y las empresas dedicadas a ello, donde las Tecnologías de las Operaciones u OT (Operation Technology) desarrollan sus actividades. Corazón de la llamada “Cuarta Revolución Industrial”, cada vez más interconectada y con requerimientos de seguridad en aumento.

El proyecto desea contribuir con ambos mundos tecnológicos, cada vez más cercanos, cuyo horizonte a mediano plazo será seguramente, la convergencia en los llamados “Sistemas Ciber-Físicos”.

La Criptografía Liviana [1] permite dotar de Confidencialidad, Integridad y Autenticación a dispositivos IoT, en los que la Criptografía convencional no puede aplicarse, por sus elevados requerimientos de recursos de procesamiento, cálculo, memoria, energía y demás.

Por otro lado, muchos fabricantes por razones que valdría la pena profundizar, pero que se escapan a los alcances del proyecto, no dotan de mecanismos de seguridad a sus diseños, dispositivos y equipos. Es un gran desafío a corto plazo, subsanar estas falencias que podrían poner el serio riesgo el mundo OT.

Palabras Clave:

Criptografía Ligera, Internet de las Cosas, Internet de las Cosas Industrial, IoT, IIoT.

CONTEXTO

El Vicerrectorado de Investigación y Desarrollo (VRID), perteneciente a la Universidad Nacional del Salvador (USAL), dicta las políticas referidas a la investigación, concibiéndolas como un servicio a la comunidad, entendiendo que los nuevos conocimientos son la base de los cambios sociales y productivos. Con el impulso de las propias Unidades Académicas se han venido desarrollando acciones conducentes a concretar proyectos de investigación uni/multidisciplinarios, asociándose a la docencia de grado y postgrado y vinculando este accionar, para potenciarlo, con otras instituciones académicas del ámbito nacional e internacional.

La Dirección de Investigación, dependiente del VRID, brinda soporte a las distintas Unidades de Investigación y a sus investigadores para el desarrollo de Proyectos y Programas de Investigación, nacionales e internacionales, como así también, apoyo y orientación de recursos para la investigación.

A ella pertenece el Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología (RR 576/12) en el cual se

enmarca este proyecto con una duración de 2 años (2021-2023).

1. INTRODUCCIÓN

Las llamadas “*Smart Cities*” o *Ciudades Inteligentes* son aquellas que adoptan sensores y dispositivos IoT para llevar adelante tareas de gestión, control y servicios que le son propias. Sin embargo, la novedad es que adicionalmente a las funcionalidades que de ellos se esperan, también se obtiene, entre otros:

- Uso racional de los recursos.
- Ahorro energético (importante factor a tener en cuenta en el contexto del cuidado del medio ambiente, la reducción de emisiones de CO₂ y el cambio climático, claros desafíos de la humanidad para el siglo XXII).
- Reducción en los tiempos de mantenimiento.
- Control a distancia e interconexión mediante una red de datos (inalámbrica usualmente).
- Comunicación interactiva entre sí y con el Centro de Comando y Control (C2).
- Información en tiempo real de los datos recabados y estado de funcionamiento.

Distintas ciudades argentinas han ingresado a la clase de las *Smart Cities*, desde hace ya varios años. Ellas han adoptado diferentes sistemas y equipos IoT. Por ejemplo, desde 2015 calles de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires cuentan con un *Sistema de Telegestión* [1] que puede controlar individualmente el alumbrado público, a través de las llamadas “*luminarias inteligentes*” y desde 2016 las autopistas de la ciudad [2] cuentan con este tipo de iluminación, aprovechando todas las ventajas que de ellas se obtiene tal como fueron mencionadas anteriormente.

Los aportes no se agotan en las luminarias. Sensores de contaminación, ruido y tránsito, cámaras de seguridad con reconocimiento facial y lectura de patentes extienden las aplicaciones de IoT en nuestras ciudades, como Salta, Mendoza y Bahía Blanca [3] entre otras.

Pero por otro lado, estos y otros dispositivos IoT e IIoT presentan vulnerabilidades susceptibles de ser explotadas. Un aporte sustancial a la seguridad, entre otros, es la aplicación de confidencialidad y/o autenticación mediante *Criptografía Liviana o Ligera* [4-5].

Un análisis superficial del problema podría llevar a concluir que la inseguridad queda encerrada en

el pequeño ámbito de las luminarias o los sensores antes mencionados. Y por lo tanto, es fácilmente de resolver. Por el contrario, el crecimiento exponencial de la cantidad de dispositivos IoT que se suman al ecosistema informático [6-7] y contribuye a aumentar el riesgo

El mundo IoT sorprende a los expertos en seguridad: la mayoría de tales dispositivos *no presentan mecanismos de seguridad o los mismos son rudimentarios*. Este grave problema ya fue expuesto en forma extensa [8-10], conjuntamente al reclamo por su pronta resolución.

La información de los usuarios se puede ver comprometida severamente, como así también el dispositivo en sí mismo.

Es evidente el nivel de gravedad de esta situación. Pero aún no se ha visto el panorama completo. Está en ciernes un aspecto más grave aún, un punto débil que ya ha sido explotado y nada impediría que se repita en un futuro cercano. O peor aún, que escale su efecto nocivo.

Los dispositivos IoT e IIoT amplían (incluso a un ritmo exponencial) la llamada “*Superficie de Ataque*”. Esta situación pone en riesgo a la propia interconexión mundial de las redes. Y ya ocurrió pues el 21 de Octubre de 2016, millones de dispositivos en todo el planeta, la mayoría de ellos IoT, produjeron un ataque *Denegación de Servicio Distribuido (DDoS)* direccionado contra un proveedor de servicio de *DNS*. Este ataque afectó un servicio crítico de la propia Internet. No fue el primero de tu tipo, pero si el mayor registrado hasta el presente.

Este exitoso ataque afectó a empresas como *Amazon, BBC, CNN, Fox News, Github, HBO, Netflix, New York Times, PayPal, Spotify, Starbucks, Twitter, Visa, Wall Street Journal*, entre otras.

El responsable del ataque fue un malware del tipo *Botnet*. Luego de infectar los equipos y propagarse en la red, ordenó el ataque. Las pérdidas ascendieron a cientos de millones de dólares.

Los algoritmos livianos *Block Ciphers* [12-14] o *Stream Ciphers* [14-18] pueden contribuir a mitigar los problemas de confidencialidad. Asimismo pueden utilizarse también algoritmos para la *Gestión de Claves, Firma Digital* y funciones *Hash* [19-21]. Y por supuesto, esto sin por ello reducir la fortaleza criptográfica que de ellos se espera.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

La comunidad científica ya cuenta con muchos algoritmos criptográficos livianos. Algunos de ellos fueron creados por investigadores de universidades. Otros fueron desarrollados por empresas que requerían que sus equipos adquieran mecanismos de seguridad. Una parte del proyecto se destina al relevamiento, estudio y análisis de estos últimos algoritmos, sobre todo los que fueron ideados para dispositivos IIoT.

Además, se destina esfuerzos al análisis de los protocolos de comunicaciones en IoT que utilicen criptografía y la búsqueda de sus puntos débiles o vulnerables.

Finalmente, el proyecto sigue de cerca la última etapa del concurso del *NIST* [22] que pretende establecer el estándar criptográfico de cifrado autenticado de Criptografía Liviana para dispositivos IoT. Se espera que en breve se conozca al algoritmo finalista, que mediante el proceso de estandarización correspondiente, ofrezca sus servicios.

Por supuesto, apenas eso ocurra, el equipo procederá a su estudio, análisis y difusión del mismo, tal como se ha informado anteriormente.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ ESPERADOS

Estudios previos llevados adelante por el mismo equipo de investigadores del presente proyecto, ha llevado adelante un profundo relevamiento de muchos de los algoritmos empleados en IoT e IIoT, para detectar que la mayoría de ellos poseen vulnerabilidades que han permitido debilitar o romper la seguridad que ofrecían [23-24].

Por lo tanto, es recomendable el seguimiento de los algoritmos criptográficos, estudio y análisis de los mismos, dado que en cualquier momento pudiera detectarse un ataque. Y lo que se consideraba altamente seguro, deja de serlo.

El seguimiento y difusión de tales resultados, debe considerarse en gran medida, una tarea permanente.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de investigadores pertenece al cuerpo docente de *Tecnologías Aplicadas* en la *Facultad de Ingeniería*, el área de la *Seguridad Informática*, de la *Universidad del Salvador*. A ellos se suma una alumna para hacer su pasantía. Ella se encuentra promediando la carrera de *Ingeniería en Informática*, en nuestra Facultad.

Se espera que en el presente año el equipo pueda crecer con la incorporación de más docentes investigadores y alumnos. Incluso poder tener alumnos que quieran llevar adelante su Proyecto de Promoción y Síntesis, en el área de la Criptología.

La incorporación de docentes y alumnos redundará en un aumento del activo académico e investigativo para la unidad académica, como así también sembrando las bases para la investigación del futuro, a través de la participación de alumnos, para beneficio de nuestra universidad.

5. REFERENCIAS

- [1] Shancang Li , Lida Xu, Securing the Internet of Things. Syngress Media,U.S. Rockland, MA, United States. 2017.
- [2] Autor no informado. “Buenos Aires, una ciudad con iluminación inteligente”. Portal de información y trámites de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Mayo, 2015. <https://www.buenosaires.gob.ar/noticias/buenos-aires-una-ciudad-con-iluminación-inteligente>
- [3] Autor no informado. Portal CONSTRUAR, Periódico Digital de la Construcción, propiedad de Gómez Nieto Consultores Asociados <https://www.construar.com.ar/2016/01/las-autopistas-de-buenos-aires-estrenan-iluminacion-inteligente/>
- [4] Mármol, H. “Cuáles son y qué hacen las ciudades argentinas que quieren parecerse a Japón” Portal del Diario Clarín, Septiembre 2019. https://www.clarin.com/tecnologia/smart-cities-hacen-ciudades-argentinas-quieren-parecerse-japon_0_i0n7KiJ5K.html.
- [5] ISO/IEC 29192. Information Technology - Security Techniques - Lightweight Cryptography. 2012.
- [6] Panasenko, S.; Smagin, S. “Lightweight Cryptography: Underlying Principles and Approaches”. International Journal of Computer

Theory and Engineering, Vol. 3, No. 4, August 2011.

[7] Manyika, J.; Chui, M.; Bughin, J.; Dobbs, R.; Bisson, P.; Marrs, A. "Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy". McKinsey Global Institute. 2013.

[8] Evans, D. "Internet of Things La próxima evolución de Internet lo está cambiando todo". Cisco IBSG. 2012.

[9] Román R., Nájera P., López J. "Los Desafíos De Seguridad En La Internet De Los Objetos" University.

[10] Fei Hu, Security and Privacy in Internet of Things (IoTs): Models, Algorithms, and Implementations. Taylor & Francis Inc. Portland, United States. 2016.

[11] Masanobu Katagi; Shiho Moriai, Lightweight Cryptography for the Internet of Things; Sony Corporation; 2016.

[12] Satoh, A.; Morioka, S. "Hardware-Focused Performance Comparison for the Standard Block Ciphers AES, Camellia, and Triple-DES". Conference: Information Security, 6th International Conference, ISC 2003, Bristol, UK, October 1-3, 2003, Proceedings.

[13] Beaulieu, R.; Shors, R.; Smith, J.; Treatman-Clark, S.; Weeks, B.; Wingers, L. "The SIMON and SPECK Families of Lightweight Block Ciphers." Cryptology EPrint Archive. International Association for Cryptologic Research, 19 June 2013.

[14] Dworkin, M. "NIST SP 800-38B, Recommendation for Block Cipher Modes of Operation: The CMAC Mode for Authentication." NIST Computer Security Resource Center. National Institute of Standards and Technology, Spring (2005).

[15] Daniel J. Bernstein. "The Salsa20 family of stream ciphers" . URL:<http://cr.yp.to/papers.html#salsafamily>. (2007).

[16] Babbage, S.; Dodd, M. "The MICKEY stream ciphers". In New Stream Cipher Designs. Pp. 191-209. Springer Berlin Heidelberg. (2008).

[17] Hell, M.; Johansson, T.; Meier, W. "Grain: a stream cipher for constrained environments". International Journal of Wireless and Mobile Computing, 2, pp. 86-93 (2007).

[18] De Canniere, C.; Preneel, B. "Trivium. New Stream Cipher Designs (pp. 244-266). Springer Berlin Heidelberg. (2008).

[19] Kavun, E. B., & Yalcin, T. "On the suitability of SHA-3 finalists for lightweight applications". The Third SHA-3 Candidate Conference. (2012).

[20] Hirose, S., Ideguchi, K., Kuwakado, H., Owada, T., Preneel, B., & Yoshida, H. "A lightweight 256-bit hash function for hardware and low-end devices: Lesamnta-LW". International Conference on Information Security and Cryptology. Pp. 151-168. Springer Berlin Heidelberg (2010).

[21] Guo, J.; Peyrin, T.; Poschmann, A. "The PHOTON family of lightweight hash functions". Advances in Cryptology-CRYPTO 2011 (pp. 222-239). Springer Berlin Heidelberg (2011).

[22] <https://csrc.nist.gov/projects/lightweight-cryptography>

[23] Eterovic, J.; Cipriano, M.; García, E.; Torres, L. Criptografía Ligera en Internet de las Cosas para la Industria. Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC 2019. Libro de Actas. Pág. 1228-1240. UniRío. ISBN 978-987-688-377-1. 2019.

[24] Eterovic, J. Cipriano, M. García, E. Torres, L. Lightweight Cryptography in IIoT The Internet of Things in the Industrial field. Computer Science Cacic 2019. Revised Selected Papers. Springer. ISBN 978-3-030-48324-1.

TD – Tesis Doctorales

INFORMÁTICA FORENSE: MÉTODOS, HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS

Susana Herrera, Liliana Figueroa, Cecilia Lara, Graciela Viaña, Analía Méndez, Lilia Palomo, Luis Pianazzola

Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero
sherrera@unse.edu.ar; lmvfigueroa@yahoo.com.ar; laraceciliacristina@gmail.com;
gv857@hotmail.com; anmendez725@yahoo.com; lilia.palomo@gmail.com,
luispianazzola@gmail.com

RESUMEN

Resulta relevante destacar los desafíos que genera el avance tecnológico para incorporar la utilización de la evidencia digital al sistema procesal penal, como prueba fundamental en la investigación de cualquier delito. En la provincia de Santiago del Estero y de manera gradual desde el año 2016 se ha implementado el Sistema Penal Acusatorio, siendo entonces necesario disponer de métodos, herramientas y técnicas que permitan una gestión eficiente del ámbito de trabajo en donde se realizan las actividades de informática forense en los distintos organismos e instituciones involucrados en este sistema.

Entonces, es necesario contar con métodos científicos que permitan recolectar, analizar y validar pruebas digitales que sean legalmente aceptables y que ayuden a resolver la investigación penal.

En esta propuesta se pretende llevar a cabo una investigación aplicada para proponer métodos, técnicas y herramientas forenses tendientes a garantizar una gestión eficiente de los laboratorios de informática forense que forman parte de las distintas instituciones del Sistema Penal Acusatorio en la Provincia de Santiago del Estero.

Palabras clave:

Informática forense, evidencias digitales, métodos-técnicas-herramientas forenses, laboratorios de informática forense.

CONTEXTO

En este artículo se presenta una propuesta de investigación que constituye una

continuación de los proyectos “Computación Móvil: desarrollo de aplicaciones y análisis forense” y Métodos y Herramientas para el análisis forense”, financiados en 2017-2018 y 2019-2021 por el Consejo de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Santiago del Estero [4].

En estos proyectos se lograron, hasta la fecha resultados referidos al: análisis de la obtención legal de la evidencia digital en los códigos procesales de nuestro país, análisis de antecedentes jurisprudenciales sobre tratamiento de evidencia digital en dispositivos móviles, investigación y análisis de protocolos vigentes en otras jurisdicciones, propuesta de protocolo para la obtención de evidencia digital móviles en concordancia con las normas ISO/IEC 27037:2012 en el ámbito del Ministerio Público Fiscal de Santiago del Estero, y estudio de repositorios que permitan la construcción de un modelo de datos para el almacenamiento y la gestión de evidencias digitales extraídas de dispositivos móviles y evaluación sistémica del protocolo de actuación propuesto.

La implementación del sistema procesal penal acusatorio tiene que ver con un cambio de paradigma, reasignando los roles de los actores de la Justicia en el tratamiento de las causas. Con este sistema cambia la forma de llevar a cabo el proceso y recae en los fiscales la tarea de investigar.

En este sistema lo que se busca es ayudar a que todos los actores de la justicia tengan pleno conocimiento de lo que pasa en el proceso. [1] En particular, en Santiago del Estero rige el código de procedimiento penal Ley N° 6941 [9], donde la Investigación

Penal Preparatoria (IPP), es la etapa del proceso penal que tiene por objeto determinar la existencia de delitos y la individualización de los eventuales autores. En este contexto, el modo de vincular un hecho criminoso con su autor, es a través de pruebas. Es sabido que la mayoría de las IPP cuentan con trabajos de investigadores y peritos; pero también es sabido que los cambios que se produjeron en estos últimos años hace necesario encontrar las huellas en el ámbito digital para encontrar las evidencias digitales que ayuden a resolver crímenes.

Atendiendo a esta realidad, los actores del sistema procesal penal acusatorio de la provincia de Santiago del Estero han tomado la iniciativa de implementar áreas específicas relacionadas a la informática forense, con el objetivo de dar respuesta a distintos ilícitos que tengan asociados dispositivos tecnológicos. En este sentido, se puede observar distintos niveles de avance en la gestión, mientras que algunos tienen incorporado en sus funciones un laboratorio de informática forense donde se han definido algunos procesos en relaciones a las tareas periciales, otros en cambio están en un proceso inicial de gestión y solamente brindan apoyo técnico a través de sus oficinas de informática.

En este ámbito se integrarán el personal especializado, la infraestructura física y tecnológica, las herramientas de hardware y software adecuadas para el análisis de datos, con el fin de recolectar evidencias que cumplan los principios de admisibilidad y tengan validez en el proceso judicial [3].

Entonces, la creación, operación y organización de laboratorios judiciales dedicados a la realización de pericias informáticas es una temática en donde aún se demandan varios aspectos para lograr una gestión eficiente de los mismos. En este contexto se pueden identificar diferentes problemas tanto administrativos como los que se enfrentan los operadores judiciales y peritos informáticos:

- Algunos procesos vinculados a la obtención de la evidencia digital tienen una

fuerte descripción desde una visión técnica, propiciando en algunos casos riesgos legales que garanticen su validez.

- Algunos organismos han ido incorporando estos espacios funcionales a partir de la incorporación de la infraestructura física, tecnológica y de las herramientas de software, sin una definición inicial de procesos que sostengan las actividades y tareas que se desarrollan.

- Se especifican procedimientos sin definir un acto administrativo resolutivo.

- Algunos de los organismos no cuentan con una estructura funcional y una descripción de los distintos puestos de trabajo, responsabilidades, perfiles para ocupar los puestos de trabajos.

- El costo elevado y la disponibilidad presupuestaria limita la adquisición de software especializado para la realización de las tareas de los peritos.

- La sobrecarga de las tareas diarias en relación a las pericias limita a los profesionales de disponer tiempo suficiente para diseñar casos de estudio de situaciones hipotéticas que propicien el uso eficiente de las herramientas en distintas situaciones de la investigación criminal.

- Las experiencias y las capacitaciones que se adquieren durante la realización de las pericias no se documentan para fomentar el autoaprendizaje organizacional.

- En los últimos años se ha incrementado el volumen de pericias sobre dispositivos tecnológicos y se plantean los siguientes inconvenientes:

- ✓ El proceso de obtención y análisis de las evidencias digitales es una tarea compleja que demanda un tiempo que en algunos casos excede los plazos procesales.

- ✓ No hay un software de informática forense que soporte la extracción de datos de todos los dispositivos móviles existentes en el mundo.

- ✓ Los requerimientos para los peritos forenses no están claros y definidos desde el inicio.

- ✓ Tomando como referencia el “Sistema de clasificación de herramientas forenses de

dispositivos móviles” desarrollado por Sam Brothers [2], que presenta cinco niveles sobre la extracción y el análisis requerido en cada dispositivo móvil teniendo en cuenta la solicitud y los detalles de la investigación. A partir de estos problemas, en esta propuesta se pretende investigar sobre estrategias que permitan gestionar de manera eficiente los distintos recursos involucrados en el entorno de los laboratorios de informática forenses, de manera tal que promueva el trabajo eficiente de la labor de los peritos ofreciendo un respaldo jurídico a su tarea.

1. INTRODUCCIÓN

La Informática forense es una rama de las ciencias forenses, que involucra la aplicación de la metodología y la ciencia para identificar, preservar, recuperar, extraer, documentar e interpretar [15] evidencias procedentes de fuentes digitales con el fin de facilitar la reconstrucción de los hechos encontrados en la escena del crimen [13], para luego usar dichas evidencias como elemento material probatorio en un proceso judicial [5] [4]; de esta manera constituye una disciplina auxiliar a la justicia, que consiste en la aplicación de técnicas que permiten adquirir, validar, analizar y presentar datos que han sido procesados electrónicamente y guardados en un medio computacional. [6] Por otra parte, el FBI, considera que la Informática forense es la ciencia que se encarga de adquirir, preservar, analizar y presentar los datos que han sido procesados electrónicamente y almacenados en medios electrónicos aplicando técnicas científicas y analíticas, utilizando hardware y software especializado para realizar la tarea. [10]

En este contexto los elementos informáticos que se disponen en los celulares, las computadoras o los dispositivos de almacenamiento como imágenes, mensajes de texto, conversaciones de WhatsApp, videos, ubicación, etc. constituyen las evidencias necesarias para resolver diferentes tipos de casos judiciales. Todos estos elementos son trabajados en los Laboratorios de informática forense, en donde se realizan las extracciones forenses

apoyadas con aparatología especializada y programas forenses; luego la información obtenida es procesada y analizada para conseguir la evidencia digital necesaria para las investigaciones. Por otra parte, en estos laboratorios no solo hay que recuperar la información, sino también realizar procedimientos de la forma adecuada para poder utilizar esta información como evidencia; entonces hay que garantizar la confiabilidad de la prueba y la cadena de custodia de la información, cuando se realiza una operatoria de estas características.

Una propuesta de los procedimientos para el establecimiento y gestión de Laboratorios informática forense son las enunciadas por [8], estas directrices proporcionan técnicas para el manejo y procesamiento de pruebas digitales; tienen como objetivo proporcionar un marco universal para establecer y administrar un Laboratorio de informática forense. Además, también se debe tener en cuenta el cumplimiento de principios básicos definidos por [7] para recoger y manipular pruebas digitales, estos principios sirven como marco de referencia y apoyan los procedimientos de actuación que se desarrollen en dichos laboratorios.

Otro aspecto importante que debe plantearse en los Laboratorios de informática forense a la hora de hacer el análisis de las evidencias, es la disponibilidad de herramientas forenses, entre las alternativas existen diferentes soluciones tanto pagas como gratuitas para este fin.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Considerando la amplitud de los aspectos relacionados con la informática forense, en el presente proyecto de investigación se diferencian las siguientes líneas de investigación:

- *Estudio de herramientas de informática forense,*
- *Desarrollo de aplicaciones de apoyo a la gestión de los laboratorios de informática forense.*

- *Técnicas y métodos para la gestión de laboratorios de informática forense.*

3. OBJETIVOS

El objetivo general de la investigación propuesta es:

Contribuir al mejoramiento de la gestión de las evidencias digitales en el ámbito del sistema judicial de Santiago del Estero.

Los objetivos específicos por cada línea de investigación que permitirán alcanzar el objetivo general son:

- *Estudio de herramientas de informática forense.*

a Estudiar comparativamente las arquitecturas de los dispositivos móviles.

b Evaluar herramientas de informática forense correspondientes a los niveles (1, 2 y 3) de la *Pirámide Móvil Forense*.

c Estudiar sistemáticamente herramientas correspondientes a los niveles superiores (4 y 5) de la *Pirámide Móvil Forense*.

- *Desarrollo de aplicaciones de apoyo a la gestión de los Laboratorios de informática forense.*

d Desarrollar una aplicación que de soporte a la formación inicial de peritos informáticos.

e Desarrollar nuevos módulos de la aplicación de gestión de experiencias de los peritos informáticos.

f Desarrollar un repositorio institucional para alojar evidencias digitales, permitiendo la búsqueda, visualización y recuperación de las mismas.

- *Técnicas y métodos para la gestión de laboratorios de informática forense.*

g Proponer modelos de gestión a las instituciones del sistema judicial de Santiago del Estero sobre la definición de normas, procesos y procedimientos.

Se trata de una investigación aplicada, desarrollada desde un enfoque cuantitativo, en el campo de la Informática Forense.

La investigación es aplicada porque los resultados que se obtengan se aplicarán inmediatamente la oficina de Informática Forense del Gabinete de Ciencias Forenses del Ministerio Público Fiscal, en el Gabinete

de Informática Forense del Poder Judicial de la Provincia de Santiago del Estero, en la Policía de la provincia de Santiago del Estero, en la Oficina de Informática del Ministerio Público de la Defensa.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

En cuanto a los RRHH, se espera consolidar y agrandar el equipo de investigadores de UNSE, iniciado en el año 2017. Se trabajará en forma conjunta y colaborativa con la oficina de Informática Forense del Gabinete de Ciencias Forenses del Ministerio Público Fiscal, con el Gabinete de Informática Forense del Poder Judicial de la Provincia de Santiago del Estero, la Oficina de Informática del Ministerio Público de la Defensa y en la Policía de la provincia de Santiago del Estero.

La concreción de este proyecto contribuirá a la formación y capacitación de los investigadores, estudiantes de grado involucrados. Incentivará a los alumnos a iniciarse en las actividades de investigación y favorecerá la realización de sus trabajos finales de grado en las líneas de investigación de este proyecto

Los investigadores constituyen un equipo interdisciplinario conformado docentes de la UNSE e investigadores externos, de profesión en Informática, Electromecánica y Derecho.

5. REFERENCIAS

- [1] Argentina.gob.ar. (2021, 6 de septiembre). Sistema acusatorio: nuevos roles y mayor eficacia. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/sistema-acusatorio-nuevos-roles-y-mayor-eficacia>
- [2] Ayers, R; Brothers, S; Jansen, W. (2014). Guidelines on Mobile Device Forensics. NIST Special Publication 800-101. Revisión 1. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/specialpublications/nist.sp.800-101r1.pdf>
- [3] Calderón Valdiviezo RG, Guzmán Reyes GS, Salinas González JM, Aranda A. Diseño y Plan de Implementación de un Laboratorio

- de Ciencias Forenses Digitales. (2011). file:///C:/Users/hp/Downloads/paper_laboratorio_forense_digital.pdf
- [4] Castillo, C., Romero, A., Cano, J.: Análisis Forense Orientado a Incidentes en Teléfonos Celulares GSM: Una Guía Metodológica. Conf. XXXIV Conferencia Latinoamericana de Informática, Centro Latinoamericano de Estudios en Informática (CLEI). (2008). <http://www.clei2008.org.ar/>
- [5] Del Pino, S.: Introducción a la informática forense. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. (2007). <http://www.alfaredi.org/sites/default/files/articles/files/Acurio.pdf>
- [6] Di Iorio, Ana H. -La informática forense y el Proceso de recuperación de Información digital. Revista Democracia Digital e Governo Eletrônico (ISSN 2175-9391), n° 8, p. 326-339 - 2013.
- [7] Digital Evidence: standards and principles”, Forensic Science Communications, FBI, apr. 2000. <https://archives.fbi.gov/archives/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/april2000/swgde.htm>
- [8] Directrices Mundial de INTERPOL para los Laboratorios Forenses Digitales. INTERPOL L Complejo Mundial para la Innovación de 2019. [https://Downloads/INTERPOL_DFL_GlobalGuidelinesDigitalForensicsLaboratory%20\(2\).pdf](https://Downloads/INTERPOL_DFL_GlobalGuidelinesDigitalForensicsLaboratory%20(2).pdf)
- [9] Ley provincial 6.941. Código Procesal Penal de la Provincia de Santiago del Estero (2009).
- [10] Noblett M. G., Pollit, M. M. “FBI” FBI, October 2000. <https://archives.fbi.gov/archives/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/oct2000/computer.htm>
- [11] Orta Martínez, R.: Informática Forense como Medio de Pruebas. <https://www.dragonjar.org/informatica-forense-como-medio-de-pruebas.xhtml>
- [12] Poder Judicial de Neuquén: Pericias informáticas sobre telefonía celular. (2013). <http://200.70.33.130/images2/Biblioteca/ProtocoloPericiasTelefoniaCelular.pdf>
- [13] Reith, M., Clint, C., Gunsch G.: An Examination of Digital Forensic Models. International Journal of Digital Evidence, Air Force Institute of Technology, Volume 1 Issue 3. (2002). www.utica.edu/academic/institutes/ecii/publications/articles/A04A40DC-A6F6-F2C1-98F94F16AF57232D.pdf.
- [14] Unidad Fiscal Especializada en Ciberdelincuencia: Guía de obtención, preservación y tratamiento de evidencia digital. (2016). <https://www.fiscales.gob.ar/procuracion-general/wp-content/uploads/sites/9/2016/04/PGN-0756-2016-001.pdf>
- [15] Zdziarski, J.: iPhone Forensics, Recovering Evidence, Personal Data & Corporate Assets. O’Reilly Media, Inc. (2008)

Hybrid Networking SDN y SD-WAN: Interoperabilidad de Arquitecturas de Redes Tradicionales y Redes definidas por Software en la era de la digitalización

Gustavo D. Salazar-Chacón

Tesis Doctoral / Secretaría de Posgrado / Facultad de Informática
Universidad Nacional de La Plata, UNLP

RESUMEN

Software-Defined Networking (o SDN por sus siglas en inglés), desde su creación y posterior adopción, ha prometido ser la solución a los problemas de gestión, configuración y desempeño de las infraestructuras de red a través del uso de técnicas como programabilidad, *Hardware Abierto* con capacidades programáticas, agilidad extrema, además del empleo de Interfaces Gráficas/APIs seguras que otorguen visibilidad total de la infraestructura.

La presente tesis doctoral da un vistazo a la evolución de las redes de datos hacia el paradigma SDN y sus diversas adopciones (*SD-Access*, *SD-Data Center* y *SD-WAN*) con el fin de comprobar su facilidad de implementación, para lo cual se aborda los fundamentos de dichas tecnologías, partiendo de lo que implica el desacoplamiento del Plano de Control del Plano de Datos en equipos de red, hasta el concepto de cambio cultural y tecnológico denominado *NetDevOps*, imprescindible para que el ecosistema ágil SDN funcione de forma adecuada, atravesando por el análisis de protocolos estandarizados de próxima generación que permitan la implementación de estos entornos en redes reales: LISP, VXLAN, OMP y *Segment-Routing*, desarrollando a la par pruebas de concepto (PoCs) en ambientes de emulación y con equipos físicos, cerrando de esa manera el proceso investigativo que da validez a la integración de SDN basadas en programabilidad con redes tradicionales, siendo esa justamente la mayor contribución entregada por esta tesis.

Palabras Clave: *SDN; SD-WAN; SD-Access; LISP; VXLAN; Segment-Routing; Viptela; Open Networking; NetDevOps; OpenFlow; Controladores SDN; REST-APIs.*

APORTES DE LA TESIS

Realizar pruebas de concepto sobre SDN, automatización y redes programables, así como de telemetría, *Open-Networking* y nuevos protocolos de transporte, planteando además modelos innovadores de interoperabilidad entre redes tradicionales y redes definidas por software son los aportes principales de esta investigación, pues permitieron llegar a las conclusiones finales luego de un análisis profundo de los resultados obtenidos en la fase de simulación/emulación y pruebas en equipos físicos, dando lugar a una red híbrida IP-SDN donde no necesariamente se tienen los equipos robustos o flujos de tráfico tan altos como en las redes de un Centro de Datos SDN (*SD-DC*).

Una vez verificada la factibilidad de los conceptos y protocolos planteados en la investigación mediante *software* emulador, la fase final del desarrollo de esta tesis doctoral comprueba el comportamiento de SDN en equipos reales, aterrizando los conceptos de programabilidad y SDN a la realidad.

INTRODUCCIÓN

Desde hace una década, las redes de datos empresariales han experimentado una evolución vertiginosa dada por la adopción de modelos basados en la nube, contenedores y microservicios, primordialmente por que entregan mayor flexibilidad, efectividad y reducción de costos en cuanto a Tecnologías de la Información se refiere, sin embargo, los requerimientos de usuarios y empresas actuales

exigen cada vez una mejor respuesta de la infraestructura de telecomunicaciones. Esos requerimientos fueron más evidentes durante la época de pandemia COVID-19, llevándonos a una “Era de Datos y Sabiduría”, virtualidad y Transformación Digital, ya que la mayor parte de las actividades humanas y económicas dependen de una adecuada y segura transferencia de información, es así como los datos se convirtieron en el bien intangible más importante del siglo XXI.

A medida que más dispositivos móviles 4G/5G-WiFi6E ingresan a la red, así como aplicaciones y servicios novedosos entran en funcionamiento, una mayor carga de envío y procesamiento se añade a la red, generando dificultades tanto en la administración y monitoreo, como en la configuración y restablecimiento en caso de fallas.

La infraestructura de redes de comunicaciones que da cabida a estos cambios tecnológicos también debe adaptarse a la hiperconectividad y Centros de Datos de nueva generación, por ello, muchos protocolos y tecnologías de transporte surgieron a la par de las necesidades del usuario final.

La Figura 1 muestra esa evolución, marcando a MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) como punto de inflexión en la evolución de las redes de transporte de datos WAN, mientras la Figura 2 muestra una topología de SD-WAN como presente y futuro de las Redes de Transporte.

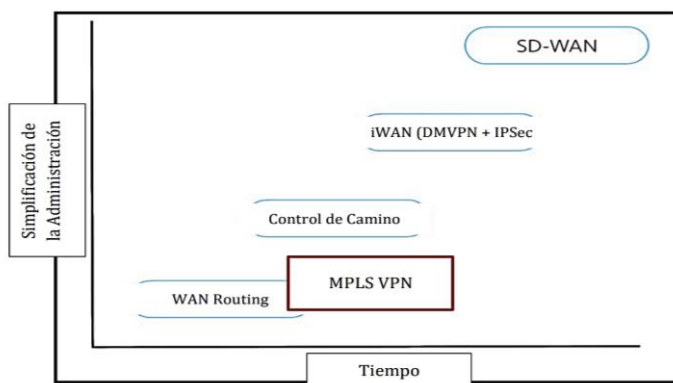


Figura 1 Evolución de las Redes WAN

Fuente: Autor

Las redes modernas deben tener ciertas características que complementen el criterio tradicional de escalabilidad, tolerancia a fallas, QoS y seguridad, pues los requerimientos de los usuarios y de las empresas así lo demandan.

Además de esas características básicas, deben tener:

- Resolución automática de fallas y errores.
- Defensa automática ante ataques.
- Optimización automática.
- Análisis automático de datos para una toma de decisiones adecuada.
- Visibilidad completa de la red mediante *Insights*.

El concepto de automático significa dotar de inteligencia y facilidad de manejo a las redes para que puedan adaptarse al entorno y de esa manera cubrir los requerimientos de IoT, *BigData*, BYOX, Conectividad 5G/6G, teletrabajo, *streaming* de video masivo, realidad virtual, entre otros.

Debido a que las redes requieren de un mejor entendimiento del contexto para generar visibilidad total y demás funciones importantes en las redes actuales, la importancia de los datos toma un nivel superlativo.

La digitalización da una importancia relevante a los datos, es más, todo elemento que forma parte de una red podrá generar algún tipo de información.

Según Juniper Networks, el tráfico de datos se incrementará en 9.6 veces para el año 2025, conectando una cantidad de más de 30 billones de dispositivos para el 2020-2022 y cerca de 80 billones para el 2025 (Wexler, 2016). Más que seguro, esa expectativa se quedará corta debido a los requerimientos de conectividad generados por la pandemia COVID-19.

Por otro lado, la transformación digital va más allá de la digitalización, pues no solo es una nueva tendencia tecnológica, es en realidad una estrategia empresarial y cambio cultural muy rentable que involucra a la innovación de los mercados y giros de negocio, pensando en el beneficio de los usuarios finales y de la empresa.

Gracias a la digitalización, los datos pueden ser fácilmente accesibles a través de diversas plataformas, equipos e interfaces. Ahora es momento de dar valor e importancia a cada uno de esos datos generados, provocando así una gran rentabilidad y nuevas plazas de trabajo.

FUNDAMENTOS DE LAS REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE (SDN)

Hoy en día se considera a SDN un tópico tecnológico de moda, ya que prácticamente todas las implementaciones de redes de estos últimos años abarcan alguna variante del concepto *Software-Defined*.

Lo más interesante de esta evolución en las redes es que si bien ya tiene algunos años tratando de darse un lugar en las infraestructuras y en muchos casos, logrando posicionarse de una manera muy adecuada en el mercado del *networking* empresarial, no existe en sí una definición única para SDN pues aún depende del fabricante que lo despliegue, sin embargo, en todas las definiciones está la búsqueda de mejorar patrones de rendimiento, seguridad, enfocado a la nube y visibilidad usando el *Internet-Fabric* como medio de transporte, reinventando de esa manera las redes de datos y comunicaciones. SDN se encuentra en una etapa de estandarización, proceso importante para su desarrollo y así cubrir los requerimientos en la era de la digitalización.

Contar con una red que sea ágil, programable, rentable, segura e inteligente es un requerimiento y entender a SDN, siendo este

cambio tecnológico el puntal de esta migración, toma una gran relevancia. Ya desde inicios del 2017, se realizaron predicciones indicando el impacto económico en las industrias que no realicen transformaciones digitales en sus negocios. Para el 2020, los negocios e industrias que sean innovadoras tomaron \$USD1.2 Trillones de dólares de aquellas que no lo sean (McCormick, 2016). Con la pandemia esa cifra sería aún mayor.

Para Cisco Systems, SDN se implementa mediante el modelo de *Intent-Based Networking*, donde la escalabilidad, automatización a través de programabilidad, visibilidad centralizada y optimización de las redes tanto de infraestructura o *Enterprise*, DC y *Cloud* público/privado son elementos infaltables (Cisco Systems, 2020). Otros *vendors* muy relevantes en el desarrollo de SDN como VMWare, se han preparado durante los últimos años para adoptar esta nueva ola de innovación mediante virtualizaciones especiales de la red o NVs (*Network Virtualizations*) ofreciendo maneras de implementar SDN de forma flexible y sin utilizar demasiados recursos, tanto computacionales como económicos. VMWare adquirió Nicira en 2012, uno de los mayores impulsores de la creación de *vSwitches*, desarrollando VMWare NV en forma de contenedores denominándolo VMWare NSX, compañía dedicada a SD-DC (VMWare SDX-Central, 2018). Por su parte, Juniper (Juniper Networks, 2019), Citrix (Citrix, 2019), Huawei (Huawei, 2019), Cisco Systems (Cisco Meraki SD-WAN, 2019), entre otros fabricantes adoptaron también el concepto de *Underlay-Overlay Networks*, motivando así el despliegue de SD-WAN (Figura 2).

SDN también se relaciona con el uso de equipos abiertos u *Open Hardware*.

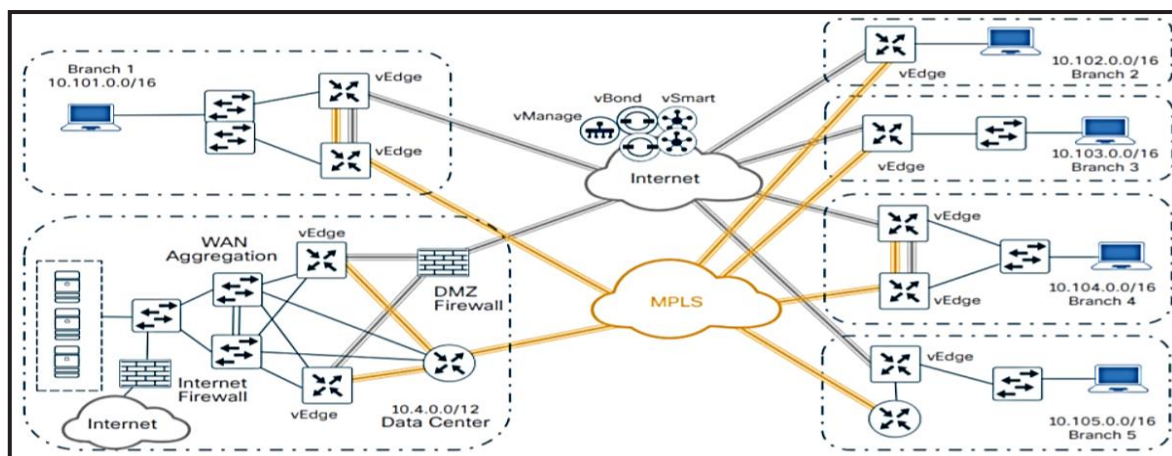


Figura 2 Infraestructura SD-WAN.
Recuperado de (Cisco Systems, 2019)

Debido a esta diversidad de conceptos, la ONF (*Open Networking Foundation*¹), consorcio sin fines de lucro creado para delinear el camino de los nuevos modelos de negocio e infraestructura, trabajando colaborativamente como una comunidad abierta para consolidar proyectos de desagregación de redes, *White-Box Networks*, así como para establecer estándares que revolucionarán la industria del *networking*, definió a SDN como la separación física del plano de control del plano de datos de un equipo, con el fin de centralizadamente controlar, monitorear y programar varios dispositivos a la vez a través de peticiones/respuestas desde una API (Figura 3).

Componentes de SDN

Los componentes básicos de una infraestructura de este tipo son:

➤ **Equipos de Red:** Son los dispositivos que conforman el plano de datos o plano de *forwarding* de la red. En este caso, estos dispositivos carecen de inteligencia y solo poseen rapidez de envío. Cabe mencionar que pueden ser equipos físicos o virtuales.

- **Controlador-SDN:** Equipo encargado de dotar de inteligencia a la red. Es el lugar donde se toman las decisiones de envío, se establecen políticas de enrutamiento, conmutación, seguridad, así como políticas empresariales. Conformar el Plano de Control centralizado de la red, es decir, su cerebro. Es posible que el controlador se comunique hacia las aplicaciones, así como hacia los equipos de red usando APIs especializados.
- **Northbound/Southbound Interfaces:** APIs que permiten la comunicación desde el controlador hacia las Aplicaciones y el Plano de datos respectivamente. Emplean protocolos de comunicaciones estandarizados o propietarios.
- **NOS (Network Operating System):** Sistema Operativo que emplean tanto los Controladores como los Equipos de Red. Pueden ser sistemas operativos abiertos o propietarios.

¹ ONF: <https://www.opennetworking.org/>

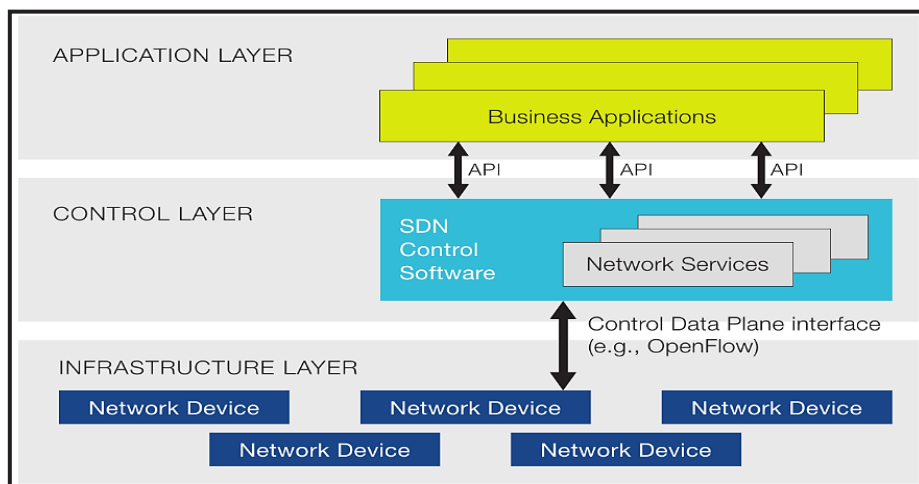


Figura 3 SDN según la ONF
Recuperado de (SDX Central, 2019)

PROGRAMABILIDAD DE REDES: *NetDevOps e IaaS*

SDN tiene el objetivo de crear infraestructuras mucho más ágiles, escalables, seguras y flexibles que las redes tradicionales. Uno de los mecanismos para llegar a ello es mediante la "Automatización" y así crear redes programables.

"Si el software va a comerse el mundo, entonces SDN se comerá al networking" fue dicho ya en el 2016 por (Rivenes, 2016). Las redes se han vuelto complejas y una forma de administrarlas adecuadamente es a través de SDN, es más, tal como lo hemos analizado, los usuarios demandan de cambios mucho más rápidos, velocidad que las redes tradicionales monolíticas no pueden satisfacer.

Según (Rivenes, 2016), los principios de SDN llevan las redes a lo que se acuñó como *Infrastructure-as-a-Code* (IaaS o IaC), lo cual permite que la automatización y orquestación sea una realidad, no obstante, IaaS también puede implementarse como una innovación en las redes tradicionales sin necesariamente llegar al punto de convertirla en SDN mediante mecanismos de automatización y programabilidad en redes y así exista una convivencia de redes modernas y de legado.

SDN y *DevOps* no son para nada excluyentes el uno del otro, en realidad, *DevOps* compagina perfectamente en estos entornos. *DevOps* se refiere a la orquestación de procesos complejos, interdependientes y asociados con el desarrollo de *software* y las Operaciones en Tecnologías de la Información con el fin de acelerar los procesos de producción y desarrollo de servicios. *DevOps* se trató algún tiempo atrás y nació desde el lado del manejo puro de IT (*Information Technology*).

La automatización de las redes ha sido un tópico requerido y anhelado por mucho tiempo, pero debido a su difícil implementación en redes tradicionales, no ha impactado sino en los últimos años. Junto con SDN y un ambiente tecnológico adecuado, de forma natural todo conducirá hacia una automatización en todos los niveles.

Partiendo de una investigación de la Revista *Network World* (Bednarz, 2016), se realizó una encuesta a 315 expertos en redes de empresas de tamaño mediano a grande, concluyendo que al rededor del 44% de los cambios que se generan en una infraestructura llevan a algún tipo de suspensión de servicios. La forma más habitual de encontrar y solucionar la red (mecanismo de *Tshoot*), según el 79% de los encuestados es usando CLI (*Command Line*

Interface) e inspeccionar la configuración manualmente, quizá usar algún tipo de herramienta de monitoreo SNMP y finalmente *ping* o realizar una traza (*traceroute*). El último dato obtenido de esta investigación fue que el tiempo promedio para dar respuesta a un problema, según el 60% de la población encuestada es de 1 a 5 horas.

NetDevOps es traer *DevOps* al *networking*; es así como un ingeniero en *DevOps* asegura la continua entrega del servicio IT, cambiando con ello el aspecto cultural-empresarial, buenas prácticas y herramientas que mejoran la efectividad. Bajo este modelo, tanto el equipo de desarrollo como el de operaciones no están separados, sino, se unen en un solo equipo de trabajo involucrándose en todas las etapas del ciclo de vida de una aplicación e infraestructura, por ello, las habilidades de los profesionales en este campo son variadas, algunas funcionando como eje transversal y llevando a la red a un concepto totalmente holístico.

En el modelo *DevOps*, existen tres prácticas habituales en el desarrollo, implementación y puesta en marcha de un *software*, una de las cuales se analizó en los párrafos anteriores:

- Integración Continua o CI por sus siglas en inglés de *Continuous Integration*: Práctica en la cual los desarrolladores guardan sus códigos en un repositorio central y colaborativo. En ese repositorio se pueden correr pruebas automáticas y gestión de versiones. Ejemplos muy importantes están en Git, Netbox, etc.
- Entrega Continua o CD por sus siglas en inglés de *Continuous Delivery*: Práctica donde los cambios en código son automáticamente enviados a un ambiente de pruebas después de la etapa de construcción (*Build Stage*).

El término CI-CD de igual manera se emplea para establecer este *pipeline*.

- IaaC o Infrastructure-as-Code: Práctica donde la infraestructura es aprovisionada y administrada usando código en oposición a usar CLI, empleando técnicas como CI y CD.

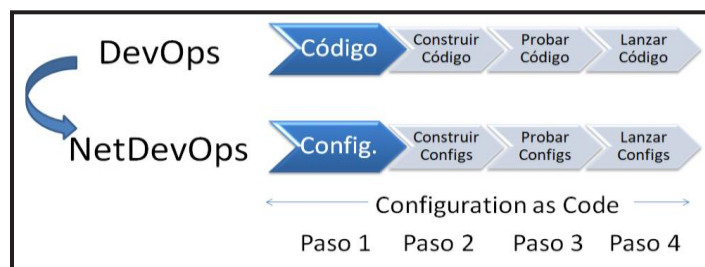


Figura 4 Cambios en una Red -NetDevOps Pipeline
Basado en (Afaq, 2018)

APPLICATION PROGRAMMING INTERFACES: APIs

Los formatos de Datos son utilizados por distintos dispositivos inteligentes para transferir información relevante y realizar alguna actividad automatizada. La interfaz que permite ese intercambio se denomina API por las siglas en inglés de Interfaz de Aplicación Programable, es así como una definición rápida de API sería un software que permite a otras aplicaciones acceder a sus datos e interactuar con ellos.

Una API permite definir un conjunto de reglas que describen una aplicación y así interactuar con otra. Estas APIs, en el mundo hiperconectado actual, las encontramos por doquier, por ejemplo, AWS (*Amazon Web Services*), Facebook, Google, servicios de aerolíneas para buscar vuelos, o distintos entornos IoT utilizan algún tipo de API para interactuar con su entorno.

En esta era de la programabilidad, es necesario visualizar el entorno, el cual, bajo mi criterio está conformado por el Stack para programabilidad de redes (Figura 5).

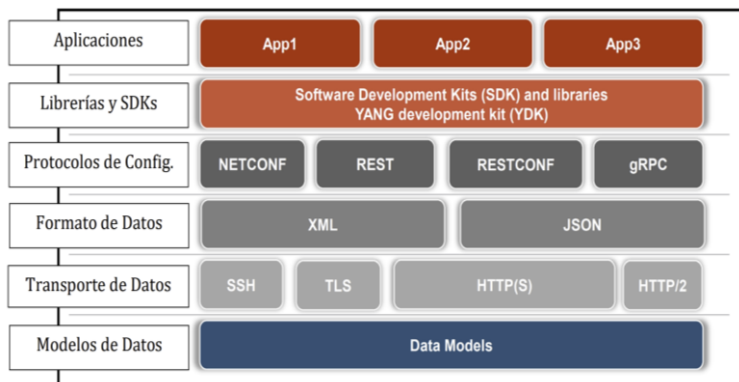


Figura 5 Stack para Programabilidad en las Redes
Recuperado de (Roman & Bryan, 2018)

RESTful API

REST es una API diseñada para arquitecturas de tipo servicios web, pero eso no implica que es únicamente utilizado con ese fin, en realidad, hace referencia al estilo de arquitectura web cliente-servidor, el cual posee algunas características y comportamiento en particular que puede ser ampliamente utilizado en *NetDevOps*.

En general, una REST API corre sobre el protocolo HTTP, definiendo un conjunto de peticiones-respuestas comunes llamadas métodos, dos conocidos son GET y POST.

Con el fin de implementar un RESTful API, es necesario tomar en consideración que, al implementarse mediante HTTP, se tienen cuatro (4) elementos básicos:

- URI (Identificador Uniforme de Recursos).
- Formato de datos admitido por la API (JSON, YAML, XML o cualquiera que sea un estándar de hipertexto válido).
- Métodos válidos para HTTP
- Control de API mediante hipertexto.

Partiendo de ese conocimiento, se puede usar mecanismos de solicitud-respuesta para orquestar, aprovisionar, configurar y monitorear de forma automática y programática a equipos y sistemas operativos de red (NOS).

Protocolos como NETCONF (*NET CONFIGuration*) y RESTCONF, utilizan estas arquitecturas de intercambio de mensajes y dar mecanismos alternativos a la administración de una infraestructura de red moderna. En ese punto, el uso de un CLI (*Command Line Interface*) con protocolos de administración tradicional como SNMP es opcional, pues se podrá utilizar *scripts* en Python o usar cualquier herramienta que realice peticiones tipo RESTful.

Cuando se tiene en mente realizar programabilidad en una red, es imprescindible contar con un procedimiento claro de programación como el usado en la programación imperativa, el cual no es más que aquel enfocado a tener una secuencia de comandos ordenados con el fin de conseguir un objetivo, generando controles de flujo, verificación de estructura, telemetría, etc.

Uno de los objetivos primordiales de la automatización y programabilidad de redes es tener idempotencia en sus *scripts*, es decir, llegar a un estado deseado luego de la aplicación del código sin importar las condiciones iniciales en que se encuentre la infraestructura.

Herramientas de automatización y programabilidad como Ansible, Terraform, Puppet o Chef ofrecen capacidades muy poderosas en comparación con mecanismos de configuración y programación tradicionales como Bash o empleando nativamente algún lenguaje de programación como Python aún si se dispone de SDKs, pues estas herramientas reúnen funciones variadas en un entorno tipo API para simplificar y estandarizar su acceso, disminuyendo el hecho de incluir código extenso y tener *scripts* más simples y legibles, pero sin dejar a un lado la posibilidad de acceder al código puro para una revisión profunda.

Las herramientas antes mencionadas permiten además la inclusión de *plugins* totalmente configurables en *Python*, *Ruby*, *Go*, o cualquier otro lenguaje que sea aceptado.

Con el fin de lograr la comunicación entre el dispositivo central de configuración (o controlador de configuración) y la infraestructura de IT, es imprescindible un protocolo seguro que permita el envío y recepción de mensajes, inmediatamente, saltarán las siglas SSH (*Secure Shell*). **Paramiko**² es una implementación de SSH para Python usado para interconectar distintos *hosts*, sin embargo, resultó ser complicado para ciertos equipos en especial en procesos de autenticación, es así que surgió **Netmiko**³, una librería Python construida sobre Paramiko diseñada para solventar esas dificultades.

CONTROLADORES SDN Y *OpenSDN*

Durante el transcurso de la presente tesis, se ha dejado en claro que SDN es un nuevo paradigma para administrar, operar y enviar datos en una infraestructura de red, en la cual existe un controlador central encargado de brindar la inteligencia y toma de decisiones, liberando así de esa responsabilidad a los equipos, así como de la necesidad de intercambio de mensajes en el plano de datos, consiguiendo de esa manera mayor efectividad en la red.

El éxito de esta forma de envío de datos depende de que el Plano de Control esté separado y centralizado a través de un Controlador.

No obstante, SDN ya tiene algunos años de desarrollo, por ese motivo, los controladores han ido evolucionando en el tiempo. Se puede decir que existen dos conjuntos grandes:

- Controladores SDN para entornos NFV, DCs, WAN y Acceso modernos.

- Controladores SDN tradicionales para administrar el plano de Datos de una red.

Existe una lista de muchos controladores SDN que se adaptan a cualquiera de esos dos conjuntos, muchos incluso han servido como punto de partida de otros debido a la naturaleza mayoritaria de una comunidad *open-source*. En base al artículo de (Velrajan, 2019), la mayoría de los controladores SDN actuales funcionan bajo *OpenFlow* (*OpenSDN*).

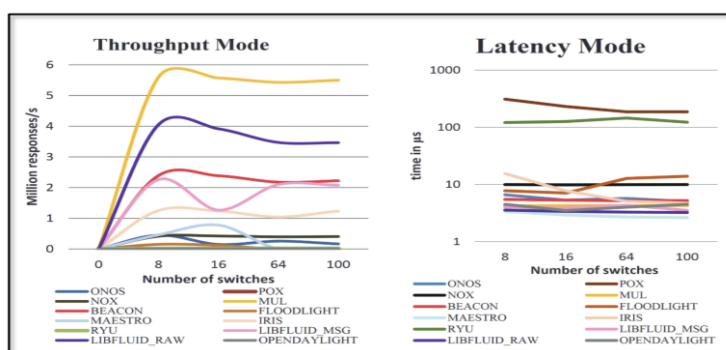


Figura 6 Comparación de Throughput y Latencia - Controladores SDN

Recuperado de (Salman, Elhadj, Kayssi, & Chehab, 2016)

PRUEBAS DE CONCEPTO (PoCs)

Se realizaron varias pruebas en emuladores de grandes prestaciones para corroborar la factibilidad de uso de estas nuevas tecnologías y sus APIs, finalizando con una prueba en equipos reales *OpenSDN* en ambientes cableados e inalámbricos.

Evolución SDN: NG-SDN y *Open-Hardware*

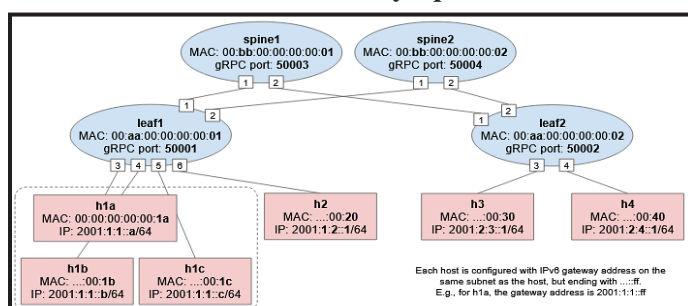


Figura 7 PoC - NG-SDN (uONOS y P4)

Fuente: Autor

² Paramiko: <http://www.paramiko.org/>

³ Netmiko: <https://pypi.org/project/netmiko/>

Evolución WAN - Segment-Routing

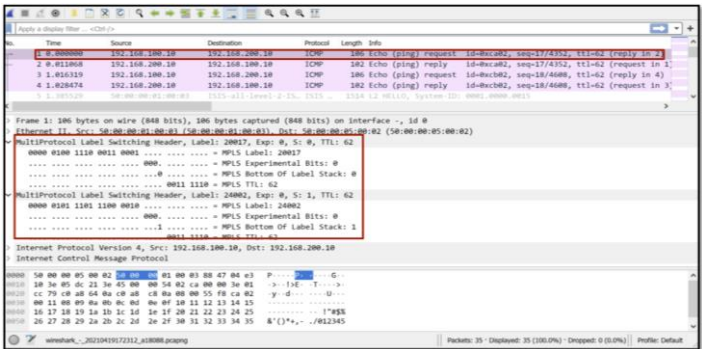
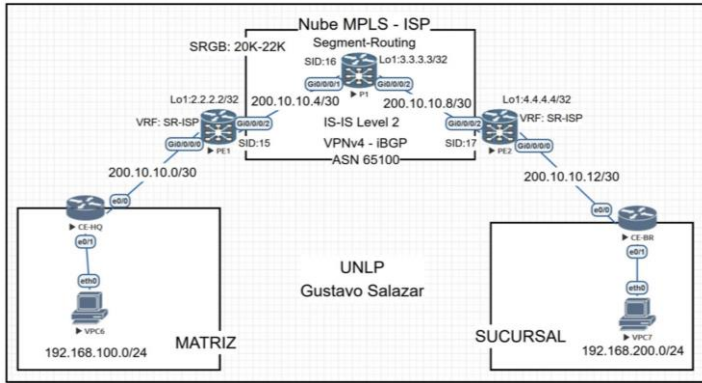


Figura 8 PoC – Segment-Routing
Fuente: Autor

OpenSDN Híbrido (ONOS)

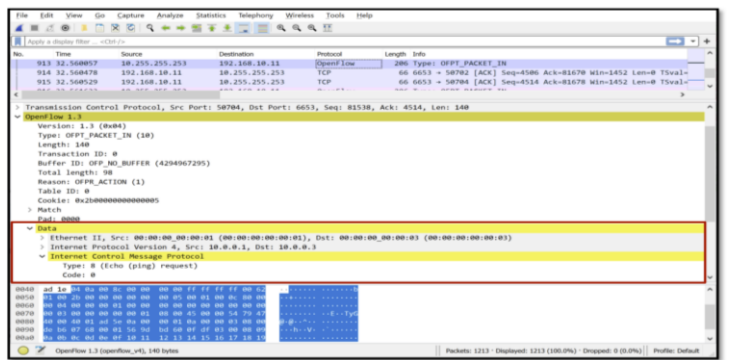
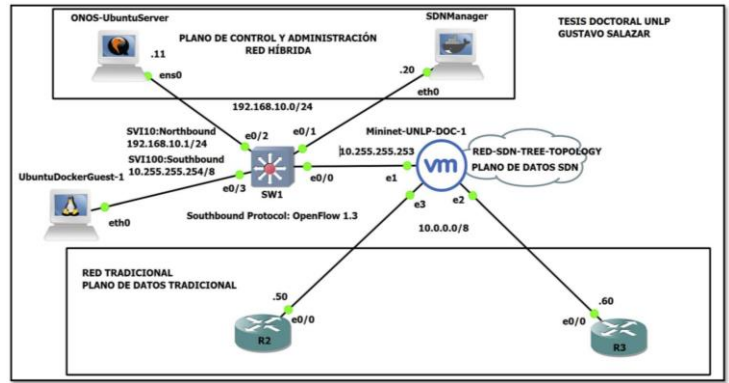


Figura 10 PoC – OpenSDN (ONOS)
Fuente: Autor

SD-Access: LISP y VXLAN con NetDevOps

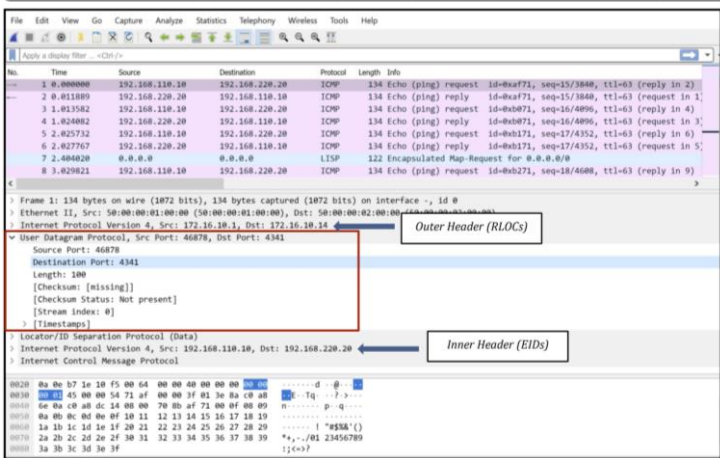
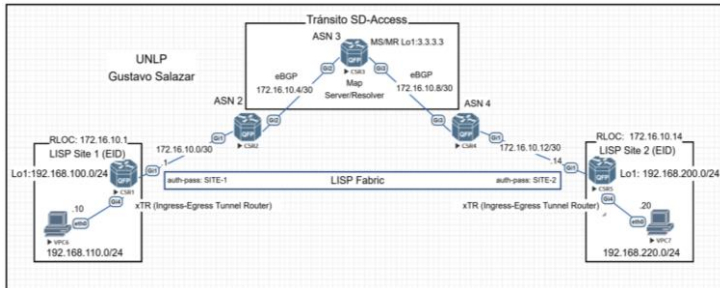


Figura 9 PoC – LISP
Fuente: Autor

SDWAN: Viptela - OMP

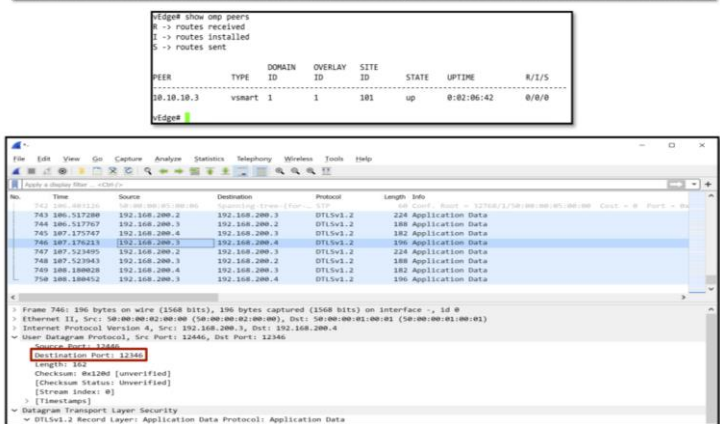
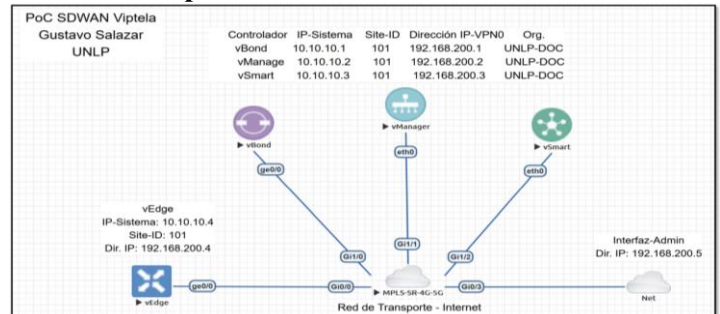


Figura 11 PoC – SDWAN (Viptela)
Fuente: Autor

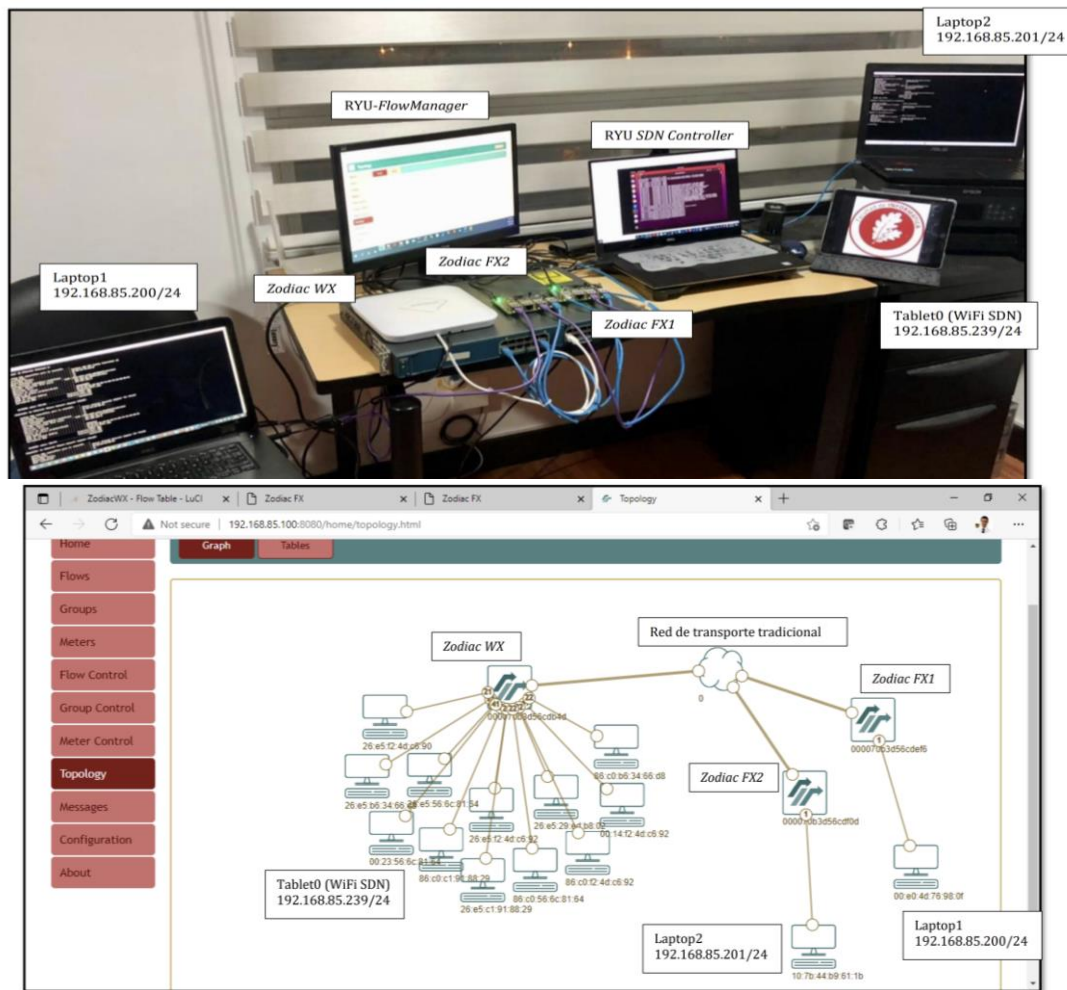


Figura 12 PoC – Prueba en Equipos Físicos OpenSDN Cableado e Inalámbrico (RYU)
Fuente: Autor

CONCLUSIONES

Luego de un proceso de investigación y posterior realización de pruebas de concepto bajo el principio de Desarrollo basado en Pruebas (*Test-Driven Development*), se identificaron los elementos clave para adaptar las redes tradicionales a la Era de la Programabilidad mediante un modelo de innovación propuesto:

- Redes seguras de extremo a extremo bajo el paradigma *Underlay-Overlay*, utilizando mecanismos de cifrado y autenticación robustos, con capacidad de conexión *multicloud* y entrega de servicios virtualizados. Este concepto crea la red híbrida IP-SDN, en el que las redes

tradicionales y SDN coexistirán de forma armónica e interoperable.

- Capacidad de orquestación, analítica y monitoreo (*insights*) a través de APIs en infraestructura abierta y *OpenNetworking* que reduzcan costos en CAPEX, OPEX y fomenten un pronto retorno de inversión (efectividad en las redes de datos).
- Uso de *frameworks* multiplataforma que faciliten la automatización de los procesos de redes, configuración y resolución de problemas (Programabilidad basada en Modelos), dando control de versiones de código y agilidad de implementación. El uso de patrones de diseño claros y estandarizados solucionan problemas

comunes siempre presentes en el desarrollo del *software* controlador de la red.

- Cambio cultural, empresarial, laboral, económico y tecnológico enfocado al uso de metodologías ágiles, *NetDevOps* y Transformación Digital coherente con la época de pandemia COVID-19.

Se sentaron las bases teóricas de SDN/*OpenSDN* según el modelo anteriormente planteado y bajo la premisa de *Separation of Concerns* (SoC) según el modelo MVC (*Model-View-Controller*), estudiando la estandarización, encapsulación y mecanismos de comunicación de *OpenFlow*, concluyendo que, a pesar de tener diferentes alcances y casos de uso, funcionan bien integrándolos en un ecosistema SDN de tipo CI/CD (Integración Continua / Implementación Continua).

Se analizó de igual manera a los principales controladores SDN al momento de la escritura de esta tesis con el fin de determinar a los mejores, llegando a la conclusión que ODL, RYU y ONOS tienen el mejor desempeño según los KPIs planteados (*throughput*, latencia, *jitter*, modularidad, soporte y capacidad de monitoreo) y pruebas de estrés (tasa de ráfaga). Cabe recalcar que los controladores desarrollados en C/Java como Mul, LibFluid y Maestro son más reactivos en entornos de estrés, pero menos adaptables a mejoras futuras, mientras los más modernos como *OpenDayLight*, su continua evolución y cambios en paqueterías, han complicado su integración con infraestructuras tradicionales.

Se estudió las distintas formas que puede tomar SDN en una infraestructura real corporativa: *SD-Access*, *SD-DC* y *SD-WAN*, manteniendo el precepto de desacoplamiento del Plano de Control del de Datos con el fin de mejorar la respuesta de redes de datos masivos y larga distancia a través del uso de protocolos de transporte/enrutamiento de próxima generación como LISP, VXLAN, *Segment-Routing* y

OMP. Su factibilidad de implementación e interoperabilidad con redes tradicionales fue comprobada con éxito en los PoCs establecidos.

La evolución hacia el ecosistema SDN será paulatino, aún nos encontramos en un momento de adaptación, es así que, el éxito de migrar a un entorno SD-WAN se medirá en su nivel de integración con redes tradicionales. OMP en SD-WAN Viptela es capaz de ser el puente entre las redes LAN y el *fabric* de SD-WAN, lo cual fue comprobado en los PoCs respectivos.

Finalmente, la factibilidad de implementación de *OpenSDN* (*OpenFlow*) en entornos reales mediante controlador RYU-*FlowManager* y Aruba VAN SDN, se corroboró con resultados prometedores, tanto en desempeño como facilidad de uso, lo que sin duda, deja un precedente, SDN no sólo sirve en entornos masivos de gran escala, también en entornos empresariales PyME-SMB donde los recursos de conectividad y procesamiento de datos son escasos, pero se requiere las mismas características básicas de una red bien diseñada empresarial: Escalabilidad, Seguridad, Calidad de Servicio y Resiliencia, sumando a ellas las ventajas de las Redes Definidas por *Software*: mejor desempeño, programabilidad y posibilidad de automatización para disminuir los tiempos de configuración y solución de problemas, además de reducir considerablemente el gasto operativo y de gestión de la red.

PUBLICACIONES RELACIONADAS CON LA TESIS Y BIBLIOGRAFÍA

- G. D. Salazar-Chacón and A. R. Reinoso García, "*Segment-Routing Analysis: Proof-of-Concept Emulation in IPv4 and IPv6 Service Provider Infrastructures*," 2021 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), 2021, pp. 1-7, doi:

- 10.1109/IEMTRONICS52119.2021.9422559.
- G. D. Salazar-Chacón and L. Marrone, "OpenSDN Southbound Traffic Characterization: Proof-of-Concept Virtualized SDN-Infrastructure," 2020 11th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON), 2020, pp. 0282-0287, doi: 10.1109/IEMCON51383.2020.9284938.
 - J. E. Vaca P. and G. D. Salazar-Chacón., "VXLAN-IPSec Dual-Overlay as a Security Technique in Virtualized Datacenter Environments" 2020 IEEE ANDESCON, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ANDESCON50619.2020.9272160.
 - G. Salazar-Chacón, E. Naranjo and L. Marrone. (2020). "Open networking programmability for VXLAN Data Centre infrastructures: Ansible and Cumulus Linux feasibility study". Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E32), 469-482.
 - G. Salazar, "Ansible y SDN en acción: Los pilares de la Era de la Programabilidad", Cisco Community Support, 26 de noviembre, 2019 [online]. Disponible: <https://youtu.be/m0bSM8Xv10g>
 - G. D. Salazar Ch., C. Hervas, E. Estevez and L. Marrone, "High-Level IoT Governance Model Proposal for Digitized Ecosystems," 2019 International Conference on Information Systems and Software Technologies (ICI2ST), 2019, pp. 79-84, doi: 10.1109/ICI2ST.2019.00018.
 - G. D. Salazar Ch, C. Venegas and L. Marrone, "MQTT-Based Prototype Rover with Vision-As-A-Service (VAAS) in an IoT Dual-Stack Scenario," 2019 Sixth International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG), 2019, pp. 344-349, doi: 10.1109/ICEDEG.2019.8734341.
 - G. D. Salazar Ch., E. F. Naranjo and L. Marrone, "SDN-Ready WAN networks: Segment Routing in MPLS-Based Environments," 2018 9th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON), 2018, pp. 173-178, doi: 10.1109/UEMCON.2018.8796613. – Best Paper – Columbia University.
 - G. D. Salazar Ch., C. Venegas, M. Baca, I. Rodríguez and L. Marrone, "Open Middleware proposal for IoT focused on Industry 4.0," 2018 IEEE 2nd Colombian Conference on Robotics and Automation (CCRA), 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/CCRA.2018.8588117.
 - E. F. Naranjo and G. D. Salazar Ch, "Underlay and overlay networks: The approach to solve addressing and segmentation problems in the new networking era: VXLAN encapsulation with Cisco and open source networks," 2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/ETCM.2017.8247505.
 - G. Salazar Chacón y G. Chafra Altamirano. (2015). "Empleo de Path-control Tools en una red empresarial moderna mediante Políticas de Enrutamiento". 3C Tecnología. Glosas De Innovación Aplicadas a La Pyme, 4(1), 1-18. Recuperado a partir de <http://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-tecnologia/article/view/233>
 - G. Salazar, "DMVPN Fase1 y 2 en IPv4 Fundamentos y Configuración básica enfocado al CCIE RS", 2017, [online] Disponible: <https://community.cisco.com/t5/videos-routing-y-switching/dmvpn-fase1-y-2-en-ipv4-fundamentos-y-configuraci%C3%B3n-b%C3%A1sica/ba-p/3104173>
 - G. Salazar, "Fundamentos de IP Multicast Routing y sus Modos de Operación: Demo en Vivo", 2017, [online] Disponible: https://www.youtube.com/watch?v=xKD_Vppf8co

Diseño y Verificación de Sistemas de Tiempo Real Heterogéneos

Doctorado en Ciencias de la Computación

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación de la Universidad Nacional del Sur.

Autor: Francisco Ezequiel Páez (FI-UNPSJB) (fep@ing.unp.edu.ar)

Fecha de Defensa: 12/03/2021

Director: Javier D. Orozco (DIEC-UNS) (jadorozco@gmail.com)

Codirectores: José M. Urriza (FI-UNPSJB) (josemurriza@gmail.com) y Pablo Fillottrani (DCIC-UNS) (prf@cs.uns.edu.ar)

RESUMEN

La tesis aporta nuevos métodos de evaluación de planificabilidad y de administración del tiempo ocioso. Estos son utilizados en el diseño e implementación de Sistemas de Tiempo Real Heterogéneos, donde se requiere una planificación conjunta y eficientemente de tareas críticas y no-críticas. Los métodos propuestos se evalúan mediante simulaciones e implementaciones sobre placas de desarrollo y Sistemas Operativos de Tiempo Real, verificando así su factibilidad práctica.

Palabras clave: STR, Planificación, Slack Stealing.

CONTEXTO

Este documento es un resumen de la Tesis “Diseño y Verificación de Sistemas de Tiempo Real Heterogéneos”, presentada para la obtención del título de Doctor en Ciencias de la Computación, en el Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación de la

Universidad Nacional del Sur. La fecha de defensa de la tesis fue el día 12 de marzo del año 2021. El desarrollo del doctorado contó con el apoyo de una beca doctoral cofinanciada del CONICET y la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva del Chubut, con lugar de trabajo en la sede Puerto Madryn de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

1. INTRODUCCIÓN

En un Sistema de Tiempo Real (STR) los resultados deben producirse antes de un instante denominado *vencimiento*. Los STR son utilizados clásicamente en situaciones donde un fallo puede producir pérdidas económicas, daños ambientales o incluso pérdidas humanas, como sistemas de control industrial, aviónica o equipamiento médico. Por lo tanto, para garantizar la predictibilidad y determinismo de ejecución, su desarrollo emplea hardware y software de efectividad

comprobada, con diseños e implementaciones estáticas que suelen ser *ad-hoc*. En la actualidad los STR se aplican en una multitud de dispositivos como electrodomésticos, teléfonos móviles o automóviles. Estas aplicaciones contienen tareas críticas, que deben cumplir estrictamente sus vencimientos, y tareas con restricciones temporales relajadas o inexistentes. Un STR de este estilo se denomina *STR heterogéneo* (STRH), donde las tareas críticas se conocen como Tareas de Tiempo Real (TTR) y las tareas no-críticas como Tareas de No-Tiempo Real (TNTR).

Un STRH debe garantizar que se cumplan los vencimientos de las TTR y ofrecer también una calidad de servicio adecuada a las TNTR. Para esto es necesario aprovechar el tiempo ocioso que deja la ejecución de las TTR, mediante técnicas que lo calculen y administren de manera exacta en tiempo de ejecución. Este tiempo ocioso puede ser utilizado para otros objetivos como el ahorro de energía, la tolerancia a fallas o computación imprecisa. Diversos métodos han sido propuestos para este fin, muchos de los cuales subutilizan los recursos computacionales o cuentan con un costo computacional (CC) que restringe su uso en la práctica. Reducir el CC de las técnicas de administración de tiempo ocioso evita el sobredimensionamiento del hardware, con el ahorro económico correspondiente. En la actualidad, la capacidad de cómputo de los

microcontroladores permite implementar este tipo de técnicas con una sobrecarga tolerable.

En la tesis se desarrollan nuevas técnicas de evaluación de planificabilidad y de uso del tiempo ocioso, con el objetivo de que los STRH puedan ser eficaces en la planificación de sus tareas. Los métodos propuestos son implementados y ejecutados en placas de desarrollo para verificar su viabilidad práctica.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE STR

Según la criticidad del vencimiento, los STR se clasifican como *duros* o *críticos* (no toleran pérdidas de vencimientos), *blandos* (permiten algunas pérdidas) o *firmes* (tipifican las pérdidas según algún criterio). El cumplimiento de los vencimientos se verifica *a priori* mediante un *test de planificabilidad*. En sistemas mono-recurso (por ejemplo, con un solo CPU), el peor estado de carga ocurre cuando todas las tareas solicitan simultáneamente acceso al recurso y se lo denomina *instante crítico*. Si todas las tareas cumplen con sus vencimientos a partir de este instante entonces el STR es *planificable* [1]. Un STR se suele modelar como un conjunto de tareas periódicas [1], caracterizadas mediante un periodo (T), un vencimiento relativo (D) y un peor caso de tiempo de ejecución (C). Un STR compuesto por n tareas se describe como:

$$S(n) = \{\tau_i = (C_i, T_i, D_i) \forall 1 \leq i \leq n\}$$

Dado que las tareas son periódicas, el Factor de Utilización (FU) del STR es el porcentaje de tiempo que el recurso se encuentra ocupado y se calcula como $\sum_{i=1}^n (C_i/T_i)$. El orden de ejecución de las tareas se determina mediante un *algoritmo de planificación*, que puede ser *estático* (la planificación se realiza fuera de línea o al inicializar el sistema) o *dinámico* (la decisión se toma en tiempo de ejecución en base a prioridades asignadas a las tareas). En estos últimos las *prioridades* pueden ser *fijas* (no se modifican una vez asignadas) o *dinámicas* (pueden variar en tiempo de ejecución). El algoritmo de planificación dinámico con prioridades fijas más utilizado es Rate Monotonic (RM) [1], que asigna las prioridades de manera inversamente proporcional a los períodos. Su ejecución es predecible, es de fácil implementación y es *óptimo* entre todos los algoritmos de prioridades fijas.

3. JITTER Y PLANIFICABILIDAD

El tiempo que transcurre entre el arribo de una tarea y su activación por parte del planificador se denomina *jitter de activación*. Suponer que una tarea J arriba en el instante t , pero sufre un *jitter de activación* de j unidades. Por lo tanto, la tarea será puesta en la cola de tareas listas para ejecutar en el instante $t + j$. Si en dicho instante se activa una tarea I de mayor prioridad, la ejecución de la tarea J se pospone

hasta que la tarea I finalice. Esto genera una interferencia adicional a J , reduciendo el tiempo disponible para su ejecución. Por lo tanto, las tareas que presentan *jitter de activación* pueden no cumplir sus vencimientos a causa de la interferencia adicional de tareas de mayor prioridad. Estas situaciones deben analizarse para garantizar la planificabilidad del STR. Sin embargo, los *test* que tienen en cuenta el *jitter de activación* analizan la planificabilidad a partir de un *instante crítico* generado por el *jitter de activación*. Como no siempre existe tal *instante crítico*, STR planificables pueden ser identificados como no-planificables.

La tesis presenta un método y un algoritmo de búsqueda del *peor instante crítico con jitter* (PICJ). Con el mismo se realizan simulaciones sobre conjuntos de 10, 20 y 50 tareas, con FU entre el 10% y el 90%. Los resultados muestran que el porcentaje de sistemas con un PICJ conformado por todas las tareas decrece exponencialmente al aumentar el FU. Esto indica que considerar el *peor caso de jitter de activación* puede causar una evaluación incorrecta de la planificabilidad del STR. Dado que estos análisis son un requisito necesario en el diseño de STR críticos se propone como trabajo futuro desarrollar un método que identifique los valores reales de *jitter de activación* que pueden causar un PICJ, para utilizarlos en el análisis de planificabilidad.

4. TEST DE PLANIFICABILIDAD

En la tesis se presenta un nuevo método de evaluación de planificabilidad exacto y de bajo CC para las disciplinas de prioridades fijas RM [1] y Deadline Monotonic (DM) [2]. El método está basado en la búsqueda de un Punto Fijo (PF), técnica propuesta originalmente en [3] e independientemente en [4]. La búsqueda del PF de una tarea i utiliza la siguiente fórmula iterativa:

$$t_i^{q+1} = t_i^q + \sum_{j=1}^{i-1} (A_j^q - A_j^{q-1}) \quad \text{donde } A_j^q = \left\lceil \frac{t_i^q}{T_j} \right\rceil$$

con $t_i^{q+1} \leq D_i$, $0 \leq q \leq m$ y $1 \leq j \leq i-1$

El PF en t_i^q existe sí y sólo sí $A_j^q = A_j^{q-1}$ para todo $1 \leq j \leq i-1$. Si el primer PF se encuentra en un instante $t_i^{q+1} = t_i^q \leq D_i$, entonces la tarea es planificable y su peor caso de tiempo de respuesta es $R_i = t_i^q$. Caso contrario, la tarea no es planificable. La semilla inicial es $t_i^0 = R_{i-1} + C_i$ [5] y se actualiza durante la sumatoria como $t_i^{q+1} = t_i^q + A_j^q - A_j^{q-1}$ [6]. Si se encuentra un PF para todas las tareas en un instante menor o igual a su vencimiento, se garantiza que el STR es planificable.

Para reducir el número de invariantes a calcular, se aprovecha que el término A_j^q es una función monótona creciente a saltos, cuyo valor se mantiene constante durante el período de la tarea j . Sea entonces I_j^q el máximo

instante hasta el que A_j^q mantiene su valor. Luego, dada una iteración $q+1$, si $t_j^{q+1} \leq I_j^q$ entonces $A_j^{q+1} = A_j^q$ y no es necesario calcular A_j^{q+1} . Caso contrario se calcula y actualiza I_j^q . Esta mejora es aplicable en la evaluación de planificabilidad de cualquier política de prioridades fijas y requiere un arreglo del orden del número de tareas, que almacene los valores I_j^q .

Mediante el anterior resultado se obtuvieron los siguientes teoremas, que evitan la necesidad de una iteración adicional para verificar el PF y permiten, bajo ciertas condiciones, realizar el cálculo directo del peor caso de tiempo de respuesta:

Teorema 1 (3.1 en la Tesis): Sea un STR de n tareas. Si al finalizar la iteración q del cálculo del peor caso de tiempo de respuesta de la tarea i , se tiene que $I_j^q \geq t_j^{q+1}$ para todo $1 \leq j < i$, entonces el algoritmo iterativo ya ha encontrado un PF en t_i^{q+1} .

Teorema 2 (3.2 en la Tesis): Dada una tarea i sea $t_i^0 = R_{i-1} + C_i$. Si $I_j^0 \geq t_j^0$ para todo $1 \leq j < i$ entonces $R_i = t_i^0$ y es un PF.

Durante el cálculo del peor caso de tiempo de respuesta de una tarea i , al calcular A_j^q y actualizar I_j^q , es posible que el nuevo valor de

la semilla, $t_i^{q+} = t_i^q + A_j^q - A_j^{q-1}$, exceda el nuevo intervalo de validez, esto es $t_i^{q+} > I_j^q$. Por lo tanto, no se encontrará un PF en la siguiente iteración. Para evitar iteraciones adicionales, el cálculo del término A_j^q se reemplaza mediante el propuesto en el siguiente teorema:

Teorema 3 (3.3 en la Tesis): Dada una iteración q , el valor t_i^{q+} que maximiza el incremento de la carga de trabajo de la tarea j a partir de la semilla t_i^q , puede calcularse como:

$$t_i^{q+} = t_i^q + A_j^{q*} - A_j^{(q-1)*} \quad \text{con } A_j^{q*} = \left\lfloor \frac{t_i^q - A_j^{(q-1)*}}{T_j - C_j} \right\rfloor C_j$$

En base a estas mejoras, se desarrollaron dos nuevos métodos de evaluación de planificabilidad, RTA3 [7] (mejoras 1 y 2) y RTA4 [8] (aplica todas las mejoras). Para evaluar sus rendimientos en comparación con otros métodos (RTA [5], RTA2 [6] y HET2 [9, 10]), se realizaron simulaciones y ejecuciones en una placa de desarrollo mbed LPC1768 (ARM Cortex-M3 a 96 Mhz con 32 KiB de RAM), registrando el número de términos A_j^q requeridos para evaluar la planificabilidad de un STR y el tiempo de ejecución en microsegundos. Los nuevos métodos presentan el mejor desempeño, con un CC acotado entre $\theta(n \cdot \log(n))$ y $\theta(n^2)$. En la

Figura 1 pueden observarse los resultados para STR con 10 tareas y distribución uniforme de periodos.

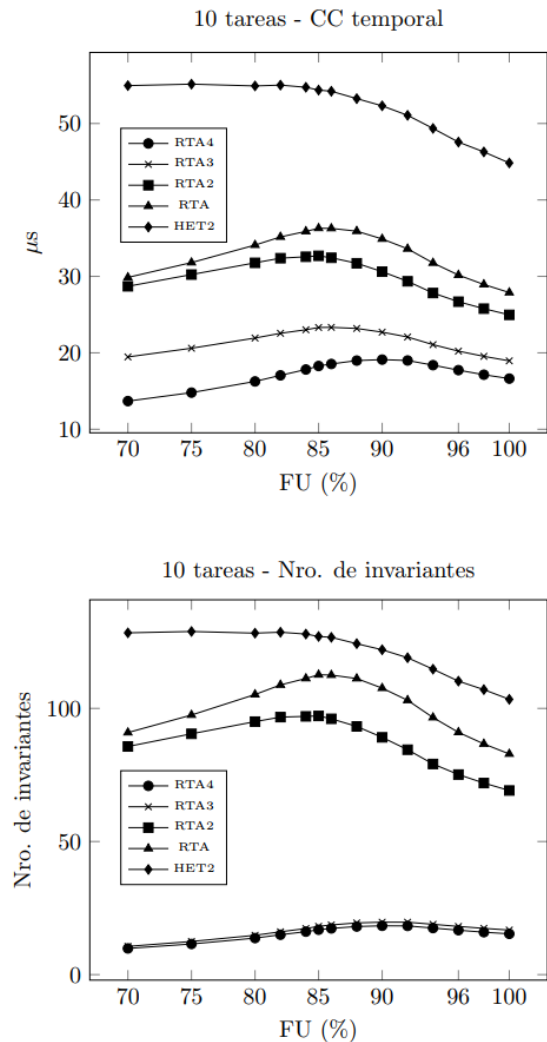


Figura 1: CC al evaluar la planificabilidad de STR de 10 tareas en microsegundos y número de invariantes calculadas.

5. MÉTODOS DE SLACK STEALING

Los métodos de Slack Stealing (SS) [11-13] permiten identificar y adelantar una parte del tiempo ocioso futuro disponible, en STR planificados mediante disciplinas de prioridades fijas como RM o DM. El tiempo ocioso que puede ser aprovechado sin

comprometer la planificabilidad del STR se denomina Slack Disponible (SD). El cálculo del SD puede realizarse fuera de línea o en tiempo de ejecución y ser aproximado o exacto. El SD puede ser utilizado para la planificación de STRH, como también para el ahorro de energía o la tolerancia a fallas.

Las primeras técnicas de SS presentan un elevado CC que imposibilita su uso en tiempo de ejecución [14, 15]. Sin embargo, aportes recientes [16-18] reducen este CC, permitiendo el uso de estos métodos en línea. Las mejoras al proceso iterativo de búsqueda de un PF presentados en la sección anterior son aplicables en los métodos de SS, reduciendo aún más el CC. El cálculo en línea del SD de una tarea i en un instante t_c se realiza de la siguiente manera [16]:

$$s_i(t_c, t) = t - t_c - \sum_{j=i}^n \left\lceil \frac{t}{T_j} \right\rceil C_j - \sum_{j=i}^n \left(\left\lceil \frac{t_c}{T_j} \right\rceil C_j - c_i(t_c) \right)$$

$$S_i(t_c) = \max_{t \in [x_i(t_c), d_i(t_c)]} s(t_c, t) \quad \text{en el menor } t.$$

Este cálculo se realiza en diversos instantes dentro de un intervalo de búsqueda, siendo el SD el mayor valor calculado en el instante t más pequeño. La mejora al proceso iterativo se aplica al primer término de la sumatoria, que es la carga de trabajo de la tarea j en el instante t (A_j^q). El costo espacial adicional es

el de un arreglo del orden del número de tareas, para almacenar los términos A_j^q .

Se modificaron los métodos de SS publicados en [17] (HeuristicSlack) y [16] (FixedSlack). Para evaluar la mejora, se contabilizó mediante simulaciones y ejecuciones en una placa de desarrollo mbed LPC1768 el número de techos y pisos requeridos para el cálculo del SD. Se evaluaron STR de 10, 20 y 50 tareas, con FU del 10% al 90% y distribuciones de periodos uniformes y por grupos. Los métodos modificados presentan un menor CC. Como resultado ilustrativo, se presenta los resultados para STR de 50 tareas con distribución de periodos por grupos (Figura 2).

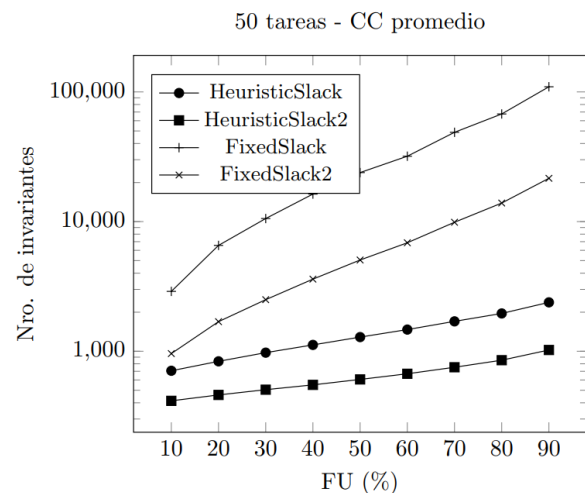


Figura 2: CC de los métodos de SS antes y después de la mejora en el cálculo de la carga de trabajo para STR de 50 tareas.

6. SLACK STEALING EN UN SOTR

Para comprobar la factibilidad de uso en tiempo de ejecución de los métodos de SS, en la tesis se presenta una implementación de

estos en el Sistema Operativo de Tiempo Real (SOTR) FreeRTOS, de código abierto y ampliamente utilizado. La implementación permite utilizar el SD para la planificación de un conjunto heterogéneo de tareas.

Se agregaron estructuras de datos para administrar los parámetros y colas de tareas adicionales (clasificación de tareas en TTR y TNTR, tareas suspendidas por falta de SD, etc.) y un API para el desarrollador. En el núcleo de FreeRTOS se modificaron las siguientes funciones:

- `vTaskDelayUntil()`: utilizada para implementar tareas con periodicidad estricta. Se agregó el cálculo del SD y la reanudación de la ejecución de TNTRs suspendidas por falta de SD.
- `xTaskIncrementTick()`: rutina de servicio de la interrupción de reloj. Se agregó la gestión de contadores de SD, la suspensión de la ejecución de las TNTRs si no existe SD y un mecanismo de control de vencimientos para las TTRs.

Por defecto FreeRTOS utiliza una política de planificación *primero en llegar primero en ser atendido* (FCFS) apropiativa por prioridades, que garantiza la ejecución de la tarea con mayor prioridad lista para ejecutar. Sin modificar este mecanismo, se altera la

composición de la cola de tareas listas para ejecutar, asignando las primeras M prioridades a las TNTR. Estas estarán presentes en la cola de tareas listas sí y sólo sí existe suficiente SD. De esta manera, las TNTR son ejecutadas si y sólo si no comprometen la planificabilidad de las TTR.

Se evaluó el CC introducido por las modificaciones midiendo el número de ciclos de CPU que requiere el cambio de contexto al finalizar la ejecución de cada TTR, donde ocurre el cálculo del SD. Las pruebas se realizaron sobre una placa mbed LPC1768. La interrupción de reloj se configuró en 1 ms, dando a cada *time slice* aproximadamente 96000 ciclos de CPU. Se empleó el método Fixed2 (ver sección anterior). Se evaluaron tres configuraciones: sin modificar FreeRTOS, calculando el SD en tiempo de inicialización y en línea. Los resultados muestran que el CC adicional de las modificaciones, sin tener en cuenta el cálculo del SD, es constante independientemente del FU. Incluyendo el cálculo en línea del SD, el costo en el peor caso no superó el 2,5% del *quantum*. En la Figura 3 se presentan estos resultados.

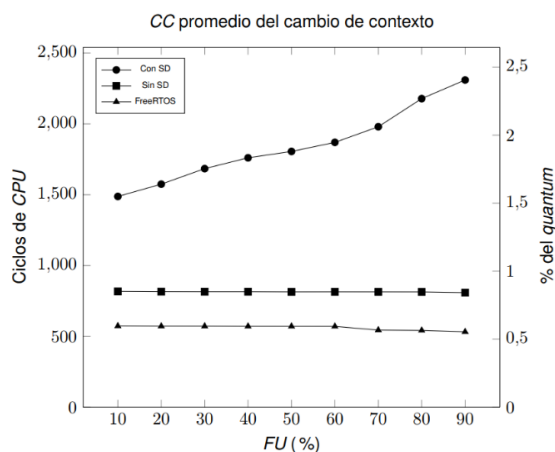


Figura 3: Comparativa del CC en ciclos de CPU del cambio de contexto de FreeRTOS.

La implementación permite verificar que la ejecución de los métodos SS propuestos es factible en un SOTR, con un CC aceptable para la ejecución de conjuntos heterogéneos de tareas. Sin embargo, podría ser utilizado para otros fines como tolerancia a fallas o ahorro de energía.

7. TAREA PLANIFICADORA

En general, los SOTR ofrecen un número limitado de políticas de planificación, como planificadores apropiativos por prioridades dinámicas. Dado que modificar el código de un SOTR no es siempre deseable o posible, se presenta en la tesis una solución mediante una *tarea planificadora* que permite implementar un planificador heterogéneo sin necesidad de modificar el SOTR. La tarea planificadora (TP) debe ejecutarse ante ciertos eventos durante la ejecución del SOTR (arribo de una tarea, finalización, bloqueo, suspensión o interrupción), en los cuales debe tomar una

decisión de planificación. El SOTR debe proveer mecanismos para reanudar y suspender tareas, cambiar sus prioridades e interceptar eventos.

La solución propuesta se organiza en dos módulos. El primer módulo se encarga del mecanismo de planificación: implementa la TP como una tarea del sistema, su activación ante los eventos correspondientes provee las estructuras de datos requeridas y la interface de programación (API) para el desarrollador. El segundo módulo implementa las políticas de planificación, por ejemplo, Dual Priority [19], EDF [1] o RM con SS. De esta manera se desacopla el mecanismo de la política implementada.

El diseño se implementó sobre FreeRTOS y se evaluó el CC ejecutando diversos STR en una placa de desarrollo mbed LPC1768. Se evaluaron STR de 10 tareas, con FU de 10% al 90%, con distribuciones de periodos uniforme y por grupos. Las pruebas muestran que el CC introducido por la TP no es excesivo, aunque debe evaluarse en cada caso particular si es aceptable. La Figura 4 presenta los resultados para periodos distribuidos uniformemente entre 25 y 1000 ms. El diseño propuesto es lo suficientemente flexible para ser adaptado a otros SOTR para implementar políticas de planificación heterogénea.

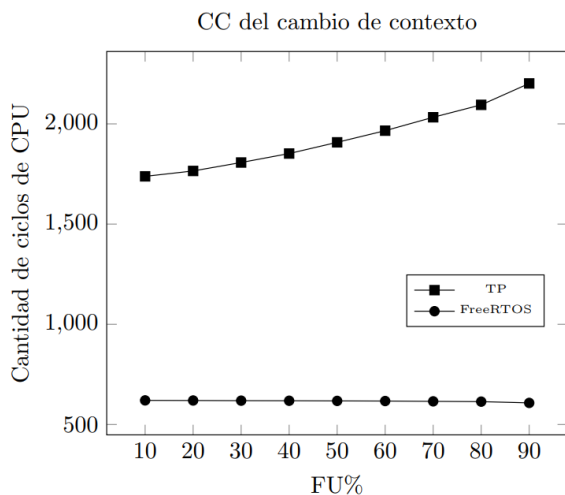


Figura 4: Comparativa del CC del cambio de contexto de FreeRTOS con y sin la TP, para STR de 10 tareas y distribución de periodos uniforme.

8. CONCLUSIONES

Los STRH requieren de métodos de administración de tiempo ocioso y de evaluación de planificabilidad para la admisión de tareas en tiempo de ejecución. Para que sea factible su empleo en la práctica, estos métodos deben presentar un CC reducido, para que la sobrecarga introducida en el sistema sea aceptable. Los métodos desarrollados en la tesis reducen el CC de los métodos exactos de evaluación de planificabilidad y de cálculo del tiempo ocioso mediante SS. Estas mejoras son verificadas mediante simulaciones, pero también mediante implementaciones en plataformas de desarrollo, cuantificando así el costo de ejecución en la práctica. Los métodos exactos de evaluación de planificabilidad de bajo costo pueden utilizarse para la aceptación en línea de nuevas tareas sin comprometer la planificabilidad del STRH, dinamizando su

composición. Aunque los métodos de SS presentados son empleados en la planificación heterogénea para brindar atención prioritaria a tareas no-críticas, estos pueden ser aplicados para el ahorro de energía o la tolerancia a fallas. De esta manera, múltiples líneas de investigación y desarrollo futuro son posibles a partir de los resultados presentados en este trabajo.

9. REFERENCIAS

- [1] C. L. Liu and J. W. Layland, "Scheduling Algorithms for Multiprogramming in a Hard Real-Time Environment," *Journal of the ACM*, vol. 20, no. 1, pp. 46-61, 1973.
- [2] J. Y. T. Leung and J. Whitehead, "On the Complexity of Fixed-Priority Scheduling of Periodic, Real Time Tasks," *Perf. Eval. (Netherlands)*, vol. 2, pp. 237-250, 1982.
- [3] M. Joseph and P. Pandya, "Finding Response Times in Real-Time System," *The Computer Journal (British Computer Society)*, vol. 29, no. 5, pp. 390-395, 1986.
- [4] N. C. Audsley, A. Burns, M. F. Richardson, and A. J. Wellings, "Hard Real-Time Scheduling: The Deadline Monotonic Approach," in *Proceedings 8th IEEE Workshop on Real-Time Operating Systems and Software*, Atlanta, GA, USA 1991.
- [5] M. Sjödin and H. Hansson, "Improved Response-Time Analysis Calculations," in *IEEE 19th Real-Time Systems Symp.*, IEEE, Ed., Dec. 1998, pp. 399-409.
- [6] J. M. Urriza, J. D. Orozco, R. Cayssials, and L. Schorb, "Reduced Computational Cost in the Calculation of Worst Case Response Time for Real Time Systems," (in English), *Journal of Computer Science & Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 72-81, 2009.
- [7] J. M. Urriza, F. E. Paez, J. D. Orozco, and R. Casysials, "Computational Cost Reduction for Real-Time Schedulability Tests Algorithms," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, no. 12, pp. 3714-

- 3723, 2015, doi: 10.1109/TLA.2015.7404899.
- [8] J. M. Urriza, F. E. Páez, M. Ferrari, R. Cayssials, and J. D. Orozco, "A New RM/DM Low Cost Schedulability Test," in *Eight Argentine Symposium and Conference on Embedded Systems*, Buenos Aires, 2017, pp. 13-18.
- [9] E. Bini, G. Buttazzo, and G. Buttazzo, "A Hyperbolic Bound for the Rate Monotonic Algorithm," *IEEE Transactions on Computer*, vol. 52, no. 7, pp. 933-942, 2003.
- [10] R. I. Davis, A. Zabus, and A. Burns, "Efficient Exact Schedulability Tests for Fixed Priority Real-Time Systems," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 57, no. 9, pp. 1261-1276, 2008, doi: 10.1109/TC.2008.66.
- [11] S. Ramos-Thuel and J. P. Lehoczky, "Algorithms for Scheduling Hard Aperiodic Tasks in Fixed-Priority Systems using Slack Stealing," in *Real-Time Systems Symposium*, IEEE, Ed., 7-9 Dec. 1994, pp. 22-33.
- [12] J. P. Lehoczky and S. Ramos-Thuel, "An Optimal Algorithm for Scheduling Soft-Aperiodic Tasks in Fixed-Priority Preemptive Systems," in *IEEE Real-Time Systems Symposium*, Phoenix, Arizona, EUA, 1992, pp. 110-123.
- [13] S. Ramos-Thuel and J. P. Lehoczky, "On-Line Scheduling of Hard Deadline Aperiodic Tasks in Fixed-Priority Systems," in *Real-Time Systems Symposium*, 1993, pp. 160-171.
- [14] R. I. Davis, K. W. Tindell, and A. Burns, "Scheduling Slack Time in Fixed-Priority Preemptive Systems," *Proceedings of the Real Time System Symposium*, pp. 222-231, 1993.
- [15] T.-S. Tia, J. W.-S. Liu, and M. Shankar, "Algorithms and Optimality of Scheduling Soft Aperiodic Requests in Fixed Priority Preemptive Systems," *The International Journal of Time-Critical Computing Systems*, vol. 10, no. 1, pp. 23-43, January 1996.
- [16] J. M. Urriza, F. E. Páez, R. Cayssials, J. D. Orozco, and L. Schorb, "Low Cost Slack Stealing Method for RM/DM," *International Review in Computers and Software (IRECOS)*, vol. 5, no. 6, pp. 660-667, 2010.
- [17] J. M. Urriza, "Factibilidad de Sistemas de Tiempo Real con Requerimientos Heterogéneos," Doctor, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 2008.
- [18] J. M. Urriza, R. Cayssials, and J. D. Orozco, "A Fast Slack Stealing Method for embedded Real-Time Systems," Dep. de Ing. Eléctrica y Computadoras, Universidad Nacional del Sur, Argentina., Bahía Blanca, Internal Report May 31 2005.
- [19] R. Davis and A. Wellings, "Dual priority scheduling," in *Real-Time Systems Symposium, 1995. Proceedings., 16th IEEE*, 5-7 Dec 1995 1995, pp. 100-109, doi: 10.1109/REAL.1995.495200.

TIAE – Tecnología Informática Aplicada en Educación

Clasificación automática del grado general de disfonía

Mario Alejandro García (mgarcia@frc.utn.edu.ar)

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba

1. INTRODUCCIÓN

Tesis presentada el 3/12/2021 para obtener el grado de Doctor en Ingeniería mención Sistemas de Información. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12272/5956>.

Aclaración: en este resumen se omitieron las citas y referencias por cuestiones de espacio.

En este trabajo se lleva a cabo la clasificación de la calidad vocal con técnicas de aprendizaje profundo. El objetivo de la clasificación es el grado general de disfonía (G) en escala GRBAS. Se desarrolla una red neuronal artificial que recibe audio como entrada y predice el valor de G.

1.1. Motivación

El análisis audioperceptivo es una parte principal de la rutina de evaluación clínica de pacientes con trastornos de la voz. Esta valoración repercute en la detección y seguimiento del tratamiento tanto de patologías vocales como de otras enfermedades que, si bien no tienen origen en los órganos productores de la voz, presentan como síntoma o signo el deterioro de la calidad vocal.

La necesidad de estandarizar la valoración estimuló la creación de distintos métodos y escalas de evaluación audioperceptiva, como por ejemplo GRBAS y CAPE-V. Aún con la utilización de estas escalas, la valoración de la voz tiene una gran variabilidad entre distintos profesionales de la salud (variabilidad interevaluador) y también entre distintas valoraciones del mismo evaluador (variabilidad intraevaluador). La clasificación automática de la calidad vocal podría reducir la subjetividad del análisis actual,

estandarizando la valoración entre distintos profesionales y permitiendo resultados repetibles.

1.1.1. GRBAS

La escala GRBAS consiste en la valoración de la voz a nivel de la fuente glótica a través de 5 dimensiones, grado general de disfonía (G), rugosidad (R), soplosidad (B), astenia (A) y tensión (S). Se valora en cuatro grados, desde el "0" hasta el "3". El grado "0" indica ausencia de disfonía y el "3" disfonía severa.

La debilidad de los métodos audioperceptivos reside en la subjetividad de la valoración y en la necesidad de que sea realizada por oyentes experimentados. Una alternativa es la clasificación automática.

1.1.2. Clasificación automática de la calidad vocal

La clasificación automática de la calidad vocal en las escalas de valoración audioperceptiva es un tema activo de investigación. Usualmente se toma un conjunto de medidas acústicas como características para ajustar algún modelo de aprendizaje automático.

Las redes neuronales profundas se han convertido en el estado del arte del reconocimiento de patrones, pero han sido poco aplicados a la clasificación de la calidad vocal. La tendencia de estos modelos es utilizar los datos de entrada sin procesar o con procesamiento muy básico y realizar la extracción de características en el interior de la red neuronal.

1.2. Objetivo

Esta tesis busca contribuir a la comprensión y mejora de las redes neuronales profundas aplicadas al reconocimiento de patrones relacionados con la calidad vocal, para lo cual se propuso el siguiente objetivo general: Lograr la clasificación automática del grado general de disfonía mediante una red neuronal profunda desarrollada a partir del conocimiento del dominio.

1.3. Contribuciones

Las principales contribuciones de esta tesis son:

- Un modelo de aprendizaje profundo para estimar el grado general de disfonía G .
- Redes neuronales para crear representaciones frecuenciales internas.
 - Capa STHadamard para realizar la operación de *windowing* con redes neuronales.
 - Una red neuronal para la generación del *power spectrogram* mediante el cálculo de la transformada de Fourier de término reducido con capas de convolución.
 - Una red neuronal para el cálculo del *power cepstrum*.
- Una red neuronal para el cálculo de *shimmer* sobre audio sintetizado.
- Un conjunto de operaciones de aumentación de datos para la clasificación de la calidad vocal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la red neuronal

¿Cómo diseñar una red neuronal desde cero? Partiendo desde una arquitectura determinada se pueden modificar algunos hiperparámetros y evaluar cómo afectan estos cambios sobre los resultados, pero difícilmente se pueda llegar a una solución aceptable con este

método si el punto de partida no está suficientemente cerca del objetivo. El diseño de una red neuronal profunda, por lo menos cuando se cuenta con una cantidad reducida de datos, requiere conocimiento sobre el problema a resolver.

2.1.1. Extracción de características

Para obtener la red neuronal presentada en este trabajo se partió desde un modelo inicial creado mediante la combinación de modelos más pequeños. Se diseñó cada parte para que fuera capaz de calcular una medida acústica relacionada con la calidad de la voz. Después, mediante un proceso iterativo de prueba, análisis y mejora del modelo completo, se obtuvo la red neuronal definitiva.

2.1.2. Representación frecuencial

Según lo planteado hasta el momento, la entrada de la red neuronal será la señal de audio. Existen varias representaciones posibles para la señal de audio. Los modelos neuronales de clasificación de audio (no solo en el dominio de la salud vocal) se pueden dividir en dos clases. En la primera clase están los modelos que utilizan el audio sin procesar (*raw audio*) y en la segunda los que utilizan representaciones frecuenciales, por ejemplo el espectrograma, el cepstrum o los coeficientes cepstrales de las frecuencias de mel (MFCC).

En este trabajo estudió la integración en la red neuronal, no solo la extracción de características y la clasificación, sino también la representación frecuencial (se utiliza el término "representación frecuencial" por simplicidad, aunque en algunos casos, por ejemplo en el caso del cepstrum, los datos no están en el dominio de la frecuencia). De esta forma, durante el entrenamiento se pueden ajustar los parámetros de toda la transformación. En la figura 2.1 se muestra el esquema del enfoque elegido.

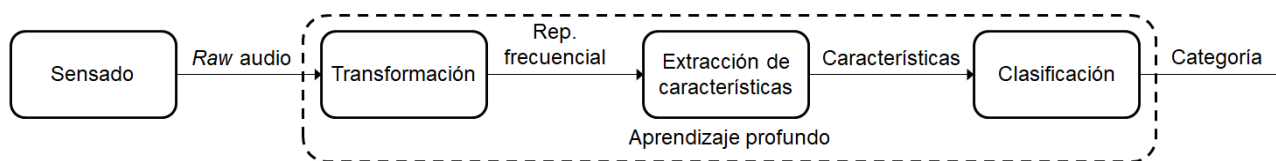


Figura 2.1: Esquema de un clasificador basado en redes neuronales que recibe raw audio como entrada.

2.2. Evaluación de resultados

La calidad de la voz es una interacción entre el estímulo acústico proveniente de la voz y un oyente; la señal acústica en sí misma no posee calidad vocal, esta se evoca en el oyente. La valoración audioperceptiva de la voz es subjetiva y se ve afectada por múltiples factores. Como consecuencia, el nivel de concordancia intraevaluador y, más aún, el nivel de concordancia interevaluador, pueden ser muy pobres.

Si suponemos que la “respuesta correcta” existe, las variaciones deben ser consideradas ruido, donde el ruido es un valor aleatorio cuya distribución depende de los datos y del evaluador. Este componente aleatorio implica que es imposible lograr una clasificación automática que concuerde exactamente con una clasificación humana particular. En consecuencia, para medir el rendimiento del clasificador, su exactitud debe ser analizada según el contexto de la base de datos (voces + valoraciones) utilizada.

En este trabajo se entrena una red neuronal utilizando como referencia la valoración de un evaluador. Después, la diferencia entre los resultados del método automático y los datos de referencia se comparan con las variaciones intraevaluador e interevaluador de expertos sobre los mismos datos. Se espera que el rendimiento del modelo desarrollado sea cercano al rendimiento humano intraevaluador en las métricas de exactitud y error absoluto medio (MAE por su sigla en inglés).

El grado G es una variable categórica ordinal, sus valores representan una jerarquía y, por lo tanto, no todos los desacuerdos tienen la misma importancia. El MAE tiene en cuenta esta diferencia.

2.3. Base de datos

Durante el desarrollo y evaluación de la red neuronal y sus partes se utilizaron tres bases de datos. La base de datos principal, usada para entrenar y evaluar el modelo final, es la *Perceptual Voice Qualities Database* (PVQD). Esta última está formada por 296 audios que contienen vocales sostenidas /a/ y su clasificación en escala GRBAS realizada dos veces por cada uno de tres especialistas clínicos.

3. REPRESENTACIÓN FRECUENCIAL DEL AUDIO

Para la definición del modelo inicial se llevó a cabo el desarrollo de tres redes neuronales aplicables a la representación frecuencial. Para cada una se realizaron pruebas con el objetivo de determinar la capacidad de representación y de adaptación de los parámetros. A continuación se mencionan de forma muy resumida los tres desarrollos.

3.1. Cálculo del espectrograma.

Se crea un modelo de red neuronal, con una capa de convolución, que calcula la transformada discreta de Fourier de tiempo reducido (STFT) para predecir la magnitud del espectrograma de la señal de entrada. Los parámetros del modelo se pueden calcular de forma directa o se pueden obtener mediante

entrenamiento con el método del gradiente descendiente.

3.2. Cálculo del cepstrograma.

Se crea una red neuronal que calcula el *power cepstrum* para distintos segmentos de tiempo. La red calcula internamente la STFT y después el cepstrum. Se realizan experimentos de entrenamiento sobre dos versiones de la red y distintas condiciones iniciales. Los resultados indican que el modelo es capaz de calcular el *power cepstrum* correctamente, pero no tiene la capacidad de adaptarse a otros problemas debido a que la derivada de la función logaritmo no es adecuada para retropropagar el error.

Un aporte importante surge del modelo alternativo analizado. La red neuronal sin el logaritmo, sí se puede entrenar para adaptarse a otros casos. Este modelo alternativo, equivalente a la función cuadrado de la autocorrelación, mantiene algunas de las ventajas del cepstrum, como por ejemplo, información para detectar la frecuencia fundamental de la señal.

3.3. Windowing con redes neuronales

Antes del cálculo del espectrograma, usualmente la señal es multiplicada por una función ventana para reducir el manchado espectral. La elección de la función ventana depende del dominio del problema. Se desarrolló una capa neuronal llamada STHadamard que permite a una red neuronal realizar la operación de *windowing* con parámetros (ventana) adaptables.

4. EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIÓN

En esta sección se definen las características (calidades) del modelo inicial en relación a

la extracción de características (*features*) y la clasificación.

El diseño de la red neuronal se enfoca en tres particularidades de las voces patológicas, las cuales se agrupan en medidas de perturbación, que miden la variabilidad a corto tiempo de los ciclos glóticos con respecto a la frecuencia (*jitter*) y la amplitud (*shimmer*); y las de medidas de ruido vocal. Las tres medidas, al menos en sus métodos de cálculo, están relacionadas con la frecuencia de vibración de las cuerdas vocales, llamada frecuencia fundamental (F0).

4.1. Perturbaciones de amplitud

Shimmer es una medida acústica relativa a las perturbaciones de amplitud de una señal. Las variaciones de este tipo en la voz humana son perceptibles al oído y están asociadas a la calidad vocal

Para definir la arquitectura de una red neuronal que capture información sobre las perturbaciones en amplitud se programó generador de audio modulado en amplitud, cuyos parámetros son F0, la frecuencia de modulación (fm) y la sensibilidad del modulador (k).

Inicialmente se analizó la relación que tiene *shimmer* con F0, fm y k. Esta es una relación no lineal, pero no demasiado compleja. Se realizaron pruebas sobre redes neuronales formadas por capas densamente conectadas para aproximar *shimmer* utilizando como entrada los parámetros F0, fm y k. Como resultado de una búsqueda en rejilla (*grid search*) en el espacio de los hiperparámetros, se determinó que una red con dos capas de 20 neuronas cada una y función de activación tanh más una neurona lineal de salida, era capaz de aproximar *shimmer* con alta precisión. Sobre esta base se generaron modelos de aprendizaje profundo para problemas de aproximación de *shimmer* con

complejidad ascendente. El modelo final obtenido tiene el espectrograma como entrada y está formado por una capa de convolución, una capa de *maxpooling* y tres capas densas.

4.2. Perturbaciones de la frecuencia fundamental

La voz humana es una señal cuasi-periódica. Para que una voz produzca sensación de naturalidad deben existir pequeñas variaciones en la duración de los ciclos glóticos, pero una irregularidad excesiva en la forma de onda durante la fonación sostenida se asocia con patologías de la voz.

Las perturbaciones de F0 son evidentes en los espectrogramas y cepstrogramas. En ambos,

la perturbación se presenta como cambios de fila, algunas veces periódicos, en la posición de F0 y sus armónicos. Dado este efecto, se considera que utilizando capas de convolución, una red neuronal no debería tener dificultad en reconocer las perturbaciones de F0. Este caso es más simple que el de *shimmer*, donde las perturbaciones de amplitud se manifiestan en las magnitudes de las representaciones, pero sin provocar cambios en la posición de los máximos de energía. En la figura 4.1 se muestran los espectrogramas (izquierda de a, b y c) y el cepstrum en el tiempo (derecha de a, b y c) de tres audios de la PVQD.

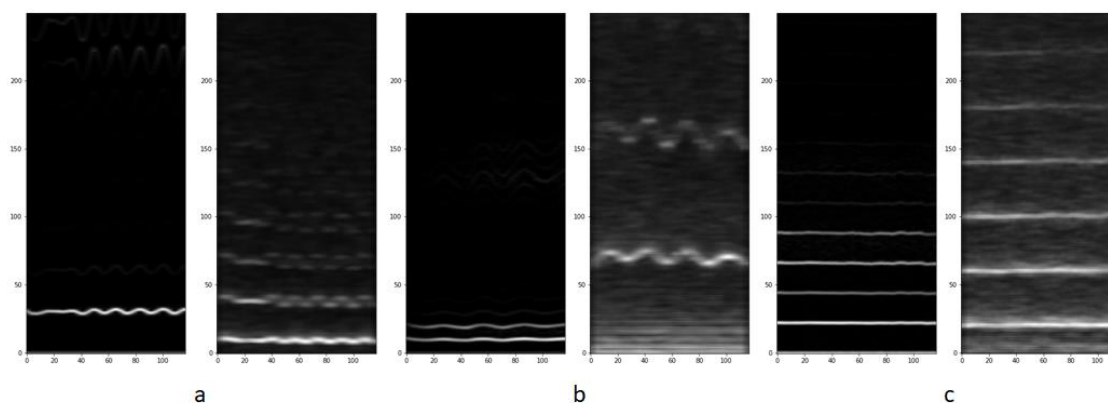


Figura 4.1: Comparación del espectrograma (izquierda) y el cepstrograma (derecha) de tres audios (a, b y c) de la PVQD.

4.3. Ruido

El ruido puede ser una manifestación del esfuerzo vocal, y al mismo tiempo, el esfuerzo vocal es un síntoma clínico frecuente en personas con patologías vocales.

Una medida relacionada con el ruido es la prominencia del pico del cepstrum (CPP por su sigla en inglés). Este se calcula como la diferencia de amplitud entre el pico cepstral (altura del mayor *rahmonic*) y el valor correspondiente en la línea de regresión directamente debajo del pico.

En este trabajo, el diseño de las capas de extracción de características permite que la

red neuronal cuente con la información necesaria para calcular un valor cercano a la *smoothed cepstral peak prominence* (CPPS), una variante del CPP. El suavizado se realiza con una capa de convolución 2D que se conecta a la entrada con un *kernel* de tamaño $n \times 1$. Los pesos del *kernel* se inicializan con los valores de una campana gaussiana. Sobre la salida de la convolución se calculan el máximo y el valor medio con capas de *maxpooling* y *averagepooling* respectivamente. Finalmente, las salidas de las capas de *pooling* se conectan a una única neurona con activación lineal.

4.4. Clasificación

La clasificación se realiza con capas densamente conectadas. La capa de salida tiene cuatro neuronas con función de activación sigmoideal. El resto de las capas utiliza función de activación ReLU. La cantidad de capas, la cantidad de neuronas por capas y el uso de técnicas de regularización o *dropout* se definió durante el proceso de optimización del modelo.

5. MODELO INICIAL

El modelo inicial es una red neuronal creada a partir de los desarrollos de las secciones anteriores. Es el punto de partida del proceso de optimización que se lleva a cabo más adelante para obtener el clasificador del grado general de disfonía. Hay dos versiones de modelo inicial, MIA (figura 5.1) y MIB.

MIA recibe como entrada *raw audio* de un segundo de duración, calcula la operación de *windowing* (etiqueta A1 en la figura) y después el cuadrado de la autocorrelación (operaciones A2 a A8). Se extraen características por dos caminos, el camino 1 (operaciones B1 a B5) para las perturbaciones de amplitud/frecuencia y el camino 2 (C1, C2 y C3) para el ruido. La clasificación se realiza con una capa densamente conectada de cuatro neuronas (D2).

La variante MIB es una red neuronal reducida que recibe el cepstrum como entrada. La arquitectura se obtiene eliminando en MIA la capa A8 y capas anteriores. El objetivo de esta variante es determinar si, para predecir G en el contexto de este trabajo, es más importante el logaritmo en el cepstrum o la capacidad de ajustar los pesos en la etapa de representación frecuencial.

6. EXPERIMENTOS

Se realizaron experimentos sobre los modelos de clasificación iniciales MIA y MIB. El

objetivo de estos experimentos es tanto la definición del modelo final como su evaluación.

6.1. Definición del modelo final

El modelo final es el resultado de un proceso de búsqueda en el espacio de los hiperparámetros, donde se realizaron pruebas sobre cada modelo y se ensayaron modificaciones. Los hiperparámetros se modificaron en base al análisis de la evolución de ambas métricas durante el entrenamiento, la evolución y configuración final de los pesos y de las salidas intermedias (salidas de las capas ocultas).

6.2. Datos

Los datos de la PVQD, tal como indican sus autores, deben ser revisados. Además de la revisión, durante este trabajo se añadió la valoración en escala GRBAS de un profesional local.

Las tareas ejecutadas sobre los datos son la segmentación de la vocal /a/ sostenida, el renombrado de archivos, la generación de una planilla de valoración, el análisis y valoración (por parte del evaluador local), la selección y corrección de archivos de audio y la generación de base de datos transaccional. En total se eliminaron 23 audios porque no cumplían criterios de calidad y se editaron otros para eliminar ruido.

6.2.1. Aumentación de datos

Las redes neuronales profundas tienen muchos parámetros y, por lo tanto, son propensas al sobreajuste. Una forma de lidiar con el sobreajuste es aumentar la cantidad de datos de entrenamiento. En este trabajo se realizaron tres transformaciones, desplazamiento en frecuencia, segmentación por tiempo (*cropping*) y *flipping*. Los datos

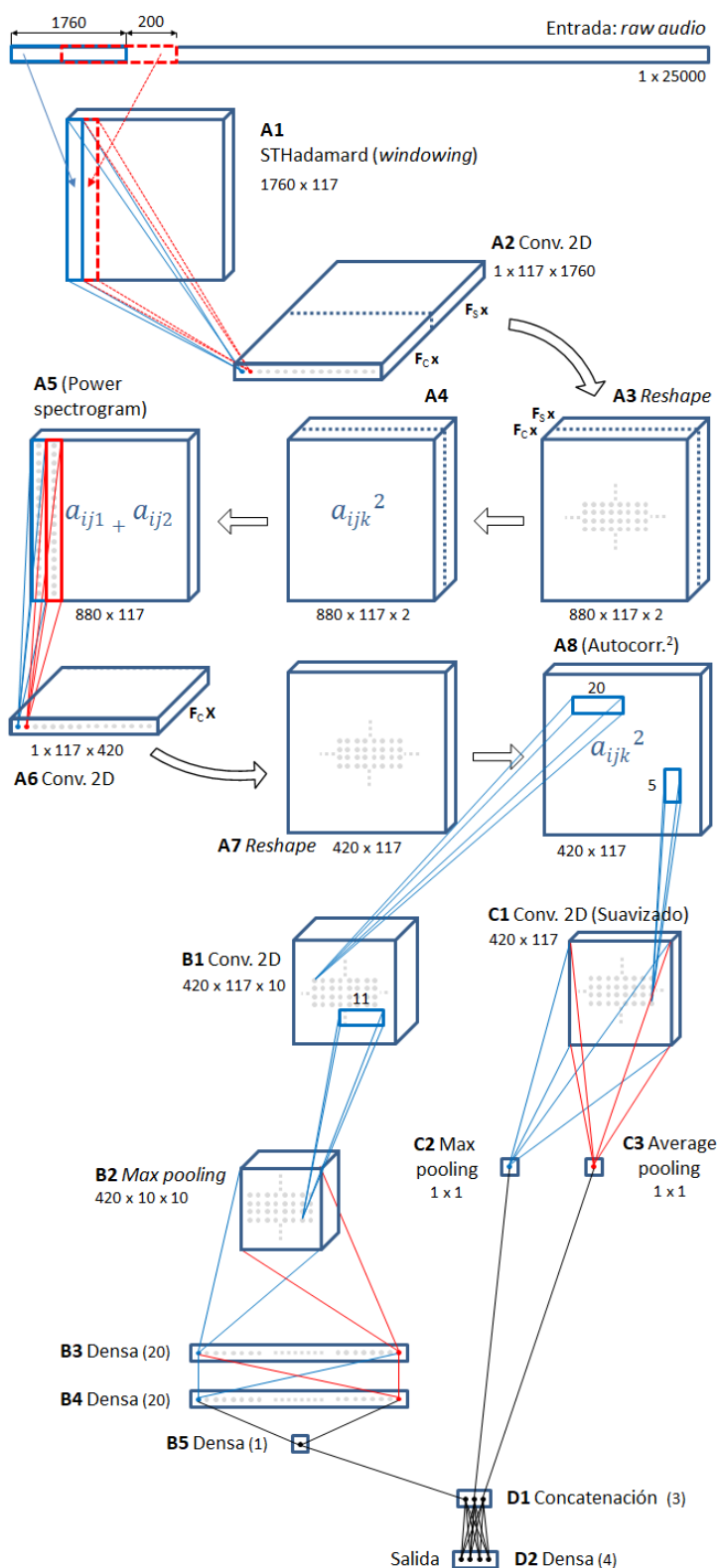


Figura 5.1: Modelo inicial MIA.

transformados se anexaron a la base de datos aumentando su tamaño.

6.2.2. Generación de los juegos de datos

Para la evaluación final del modelo (test) se reservó el 20% de los datos. Con los datos restantes se utilizó un esquema de validación

cruzada de k iteraciones (*k-fold*) para $k=4$. En total fue necesario crear 5 juegos de datos del mismo tamaño.

RESULTADOS

Durante el proceso de optimización, y a pesar de probar muchas alternativas, no se logró ninguna configuración que produjera resultados satisfactorios partiendo desde el modelo MIA. En contraste, partiendo desde MIB sí se logró predecir G. A continuación se presentan los resultados del modelo definitivo (figura 7.1) obtenido a partir de MIB.

7.1. Modelo final

Durante el proceso de optimización se observó que suavizar la entrada, no solo para el cálculo de CPPS, sino para toda la extracción de características, mejora la clasificación. También se observó que era beneficioso realizar distintos grados o escalas de suavizado, es decir más de un suavizado con ventanas de ancho distinto.

7.1.1. Extracción de características

La extracción de características, al igual que en el modelo inicial, se hace por dos caminos distintos de la red. A diferencia del modelo inicial, en el modelo final la entrada de cada camino no es el cepstrograma sino los suavizados del mismo. Tal como se puede ver en la figura 7.2, ambos caminos sufrieron cambios durante la optimización (principalmente el camino 1), pero la estructura es similar a la del modelo inicial.

7.1.2. Clasificación

En la operación D1 los dos caminos de extracción de características se unen, las salidas de ambos se reordenan y concatenan formando un vector de tamaño 48. Este vector es la entrada de una capa densa (D2) de 3 neuronas con función de activación ReLU, la que se conecta a la capa densa D3, con 10

neuronas con activación ReLU y, por último, la salida de D3 es la entrada de las cuatro neuronas de salida.

7.2. Métricas

El modelo final obtuvo una exactitud media de 0.711 y MAE 0.303. En la figura 7.2 se muestran los diagramas de caja de las dos métricas para las 10 ejecuciones del proceso. Los resultados se comparan con la concordancia y el error absoluto intraevaluador e interevaluador para los mismos datos.

En la matriz de confusión de la tabla 7.1 se comparan las valoraciones del evaluador local con las salidas del clasificador para la primera ejecución.

7. DISCUSIÓN

Una clasificación, con datos balanceados, realizada al azar sobre cuatro clases tendría un acierto del 25%, por lo tanto el 71.1% de acierto informado evidencia que la red neuronal profunda obtenida es capaz de reconocer ciertos patrones de la voz que están relacionados con la percepción de la calidad.

No solo la exactitud indica un buen rendimiento, el MAE y la matriz de confusión (tabla 7.1) muestran que, para los casos donde no hay coincidencia, el modelo asigna clases cercanas a la de referencia; tal como ocurre entre expertos humanos. Para ambas métricas, el clasificador automático logra valoraciones con variaciones muy cercanas a las que obtendría un evaluador medio tras evaluar por segunda vez el mismo conjunto de audios (variabilidad intraevaluador). También para ambas métricas se puede ver una gran mejora comparando con la concordancia y el error interevaluador. Los resultados son prometedores y permiten pensar en futuras aplicaciones clínicas de clasificadores basados en la red neuronal obtenida.

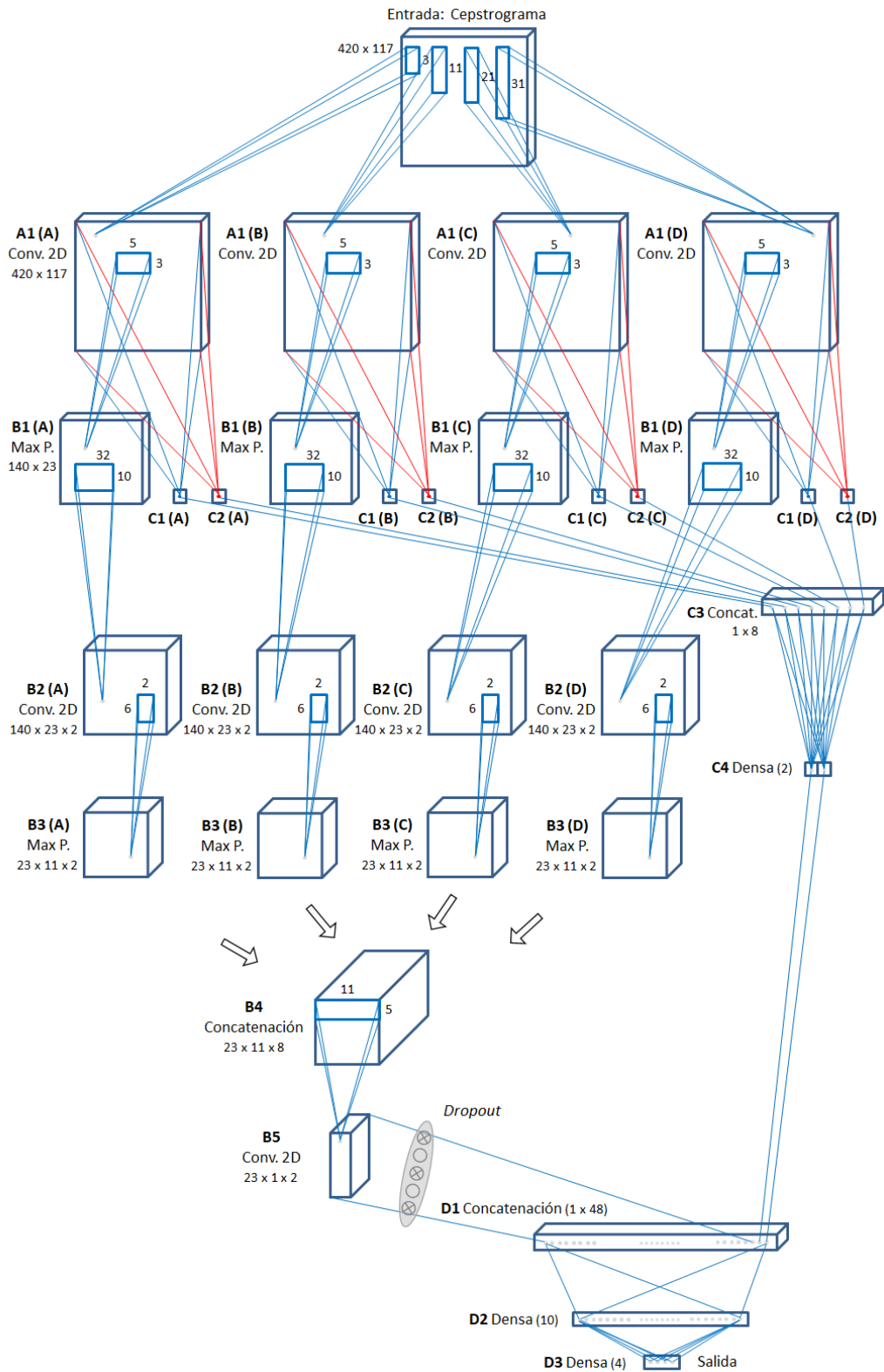


Figura 7.1: Modelo final de clasificación del grado general de disfonía.

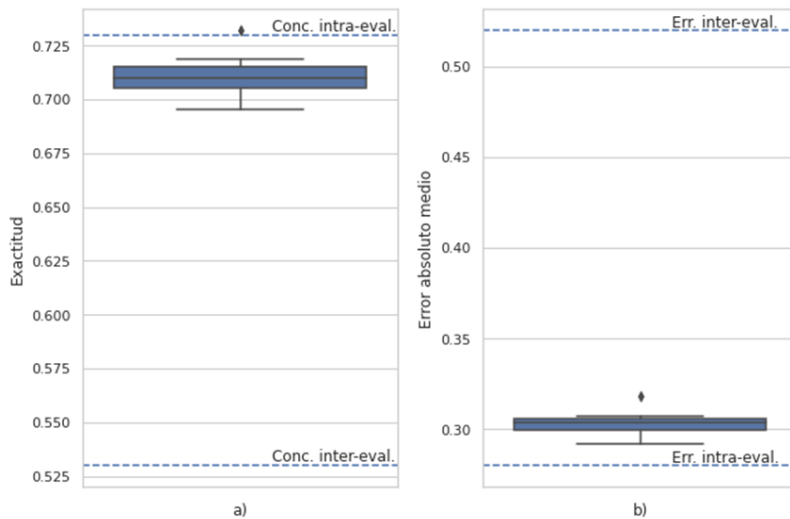


Figura 7.2: Diagrama de caja para la exactitud (a) y el MAE (b) en los resultados del experimento. En ambos casos se puede ver la comparación con los valores (concordancia y error absoluto) medios interevaluador e intraevaluador.

		Red neuronal			
		0	1	2	3
Eval. local	0	67	41	0	0
	1	14	70	24	0
	2	0	26	74	8
	3	0	2	9	97

Tabla 7.1: Matriz de confusión entre la valoración del evaluador local y la valoración automática para la primera ejecución de la evaluación.

Como parte de la discusión también se analiza la arquitectura de la red neuronal obtenida y se asocian los múltiples suavizados con la teoría del espacio escalar. Por otro lado, se plantean como limitaciones para la aplicación clínica del modelo obtenido, algunos desafíos conocidos para la aplicación de la Inteligencia Artificial en la práctica clínica. Los trabajos futuros están relacionados con los estos desafíos, que incluyen la incorporación de bases de datos multicéntricas y más grandes, lo que además permitirá probar arquitecturas más complejas.

8. CONCLUSIÓN

Se concluye que el modelo obtenido es capaz de predecir el grado general de disfonía con una exactitud cercana a la de un evaluador humano para los datos de la PVQD.

Con respecto a la arquitectura del modelo se concluye que el cepstrum no puede ser calculado por una red neuronal si los pesos de las capas anteriores deben ser ajustados y que, al menos bajo las condiciones de los experimentos realizados, una red neuronal no

puede calcular una representación interna equivalente al cepstrum que sea útil para la clasificación. En referencia a la extracción de características, se concluye que una red neuronal profunda diseñada para reconocer patrones de perturbación de amplitud, perturbación de frecuencia y ruido obtiene información útil para la predicción del grado general de disfonía.

Por último, se concluye que el modelo presentado puede ser un punto de partida para futuros desarrollos de clasificadores de la calidad vocal.

Gobernanza de Datos en los Procesos de Negocio para las Instituciones de Educación Superior

Ana Muñoz, Santiago Pérez, Maria Stefanoni, Daniela Carbonari,
Bruno Roberti, Higinio Facchini, Jimena Pérez
CeReCoN (Centro de Investigación y Desarrollo en Computación y Neuroingeniería)
Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional
Rodríguez 273, Mendoza, Argentina - 0261-5244576
(santiagocp, maria.stefanoni,dcarbonari)@frm.utn.edu.ar;

Ana Muñoz, Jimena Perez
Centro de estudios en Microelectrónica y Sistemas Distribuidos Universidad de Los Andes
Av. Alberto Carnevali, Mérida 5101, Mérida, Venezuela +58 274-2401111
(ana.munoz, jimena.perez)@ula.ve

RESUMEN

Las organizaciones requieren fuentes de datos confiables, coherentes y disponibles que soporten la toma de decisiones y el mejoramiento de sus capacidades operativas. Estas se han dado cuenta de la importancia de gestionar y gobernar sus datos como un recurso a nivel estratégico que optimicen sus procesos. "La gobernanza de datos se define como el ejercicio de autoridad y control (planificación, seguimiento y ejecución) sobre la gestión de los activos de datos". Esto implica que el Gobierno de datos cubre los estándares y principios de la gestión de datos. Una norma define requisitos, especificaciones, pautas o características para un determinado material, producto, proceso o servicio.

Existen varios modelos de gobernanza para guiar los procesos de estudio, y de implementación de Gobernanza de datos, tales como: IBM, ORACLE, el Data Governance Institute (DGI), ISO/ IEC JTC 1 / SC 4 , Collibra , DAMA DMBOK , así como los modelos emergentes de gobernanza descentralizada basados en tecnología de blockchain distribuida (Distributed data ledger: Libro de registros distribuido).

Sin embargo, existe una vacancia importante cuando la gobernanza de datos se refiere a los

procesos educativos, en si mismos, dentro de las Universidades.

Esta investigación propone el desarrollo de una ontología para el gobierno de datos, que aplicada a los procesos de enseñanza-aprendizaje en las Universidades, guíe en el uso de modelos de gobierno de datos existentes.

Los integrantes de este Proyecto tienen formación de posgrado, han dirigido tesis de posgrado y/o han formado parte de grupos y proyectos de Investigación en Educación.

Palabras clave: gobernanza, ontologías, procesos educativos, procesos universitarios

CONTEXTO

La línea de investigación está inserta en el ámbito del Centro UTN CeReCoN (Centro de Investigación y Desarrollo en Computación y Neuroingeniería), de la Facultad Regional Mendoza, de la Universidad Tecnológica Nacional, y del Centro de Microelectronica y Sistemas Distribuidos (CEMISID) de la Universidad de los Andes.

INTRODUCCIÓN

Muchas organizaciones han puesto en marcha iniciativas de transformación digital. Cada vez hay más herramientas digitales disponibles, y muchas de ellas tienen un gran impacto en los procesos de negocio. Sin

embargo, sólo un pequeño número de organizaciones tienen sus procesos de negocio lo suficientemente controlados como para convertirse en todo el potencial empresarial de las nuevas tecnologías digitales. Las capacidades adecuadas de gestión de procesos de negocio (BPM, Business Process Management), tienen un impacto significativo en el valor logrado a través de la digitalización.

Esto es especialmente cierto para el establecimiento de un adecuado gobierno de los procesos de negocio. La gobernanza de los procesos mantiene el rumbo de los mismos. Identifica los ajustes necesarios del proceso, define las acciones requeridas y garantiza su ejecución. Esto tiene un impacto significativo en la obtención y el mantenimiento de los beneficios de la digitalización que se pretenden, así como en el rendimiento continuo de los procesos. Sin embargo, los procesos digitales tienen nuevos requisitos y las herramientas de gestión de procesos digitales ofrecen nuevas oportunidades para una gobernanza eficaz. Por lo tanto, la gobernanza de los procesos debe pasar por una transformación digital en sí misma, aprovechando las herramientas adecuadas, como la gobernanza de datos, la minería de procesos o las herramientas de modelado y simulación de procesos dinámicos. El resultado es la gobernanza de los datos de los procesos digitales, como una base importante para el éxito de la transformación digital.

La Gobernanza de Datos (GD) es parte de la gestión de información empresarial. La gestión de la información se define y se entiende como lo establece en el Cuerpo de Conocimiento de Gestión de Datos, o DMBOK [1], como sinónimo de gestión de la información. Los primeros conceptos tienen que ver con qué y en dónde ocurre la gobernanza de datos (datos como un activo). Uno de los retos más comunes de la gobernanza de datos es que el flujo y la lógica de los datos pueden no seguir la estructura de una organización. El desajuste entre la estructura organizativa y el uso de los datos puede dar lugar fácilmente a silos de datos, duplicidades, responsabilidades poco

claras y falta de control de los datos en todo su ciclo de vida.

OBJETIVOS

Objetivos generales

Desarrollar un Modelo de Gobernanza de Datos para las Instituciones de Educación Superior (IES) que permita realizar la Gestión de sus Procesos de Negocio conducida por los datos.

Objetivos específicos

1. Definir los Procesos de Negocio para las Instituciones de Educación Superior.
2. Definir el programa de Gobernanza de datos para los procesos de negocio más importantes de las Instituciones de Educación Superior, a través de un caso de estudio.
3. Definir ciclo de vida de los Datos que están relacionados con los Procesos de negocio seleccionados.
4. Simulación de los Procesos de Negocio utilizando una herramienta de Minería de Procesos de Negocio.
5. Definir el modelo de Calidad de Procesos de Negocio de las IES
6. Implementar el modelo de Gobernanza de Datos para las IES.

METODOLOGÍA

Para gestionar la integración semántica entre los diferentes estándares, se propone una arquitectura conceptual de tres niveles. La arquitectura, en la capa superior, "Top Level", debería incluir una ontología con los términos principales y sus relaciones. Cada término involucrado en este nivel está vinculado al "Nivel Medio", donde se refina en módulos. Cada módulo define una ontología de dominio para el término correspondiente del nivel superior. El nivel inferior, "Low Level", compuesto por los términos y definiciones de cada estándar, se comunica a través de reglas con el nivel intermedio y los diferentes módulos que posee cada ontología.

La idea de este proyecto es obtener un modelo que describa la gobernanza federada de datos y cómo colaborar en el intercambio de datos referidos a los estándares, permitiendo que esta colaboración se lleve a cabo de forma federada. La federación permite que la colaboración se lleve a cabo en tiempos o condiciones concretos, sin que los participantes de la federación cambien su modelo de datos. Este modelo podría convertirse en un estándar para la gobernanza de datos y su proceso de integración, a través de las ontologías.

Teniendo esto en cuenta, se establecerán los métodos y tecnologías de:

- Las reglas, procedimientos, protocolos y procesos bien definidos para desarrollar, gestionar y hacer evolucionar los procesos de negocio de las IES.
- Los marcos de gestión y coordinación: diseñar y evaluar un enfoque integral de gestión de la gobernanza de datos para alinear los objetivos de los actores, la gobernanza adecuada y los recursos. Además, estudiar cómo interactúan, se comunican y colaboran los actores.
- Los modelos de madurez: para proporcionar recomendaciones claras sobre cómo impulsar mejoras basadas en el conocimiento del nivel de madurez en el que se encuentran los procesos y los datos.

ESTADO DE AVANCE

Los investigadores o los profesionales tienden a implementar el BPM y la GD por separado. Sin embargo, los conceptos básicos de los sistemas de información reconocen que la información se elabora a partir de los datos. El BPM rastreará el flujo de información de los procesos de negocio, y la GD se convertirá en una norma, política y directriz para los datos. Tanto el BPM como la GD pretenden ayudar a las IES a cumplir sus estrategias y objetivos.

Desde investigaciones anteriores [2,3], pueden evaluarse y aplicarse dos enfoques para la implementación de la GD: el primer enfoque, la implementación de la GD, que se diseña al

principio del plan maestro de la organización, y el segundo enfoque, la implementación de la GD cuando el sistema está en marcha. Desde el desarrollo de la GD para el sistema en marcha, es necesario saber cómo funciona el sistema y cómo el proceso de negocio cumple con el flujo de información, basado en el sistema y los procesos de negocio.

Se espera que el resultado de esta investigación soporte a los profesionales y académicos de las IES en la conducción de una organización a través de datos confiables.

ESTADO DEL ARTE

La gestión de procesos de negocio (BPM) es un conjunto de métodos, técnicas y herramientas para identificar, descubrir, analizar, rediseñar, implementar y supervisar los procesos de negocio para optimizar el rendimiento de la organización [4]. El BPM consta de varios componentes, entre los que se encuentran la Instancia de Proceso, el Cliente, el Actor, el Objeto, la Actividad, el Evento, el Punto de Decisión y el Resultado. Varios estudios, que se centraron en el BPM en las Instituciones de Educación Superior (IES), afirmaron que el BPM contribuyó a adquirir el flujo de información en las IES mediante la captura de los procesos de negocio [5]. Sin embargo, no todas las IES tienen un proceso de negocio estándar. Incluso diferentes facultades de una misma institución pueden tener procesos de negocio diferentes para el mismo propósito. Los datos y la información están disponibles para la mayoría de las IES, pero a veces para el proceso de acreditación, el problema es la calidad de los datos, como los datos incompletos, la incoherencia, e incluso la ausencia de los mismos.

Para guiar el proceso de implementación del gobierno de datos, IBM, ORACLE, el Data Governance Institute (DGI) y el DAMA han definido marcos de trabajo y funciones que benefician a las organizaciones en la generación de valor y en la coordinación e integración de las áreas de negocio, así mismo, investigadores

han propuesto modelos de GD centrados en roles, la identificación de responsabilidades en la toma de decisiones y acciones con el objeto de apoyar la gestión y calidad de los datos (Khatri & Brown, 2010; Thompson, Ravindran, & Nicosia, 2015; Weber et al., 2009), y hacia el diseño de procesos y estrategias que faciliten el control de los datos en aspectos o temas específicos (Al-Ruithe, Benkhelifa, & Hameed, 2016; Fu et al., 2011). Además, se han llevado a cabo trabajos que resaltan la importancia de mejorar la gestión, la calidad, disponibilidad y seguridad de los datos (Fu et al., 2011; Guerrero & Londoño, 2016; Otto et al., 2007; Wende, 2007), otras propuestas se han derivado de marcos de gobierno de TI enlazándose con tendencias tales como la computación en la nube, Big Data o inteligencia de negocios (Al-Ruithe et al., 2016; Groß & Schill, 2012; Thomas, 2006; Weber et al., 2009). CIO Watercooler, junto con VERITAS, publicaron un libro blanco sobre los resultados de su encuesta sobre el Gobierno de Datos (DG) en 2017 [6]. En el documento, el 63% de los encuestados seleccionados del Reino Unido e Irlanda dijeron que quieren una buena calidad de datos (DQ) para que sus empresas cumplan sus estrategias y objetivos. Esta investigación también afirmaba que la GD mejoraría la calidad, la seguridad y los estándares de los datos. La GD, como práctica interrelacionada, más que aislada, ha demostrado ser una medida recomendada por la industria [7]. La GD no es un problema exclusivo del departamento de TI, sino que también afecta a otras partes de la organización, ya que incluye procedimientos, normas y flujos de información que requieren atención. Otros estudios explican el éxito de la implantación de la GD en la mejora de la calidad del servicio, y en ella influyen varios factores, como la estructura organizativa y el nivel de armonización de los procesos [8].

Los investigadores o los profesionales tienden a implementar el BPM y la GD por separado. Sin embargo, los conceptos básicos de los sistemas de información reconocen que la información se elabora a partir de los datos.

El BPM rastreará el flujo de información de los procesos de negocio, y la GD se convertirá en una norma, política y directriz para los datos. Tanto el BPM como la GD pretenden ayudar a las organizaciones a cumplir sus estrategias y objetivos. Basándonos en investigaciones anteriores [9,10], existen dos enfoques en la implementación de la GD: en primer lugar, la implementación de la GD, que se diseña al principio del plan maestro de la organización, y en segundo lugar, la implementación de la GD cuando el sistema actual está en marcha. Desde el desarrollo de la GD para el sistema en marcha, es necesario saber cómo funciona el sistema y cómo el proceso de negocio cumple con el flujo de información, basado en el sistema y los procesos de negocio.

Uno de los retos más comunes de la gobernanza de datos es que el flujo y la lógica de los datos pueden no seguir la estructura de una organización. El desajuste entre la estructura organizativa y el uso de los datos puede dar lugar fácilmente a silos de datos, duplicidades, responsabilidades poco claras y falta de control de los datos en todo su ciclo de vida. En este escenario surgen numerosos retos. Puede que no existan mecanismos establecidos para la gobernanza de los datos que permitan tratar los Procesos de Negocio con la participación de diferentes Stakeholder. Otro problema es el manejo ad hoc de los datos sin procedimientos y procesos ni infraestructura de datos segura, lo que podría dar lugar a que personas no autorizadas tuvieran acceso a elementos de datos individuales.

Teniendo en cuenta estos retos, la elección del enfoque de gobernanza de datos es fundamental, es por eso que esta investigación propone analizar el impacto del BPM en el desarrollo de la Gobernanza de Datos y la importancia de su relación para mejorar la calidad de los datos. Se espera que el resultado de esta investigación ayude a los profesionales y académicos a conducir las Instituciones de Educación Superior como una organización conducida por datos.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo está integrado por docentes investigadores, becarios graduados y alumnos del Centro UTN CeReCoN de la Facultad Regional Mendoza de la UTN, y docentes-investigadores del CEMISID de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Entre estos se encuentra una tesista de Maestría, que presentará su tesis de Maestría afín a este proyecto y una tesista doctoral. Las actividades se llevan a cabo en el ámbito de las instalaciones de dichos entes, que cuentan con sus propias áreas de trabajo. Al efecto, se pone en conocimiento las propias publicaciones asociados a la temática [11,12, 13].

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] Cupoli, P., Earley, S., & Henderson, D. (2014). Dama-dmbok2 framework. DAMA International.
- [2] Hronza, R., & Speta, M. (2013, July). Business process center of excellence at the faculty of electrical engineering at the Czech Technical University in Prague. In 2013 IEEE 15th Conference on Business Informatics (pp. 346-349). IEEE.
- [3] Karabegovic, A., Buza, E., Omanovic, S., & Kahrovic, A. (2018, May). Adoption of BPM systems for process design in a higher education institution. In 2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO) (pp. 0552-0557). IEEE.
- [4] Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2013). Fundamentals of business process management (Vol. 1, p. 2). Heidelberg: Springer.
- [5] Maican, C., & Lixandroi, R. (2016). A system architecture based on open source enterprise content management systems for supporting educational institutions. *International Journal of Information Management*, 36(2), 207-214.
- [6] Wang, C. S., Lin, S. L., Chou, T. H., & Li, B. Y. (2019). An integrated data analytics process to optimize data governance of non-profit organization. *Computers in Human Behavior*, 101, 495-505.
- [7] Cheong, L. K., & Chang, V. (2007). The need for data governance: a case study. *ACIS 2007 Proceedings*, 100.
- [8] Weber, K., Otto, B., & Österle, H. (2009). One size does not fit all---a contingency approach to data governance. *Journal of Data and Information Quality (JDIQ)*, 1(1), 1-27.
- [9] Hronza, R., & Speta, M. (2013, July). Business process center of excellence at the faculty of electrical engineering at the Czech Technical University in Prague. In 2013 IEEE 15th Conference on Business Informatics (pp. 346-349). IEEE.
- [10] Karabegovic, A., Buza, E., Omanovic, S., & Kahrovic, A. (2018, May). Adoption of BPM systems for process design in a higher education institution. In 2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO) (pp. 0552-0557). IEEE.
- [11] Muñoz, A., Pérez, S., Stefanoni, M. & Carbonari, D. (2021, October), Creación de Escenarios de Aprendizaje por Competencias en la Educación Superior utilizando Realidad Virtual y Realidad Aumentada, ENIDI 2021, 19, 20 y 21 octubre/21.
- [12] Muñoz, A., Pérez, S., Stefanoni, M. & Carbonari, D. (2020, November), Aprendizaje inmersivo y realidad virtual: Casos de estudio en Ingeniería, ECEFI 2020, 24 y 25 noviembre/20.
- [13] Muñoz, A., Martí, L., Sanchez-Pi, N. (2021), Data Governance, a Knowledge Model Through Ontologies. In: Valencia-García R., Bucaram-Leverone M., Del Cioppo-Morstadt J., Vera-Lucio N., Jácome-Murillo E. (eds) *Technologies and Innovation. CITI 2021. Communications in Computer and Information Science*, vol 1460. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88262-4_2

Anexando acciones en el Aprendizaje Móvil

Mg. Roberto Bertone¹, Mg. José Luis Filippi², Lic. Guillermo Lafuente³, Mg. Carlos Ballesteros⁴,
Lic. Gustavo Lafuente⁵

LIAU⁹ - Facultad de Ingeniería – UNLPam.

pbertone@ada.info.unlp.edu.ar¹

{filippi², lafuente³, balleste⁴, gustavo⁵}@ing.unlpam.edu.ar

⁹Laboratorio de Investigación de Ambientes Ubicuos

Resumen

La integración de las TICs en las instituciones educativas es un proceso que se desarrolla desde hace varias décadas en la República Argentina. Si bien existe un fuerte consenso en la universalización del acceso a las diferentes tecnologías de la información y las comunicaciones, la discusión vigente reside en la incorporación de los dispositivos móviles (teléfonos de última generación) como instrumento mediador del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje.

En la actualidad la educación no se encuentra limitada a los entornos formales conformado por las instituciones educativas en sus diferentes niveles, se integra con procesos formativos que tienen lugar a través de los nuevos dispositivos tecnológicos de última generación, caracterizados por su miniaturización, movilidad y conectividad permanente; haciendo posible el acceso a múltiples contextos de aprendizaje virtuales. Resulta entonces imprescindible estudiar las tendencias del aprendizaje móvil en el mundo desarrollado, realizar las adaptaciones necesarias e implementarlas en el ámbito educativo.

El propósito del proyecto, de naturaleza teórico-práctico, es el de indagar las posibilidades que ofrecen los dispositivos móviles (teléfonos inteligentes, tabletas digitales) como instrumentos aplicados a diferentes situaciones de enseñanza y aprendizaje.

Bajo esa premisa se intenta llevar a cabo un trabajo experimental en la Facultad de

Ingeniería - UNLPam, desarrollando un escenario de aplicación real con la utilización de éste tipo de dispositivos.

Palabras claves: Aprendizaje Móvil. Dispositivo Móvil. Aprendizaje Colaborativo.

Contexto

Tipo de Investigación: Aplicada

Campo de Aplicación Principal: 7 1802 Computación, 7 1803 Comunicaciones.

Campos de Aplicación posibles: 13 1040 Ciencia y Tecnología, 7 4399 Otras – Educación – Tecnología Aplicada a la Educación

Institución que Coordina el Proyecto: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Pampa.

Introducción

Con más de 5900 millones de usuarios de telefonía móvil en el mundo, los dispositivos de última generación han transformado nuestra manera de vivir. Aunque en todos los sectores de la sociedad se hace uso intensivo de esta tecnología, los educadores y los responsables de formular las políticas educativas no han aprovechado su potencial para mejorar el proceso educativo. [1]

Múltiples necesidades se presentan en el ámbito educativo en sus diferentes niveles entre los cuales se pueden mencionar: desarrollo de contenidos bibliográfico digital de producción local y regional, incentivar el uso de aplicaciones móviles que posibiliten el intercambio de información entre los actores que conforman la comunidad educativa

(videoconferencias entre docentes, estudiantes, directivos, y comunidad en general), incorporar el uso de plataformas de formación virtual abiertas, que posibiliten incorporar recursos y/o materiales didácticos en diferentes formatos, mantener un canal de comunicación fluido entre la institución educativa y el contexto local, regional, y nacional, e implantar estrategias metodológicas para alcanzar un aprendizaje cooperativo y colaborativo.

Mark Weiser [2] menciona que: “*vamos camino a ambientes ubicuos, ambientes poblados de numerosos sensores que gracias a la miniaturización de los dispositivos son invisibles al usuario y están en permanente rastreo de la actividad humana*”. Aquí radica el objetivo primario del proyecto: indagar diferentes aplicaciones tecnológicas móviles a través de las cuales se puedan ofrecer servicios que satisfagan las necesidades de los usuarios que transitan en el ámbito educativo, profundizando en el aprendizaje móvil.

Situación Actual del Problema

La aparición de dispositivos tecnológicos caracterizados por su miniaturización, gran capacidad de almacenamiento y gran velocidad de procesamiento, dieron origen a nuevos entornos en la comunicación de las personas, con una hipercomunicación caracterizada por la multimedialidad. El envío de mensajes textuales seguidos de imágenes, sonidos y videos es parte de la actividad cotidiana.

La educación influenciada por ésta realidad, acepta la necesidad de reconfigurar el proceso educativo, partiendo de algunas premisas:

a. Redefinir nuevas acciones para docentes y estudiantes.

El creciente número de dispositivos móviles y la conectividad a internet de forma permanente, permite a los estudiantes adquirir nuevos contenidos en línea y configurar sus

conocimientos a partir de intereses propios. El estudiante es artífice de su futuro, asume un papel activo, decide que aprender y cómo.

Frente a la realidad del mundo digital que rodea a los estudiantes de hoy en día, es justo que los docentes replanteen su rol en la construcción del conocimiento sobre ellos. De allí que la competencia exigida a un profesor del Siglo XXI es preciso que se enfoquen “en las necesidades de los alumnos, supervisando su búsqueda de información e intentando facilitar la búsqueda de información individual de los alumnos ya que el papel de suministrador de conocimiento ha sido superado por las TIC” [3].

Mucho se habla de cuáles serían las competencias digitales para un docente, un acercamiento a ello lo propone Núñez-Torrón Stock [4], quien plantea cinco competencias básicas para el docente en la educación, y entre ellas se pueden destacar dos:

1. Usar herramientas de trabajo en línea.
2. Utilizar dispositivos móviles en el aula.

En la mayoría de las universidades de todo el mundo se observa la incorporación de los sistemas de Gestión de Aprendizaje (LMS), para implementar entornos virtuales que permiten la gestión del aprendizaje. [5] Sin embargo algunas investigaciones indican que las motivaciones de los estudiantes son vistas como una obligación al participar en entornos de aprendizaje institucionales cerrados, mientras que la motivación es mayor cuando el proceso formativo es abierto a diferentes tecnologías en contextos informales. Estos espacios son conocidos como PLE (Personal Learning Environments) donde los estudiantes configuran su propio entorno. [6] Algunos autores ya incorporan un nuevo concepto, el de mPLE (Mobile Personal Learning Environments) como una nueva estructura de aprendizaje para la generación que hace uso de los dispositivos móviles. [7]

b. Continuidad del aprendizaje.

El aprendizaje móvil permitirá a los estudiantes dar continuidad a su formación a

lo largo de toda su vida, a partir de plataformas que posibilitan el aprendizaje móvil caracterizado por:

- Poseer gran cantidad de información.
- Ser omnipresentes.
- Disponer de gran diversidad de recursos materiales.
- Fomentar la participación colaborativa.

Actualmente los estudiantes y futuros profesionales acceden a la información a través del aprendizaje informal, han dejado de ser únicamente consumidores para ser productores de información.

En el caso particular de los estudiantes universitarios no solo deben dominar las disciplinas correspondientes a su carrera, además deben incorporar habilidades transversales como el pensamiento crítico, resolución de problemas, persistencia y trabajo colaborativo. Sin embargo, en muchos países no se están desarrollando estas habilidades. [8]

c. Grandes volúmenes de datos. Big data.

Disponer y aprovechar ésta tecnología es una obligación para todas aquellas instituciones que manipulan grandes volúmenes de datos, en nuestro caso particular la universidad.

La gran cantidad de información accesible a partir de variadas herramientas conlleva una serie de consideraciones éticas relacionadas a la propiedad de los datos y la privacidad.

Los investigadores que estudian el aprendizaje en línea, los sistemas de tutoría inteligente, los laboratorios virtuales, las simulaciones y los sistemas de gestión del aprendizaje están explorando maneras de entender y utilizar mejor la analítica del aprendizaje, a fin de mejorar la actividad del docente y seguir avanzando en la educación para todos. [9]

En éste contexto el punto de partida debe ser siempre pedagógico. No se trata de innovar por innovar. Hay que explotar el potencial que ofrecen las nuevas herramientas

tecnológicas que hacen posible el aprendizaje móvil, a partir de una planificación docente previa dentro de un marco teórico formalizado.

La herramienta en sí misma no ofrece por sí sola resultados, pero un buen docente sabrá aprovechar las ventajas que brinda para un aprendizaje móvil de calidad.

Por ello el aprendizaje móvil (mLearning) puede incorporarse como refuerzo del aprendizaje formal, ampliando la oferta educativa y la modalidad. Lo importante es innovar en el proceso educativo en su conjunto y no solo con el dispositivo tecnológico.

El entorno educativo cambia [10], la educación se presenta como la formación de los educandos en competencias, destrezas, habilidades para desempeñarse en un nuevo espacio social, el digital [11]. Nuevos escenarios educativos, los mismos actores con un nuevo rol, y la implantación de las tecnologías móviles es el desafío actual [12].

Línea de Investigación y Desarrollo

El plan de actividades corresponde al proceso de investigación aplicada, con objetivos de corto, mediano y largo plazo, y una duración prevista de cuatro años.

Primer año.

- Identificar el porcentaje de inserción de dispositivos móviles en la institución (teléfonos y/o tablets).
- Analizar la inserción del aprendizaje móvil en las universidades de todo el mundo.
- Estudiar como el aprendizaje móvil puede cerrar la brecha entre el aprendizaje formal y el informal.
- Identificar los escenarios educativos que muestren aspectos móviles en las actividades formativas del ámbito académico propio.

- Examinar herramientas tecnológicas móviles orientadas al proceso educativo de acceso libre y gratuito.

Segundo y Tercer año.

- Definir el enfoque pedagógico que posibilite un aprendizaje móvil de calidad.
- Estudiar las tecnologías disponibles para implementar acciones de aprendizaje móvil en el contexto educativo universitario.
- Definir prioridades según necesidades de inmediatez en la virtualización de las disciplinas que se han de impartir.
- Gestionar el uso de plataformas de formación virtual que posibilite una doble modalidad, presencial y mediada por las nuevas tecnologías móviles.
- Incorporar el uso de redes sociales que favorezcan la práctica educativa.
- Confeccionar objetos de aprendizaje acorde a las herramientas disponibles en la nube y a las características de los dispositivos móviles que van a operar el producto final.
- Desarrollar aplicaciones móviles a partir de las necesidades que se presenten durante el transcurso del proceso educativo virtual.
- Capacitar a la comunidad educativa en general en el desarrollo de objetos de aprendizaje a partir de los requerimientos de carácter institucional.
- Difundir los avances a toda la comunidad universitaria los progresos a medida que van transcurriendo, a través de jornadas, congresos y/o revistas científicas.
- Propiciar el intercambio de información permanente con grupos de investigación que den valor agregado a nuestra actividad profesional.

Cuarto año.

- Instituir las aplicaciones desarrolladas para dispositivos móviles que hayan alcanzado buen nivel de aceptación.
- Conformar un repositorio de objetos de aprendizajes de acceso libre.
- Registrar y difundir los resultados alcanzados con la finalidad de que se

puedan utilizar, ampliar y mejorar a través de trabajos futuros.

- Disponer de un catálogo de trabajos realizados en el sitio web del grupo de investigación GIAU (Grupo de Investigación de Ambientes Ubicuos) a partir del cual los interesados podrán acceder al material requerido.

Presentar en jornadas, congresos y/o revistas de todo el mundo los resultados alcanzados.

Resultados Obtenidos/Esperados

El proyecto da inicio a su actividad de investigación y desarrollo durante el año 2019, por lo que sus integrantes se encuentran efectuando las tareas enmarcadas en el cuarto año. A partir de la tarea realizada por los integrantes del proyecto de I+D durante el tercer año se concretó:

- a. El desarrollo de una herramienta didáctica para la enseñanza de la Arquitectura de Von Neumann. El producto alcanzado se incorporó a la plataforma de formación virtual como material educativo a utilizar durante el ciclo lectivo 2021, y se publicó en el congreso IDETEC 2020, con el nombre Herramienta Didáctica para mejorar el rendimiento académico en el aprendizaje de la Arquitectura de Von Newman. Villa María, Córdoba. 25 de junio 2021.
- b. Se configuro un método de evaluación del aprendizaje 100% virtual. El producto alcanzado se incorporó a la plataforma de formación virtual como material educativo a utilizar durante el ciclo lectivo 2021, y se publicó en la revista TEyET. Nro. 28, marzo 2021. (396-402), con el nombre Evaluación de los Aprendizajes en periodo de Pandemia.
- c. El desarrollo de nuevos objetos de aprendizaje para las materias Introducción a la Informática, Programación Procedural, Programación Web y Autómatas y Lenguajes. El producto alcanzado se incorporó a la plataforma de formación virtual como material educativo a utilizar durante el ciclo lectivo 2021, y se publicó en las Jornadas de Ciencias y Técnica de la UNLPam

aprobada por Resolución 322/2021 Consejo Superior.

Al finalizar el proyecto se espera contribuir en la incorporación de aplicaciones tecnológicas móviles a través de las cuales se puedan ofrecer servicios que satisfagan las necesidades de los usuarios que transitan en el ámbito educativo de la UNLPam y la UNLP, profundizando en el aprendizaje móvil.

Formación de Recursos Humanos

Director de Proyecto

Co-Director de Proyecto

6 Investigadores

Referencias

[1] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2013).

El futuro del aprendizaje móvil. Implicaciones para la Planificación y la Formulación de Políticas.

<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002176/217638s.pdf>

[2] Weiser M. (1991), *The Computer for the Twenty-First Century*.

[3] webdelmaestrocmf.com, “Estas son las capacidades digitales de un docente moderno.” [Online]. Available: http://webdelmaestrocmf.com/portal/5-competencias-digitales-que-deben-tener-los-profesores-actuales/?utm_source=blogsterapp&utm_medium=Facebook. [Accessed: 27-Oct-2017].

[4] A. Núñez-Torrón Stock, “5 competencias digitales que deben tener los profesores actuales.” [Online]. Available: <http://www.ticbeat.com/educacion/5-competencias-digitales-profesores/>. [Accessed: 27-Oct-2017].

[5] M. P. Prendes, “Plataformas de campus virtual con herramientas de software libre: Análisis comparativo de la situación actual en las universidades españolas,” Murcia, Project Report EA-2008-0257, Jun. 2009. [Online]. Available:

http://www.um.es/campusvirtuales/informe_final_CVSL_SF.pdf

[6] F. J. García-Peñalvo, “Docencia,” in *Libro blanco univ. digital 2010*, J. Laviña Orueta and L. Mengual Pavón, Eds. Barcelona, Spain: Ariel, 2010, pp. 29-61.

[7] G. Attwell, J. Cook, and A. Ravenscroft, “Appropriating Technologies for Contextual Knowledge: Mobile Personal Learning Environments,” in *Best Practices for the Knowledge Society. Knowledge, Learning, Development and Technology for All*, M. D. Lytras, P. O. de Pablos, E. Damiani, D. Avison, A. Naeve, and D. G. Horner, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 15-25.

[8] (World Economic Forum, 2015).

[9] Bienkowski, M., Feng, M., & Means, B. (2012). *Enhancing teaching and learning through educational data mining and learning analytics: An issue brief*. US Department of Education, Office of Educational Technology, 1-57.

[10] Weiser, M. (1998) *The future of Ubiquitous Computing on Campus*. *Communications of ACM*, 41-1, January 1998, 41-42.

[11] Malani R., Griswold W, Simon B, (2009) *Public Digital Note-Taking in Lectures*. Ubicomp 2009.

[12] Richards M, Woodthorpe J, (2009), *Introducing TU100 "My Digital Life": Ubiquitous computing in a distance learning environment*. Ubicomp 2009.

Modelo de Evaluación de Software Educativo Libre Basado en un Método Sistemático

Estela Fritz¹; Pablo García¹; María Eva Ascheri¹; Alejandra Zangara²

¹Departamento de Matemática
Universidad Nacional de La Pampa
Av. Uruguay 151 – (6300) Santa Rosa – La Pampa – Argentina
Tel.: +54-2954-245220 – Int. 7125
[fritzem, pablogarcia, mavacheri]@exactas.unlpam.edu.ar

²Facultad de Informática
Universidad Nacional de La Plata
50 y 120 – (1900) La Plata – Argentina
Tel.: +54-221-4277270 / 4277271
alejandra.zangara@gmail.com

Resumen

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto de Investigación: "*Propuesta de Clasificación de software libre utilizado en la enseñanza de la programación*", que se desarrolla en el ámbito de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa y que fue acreditado por Resolución N° 160/2018 del Consejo Directivo.

Su principal objetivo es construir un modelo para evaluar cualitativa y cuantitativamente cualquier software educativo utilizado en la enseñanza de la programación y poder incluir en ese modelo también, las características deseables de un software libre. Por otra parte, es importante mencionar que se pretende una evaluación desde el punto de vista pedagógico más que desde el punto de vista técnico, o desde la Ingeniería del software. La construcción de dicho modelo se basa en el método LSP (*Logic Scoring Preferences*)

Palabras clave: Método LSP, evaluación de software, software educativo, software libre, evaluación cuali-cuantitativa.

Contexto

La Directora del proyecto es la Mg. María Eva Ascheri de la Facultad de Ciencias

Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam) y la Co-Directora es la Dra. Alejandra Zangara de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). El mencionado proyecto incluye al Mg Ing. Pablo Marcelo García y a la Profesora Estela Marisa Fritz como investigadores. Esta última elabora su Trabajo Final para alcanzar el grado de Especialista en Tecnología Informática Aplicada en Educación en el ámbito del presente proyecto. Además, será la base para desarrollar su futura tesis de maestría a llevarse a cabo en la UNLP.

La incorporación del Mg. García se produce en 2022 y se relaciona con su larga experiencia en el ámbito de la programación (está a cargo, desde 2000, de la asignatura "Lenguajes de Programación" de la carrera "Profesor Universitario en Computación" de la FCEyN – UNLPam). De la misma manera ha trabajado en proyectos de investigación relacionados con el software libre y ha realizado diversas publicaciones en ese ámbito.

1. Introducción

Los rápidos avances en la Tecnología de la Información y la Comunicación y las cuestiones propias de esta época de pandemia, que obligaron a adoptar la virtualidad en la

enseñanza como una modalidad casi excluyente, han incrementado la relevancia de seleccionar software educativo apropiado para poder sostener y enriquecer la labor docente en el ámbito académico, en un espacio donde hasta hace algún tiempo, la presencialidad como modalidad en la enseñanza tenía un rol importante.

Los criterios para la evaluación del software educativo deben ser considerados en una instancia previa al proceso de selección del mismo. Identificar apropiadamente esos criterios es la clave para la evaluación exitosa y posterior selección del software. Por ello este trabajo propone la construcción de un modelo elaborado a través de un método sistemático: *el método LSP*

En este modelo, el docente puede ponderar cada una de las características deseables para el software, de acuerdo con la importancia o relevancia que posea dicha característica en el sistema a seleccionar.

Desafortunadamente, no hay una lista genérica de criterios que puedan ser usados para evaluar cualquier software.

Existen en la bibliografía numerosos modelos para evaluar software educativo. Algunos con énfasis en el proceso de diseño y desarrollo tal como se propone en [1]. Otros enfoques se rigen por los principios propios de la Ingeniería del Software [12]. Se busca en otros casos la calidad del software según los estándares internacionales [3] y [4]. Muchas publicaciones presentan un modelo basado en listas de criterios que se formulan en forma de preguntas. Son ampliamente difundidas en este sentido las listas de control (*check-lists*), aunque contrariamente a lo que propone el método del presente trabajo, la técnica de las listas de control no permite ponderar por relevancia los diferentes ítems. Squires y Mc Dougall [5], proponen un modelo basado en interacciones entre los actores intervinientes desde la etapa de diseño del software hasta su utilización: interacciones entre diseñadores, estudiantes y profesores tomados de dos en dos; algunas de esas interacciones tienen sentido bidireccional. Este modelo propone un

enfoque cualitativo y aporta un modo de pensar acerca de la selección del software.

Sin embargo, cuando evaluamos y seleccionamos software educativo, hay otros aspectos relacionados con el proceso de aprendizaje, que deben ser considerados, a saber:

1. El rol desempeñado por el docente en el contexto de uso del software.
2. Contribución del software educativo al desarrollo de habilidades intelectuales, estrategias cognitivas, información verbal, actitudes y otras.
3. La aproximación a los principios de enseñanza y aprendizaje subyacentes en el sistema de software.

Es por eso que los criterios técnicos ([3], [4]) son insuficientes para determinar la aptitud del software, y los criterios educacionales también deben ser considerados ([2], [5]). Ambas clases de criterios están relacionadas.

1.1 Algunos Aspectos del Diseño Instruccional

Antes de hacer una reseña del método LSP, se consideran algunos tópicos sobre principios de diseño instruccional [6]. Se mencionan aquellos considerados relevantes para establecer criterios elementales y complejos para LSP. En principio, la identificación de los objetivos o metainstruccionales hasta el proceso de evaluación de estos. Existen, según Gagné [6] cinco categorías principales de resultados del aprendizaje, tales como habilidades intelectuales, estrategias cognitivas, información verbal, actitudes y habilidades motoras. La medida en la que el software objeto de la evaluación contribuya a desarrollar alguna o algunas de estas categorías de resultados del aprendizaje, es una característica para considerar como parte de la evaluación. Una mención especial merecen las condiciones de aprendizaje necesarias para la adquisición de esas capacidades. Las diferencias individuales entre los sujetos que aprenden y cómo esas diferencias afectan a la planificación de los

escenarios de aprendizaje, es un tópico para incluir entre los criterios considerados cuando se evalúa un software.

También deben considerarse criterios relativos a las posibilidades de un software de incluir procedimientos de evaluación.

El aprendizaje es un proceso y como tal, provoca cambios en las capacidades del sujeto que aprende. Por eso, es deseable que un software educativo promueva dichos cambios.

Cuando se examina cuidadosamente, la situación de aprendizaje tiene dos partes: una externa al sujeto y una interna al sujeto que aprende. Esa parte interna deriva de aquello que el sujeto puede recordar o recuperar de su memoria. Esas partes (la externa y la interna) están relacionadas. Esa relación existente se denomina *condiciones del aprendizaje*.

1.2 Modelo Cuantitativo

Los modelos cuantitativos buscan objetividad en la evaluación. Para ello utilizan un conjunto de criterios preestablecidos relevantes y coherentes en contraste con evaluaciones subjetivas basadas en puntos de vista particulares (el del docente, el del estudiante, el del experto). Estos criterios preestablecidos valoran diferentes componentes del software, características deseables relacionadas con aspectos pedagógicos y didácticos: adecuación a los objetivos de aprendizaje, enfoque pedagógico (constructivista o cognitivista), orientación hacia los alumnos, grado de intervención docente, inclusión de módulos de evaluación y seguimiento, entre otros.

También es posible incluir en el modelo cuantitativo, variables asociadas con las cuatro libertades de un software para ser considerado software libre. Asimismo, sería posible incluir variables (o criterios) relacionados con aspectos técnicos de diseño de software: accesibilidad, adaptabilidad, interoperabilidad, reusabilidad, por nombrar algunos.

Este modelo supone una evaluación previa del software y los criterios

seleccionados no están relacionados con la utilización de éste por parte de los estudiantes, ya que el proceso de evaluación tiene como finalidad la selección del software más adecuado y que reúna las características buscadas o se aproxime a ello, lo más posible. Sin embargo, el modelo es muy flexible y podrían incluirse variables (criterios) relacionadas con el uso del software una vez que el estudiante interactúa con el mismo.

1.2.1 Construcción del Modelo

Se describe a continuación, en forma muy general, el método en el que se basa el modelo cuantitativo propuesto en este trabajo: El método *LSP (Logic Scoring Preferences)* [8].

LSP es un método cuantitativo basado en el empleo de la lógica continua que posibilita la creación de funciones complejas que intervienen en la evaluación, comparación y posterior selección de sistemas de software de propósito general [9].

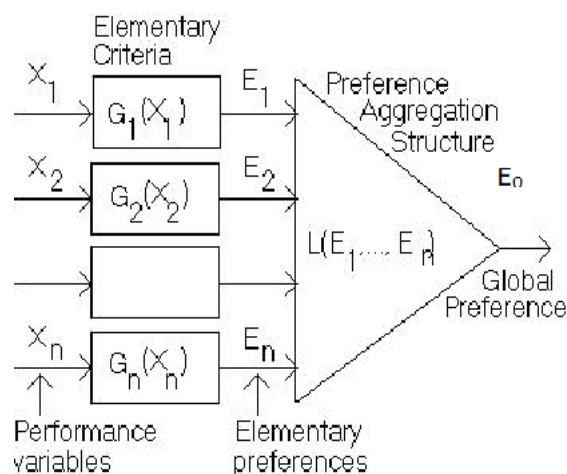


Figura 1. El proceso de evaluación de LSP

Una primera etapa en la construcción de esta función compleja consiste en establecer las características deseables para el software a evaluar. Esas características se transforman según LSP en *variables de performance* (X_1, \dots, X_n). En el caso del software educativo, algunas variables de

performance que se pueden describir son las siguientes: en qué medida es tenido en cuenta el aprendizaje individual, cuantificar fases de aprendizaje inmediato y de largo alcance, gradualidad del software para el aprendizaje (¿Es posible identificar esa gradualidad?), en qué medida el software está basado en el conocimiento de cómo aprende el ser humano, en qué grado contribuye el software a los principios de contigüidad, repetición y refuerzo, qué contenidos de la memoria o capacidades aprendidas el software contribuye a recuperar, qué categorías (en cuanto a resultados del aprendizaje) el software tiende a desarrollar, cuál es el rol del docente en el proceso, en qué medida el sistema guía al sujeto hacia el autoaprendizaje. Esto por mencionar algunas.

Para cada variable de performance es necesario definir un rango aceptable de valores. Los valores de dichas variables, se transforman, por la aplicación de funciones llamadas *criterios elementales* G_i , $1 \leq i \leq n$, en *preferencias elementales* E_i , $1 \leq i \leq n$. Esos criterios elementales transforman el valor de una variable de performance en un valor perteneciente al intervalo $[0,100]$ o $[0,1]$, es decir, $0 \leq E_i \leq 100\%$ y expresan el grado de cumplimiento con un requisito del sistema que está siendo evaluado. Estas preferencias elementales van siendo agregadas mediante operadores de la lógica continua en estructuras de agregación más complejas que permiten obtener un único valor final denominado *Preferencia global E* (E_0 en la fig. 1) [10]. Existe la posibilidad de ponderar las preferencias elementales dentro de la estructura de agregación, mediante pesos W_i , que son coeficientes que multiplican a las preferencias elementales y les otorgan mayor o menor relevancia en la E . La preferencia global se interpreta como el grado global de satisfacción de todos los requerimientos especificados.

2. Líneas de Investigación y Desarrollo

El proyecto de Investigación antes citado aborda los siguientes aspectos relacionados a:

- Relevamiento de software libre utilizado en la enseñanza de la programación. Se prevé incluir aquí varias herramientas que el Mg. García utiliza en la enseñanza de los cuatro paradigmas de programación.
- Construcción de un modelo para la evaluación y selección del software libre, a partir de un método sistemático y basándose en criterios, fundamentalmente pedagógicos.
- Evaluación del software relevado con el fin de clasificarlo según los criterios preestablecidos.

3. Resultados Obtenidos/Esperados

Después de considerar los tópicos explicados anteriormente, como resultado, puede decirse que el método *LSP* propuesto constituye un muy buen método para construir a partir de él, un modelo cuantitativo de evaluación que incrementa la eficiencia de esta y la posterior selección de sistemas de software en general y software educativo en particular con filosofía GNU. Representa un método más ventajoso cuando se lo compara con otros métodos cuantitativos [10]. *LSP* tiene principalmente las siguientes ventajas relativas a los métodos cuantitativos para evaluación de sistemas:

- (1) La especificación de requerimientos es sistemática, flexible y completa.
- (2) El proceso de evaluación es sistemático y racional, el cual refleja explícita y cuantitativamente el nivel global de satisfacción de los requerimientos del usuario.
- (3) Es un modelo que permite objetividad en la evaluación.

El método *LSP* puede ser usado para la evaluación y comparación de una amplia variedad de sistemas complejos [11]. El principal poder de la estrategia de *LSP* es la capacidad de construir un modelo versátil de un conjunto de preferencias. Mediante la combinación apropiada de operadores

(lógicos) de agregación con el conjunto de preferencias, es posible derivar criterios complejos que tienen poder expresivo y flexibilidad.

El software educativo debe satisfacer una variedad de requerimientos. El nivel global de satisfacción de esos requerimientos (E) es usado para su evaluación y comparación.

4. Formación de Recursos Humanos

En el marco del presente proyecto, como ya se mencionó anteriormente, se espera que la Profesora Fritz alcance el grado de Especialista en Tecnología Informática Aplicada en Educación y que, en un futuro, pueda desarrollar su tesis de maestría en la UNLP.

Actualmente, la Profesora Fritz ha completado la etapa de búsqueda y análisis de criterios relevantes para la posterior construcción del modelo de evaluación del software principalmente, tema en el que no era experta. Esto constituye un insumo necesario para los nuevos avances en el proyecto. Se espera que durante el año 2022 se realice un fuerte trabajo de evaluación de múltiples herramientas de software libre que se utilizan en la cátedra a cargo del Mg. García.

5. Bibliografía

- [1] **Zaragoza, J., Casado, A.** (1992) “Aspectos técnicos y pedagógicos del ordenador en la escuela”. Editorial Bruno, Madrid, España.
- [2] **Gorga, G., Madoz, M., Pesado P.** (2000) “Hacia una propuesta de métrica para la evaluación de Software Educativo”, CACIC.
En línea: <http://hdl.handle.net/10915/23514>
- [3] **International Standard. ISO/IEC 9126(1991)** Information Technology – Software Product Evaluation – Quality characteristics and guidelines for their use.
- [4] **International Standard ISO/IEC 9001(1991)** Quality Systems – Model for quality assurance in design/development production, installation and servicing.
- [5] **Squires, D., McDougall, A.** (1997) “Cómo elegir y utilizar software educativo”. Traducción Pablo Manzano. Ediciones Morata y Fundación Pandeia, Madrid, 1° edición.
- [6] **Gagné, R.M., Briggs, L., Wager, W.** (1992) Ed. Harcourt Brace College Publishers, 4th edition.
- [7] **Stallman, R.** (2004) “Software libre para una Sociedad libre”. Traficantes de Sueños, Madrid.
- [8] **Dujmovic, J.J. and Elnicki, R.** (1982) “A DMS Cost/Benefit Decision Model: Mathematical Models for Data Management System Evaluation, Comparison, and Selection”. National Bureau of Standards, Washington. DC., No NBS-GCR, NTIS No PB82- 170150 (155 pages).
- [9] **Dujmovic, J.J.** (1996) “A Method for Evaluation and Selection of Complex Hardware and Software Systems”. Proceedings of the 22nd International Conference for the Resource Management and Performance Evaluation of Enterprise CS, CMG 96, 1, 368-378.
- [10] **Daso, A. et al** (2013) “Desarrollo de Modelos de Evaluación Usando Operadores de una Lógica Continua”. XV WICC (Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación), págs. 420-424.
- [11] **Dujmović, J. J., Hajime Nagashima.** (2006) “LSP Method and Its Use for Evaluation of Java IDEs.” International Journal of Approximate Reasoning 41.1: 3–22. Web.
- [12] **Galvis, A.** (1995). “Fundamentos de tecnología educativa”. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.

Aplicación de Analítica de Datos en espacios de Educación Superior

Gustavo Illescas¹, Elías Todorovich¹, Claudio Aciti¹, Guillermo Rodríguez², Pia Silvestrini³

¹Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada (INTIA-Centro Asociado CIC, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA).

²Instituto Superior de Ingeniería de Software Tandil (ISISTAN-CONICET), Facultad de Ciencias Exactas, UNCPBA.

³Instituto de Investigación en Ciencias de la Salud (IICS), Facultad de Ciencias de la Salud, UNCPBA.

Paraje Arroyo Seco, Tandil (B7001BBO), Argentina.

{illescas, etodorov, caciti, grodri}@exa.unicen.edu.ar, pia.silvestrini@salud.unicen.edu.ar

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es realizar una Analítica de datos para la toma de decisiones sobre la información disponible en bases de datos de educación superior, en particular la información vinculada a la unidad académica donde se radica este proyecto (Facultad de Cs. Exactas, UNCPBA). El foco principal de análisis estará puesto sobre los procesos de ingreso, permanencia y egreso, como así también en el estudio y aplicación de las técnicas subyacentes dentro de las aplicaciones de *Big Data* y *Machine Learning*. Las instituciones de educación superior por naturaleza son generadoras de grandes volúmenes de datos que por lo general son de uso administrativo. Sin embargo, esas bases de datos contienen una riqueza de información para la toma de decisiones que proponemos explorar y aprovechar según lo expresado en nuestra propuesta.

Palabras clave: *Analítica de Datos, Educación Superior, Indicadores, Optimización*

CONTEXTO

Esta investigación se enmarca dentro del proyecto de incentivos 03/C314 titulado "Gestión Informática del Conocimiento como soporte para la toma de decisiones Organizacionales" y se desarrolla en el Instituto de Tecnología Informática Avanzada (INTIA) de la Facultad de Ciencias Exactas

(EXA), Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Colaboran con el proyecto miembros de Universidades extranjeras:

-Laboratorio en Ingeniería de Software de la Universidad Carlos III (UC3M), Madrid, España.

-Universidad de Celaya, México.

-Universidad Autónoma de Coahuila, México.

1. INTRODUCCIÓN

Las Bases de Datos de Educación Superior (BDESUP), en particular la de EXA-UNCPBA, como lo muestra la Figura 1, están conformadas por un gran volumen de datos provenientes de los diferentes sistemas de gestión como lo son, entre otros, el sistema de alumnos (Siu-Guaraní), el de evaluación docente (Kune), el de planta funcional (Majen), el de encuestas (Siu-Kolla) (Comunidad SIU), el sistema de indicadores y el Aula virtual Moodle.

Por otro lado, existen numerosas actividades que se registran en bases de datos ad-hoc o archivos independientes como consecuencia de la falta de herramientas de software adecuadas a esos fines y que luego son de difícil interpretación a una escala global (cuando se intenta generalizar), con lo que sirven como soporte para situaciones específicas o personalizadas.

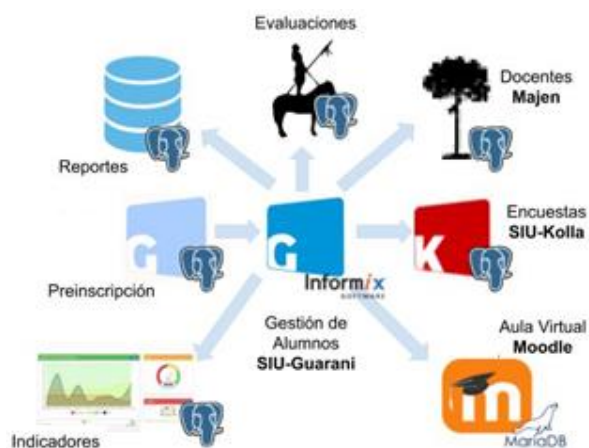


Figura 1. Esquema de Sistemas y Bases de datos disponibles en EXA. Fuente: área TICs EXA

En cuanto a los sistemas institucionales, existe la tendencia a reflejar la información a partir de la construcción de listados (también llamados reportes o informes) que son utilizados por los administrativos y equipos de gestión para realizar consultas (o filtrados) sobre el conjunto de datos disponibles y que de cierta forma son las herramientas que también se utilizan para la toma de decisiones en las unidades académicas (UA). No obstante, las BDESup contienen abundante información que no se refleja en estos listados y que generalmente no son aprovechadas para la generación de nuevo conocimiento. Por eso, la propuesta es utilizar un conjunto de técnicas y herramientas que permitan explorar todos los datos y detectar tanto información oculta como así también patrones en los datos que asistan a los tomadores de decisiones: los miembros de equipos de gestión, secretarías, directores de departamentos, coordinadores de carreras, entre otros actores de las UA, integrando así investigación con procesos de gestión.

Dadas las numerosas técnicas existentes, en una primera instancia, proponemos indagar sobre un conjunto limitado. Esto es, por un lado, las provistas por la minería de datos: patrones ocultos (Miller T. 2015; Siegel E. 2016), reglas de asociación (Concessao R. 2016), procesamiento analítico en línea (Hernández García C. et al 2016), *clustering* (Miranda M. et al 2017); y por otro, las técnicas de la optimización de la información provenientes de la rama de la estadística (Papoulis A. et al 2002) y de la investigación

de operaciones: Redes Bayesianas (Hernández Leal P. F. 2011; Oviedo B. et al 2015; Vegega C. et al 218), Cadenas de Markov (Bañuelos Saucedo A. L., 2013; Eugenia, Á. R. 2000), Procesos Jerárquicos Analíticos (Saaty, T. 2008), Árboles de decisión (Gutiérrez Pizarro C. 2014; Morrison D. 2007).

Por otro lado, a partir de la crisis sanitaria, los espacios educativos se han visto en la necesidad de utilizar plataformas de aprendizaje para interactuar activamente con sus estudiantes. Entornos educativos, tales como Moodle, se han masificado a tal punto de ser el principal medio de desarrollo académico. Esta superpoblación de uso ha expuesto una falta de evolución en el sector, el cual desaprovecha las nuevas tecnologías interactivas. En este sentido se propone realizar un asistente virtual (Carlos et al 2021; Chinedu, Ade-Ibijola 2021) que complemente activamente la utilización de la plataforma Moodle, contando con diversas funciones adecuadas al rol de quien lo utilice en la plataforma. El proyecto presentado a una beca EV-CIN se denomina Virtual Moodle Bot (VMB): Un Bot virtual en Moodle para asistir y complementar actividades académicas en espacios de educación superior.

Metodología

Todo proyecto de investigación conlleva un profundo proceso creativo para generar ideas que den solución a las preguntas de investigación que lo motivan, es por ello, que para el desarrollo de este proyecto se propone utilizar el método de trabajo conocido como *Design Thinking* (Brown T. 2009), el cual, es un método de trabajo en equipo que propicia la colaboración y la entrega frecuente de resultados a través de varias iteraciones.

Cuando se desarrolla un proyecto de carácter interdisciplinario, como el que se presenta en esta propuesta (investigadores de distintos institutos, miembros de equipos de gestión, no docentes de distintas secretarías), puede llegar a ser un reto aprovechar el talento que cada persona puede aportar desde su área de experiencia. Este reto, es otro motivo para emplear esta metodología como marco de trabajo, ya que promueve la colaboración y a

aportación de ideas a través de los siguientes principios:

- a) Definición clara de roles de trabajo.
- b) Delimitación de fases de trabajo.
- c) Definición de pautas de comportamiento.
- d) Diseño de soluciones centrado en el usuario (o la persona).
- e) Desarrollo iterativo e incremental.

Si bien el método fue diseñado en el ámbito del diseño industrial, en la actualidad, es un marco de trabajo que también se está empleando en el desarrollo de proyectos de investigación y en el desarrollo de programas académicos debido a los resultados demostrados en la generación de nuevas ideas e innovaciones.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El proyecto de incentivos que contiene esta línea de investigación comenzó a desarrollarse a mediados del 2021 luego de recibir la aprobación del organismo correspondiente. El estado de avance está relacionado con el estado actual del conocimiento sobre el tema donde los integrantes y colaboradores han realizado experiencias en la temática que han sido reportadas en diferentes comunicaciones desde 2014 a la fecha. A partir de estas experiencias es que surge la iniciativa para formular la propuesta e integrarse como equipo de trabajo. El foco principal de análisis estará puesto sobre los procesos de ingreso, permanencia y egreso siendo los dos últimos los que mayor cantidad de datos poseen dado que registran toda la actividad estudiantil. Sobre esto último, una gran ventaja es la constitución reciente de áreas que se ocupan de estas problemáticas en varias UA de la UNCPBA, lo que las convierte en las principales beneficiarias de la investigación propuesta.

Los antecedentes del equipo de trabajo están vinculados con las experiencias e investigaciones personales que los integrantes y colaboradores han desarrollado vinculadas a la temática propuesta.

-El Dr. Gustavo Illescas ha participado en actividades de EXA en el área de Coordinación de Asuntos Estudiantiles y Graduados (CAEG), en la Sec. General y en la Sec. de

Extensión. Rol: coordinador del proyecto de implantación de un sistema de indicadores (2018-actualidad).

-El Dr. Todorovich ha participado como director en el Proyecto de Mejoramiento de la Enseñanza en Carreras de Informática (PROMINF, 2013-2017), donde uno de los ejes de trabajo fue el mejoramiento de indicadores de ingreso, permanencia y promoción para la carrera de Ingeniería de Sistemas (EXA). Para ello, se puso en marcha un programa con tutores pares, que luego fue evolucionando y se relevaron los resultados para construir esos indicadores que marcaron el avance y resultado del proyecto.

-El Mag. Claudio Aciti es el actual Vicedecano y secretario general de EXA (desde 2017) donde una de las áreas que coordina es la CAEG que se encarga del seguimiento del ingreso, permanencia y egreso.

-El Dr. Guillermo Rodríguez ha participado en numerosos artículos relacionados a las técnicas de *Educational Data Mining*.

-La Médica Veterinaria María Pía Silvestrini es co-directora del proyecto de investigación "Desarrollo de un sistema de indicadores para el monitoreo del desempeño académico en las carreras de Lic. en Enfermería y Medicina. ESCS-UNCPBA".

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

A pesar de que la investigación se desarrolla en una UA en particular, la investigación constituirá un experimento trasladable al resto. Por otra parte, se espera que los resultados de las investigaciones colaboren con las problemáticas referidas a la Responsabilidad Social Universitaria (RSU) aportando indicadores como consecuencia de la aplicación de las técnicas mencionadas precedentemente.

Se listan a continuación algunos de los trabajos en desarrollo especificando la técnica utilizada:

- Análisis del rendimiento académico en la asignatura Investigación Operativa. Clasificador de Bayes.

- Deserción académica (abandono) en la carrera de Ing. de Sistemas. Análisis multivariado.
- Deserción académica (abandono) en la carrera de Ing. de Sistemas. Reglas de asociación.
- Análisis de recusantes en la asignatura Investigación Operativa. Estadística básica (dispersión, correlación, regresión lineal) y Análisis multivariado.
- Análisis de permanencia en la carrera de Ing. de Sistemas. *Educational Data Mining*.
- Análisis del desgranamiento universitario en las cohortes estudiantiles de Ing. de Sistemas. Cadenas de Markov de orden uno con técnicas de validación.
- Desarrollo de un tablero de control con Indicadores de deserción. Inclusión de métodos de pronóstico.
- Estudio de la retención/deserción en Ing. de Sistemas. Técnicas de análisis causal.

Para el caso puntual de los trabajos donde se aplican datos sobre la asignatura de grado Investigación Operativa, se pretende analizar los resultados de estos estudios preliminares a fin de evaluar si es posible generalizarlo hacia otras asignaturas de la carrera Ing. de Sistemas.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La estructura del equipo de trabajo se muestra en la siguiente tabla:

Apellido y nombre	Título	Cargo	Funciones
Aciti, Claudio	Mg.	Prof. UNCPBA	Integrante
Illescas, Gustavo	Dr.	Prof. UNCPBA	Director
Rodríguez, Guillermo	Dr.	Ayud. UNCPBA	Integrante
Silvestrini, Pía	Med. Vet.	Prof. UNCPBA	Integrante
Todorovich, Elías	Dr.	Prof. UNCPBA	Integrante

-El Mg. Claudio Aciti es doctorando en el Doctorado en Matemática Computacional e Industrial (DCMI) de EXA bajo la dirección del Dr. Todorovich E.

-La Médica Veterinaria María Pía Silvestrini (perteneciente al IICS) ha presentado su plan de doctorado en “Interacción entre aprendizaje colaborativo, aprendizaje basado en proyectos y educación centrada en la comunidad como estrategia para la formación por competencias del estudiante de medicina”. Directores: Marín G - Illescas G.

Becarios

- Indicadores de vinculación social en la carrera de Medicina UNICEN (2021-2022) Beca Estímulo a las Vocaciones Científicas (Ev-CIN). Dirección: Silvestrini M. P. Becario: Juan Manuel Ciancio Pagano.
- Análisis de la trayectoria educativa en Salud Pública mediante minería de datos (*Educational Data Mining*). Beca Iniciación a la investigación (Fortalecimiento UNCPBA 2021-2022) Dirección: Silvestrini M. P. Becario: Gimena Dietrich. Título.
- Análisis de Redes Sociales (ARS) para la mejora de las prácticas socioeducativas. Beca Ev-CIN (presentada 2022). Dirección: Silvestrini M. P. Becario: Juan Emilio Ciancio Pagano.
- Virtual Moodle Bot (VMB): Un Bot virtual en Moodle para asistir y complementar actividades académicas en espacios de educación superior. (presentada 2022). Dirección: Illescas G., Rodríguez G. Becario: Herrera De Rosa Exequiel.

Tesis de grado

- Herramienta web para el análisis y descubrimiento de indicadores. Dirección: Illescas G. Tesista: Juan Disteffano.
- Análisis del rendimiento académico en la carrera de Ing. de Sistemas utilizando clasificadores (Random forest, K-nn vecinos más cercanos, Support vector machine y Bayes). Dirección: Illescas G., Mora-Soto A (Univ. Celaya MEX.). Tesistas: Maylen Dell Oso, Florencia Paglione.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Bañuelos Saucedo, A. L. (2013). Análisis del avance escolar a nivel licenciatura aplicando cadenas de Markov. Universidad Nacional

- Autónoma de México (UNAM). Tesis Maestría.
- Brown, Tim (2009). *Change by Design, How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation* Ed. Harper Collins New York ISBN 978-0-06-193774-3
 - Carlos, H.; German, S.; Dixon, S. (2021). *Tashi-Bot: A Intelligent Personal Assistant for Users in an Educational Institution*. 10.20944/preprints202108.0380.v1.
 - Chinedu O., Ade-Ibijola A. (2021). *Chatbots applications in education: A systematic review*. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2. 100033. 10.1016/j.caeai.2021.100033.
 - Concessao R. (2016) *Predictive Data Analytics: for informes strategic decisions*. Editor: CreateSpace Independent Publishing Platform. Edición: 5.0. 2016.
 - Eugenia, Á. R. (2000). *Modelo markoviano para el estudio de evolución de cohortes de estudiantes de un programa académico*. Red de revistas científicas de América Latina y Caribe, España y Portugal.
 - Gutiérrez Pizarro C. (2014). *Estudio de la permanencia y deserción de los estudiantes de pregrado en una Facultad de Ingeniería, utilizando una metodología mixta de Investigación y árboles de decisión en su predicción*. Tesis doctoral Univ. de Alcalá.
 - Hernández García C., Rodríguez Rodríguez J. (2016). *Algoritmo híbrido basado en aprendizaje computacional para el manejo de datos faltantes en aplicaciones OLAP* *Ingeniare*. Revista chilena de Ing.
 - Hernández Leal P. F. (2011). *Algoritmo de Aprendizaje para Redes Bayesianas de Nodos Temporales*. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. Ed. INAPE. México.
 - Miller T. (2015), *Marketing Data Science: Modeling Techniques in Predictive Analytics with R and Python*, Editorial Pearson Education, versión impresa y Kindle.
 - Miranda M y Guzmán J. (2017). *Análisis de la Deserción de Estudiantes Universitarios usando Técnicas de Minería de Datos-Form*. Univ. vol.10 no.3 La Serena. Chile
 - Morrison D. (2007). *A Naive Bayes: Decision Tree Hybrid*
 - Oviedo B., Moreno A., Puris A., Villacís A., Delgado D. (2015). *Análisis de datos educativos utilizando Redes Bayesianas*. 13th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. Santo Domingo, República Dominicana.
 - Papoulis A., Pillai U. (2002). *Probability Random Variables and Stochastic Processes*. McGraw-Hill.
 - Saaty, T. 2008. *Decision Making with the Analytic Hierarchy Process*, Int. J. Services Sciences, Vol. 1, Nº. 1, pp.83-98
 - Siegel E. (2016), *Predictive Analytics: The Power to Predict Who Will Click, Buy, Lie, or Die*. Ed. Wiley.
 - SIU (Sistema de Información Universitaria) (2021) <https://portal.comunidad.siu.edu.ar/>
 - Vegega C., Deroche A., Pytel P., Ramón H., Straccia L., Acosta M., Pollo-Cattaneo M (2018). *Diagnóstico del Proceso de Aprendizaje de Alumnos de Inteligencia Artificial mediante un Modelo Dinámico Bayesiano*. *Rev. Tecnología y Ciencia*. UTN.

CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS EN LA UNIVERSIDAD A PARTIR DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ESCENARIOS TECNO-PEDAGÓGICOS Y MATERIALES EDUCATIVOS DIGITALES

Pontoriero Francisco: ruffopontoriero@gmail.com;

Ureta Laura: laubureta@gmail.com;

Cuadros Patricia: pcuadrosan@hotmail.com

Grupo de investigación perteneciente al Gabinete de Tecnología e Innovación Educativa.

Dpto. de Informática - Dpto. de Geofísica y Astronomía. - Dpto. de Geología - Dpto. de Biología de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y Dpto. de Matemáticas de la Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de San Juan.

RESUMEN

Los jóvenes tienen el mundo en las yemas de los dedos a través de las tecnologías; ellas atraviesan sus modos de pensar, aprender y conocer, razón por la cual es de relevancia que las instituciones educativas, docentes y responsables de su formación identifiquemos y reconozcamos sus tendencias culturales. Ante esta realidad, cabe preguntarnos, ¿Cuáles son las preferencias de nuestros alumnos en relación al uso de las tecnologías? ¿Qué materiales educativos digitales eligen? ¿Se inclinan por lo hipertextual, por el texto plano, por lo multimedial? ¿Prefieren los grandes relatos o las micro narrativas? ¿La intencionalidad pedagógica de nuestras prácticas de enseñanza atiende a funciones cognitivas como resolución de problemas, pensamiento estratégico, hipotetización, análisis de diferentes contextos, entre otras?

El eje de la investigación gira en torno a la generación de conocimientos acerca de qué residuos cognitivos dejan en alumnos universitarios el uso de macro/micro narrativas que favorezcan la construcción de conocimientos. A partir de estos conocimientos se apunta a generar pautas que orienten la evaluación de materiales educativos digitales.

Se empleó la metodología cualitativa, con una estrategia metodológica que combina el uso de técnicas de recolección de información como la investigación documental, la entrevista semiestructurada y otras. Se prevé utilizar fuentes de información primarias y secundarias.

Palabras Clave: Educación y Tecnología; Narrativas; Universidad; Materiales Educativos.

CONTEXTO

El presente Proyecto - aprobado por CICITCA - tiene como objetivo principal generar conocimientos que aporten a la problemática: qué efectos cognitivos dejan en alumnos universitarios los materiales educativos digitales.

Se encuentra enmarcado en el “Gabinete de Tecnología e Innovación Educativa” creado por Resolución 03/18, dependiente de Decanato de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. El Gabinete se constituye como un espacio académico y de investigación cuyo objetivo es generar estrategias, metodologías, medios y materiales, así como instrumentos tecnológicos, que contribuyan a la inserción de innovaciones tecnológicas en pos de la mejora de los procesos educativos de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan.

1. INTRODUCCIÓN

No es novedad que las tecnologías de la información y comunicación han invadido de diferentes maneras y con distintos formatos nuestra vida cotidiana y especialmente la educación. Los jóvenes tienen el mundo en las yemas de los dedos a través de las tecnologías; ellas atraviesan sus modos de pensar, aprender y conocer, razón por la cual es de relevancia que las instituciones educativas, docentes y responsables de su

formación identifiquemos y reconozcamos sus tendencias culturales. La inmediatez, lo instantáneo, lo nuevo, las diversidades predominan en sus actividades. Aquí es pertinente considerar la propuesta de Maggio (2012), quién expresa “*lo primero que debemos hacer es reconocer lo que los alumnos hacen*” (p.153), preguntarnos qué son capaces de hacer, cuáles son sus preferencias tecnológicas, en qué actividades las usan y cómo usan las tecnologías, qué valor les asignan en sus procesos de estudio y producción. Esto significa reconocer el valor de los usos culturales y formas cognitivas del mismo modo como deberíamos tener en cuenta los estilos cognitivos propios de los sujetos culturales que son nuestros alumnos.

Los resultados significativos en el aprendizaje pasan por dar prioridad a los aspectos didáctico-pedagógicos y no a los aspectos tecnológicos únicamente. La claridad de las metas pedagógicas acompañada de una metodología de aprendizaje pertinente son factores clave para la selección de las tecnologías que contribuirán con la comprensión de las temáticas abordadas. En el nuevo contexto socio-tecnológico, las diversas formas de construcción de conocimiento con tecnologías digitales requieren de la integración de habilidades a fin de que el estudiante pueda buscar, encontrar, analizar, evaluar y utilizar eficazmente la información que necesita, pero

además transformar, comunicar y colaborar con sus pares en la resolución de problemas. A partir de esto, resulta evidente la necesidad de empoderar a nuestros alumnos con capacidades que los ayuden a mejorar su autonomía, la toma de decisiones, la identificación de sus propias necesidades. Ante esta realidad, cabe preguntarnos, ¿Cuáles son las preferencias de nuestros alumnos en relación al uso de las tecnologías? ¿Usan y participan activamente en las redes sociales? ¿Qué materiales educativos digitales eligen? ¿Se inclinan por lo hipertextual, por el texto plano, por lo multimedial? ¿Prefieren los grandes relatos o las micro narrativas? ¿La intencionalidad pedagógica de nuestras prácticas de enseñanza atiende a funciones cognitivas como resolución de problemas, pensamiento estratégico, hipotetización, análisis de diferentes contextos, entre otras? ¿Al utilizar tecnologías de diferente complejidad, priorizamos el efecto de la tecnología? Los docentes tenemos un desafío importante; es necesario que apostemos al uso y/o generación de materiales educativos digitales que propongan estrategias y actividades educativas abiertas y flexibles que favorezcan la construcción de conocimiento. Somos conscientes de la necesidad de formar recursos humanos creativos, que sean capaces de anticiparse a los cambios y a las problemáticas, que aprendan a saborear la búsqueda de conocimiento y la inquietud de aplicarlo a la acción.

En base a lo expuesto, el proyecto de investigación tiene como objetivos específicos:

- Identificar características de macro y micro narrativas como materiales educativos digitales en carreras universitarias.
- Diseñar materiales educativos digitales y e-actividades que favorezcan la construcción de conocimiento para diferentes áreas disciplinares.
- Identificar el residuo cognitivo en los procesos de aprendizaje de alumnos a partir del uso de materiales educativos digitales: Macro y Micro narrativas.
- Generar pautas que orienten la evaluación de materiales educativos digitales.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN y DESARROLLO

Se busca generar conocimiento en relación con los efectos cognitivos que dejan los materiales educativos digitales en estudiantes universitarios

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Se lograron identificar características de macro y micro narrativas en vistas al diseño de materiales educativos. Se crearon escenarios tecno-pedagógicos con el objeto de favorecer la construcción de conocimiento, dentro de los cuáles se diseñaron diferentes materiales educativos digitales.

Los materiales educativos digitales (tales como videos, archivos de texto plano, objetos de aprendizaje con exelearning y e-actividades como foros) se elaboraron con distintos formatos, teniendo en cuenta la intencionalidad pedagógica y el área de conocimiento. En el marco de una investigación de “diseño”, tal variedad de materiales nos permitió construir narrativas que orienten a nuestros alumnos a desarrollar conocimiento como sujetos culturales en un paradigma socio-tecnológico.

Además, se aplicaron encuestas para recolectar información sobre los resultados obtenidos por los alumnos en sus procesos de aprendizaje, en el contexto de estos escenarios tecno-pedagógicos.

Las siguientes actividades se centrarán en el procesamiento de la información recolectada, en pos de identificar el residuo cognitivo generado en los alumnos como resultado de los procesos de aprendizaje a partir del uso de materiales educativos digitales. Esto permitirá, además, generar pautas que orienten la evaluación de materiales educativos digitales.

El análisis mencionado se llevará a cabo a la luz de la bibliografía vinculada con el presente tema de investigación.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo está conformado de la siguiente manera:

- Director: Pontoriero, Francisco
- Co-directora: Ureta, Laura
- Investigadores: González, Liliana Mirna, Cuadros Patricia, Margarit Viviana, Gallardo Vanesa, Marcovecchio, María J., Rossetti Beiram, Gabriela.

Se propone volcar los resultados en actividades de Postgrado, tales como:

- Diseño e implementación de la Diplomatura “Educación y nuevas tecnologías en tiempos de convergencia tecnológica”. Aprobada por Ordenanza N° 5 CD-FCEFN, Prof. Responsable: Mgter Liliana Mirna González.
- Co-dirección/Asesoramiento de Tesis de Maestría en Informática. F.C.E.FyN de la U.N.S.J.
- Docente de la Maestría en Informática. F.C.E.FyN de la UNSJ. Materia: Educación y Tecnologías.
- BECARIOS
Puigdengolas Márquez, Fabricio Agustín
Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Tareas de investigación y desarrollo. Co-director o co-tutor: Cuadros, Patricia Del Valle.

En paralelo, se buscará desarrollar instancias de interacción con las cátedras interesadas de carreras de la F.C.E.F y N. de la U.N.S.J.,

para orientar en el diseño de materiales educativos, junto con la ejecución de talleres de análisis y discusión de la problemática bajo estudio.

5. BIBLIOGRAFIA

- Ambrosino, María Alejandra (2017). *Docencia y NARRATIVAS Transmedia en la educación superior*. Trayectorias Universitarias. Volumen 3, N° 4. Recuperado de <http://revistas.unlp.edu.ar/TrayectoriasUniversitarias>
- Canales Cruz Alejandro (2014). *Hacia un nuevo diseño para el aprendizaje: escenarios educativos para la Web 2.0*. Revista de Innovación Educativa. Vol. 6, Núm. 2
- Maggio M. (2012) *Enriquecer la Enseñanza*. Paidós. Argentina.
- Maggio M. (2018) *Reinventar la clase en la Universidad*. Paidós. Argentina
- Odetti, V. (2016). *Materiales didácticos hipermediales: lecciones aprendidas y desafíos pendientes*. En García, J. M., y Báez Sus, M. (Comp.) Educación y tecnologías en perspectiva. Diez años de FLACSO Uruguay. Disponible en http://flacso.edu.uy/publicaciones/libro_educacion_tecnologia_2016/Baez_Garcia_Educacion_y_tecnologias_en_perspectiva.pdf
- Odetti, V. (2017). *El diseño de materiales didácticos hipermediales: El caso del PENT FLACSO*. Buenos Aires: Teseo.
- Odetti, V. (2018). *Narrativas Transmedia. Educación y TIC*. EL ABROJO. Montevideo. Uruguay
- Oliva Elisa; Gallardo Vanesa; Ciancio María Inés; Salas Andrea (2021). *Identificación de Regularidades en Matemática, mediante determinación de patrones y con uso de software libre*. Workshop. XXIII Edición del Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. La Rioja (Chilecito).
- Pontoriero Francisco (2020). *La Educación Superior a Distancia en el Marco Legal Argentino*. Psico/pedagógica, psicología y pedagogía de la persona. Mendoza: Centro de Investigaciones Cuyo, 2020. vol. 14, ISSN 0328-5413
- Pontoriero Francisco, González Liliana, Ureta Laura, Margarit Viviana, Marcovecchio María José (2020). *Materiales Educativos Digitales: Macro Narrativas y Micro Narrativas para la Construcción de Conocimientos en la Universidad*. XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación - WICC 2020. El Calafate.. Universidad Nacional de la Patagonia Austral. <http://www.wicc2020.unpa.edu.ar>
- Scolari, C. (2014). *Narrativas transmedia: nuevas formas de comunicar en la era digital*. Anuario AC/E de cultura digital. Recuperado de <https://www.accioncultural.es/media/Default%20Fi>

les/activ/2014/Adj/Anuario_ACE_2014/6Tr
ansmedia_CScolari.pdf

Modelos de desarrollo de serious games Las analíticas de aprendizaje e inteligencia artificial

Stella Maris Massa¹, Lucrecia Ethel Moro, Gustavo Bacino, Guccione Leonel, Hernán Hinojal, Adolfo Spinelli, Esteban Zapirain, Carlos Rico, Franco David Kühn y Franco Lanzillota.

¹Facultad de Ingeniería/ Universidad Nacional de Mar del Plata/Argentina
(7600) Av. Juan B. Justo 4302, +54-223-4816600
smassa4@gmail.com, lucreciamoro@gmail.com, gustavobacino@gmail.com,
leonel.guccione@gmail.com, hinojal@fi.mdp.edu.ar, spinelliadolfo@gmail.com,
estebanzapirain@gmail.com, carlos@fi.mdp.edu.ar, fdkuhn@gmail.com,
franco.lanzi96@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta el proyecto de investigación, continuación de uno anterior denominado: “El Proceso de Desarrollo de Serious Games. Modelos, herramientas y Analíticas de Aprendizaje”, en el cual se amplía el alcance de la interacción entre el jugador (estudiante) y el Serious Game (SG), aportando una retroalimentación basada en las métricas que arrojan las Analíticas de Aprendizaje (AA) del desempeño logrado durante el desarrollo del juego. Con la posibilidad de procesar grandes volúmenes de datos, los sistemas de recomendación, son un enfoque práctico para proporcionar la información más adecuada al usuario en función de su comportamiento y contexto.

Este proyecto tiene como objetivo construir un marco teórico-práctico para la incorporación de recomendaciones en un SG a partir de las métricas de evaluación obtenidas de las AA.

Nuestra propuesta en este proyecto, se enfoca en adaptar y refinar el SG utilizando técnicas de Inteligencia Artificial y mejorando el análisis de los procesos relacionados con el aprendizaje.

Se combinan tres tendencias principales en la investigación del aprendizaje con tecnologías: Serious Games, Analíticas de Aprendizaje e Inteligencia Artificial (IA).

Palabras clave: Modelos de desarrollo, Analíticas de Aprendizaje, Inteligencia Artificial, Serious Games.

CONTEXTO

En el presente proyecto, continuación del anterior: “El Proceso de desarrollo de Serious Games. Modelos, Herramientas y Analíticas de Aprendizaje” (15/G585), se profundiza el proceso de análisis de los resultados arrojados mediante AA, en un SG, para la obtención de métricas relacionadas con el desempeño (estudiante /aprendiz y docente/instructor), en los diversos contextos de aplicación como defensa, atención médica, educación, gestión de emergencias, planificación urbana e ingeniería.

En el mismo, se amplía el alcance de la interacción entre el jugador y el SG aportando una retroalimentación al docente (instructor) y al estudiante (aprendiz) basada en las métricas de la performance o desempeño logrado en el desarrollo del juego.

INTRODUCCIÓN

El aporte de los videojuegos al aprendizaje se ve evidenciado en muchos aspectos. Los jugadores aprenden a obtener información de múltiples fuentes, a tomar decisiones rápidamente, a deducir las reglas del juego, a crear estrategias para superar obstáculos, a experimentar y comprender sistemas complejos y a trabajar colaborativamente [1].

Estas ventajas hacen de los SG una gran oportunidad para enseñar distintas habilidades y situaciones del mundo real. El objetivo final de un SG es la diversión, inmersión y aprendizaje. Si bien el propósito de todo proceso conducente a formar o entrenar en algún aspecto es el aprendizaje, la diversión, como sinónimo de esparcimiento, es un aspecto que debe estar presente en un SG precisamente porque su propio nombre lleva incorporada la palabra juego (en lo que parece un oxímoron, por aquello de juego serio). Si bien su objetivo principal no es el entretenimiento, esto no significa que los SG no puedan contener esa característica [2].

Un caso particular de SG son los Simuladores de Entrenamiento (TS), los cuales son especialmente utilizados en aquellos dominios donde se requiere que las personas manipulen o controlen sistemas complejos [3]. Estos simuladores están siendo ampliamente utilizados en diversos ámbitos, como el adiestramiento militar, el entrenamiento civil y las aplicaciones comerciales [4].

Actualmente, las AA resultan de mucho interés a la hora de obtener resultados cuantitativos respecto del desempeño de los estudiantes o aprendices. Si bien su inclusión dentro de los SG se encuentra en constante crecimiento, aún se ha trabajado poco sobre su uso puntual en los TS.

Las AA tienen su origen en los conceptos de inteligencia empresarial, el uso de datos en una empresa para facilitar la toma de decisiones. Estas ideas han sido apropiadas por los ámbitos educativos con el objetivo de brindar nuevas herramientas que permitan comprender y optimizar el aprendizaje, así como los entornos en los que este tiene lugar [5].

Hershkovitz et al. [6] señalan que las AA han tenido un enorme progreso en los últimos años, debido a que se han ido incorporando métodos estadísticos avanzados y técnicas de aprendizaje automático. Esto ha permitido que se puedan capturar y analizar una mayor cantidad de datos, así como también ha

mejorado la calidad de la información que se obtiene como resultado de dichos análisis.

En proyectos anteriores [7 - 9] hemos investigado la integración de las AA en los SG y desarrollado la elicitación de los objetivos pedagógicos y los elementos básicos de jugabilidad e inmersión de un SG [10]. Se han definido los requerimientos del mismo y las habilidades a ser desarrolladas por los estudiantes, conjuntamente con las variables y eventos relacionados con ellas [11]. Finalmente, se ha concluido en el desarrollo de SG a los cuales se le han incorporado AA para poder obtener información relevante del proceso de aprendizaje de los estudiantes [12].

Se trabajó con la metodología de Kitchenham [13] para el desarrollo de una revisión sistemática de la literatura en relación a la integración de AA en TS. A partir de los artículos hallados, se ha comprobado que, si bien la temática se encuentra en crecimiento, aún no existe mucha información disponible y son pocos los desarrollos que se han realizado [14].

En el caso de los TS, la evaluación del aprendizaje y de las habilidades adquiridas durante la simulación es una tarea muy compleja. Por lo tanto, hacen falta métodos que permitan recopilar y analizar los datos resultantes de las interacciones de los aprendices, para poder así medir su desempeño y producir evidencias válidas del aprendizaje.

En este marco, se propuso llevar a cabo la puesta en valor de un TS para el uso de artillería antiaérea, incorporando mejoras en la simulación con el fin de aumentar la experiencia inmersiva, conjuntamente con la medición de datos y presentación de informes. Este sistema inspecciona cómo interactúa cada aprendiz con el simulador, almacenando información detallada y generando informes sobre las interacciones y los cambios en el estado interno de la simulación para un análisis posterior, a partir de la integración de las AA en el TS. De esta manera, permite al

instructor evaluar objetivamente el desempeño del aprendiz, además de poder medir su progreso a lo largo de las sesiones de entrenamiento [15]. Como casos de estudio, podemos mencionar los trabajos realizados y publicados por integrantes de este Grupo de investigación (Grupo de investigación en tecnologías interactivas, GTI): [16 – 17].

Estas características están alineadas con las tendencias claves, los desafíos y los desarrollos importantes en tecnología educativa propuestos en el informe anual Horizon (2021) para educación superior [18]. Dicho informe incluye "seis tecnologías pronosticadas como importantes para la enseñanza, el aprendizaje y la investigación creativa en el futuro". A corto plazo estas son: inteligencia artificial (IA), modelos de cursos mixtos e híbridos, analítica del aprendizaje, micro-credenciales, recursos educativos abiertos (REA) y calidad en el aprendizaje en línea.

Ya el informe anual Horizon 2012, señalaba a las AA como uno de los campos a tener en cuenta a mediano plazo, definiéndolas como "el análisis de una amplia variedad de datos producidos por estudiantes, con el objetivo de evaluar su progreso académico, predecir sus futuros resultados e identificar riesgos potenciales" [19].

Riedel, Essa & Bowen [20], en su publicación de EDUCAUSE definieron la IA como "sistemas informáticos que realizan tareas que generalmente se cree que requieren procesos cognitivos humanos y capacidades de toma de decisiones", y esa definición todavía parece adecuada.

Si bien la pandemia del Covid-19 ha detenido prácticamente a industrias enteras, la IA parece haber podido mantener su progreso a un ritmo casi vertiginoso, y el peligro de otro "invierno de la IA" parece remoto. Según el Índice de IA de 2021, el progreso en el procesamiento del lenguaje natural ha sido tan rápido que los avances técnicos han comenzado a superar los puntos de referencia

para probarlos. La IA ha avanzado hacia el "aprendizaje autosupervisado".

Tal como indica Alonso-Fernández [21], la manera particular en que se obtengan los datos determinará profundamente las posibilidades tanto en el análisis como en la visualización, ya que implicará la cantidad de información que se recibirá y la riqueza de la misma.

Las visualizaciones de resultados también deben ajustarse a las necesidades de los diferentes agentes involucrados, estudiantes y docentes, como parte del uso educativo del juego, así como para desarrolladores o gestores, que estarían más interesados en el correcto funcionamiento del juego, pero también desean conocer si éste está cumpliendo con los objetivos de aprendizaje previstos.

Con la posibilidad de procesar grandes volúmenes de datos (big data, minería de datos educativos, AA), los sistemas de recomendación son un enfoque práctico para proporcionar la información más adecuada al usuario en función de su comportamiento y contexto.

Duval [22] introdujo las recomendaciones como una solución "para lidiar con la paradoja de la elección". La retroalimentación tiene el potencial de apoyar el rendimiento académico, promover la motivación, el aprendizaje auto-supervisado y la autoeficacia de los estudiantes, con la finalidad de acortar la brecha entre su desempeño actual y el deseado por ellos [23].

Tal como señalan Westera, Nadolski y Hummel [24], el análisis de los datos del desempeño de los estudiantes/aprendices en los SG posee dos diferentes etapas. En la primera, se analiza la información recopilada de cada usuario individualmente durante el juego (mediante las AA), con el fin de mejorar y personalizar su interacción con el sistema. En la segunda etapa, posterior al juego, se trabaja con la información obtenida de las AA para adaptar el SG generando nuevas intervenciones que contribuyan a

mejorar el aprendizaje. Nuestra propuesta en este proyecto, se enfoca en adaptar y refinar el SG utilizando técnicas de IA, mejorando el análisis de los procesos relacionados con el aprendizaje en el SG.

En ese marco, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Consolidar y estandarizar las actividades que conforman el proceso de incorporación de Analíticas de Aprendizaje en los Serious Games.
- Sistematizar el proceso de generación de reportes que visualicen la información relevante del proceso de aprendizaje de los estudiantes sobre la base de sus datos de interacción en Serious Games.
- Diseñar e implementar un sistema adaptativo en los Serious Games incorporando recomendaciones mediante técnicas de Inteligencia Artificial a partir de las Analíticas de Aprendizaje.
- Desarrollar un trabajo de campo en el que se analizará la viabilidad y posibilidades del Proceso de integración de recomendaciones en Serious Games.

La mayoría de las publicaciones en el ámbito de la línea de investigación que abordamos están enfocadas en la implementación de estas tecnologías en el ámbito educativo, pero las soluciones propuestas son varias, sin encontrarse lineamientos generales más allá de la definición de las propias AA.

Sistematizar los procesos de producción de SG, particularmente la selección de estrategias para extraer información relevante del proceso de aprendizaje del jugador/estudiante, contribuirá con la difusión de buenas prácticas en un sector en expansión y permitirá la apertura de líneas de investigación mediante la elaboración de un marco de referencia sobre metodologías y tecnologías emergentes.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La formación de recursos humanos se considera un aspecto imprescindible e insoslayable. Integrantes del proyecto se encuentran desarrollando y dirigiendo seis tesis de postgrado, en el marco del proyecto de investigación, correspondientes al Doctorado en Humanidades y Artes- Mención Ciencias de la Educación (UNR); al Doctorado en Modelado y Simulación Computacional (UNMdP); a la Maestría en Ingeniería de Software (UNLP) y a la Especialización en Docencia Universitaria (UNMdP).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Prensky, M. (2003). Digital game-based learning. *Computers in Entertainment (CIE)*, 1(1), pp. 21–21.
- [2] Massa, S.M. (2017). Serious Games y aprendizaje. Nuevos desafíos educativos en Massa, S.M. y Bacino, G.A. (comp.), *Videjuegos en Serio. Creando Serious Games para aprender jugando*, pp. 11-26. Mar del Plata, Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- [3] Drews, F. A. & Bakdash, J. Z. (2013). Simulation Training in Health Care. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, 8(1), pp.191–234.
- [4] Camarasa, D. A. y Bianchi, O. M. (2012). Desarrollo de Software de Simulación Inmersiva para Fracciones Heterogéneas. XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC), Posadas, Misiones, Argentina.
- [5] Ferguson, R. & Shum, S. B. (2012). Social learning analytics: Five Approaches, LAK '12: Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge, 2012, pp. 23–33.
- [6] Hershkovitz, A., Knight, S., Dawson, S., Jovanovic, J. & Gasevic, D. (2016). About 'learning' and 'analytics'. *Journal of Learning Analytics*, 2(3), pp. 1–5.
- [7] Massa, S.M. y Kühn, F. (2018). Analíticas de Aprendizaje para Serious Games. XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC), Corrientes, Corrientes, Argentina, 2018.
- [8] Kühn, F. y Massa, S.M. (2018). Learning Analytics in Serious Games: a systematic review of literature. IEEE ARGENCON 2018 Congress, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

- [9] Massa, S. M., Moro, L., Bacino, G., Pirro, A., Evans, F., Hinojal, H., Spinelli, A., Zapirain, E., Rico, C., Kühn, F. y Lanzillotta, F. (2020). El proceso de desarrollo de Serious Games Modelos, herramientas y analíticas de aprendizaje. WICC 2020, XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. El Calafate, Santa Cruz, Argentina. Universidad Nacional de la Patagonia Austral. RedUnci. Publicado en Actas, 878-882, 2020. ISBN 978-987-3714-82-5.
- [10] Spinelli A. y Massa, S. M. (2018). Elicitation in Serious Game. IEEE ARGENCON 2018 Congress, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- [11] Spinelli, A., Massa, S.M., Rico ,C. y Kühn F. (2018). Diseño de Serious Games. Requerimientos del Juego – Competencias y Habilidades. XX Encuentro Internacional Virtual Educa, Buenos Aires, Argentina, 2018.
- [12] Kühn, F. (2019). Juegos Serios y Analíticas de Aprendizaje: Implementación en el entorno educativo. Trabajo Final de Grado, Facultad de Ingeniería, UNMDP, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- [13] Kitchenham, B. (2004). Procedures for Performing Systematic Reviews. Joint Technical Report. Keele University TR/SE-0401 and NICTA 0400011T.1.
- [14] Lanzillotta, F., Massa, S.M. y Spinelli, A. (2020). Learning analytics in training simulators: a systematic review of literature. IEEE ARGENCON 2020. Resistencia, Chaco, Argentina, Publicado en Actas, 1-872, 2020. DOI:10.1109/ARGENCON49523.2020.9505456.
- [15] Lanzillotta, F. (2020). Puesta en valor de un simulador de entrenamiento mediante la incorporación de experiencia inmersiva y analíticas de aprendizaje. Trabajo Final de Grado, Facultad de Ingeniería, UNMDP, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- [16] Fantini, L.M., Spinelli, A.T. y Kühn, F. (2021). Juegos serios en el proceso de aprendizaje de lectoescritura. Encuentro Argentino y Latinoamericano de Ingeniería. 5° Congreso Argentino de Ingeniería. (CADI). 11° Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI). 3° Congreso Latinoamericano de Ingeniería (CLADI). Buenos Aires, Argentina.
- [17] Zapirain, E., Kühn, F., Agüero, M., Pieroni, A. y Echeverría Luchini, L. (2021). Diseño de un juego serio como herramienta de revitalización cultural. Encuentro Argentino y Latinoamericano de Ingeniería. 5° Congreso Argentino de Ingeniería. (CADI). 11° Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI). 3° Congreso Latinoamericano de Ingeniería (CLADI). Buenos Aires, Argentina.
- [18] Pelletier, K., Brown, M., Brooks, D., McCormack, M., Reeves, J., Arbino, N., Bozkurt, A., Crawford, S., Czerniewicz, L., Gibson, R., Linder, L., Mason, J. & Mondelli, V. (2021). EDUCAUSE Horizon Report 2021. Teaching and Learning Edition (Boulder, CO: EDUCAUSE, 2021).
- [19] Johnson, L., Adams Becker, S. & Cummins, M. (2012). NMC Horizon Report: 2012 K-12 Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- [20] Riedel, K., Essa, A & Bowen, K. (2017). 7 Things You Should Know. About Artificial Intelligence in Teaching and Learning. EDUCAUSE Learning Initiative (ELI).
- [21] Alonso-Fernández, C. (2016). Gaming learning analytics for serious games. Trabajo fin de Grado. Facultad de Informática. Universidad Complutense de Madrid.
- [22] Duval, E. (2011). Attention please! Learning analytics for visualization and recommendation. Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK '11), Banff, AB, Canada (pp. 9–17). New York: ACM.
- [23] Gajardo Muñoz, C. (2019). Falta de eficacia en la retroalimentación en el proceso evaluativo de los estudiantes. Tesis de grado Magister, Facultad de Educación, Universidad del Desarrollo, Chile.
- [24] Westera, W., Nadolski, R. y Hummel, H. (2014). Serious Gaming Analytics: What Students Log Files Tell Us about Gaming and Learning. International Journal of Serious Games, 1(2), pp. 35–50.

MODELO DE DISEÑO DE APRENDIZAJE PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN UNA MODALIDAD E-LERNING USANDO LABORATORIOS VIRTUALES

Espeche Fabián, Durán Elena, Juárez Carlos

Instituto de Investigaciones en Informática y Sistemas de Información (IISI)

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT)

Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE)

e-mail: h_espeche@hotmail.com, eduran@unse.edu.ar, cjuarez@unse.edu.ar

CONTEXTO

En este trabajo se presenta una línea de investigación que se encuentra en desarrollo en el marco del proyecto de investigación “Modelos basados en Inteligencia Artificial y Computación Ubicua para la resolución de Problemas en Educación y otros dominios”, correspondiente a la convocatoria 2021 de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (SICYT - UNSE). El proyecto tiene un período de ejecución desde el año 2022 hasta el año 2025 y busca favorecer el desarrollo de conocimiento científico- tecnológico de relevancia, principalmente sobre Computación Ubicua e Inteligencia Artificial, realizando propuestas de modelos computacionales para la resolución de problemas en Educación y otros dominios.

RESUMEN

La línea de investigación del presente trabajo surge luego de observar los problemas relacionados con la enseñanza de la Física en una modalidad e-learning, ya que la misma es una disciplina experimental. Esto nos pone en presencia de un problema educativo y tecnológico, que puede ser abordado desde la Informática Educativa. Desde este enfoque, esta línea de investigación se centra en el conocimiento pedagógico aplicado a los diseños de aprendizaje que realizan los docentes para el uso de los laboratorios virtuales para la enseñanza de la Física.

Se plantea comenzar con una investigación exploratoria en bibliotecas digitales con el fin de desarrollar el estado del arte de cómo se usan los laboratorios virtuales para la enseñanza de la Física en el nivel universitario y como se evalúa el uso de los mismos. Luego, con una investigación descriptiva se buscará caracterizar el uso que se le da a los laboratorios virtuales en ese ámbito, con el

fin de conocer los tipos de conocimiento pedagógicos utilizados, y la consideración de factores psicológicos, pedagógicos y tecnológicos en el diseño de las prácticas docentes. A partir de esa información, se definirán pautas para el diseño de aprendizajes en Laboratorios Virtuales de Física, que utilicen el conocimiento pedagógico y estimulen un aprendizaje meta-cognitivo, autónomo y autorregulado en los alumnos. Luego se planteará un modelo de diseño de aprendizajes, que cumpla con las pautas definidas, y se experimentará con este modelo en las prácticas docentes reales.

Palabras clave: Diseño de aprendizaje, Laboratorio Virtuales, Aprendizaje Metacognitivo, Aprendizaje Autorregulado. Modalidad e-learning.

1. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de la pandemia de COVID-19, que generó la suspensión de las actividades áulicas presenciales, quedaron al descubierto muchas problemáticas en el ámbito educativo en el nivel universitario. Se tuvo que pasar, de una educación presencial a una educación a distancia mediada por la Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC). Fue así que muchas instituciones universitarias implementaron los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), como la manera de organizar y dar continuidad pedagógica a la trayectoria de los alumnos, transformando la modalidad de enseñanza presencial en una a distancia o e-learning.

Si nos centramos en la enseñanza de la Física en el nivel universitario, y considerando que esta es una ciencia en la que sus conceptos se basan en fenómenos físicos, que requieren un grado de abstracción para su enseñanza y aprendizaje; estos fenómenos pueden ser recreados o experimentados en los laboratorios institucionales, a través de las denominadas prácticas de laboratorios. Estas

prácticas permiten articular los conocimientos teóricos desarrollados en el aula con la experimentación que pueden realizar los alumnos en los laboratorios, algo que no es contemplado en una modalidad e-learning.

En la Web, podemos encontrar, los Laboratorios Virtuales (LV), que se definen como: “sistema informático que pretende simular el ambiente de un laboratorio real y que mediante simulaciones interactivas permite desarrollar las prácticas de laboratorio” (Cabrera Medina e Sánchez Medina, 2016). Estos venían siendo utilizados, antes de la pandemia de COVID 19, como recursos didácticos en apoyo a la enseñanza de distintos conceptos de la Física, pero siempre en una modalidad presencial, implementando distintas estrategias pedagógicas para las prácticas, de forma presencial o bimodal b-learning. En esta última se utiliza el encuentro presencial para la puesta en común del uso del LV (López et. al., 2016), (Arguedas-Matarrita et. al., 2017; Da Silva, 2012; Ardura y Zamora, 2013; Ré y Giubergia, 2013). Sin embargo, no se han encontrado evidencias del uso de laboratorios virtuales para la enseñanza de la Física en una modalidad e-learning.

Enfocando esta problemática desde el campo de la Informática Educativa (IE), es preciso hacer referencia al conocimiento pedagógico que debe estar presente en todo proceso de enseñanza y de aprendizaje, mediado por la tecnología. Cabe señalar que, IE se define como: “el desarrollo, uso y evaluación de sistemas digitales, que utilizan conocimiento pedagógico para participar en o facilitar el descubrimiento de recursos para soportar el aprendizaje” (Ford, 2008).

El conocimiento pedagógico incluye no sólo conocimiento para la enseñanza en un sentido tradicional, sino además el referido al “autoaprendizaje” o conocimiento “meta-cognitivo”, que las personas necesitan para participar en procesos de aprendizaje autónomos y autorregulados fuera de cualquier contexto institucional de educacional formal.

El conocimiento pedagógico utilizado por los sistemas informáticos educativos puede ser de distintos tipos y niveles de complejidad: metadatos específicos para educación, ontologías pedagógicas hasta estructuras de argumentación académica. Las técnicas utilizadas por estos sistemas, para procesar el conocimiento pedagógico, también varían desde complejos mecanismos de inferencia diseñados para descubrir recursos de aprendizaje, según las características y necesidades individuales

de los alumnos, hasta dispositivos diseñados para permitirles a los alumnos conocer y utilizar sus capacidades de meta-cognición.

El conocimiento pedagógico debe ser adaptado según la modalidad, ya que existen diferencias sustanciales entre la modalidad presencial y la modalidad a distancia o e-learning, generando problemáticas particulares; tales como, la interacción entre los actores, tiempos de acceso, retroalimentación en la construcción del conocimiento, utilización pedagógica de los recursos didácticos digitales, la integración de estos con las herramientas tecnológicas de los EVA, etc.

Una alternativa de solución a estos problemas, para la enseñanza de la Física, en una modalidad e-learning, donde se usan laboratorios virtuales, sería la aplicación del conocimiento pedagógico en la implementación de un diseño de aprendizaje. Este último “*implica mapear los resultados de aprendizaje deseados en actividades y experiencias de aprendizaje, teniendo en cuenta factores psicológicos, pedagógicos y tecnológicos*” (Ford, 2008).

Los factores psicológicos y pedagógicos, integrados a los tecnológicos, pueden afectar la mejor manera en que los docentes podrían presentar la información y la mejor manera de diseñar los sistemas para apoyar a los estudiantes en su aprendizaje, considerando las diferencias individuales, ya que, cada persona puede aportar al proceso de aprendizaje diferentes tipos y niveles de conocimiento previo, y también puede traer consigo motivaciones, confianza y estilos de aprendizaje muy diferentes.

En la propuesta de esta investigación el aporte se centra en el conocimiento pedagógico aplicado a los diseños de aprendizaje que realizan los docentes para el uso de los laboratorios virtuales para la enseñanza de la física; y se busca proponer un modelo de diseño de aprendizaje, que no solo soporte la enseñanza de la física, sino también permita generar un aprendizaje meta-cognitivo, autónomo y autorregulado en los alumnos universitarios.

En este trabajo se presentan los objetivos, la metodología, los resultados esperados y la formación de recursos humanos de la investigación.

2. OBJETIVOS

Con esta investigación se busca realizar contribuciones teóricas y metodológicas en el campo de la Informática Educativa con el uso de los Laboratorios Virtuales para la enseñanza de la Física, en una modalidad e-learning. En consecuencia, los objetivos son:

Objetivo General

Proponer un modelo de Diseño de Aprendizaje con el uso de Laboratorios Virtuales que no solo soporte la enseñanza de la Física en el nivel universitario, sino también permita, generar un aprendizaje meta-cognitivo, autónomo y autorregulado en los alumnos, en una modalidad e-learning.

Objetivos Específicos

1. Desarrollar el estado del Arte de cómo se usan los Laboratorios Virtuales para la enseñanza de la Física en el nivel universitario y como se evalúa el uso de los mismos.
2. Caracterizar el uso actual de los laboratorios virtuales en la enseñanza de la Física en el nivel universitario en una modalidad de e-learning.
3. Establecer pautas basadas en el diseño de aprendizaje y el conocimiento pedagógico para la integración de los Laboratorios Virtuales para la enseñanza de la Física en el nivel universitario en una modalidad e-learning, que permita un aprendizaje meta-cognitivo, autónomo y autorregulado en los alumnos.
4. Crear un modelo de Diseño de Aprendizaje para la enseñanza de la Física en el nivel universitario, con el uso de Laboratorios Virtuales, que respete las pautas establecidas.
5. Evaluar el modelo diseñado en ambientes reales.

METODOLOGÍA

Con el propósito de dar cumplimiento al objetivo específico 1, se realizarán las siguientes actividades:

- a. Exploración e investigación bibliográfica respecto a cómo se usan los Laboratorios Virtuales para la enseñanza de la Física en el nivel universitario y como se evalúa el uso de los mismos. Se indagará sobre el conocimiento pedagógico empleado en la construcción del diseño de aprendizaje.
- b. Análisis de los antecedentes encontrados.
- c. Síntesis de los antecedentes encontrados.

Con el fin de obtener el objetivo específico 2, se realizará:

- a. Trabajo de campo en las asignaturas de Física pertenecientes al departamento de Física de la FCEyT de la UNSE, relevando información sobre el uso de los laboratorios virtuales, haciendo hincapié en aspectos tecnológicos y pedagógicos de su uso. Para esto, se diseñarán los instrumentos de recolección.
- b. Caracterizar el uso de los laboratorios virtuales, a partir del relevamiento realizado y en base a la historia del arte elaborado en la etapa de exploración bibliográfica. Se identificarán y definirán las dimensiones a utilizar en la caracterización del uso de los laboratorios virtuales en la enseñanza de la Física, que tentativamente serán las vinculadas a la generación del conocimiento pedagógico, que estimulen un aprendizaje metacognitivo, autónomo y autorregulado.

Para el objetivo específico 3 se plantean las siguientes actividades:

- a. Definir aspectos necesarios y relevantes para que un aprendizaje sea metacognitivo, autónomo y autorregulado.
- b. Analizar las estrategias pedagógicas y los recursos tecnológicos en entornos de e-learning para promover el conocimiento.
- c. Definir las pautas que debería contemplar un diseño de aprendizaje que utilice laboratorios virtuales para la enseñanza de la Física en una modalidad e-learning, y genere un aprendizaje metacognitivo, autónomo y autorregulado en los alumnos.

Con el propósito de dar cumplimiento al objetivo específico 4, se realizarán las siguientes actividades:

- a. Crear el modelo de diseño de aprendizaje para la enseñanza de la Física que utilice Laboratorios Virtuales en una modalidad e-learning para el nivel universitario teniendo en cuentas las pautas definidas anteriormente.

Por último, para dar cumplimiento con el objetivo específico 5 se realizará:

- a. Definir las dimensiones de análisis a considerar en la evaluación y realizar el diseño de la evaluación.
- b. Implementar el Modelo de diseño de aprendizaje en las asignaturas de Física dependientes del departamento de Física de la FCEyT de la UNSE que fueron objeto de estudio en el trabajo de campo.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados que se esperan obtener de esta investigación son:

- Estado del arte sobre el uso y evaluación de los laboratorios virtuales para la enseñanza de la Física en el nivel universitario.
- Caracterización del uso de los laboratorios virtuales en la enseñanza de la Física en el nivel universitario, considerando la generación de conocimiento pedagógico.
- Pautas a seguir en el diseño de aprendizaje, que utilice laboratorios virtuales para la enseñanza de la Física en una modalidad e-learning en el nivel universitario, y genere un aprendizaje metacognitivo, autónomo y autorregulado en los alumnos.
- Modelo de diseño de aprendizaje, aplicando las pautas definidas, para la enseñanza de la Física en el nivel universitario, usando laboratorios virtuales.
- Evaluación del modelo en ambientes reales de aprendizaje.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Esta investigación permitirá la formación de recursos humanos de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la UNSE. En este sentido, uno de los autores desarrolla su Tesis de la carrera de Maestría en Informática Educativa de la UNSE en esta temática. Además, la investigación permitirá afianzar el grupo de investigación del IISI en temáticas tales como Diseño de aprendizaje, educación a distancia, laboratorios virtuales, etc. en la enseñanza de la Física, lo que contribuye a una mejora en el fondo de conocimiento disciplinar disponible, no sólo a nivel local sino también regional y nacional.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Ardura, D. y Zamora Á. (2013). ¿Son útiles entornos virtuales de aprendizaje en la enseñanza de las ciencias secundaria? Evaluación de una experiencia en la enseñanza y el aprendizaje de la Relatividad”, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 11(1), 83–93. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2864>
- Arguedas-Matarrita, C., Concari, S. B. y Marchisio, S. T. (2017). Una revisión sobre desarrollo y uso de Laboratorios Virtuales y

Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Física en Latinoamérica. <https://www.researchgate.net/publication/317209671>

- Cabrera Medina, J. y Sánchez Medina, I. (2016). Laboratorios virtuales de física mediante el uso de herramientas disponibles en la Web. Memorias De Congresos UTP, 1(1), 49-55. Recuperado a partir de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memout/article/view/1296>
- Da Silva, N. C. (2012). Laboratório virtual de Física Moderna: atenuação da radiação pela materia, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. 3: p. 1206-1231, dic. 2012. Recuperado <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1206>
- Ford, N. Web-based Learning Through Educational Informatics: Information Science Meets Educational Computing. IGI. Publishing. 2008.
- López, S., Veit, E. A. y Solano Araujo, I (2016). Una revisión de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en la educación básica y media. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 38, nº 2, e240. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0031>
- Ré, M.A. y Giubergia, M. F. (2013). Estudio del resorte en el laboratorio virtual. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/27554/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

REALIDAD AUMENTADA EN ESCENARIOS EDUCATIVOS CIENTÍFICOS

Mario Bustillo, Liliana Ferrer, Silvina Videla, Gabriela Ohanian y Sergio Vardaro

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.

mabustillo02@gmail.com

lferrer@fing.uncu.edu.ar mvidela@fing.uncu.edu.ar

gohanian@fing.uncu.edu.ar svardaro@uncu.edu.ar

RESUMEN

Con el rápido crecimiento de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), se está produciendo un importante impacto en la educación. Dentro de estas, la Realidad Aumentada se destaca por adaptarse de manera eficaz a los nuevos estilos de aprendizaje demandados por los alumnos en la sociedad de la información y el conocimiento, siendo este, el punto de partida para el desarrollo de nuevas y novedosas prácticas docentes innovadoras en la educación científica. En el marco de innovación y aplicación de tecnologías disruptivas para la educación científica, en especial para el área de Química Orgánica, se desarrolla AUMENTED, plataforma educativa que permite la visualización de estructuras tridimensionales de moléculas químicas mediante el uso de realidad aumentada. A través de la implementación de estas nuevas tecnologías en la educación, estas pueden ser vistas como herramientas y materiales de construcción que promuevan, faciliten y enriquezcan la comprensión de temas y conceptos propios e importantes en el proceso de aprendizaje de las nuevas generaciones para estar a la vanguardia de los procesos educativos.

Palabras clave: Realidad Aumentada, Tecnologías Disruptivas, Educación Científica, Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), Química Orgánica, Innovación Docente, Tecnologías Emergentes.

CONTEXTO

Esta línea de investigación y desarrollo (I/D) surge a partir de la necesidad de implementar

estrategias y herramientas TIC en la cátedra de Química Orgánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, en el marco del proyecto “Implementación del uso de las TIC en el proceso enseñanza aprendizaje de la Química Orgánica” (segunda parte). Esto con la finalidad de mejorar el trabajo individual, la autonomía del alumnado, y la posibilidad de modificar y adaptar los métodos de evaluación para mejorar la calidad de la enseñanza.

Está claro que el objetivo que se persigue con la incorporación de estas nuevas tecnologías es mantener la atención del alumno y lograr un aprendizaje de acuerdo con el contexto tecnológico-social en el que vive, ya que pertenece a una generación que está en contacto permanente con dispositivos digitales.

Este trabajo pertenece a uno de los proyectos de investigación de tipo 1 con resolución N°4142, financiados por la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrados (SIIP) de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo).

INTRODUCCIÓN

En el ámbito educativo particularmente, las Tecnologías Emergentes han generado un nuevo escenario para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, facilitando posibilidades múltiples y planteando nuevos desafíos en todos los niveles de formación. Actualmente, el espacio de educación formal trasciende en el aula, gracias a la existencia de múltiples herramientas disponibles tanto en dispositivos móviles como en computadoras

ocasionando la necesidad de repensar la educación. Asimismo, las Tecnologías Emergentes también permiten generar indicadores dinámicos que proporcionan nuevas métricas para el análisis del proceso de aprendizaje y la gestión educativa. (Russo et al., 2021).

Como menciona Ferrer et al. (2019-2021), las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) han incidido mucho en la mejora de la productividad en general. Este cambio ha obligado a las universidades a crear nuevas modalidades de estudio y a establecer formas didácticas innovadoras para hacer más comprensibles los conocimientos tomando en cuenta las diversidades de la población. Asimismo hay que tener presente que las nuevas generaciones son individuos con otros intereses de motivación y patrones de formación, y que la utilización de las tecnologías didácticas como medios educativos pueden aprovecharse como elementos motivantes para el aprendizaje, considerando la facilidad de interacción de los estudiantes con la tecnología actual.

Por otro lado, el uso de la Realidad Aumentada (RA) en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química Orgánica es considerado una innovación didáctica en este tipo de contenido científico-tecnológico, además de una oportunidad para las nuevas metodologías de docencia mediante la incorporación de las TIC. La RA es un medio interactivo que añade objetos virtuales a la realidad del usuario, a través de una cámara y observado por medio de la pantalla de la computadora o dispositivo móvil, permitiendo ampliar información de un tema específico. (Ramos Geliz et al., 2015).

Punto de partida para el desarrollo de Realidad Aumentada en escenarios educativos científicos

Tal como expresa Cerillo (2020), la enseñanza de la química enfrenta una serie de retos como la evaluación educativa y la didáctica. Dentro de esta última, se localizan las acciones prácticas, las cuales van de los contenidos a la praxis del estudiante. Es aquí donde la RA podría mejorar el acercamiento de los jóvenes

a la construcción de un pensamiento científico y, sobre todo, la formación universitaria hacia las ciencias duras en un contexto de innovación tecnológica educativa, sin olvidar el enfoque científico del proyecto hacia las carreras de Ingeniería.

Además, durante el proceso de enseñanza de la Química Orgánica, se comprobó que los estudiantes presentaban dificultad con ciertos temas básicos que son fundamentales para poder llevar la continuidad de la materia. Uno de los problemas detectados fue la complicada visualización o imaginación de las estructuras químicas de las moléculas, lo cual es fundamental para determinar propiedades físicas-químicas e información relevante sobre la molécula.

Mediante el proyecto, se pretende lograr la incorporación de la aplicación de la tecnología de RA a la química para esclarecer la interacción de los elementos y sus aplicaciones, con el fin de generar talleres que complementen el aprendizaje. De la misma manera, generar un aprendizaje tecnológico que ayude a los alumnos a familiarizarse con la tecnología e informática en general, así como generar experiencias de aprendizajes a los estudiantes. Se trata de llevar el conocimiento desde una manera más clara, entretenida y fácil de visualizar; para generar una mayor comprensión de los contenidos.

Al igual que Ramos Geliz et al. (2015), el proyecto incorpora las tecnologías de RA en el campo educativo, ofreciendo un valor agregado que permite generar y captar el interés por parte de los estudiantes hacia las áreas del saber, de esta forma las asignaturas en las cuales un estudiante tenga dificultades de aprendizaje, se tornarán interactivas, facilitando así la comprensión y aprendizaje de un tema particular.

A partir de estos aspectos, el enfoque del trabajo es destinado al proceso de diseño e implementación de tecnologías disruptivas enfocadas a la enseñanza de la Química enriquecidas con el uso de la RA, destinado al desarrollo del proceso de aprendizaje en la Química dirigido a las carreras de Ingeniería.

Implementación de Realidad Aumentada

Como lo menciona Martínez-Hung (2017), en la enseñanza de la Química universitaria son comúnmente empleados los programas de modelación molecular y las bases de datos. Por otra parte, se encuentran relativamente pocas aplicaciones de la RA en la enseñanza de la Química en comparación con otras áreas del conocimiento. Quizás esto último se deba a que resulta poco visible, en la bibliografía revisada, un vínculo entre lo ampliamente conocido (programas de modelación molecular y las bases de datos) y la tecnología de RA a pesar de las ventajas demostradas en otras áreas.

Luego de una serie de pruebas con distintas plataformas existentes en el momento, las cuales permitían el uso de RA, se decidió crear una plataforma que incluyera los modelos tridimensionales de las moléculas químicas orgánicas que puedan representarse empleando la RA. El tipo de plataforma desarrollada es de estilo WebAR, que consiste en un navegador web que da acceso a la RA. De esta manera, para la interacción con la plataforma no se requiere instalar ninguna aplicación o programa adicional para su uso. Además, posee una interfaz de sencilla comprensión e intuitiva para el usuario.

La integración de este tipo de plataforma fue un desafío y una oportunidad que permitió presentar al estudiante contenidos altamente interactivos que responden a sus expectativas y necesidades con el fin de que puedan interpretar los contenidos, relacionarlos con el mundo real y evolucionar de la visualización y uso de información desde contextos en 2D (p. ej. Libros de texto) hacia uno de 3D (p. ej. Manipulación, interacción, perspectiva, complejidad, integración, etc.), construyendo así puentes entre la teoría y la experiencia práctica (modelización). (Merino, 2014).

Entorno a la aplicación de la tecnología de RA como una nueva tecnología que puede incorporarse en el proceso de enseñanza y aprendizaje dentro del sistema educativo, dentro del área de Química Orgánica, se plantea AUMENTED-Realidad Aumentada,

una plataforma educativa desarrollada por el equipo de investigación para el dictado de la clase de Química Orgánica, la cual permite la visualización de estructuras tridimensionales de moléculas químicas mediante el uso de RA. Esto con la finalidad de facilitar el aprendizaje de conceptos químicos y generar experiencias de aprendizaje significativas en los estudiantes.



A) Molécula de Dimetilacetamida



B) Molécula del Ibuprofeno

Figura 1. Visualización de moléculas con la plataforma de AUMENTED

Procedimiento para el desarrollo e implementación de experiencia incorporando Realidad Aumentada

La ejecución e implementación del trabajo de investigación se dividió en siete fases:

1. Selección de las clases donde se aplicará la RA.
2. Selección de los temas y tipologías que se incluirán con la RA. Selección de los objetos a representar con RA.
3. Construcción de los objetos tridimensionales y conversión a la plataforma de RA.
4. Diseño de actividades evaluativas y rúbricas con RA.
5. Instrucción y tutoría del uso de la plataforma de RA.

6. Aplicación de la RA en el proceso docente.
7. Validación de la aplicación mediante encuestas a los estudiantes.

Sin embargo la inclusión de las TIC en la educación debe ir acompañada de una serie de lineamientos que definan un marco de referencia para la toma de decisiones respecto de las acciones que se deben realizar durante el proceso (Hernandez, 2017). Para ello deben ir acompañadas de una adecuada fundamentación que brinde marco pedagógico, por lo que fue necesario plantear rúbricas de evaluación para las actividades que involucraron el uso de RA.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Los principales ejes temáticos que se están investigando son los siguientes:

1. Realidad Aumentada aplicada a la Química Orgánica

Se encuentra en investigación y desarrollo la realidad aumentada aplicada a la Química Orgánica, en la búsqueda de mostrar, a través de ella, la estructura tridimensional de las moléculas. Este instrumento funciona combinando ambientes reales con información digital, lo cual se visualiza en una pantalla con la intención de ampliar los sentidos, permitiendo así innovar en las metodologías de enseñanza y aprendizaje de la Química.

2. Implementación de TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje de Química Orgánica

Se indaga sobre la implementación de estrategias y herramientas de Tecnologías de Información y Comunicación que contribuyan a innovar y a elevar la calidad del proceso educativo de la asignatura Química Orgánica en relación a la enseñanza tradicional en esa asignatura de las carreras de Ingeniería. La aplicación de estrategias didácticas basadas en las TIC contribuye significativamente al aprendizaje de los contenidos de Química Orgánica.

OBJETIVOS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES

Los objetivos en curso de las líneas de investigación presentadas son:

- Desarrollar una plataforma basada en tecnologías de Realidad Aumentada para contribuir de manera significativa en el aprendizaje de las estructuras químicas de algunas moléculas de interés en el dictado de la clase de Química Orgánica.
- Ofrecer una herramienta de innovación en los métodos de enseñanza, en los materiales educativos y en la evaluación, impulsados por las Tecnologías de la Información y Comunicación.
- Desarrollar una herramienta auxiliar en la metodología de enseñanza de la materia capaz de aplicar el conocimiento adquirido durante el transcurso del cursado (Actividades dentro de los Trabajos Prácticos).

RESULTADOS OBTENIDOS

La RA es una tecnología con un futuro prometedor, dado que posee la capacidad de enriquecer elementos de la realidad con información detallada pudiendo aplicarse en ámbitos muy variados. En el ámbito educativo puede utilizarse para complementar los materiales didácticos con modelos virtuales que estimulen la percepción y ayuden a la comprensión de los conceptos.

Para poder evaluar y validar el proyecto, al finalizar el cursado se aplicó una rúbrica de evaluación de las tecnologías implementadas durante el cursado en contexto de virtualidad, una de ellas la de RA. La actividad fue de carácter individual. Dado los resultados en las encuestas de validación de las tecnologías que se implementaron con los estudiantes que cursaron la clase de Química Orgánica en el segundo semestre del año lectivo 2020 y 2021, se observa cómo los estudiantes tomaron una postura atractiva sobre el objeto de RA y se evidencia la incidencia de captar el interés del estudiante.

Sin embargo, dados los resultados de las encuestas, se observó que durante el 2020 el 25,2% de los estudiantes consideró que respecto a las actividades pedagógicas en las que se implementó la tecnología de RA fue del todo conveniente para fijar conocimientos de manera eficiente. De manera que para el próximo semestre en que se dictó la materia en el 2021, se replanteó una nueva actividad evaluativa que incluyera la tecnología de RA y que de la misma manera cumpliera los lineamientos de evaluación de la asignatura. Se observó una mejora en el porcentaje de aceptación de los estudiantes, obteniéndose un 36,4% de aceptación por parte de los estudiantes.

Al ser la implementación de RA reciente en el campo de las ciencias, es un perfeccionamiento y mejora continua en base a la información extraída del Data Analytics que proporcionan los estudiantes para mejorar la experiencia de usuario e interfaz de usuario (UX/UI) de la implementación de esta tecnología en el área de Química.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

En lo concerniente a la formación de recursos humanos del proyecto, se detalla la formación de 1 estudiante de grado de Ingeniería en Mecatrónica en las líneas de I/D en Realidad Aumentada y tecnologías disruptivas aplicadas a la Química.

BIBLIOGRAFÍA

- Cerillo, S. R. (2020). Realidad aumentada y aprendizaje en la química orgánica. *Revista Apertura*, 12(1), [pp.] 106-117. [Online]. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v12n1.1853>
- Ferrer, L., Videla, M. S., Ohanian., G., Hoffmann, M. L., Vardaro Páscolo, S. A., Luschini, R. F., Bustillo López, M. F. (2019-2021). "Uso de las TIC como apoyo al proceso enseñanza aprendizaje de Química Orgánica: (segunda parte)". "Use of ICT to support the teaching process of Organic Chemistry: (second part)". Proyecto de investigación (SIIP UNCuyoB068). Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería. [Online]. <https://bdigital.uncu.edu.ar/14605>
- Hernandez, R.M. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325 – 347. [Online]. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149>
- Martinez-Hung H. (2017). Modelos de Realidad Aumentada aplicados a la enseñanza de la Química en el nivel universitario. *Revista Cubana de Química*. 29(1), [pp.] 13-25. [Online] http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-54212017000100002&lng=es&nrm=iso
- Merino, C. (2014). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química* 26(2), [pp.] 94-99. [Online]. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/52916>
- Ramos Geliz, F., Toscano Ricardo, A., Regino Vidal, C., & Galván Lozano, E. E. (2015). Objeto virtual de aprendizaje para la enseñanza de la química del carbono soportado en dispositivos móviles y realidad aumentada. *Repositorio Digital de Universidad Nacional Autónoma de México*. [Online]. <https://repositorial.cuaed.unam.mx:8443/xmlui/handle/20.500.12579/3950>
- Russo, C. C. et al. (2021). Tecnologías emergentes. XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja). *Repositorio Institucional de la UNLP*. [Online]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120955>

Desarrollo de aplicaciones para colaboración en e-learning

Rosanna Costaguta, María de los Ángeles Menini, Daniela Missio, Germán Lescano, Pablo Santana-Mansilla y Nevelin Salazar

Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información (IISI)
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT)
Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE)
{rosanna, marameni, dmissio, gelescano, psantana, nsalazar}@unse.edu.ar

RESUMEN

El e-learning se refiere al uso integrado de computadoras y redes de computadoras para soportar los procesos de enseñanza y de aprendizaje. El Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora (ACSC) es una forma de e-learning que surge como una evolución del software que forzaba a los estudiantes a aprender como individuos aislados. Los sistemas de ACSC proveen herramientas de software que facilitan el compartir información y conocimiento, así como también facilitan la comunicación tanto a nivel grupal como entre estudiantes y docentes. Durante las actividades colaborativas desarrolladas en estos sistemas, los estudiantes interactúan organizados en grupos para concretar las tareas asignadas, mientras son orientados y asistidos por los docentes.

Surgidos en la década de 1990, los entornos para ACSC fueron rápidamente adoptados en todos los niveles educativos debido a las ventajas que ofrecen: independizar a estudiantes y docentes de las variables tiempo y espacio, desarrollo de habilidades de liderazgo (solución de problemas, pensamiento crítico, análisis, etc.), expansión de la conciencia global en grupos con estudiantes de diferentes latitudes, entre otras. Sin embargo, a pesar de todos los beneficios potenciales del ACSC, no existen garantías de que las experiencias en ACSC sean exitosas. Hay numerosas variables que inciden en ese resultado y es aquí donde desarrollos informáticos innovadores pueden hacer la diferencia.

Esta línea de investigación tiene como propósito desarrollar aplicaciones de software que propicien prácticas colaborativas adecuadas en entornos de ACSC. Para ello, se propone que tales aplicaciones realicen el análisis de las interacciones de estudiantes y de e-tutores, utilizando técnicas de Inteligencia Artificial y de minería de datos, a fin de: a) detectar dificultades en la dinámica de colaboración de los grupos; b) reconocer las características de comportamiento de sus usuarios (estilos de aprendizaje, estilos de personalidad, o emociones manifestadas) para adaptarse a ellas; c) brindar a los estudiantes materiales generados con realidad aumentada y/u objetos de aprendizaje adaptados a sus preferencias y características individuales y/o grupales. Se intentará así promover comportamientos que beneficien tanto a los procesos de enseñanza como a los de aprendizaje, propiciando alcanzar el éxito en las experiencias de colaboración. Todos los desarrollos se validarán mediante sesiones experimentales especialmente diseñadas en las que participarán grupos de estudiantes y docentes universitarios reales. Los datos recabados producto de dichas experiencias serán procesados utilizando tanto técnicas estadísticas como métricas específicas de las técnicas utilizadas, lo cual posibilitará comprobar la validez de esta propuesta.

Palabras clave: *Aprendizaje colaborativo soportado por computadoras, estudiantes colaborativos, e-tutores colaborativos, técnicas de Inteligencia Artificial y minería de datos, emociones, personalización, realidad aumentada, objetos de aprendizaje.*

CONTEXTO

En este artículo se presenta al proyecto de investigación “*Desarrollo de aplicaciones para colaboración en e-learning*”, acreditado y financiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (SECyT - UNSE), para ejecución en el período 2022-2025. El proyecto responde a una de las líneas prioritarias de investigación del IISI, vinculada con la creación y uso de tecnologías informáticas destinadas a mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Por otro lado, este proyecto continúa una línea de investigación iniciada en 2010-2011 por el proyecto 23/C089 “*Fundamentos Conceptuales y Soportes Tecnológicos de la Informática Educativa*”, continuada en 2012-2016 por el proyecto 23/C097 “*Sistemas de Información Web Basados en Agentes para Promover el Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora*”, y en 2017-2021 por el proyecto 23/C138 “*Mejorando escenarios de aprendizaje colaborativo soportado por computadora*”. Todos proyectos acreditados y financiados por SECyT – UNSE.

1. INTRODUCCIÓN

El término Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora (ACSC) se usa para designar situaciones en las cuales el aprendizaje y la enseñanza se organizan a través de actividades colaborativas, mediadas por computadora, que involucran a grupos de estudiantes orientados y asistidos por el docente o e-tutor. La principal característica de esta modalidad es que los participantes pueden trabajar colaborativamente ubicados en puntos geográficos distantes, e incluso, contribuyendo en momentos diferentes en el tiempo.

En ACSC el concepto de grupo es fundamental. Un grupo colaborativo se define como un conjunto dinámico de estudiantes que trabajan juntos para alcanzar eventualmente alguna meta prefijada [Del2001]. Cada estudiante es responsable por sus comportamientos, pero todos trabajan juntos sobre el mismo problema respetando las

habilidades y contribuciones de cada uno. A través de sus comportamientos los estudiantes manifiestan ciertas variables que influyen en el éxito de las experiencias de ACSC: estilos de aprendizaje, estilos de personalidad, conocimientos, estados emocionales, etc. Analizar los comportamientos y adaptar los sistemas a estas podría propiciar los aprendizajes y mejorar los desempeños individuales y grupales.

Varias investigaciones realizadas en ciencias de la computación, neurociencia, educación y psicología demostraron que la cognición y la emoción, están intrínsecamente relacionadas [Fra2010, Cia2003, Ekm2004, Kor2001], por ende, pueden influir sobre el desempeño de una persona [Dam1994] y juegan un rol esencial en la atención y en la memoria, en el juicio, en la toma de decisiones y en la resolución de problemas creativos [Ise2000]. Las emociones tienen un rol importante en la interacción entre las personas, por lo tanto, es esencial reconocer cómo éstas se manifiestan en los estudiantes colaborativos y analizar su impacto sobre el aprendizaje del grupo.

Por otra parte, en el contexto del ACSC se requiere que el docente o e-tutor actúe como un moderador o facilitador que promueve y coordina las discusiones grupales, de modo tal de alcanzar los resultados de aprendizaje esperados [San2016]. Dado que las interacciones que promueven el aprendizaje no ocurren espontáneamente, es imprescindible la participación de los e-tutores para fomentar las interacciones y resolver los conflictos grupales que pudieran producirse.

El concepto de Realidad Aumentada (RA) surge en el año 1960, y hace referencia a un sistema interactivo que tiene como entrada la información del mundo real y superpone a esa realidad, nueva información digital en tiempo real. Por lo general, la RA se implementa mediante diferentes dispositivos móviles, lo que facilita la incorporación en e-learning debido al amplio uso de celulares por parte de los estudiantes [Alm2019]. Esto hace que la inclusión de RA sea una alternativa promisoriosa en ámbitos educativos. Estos contextos

abarcan al ACSC, aunque actualmente las experiencias documentadas de uso de RA en ACSC sean escasas.

Los Recursos Educativos Abiertos (REA), en adelante objetos de aprendizaje, fueron definidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Une2002] como materiales en formato digital que se ofrecen de manera gratuita y abierta a docentes, investigadores y estudiantes, es decir, material digital de dominio público o con una licencia abierta, que puede ser tanto utilizado como modificado por terceros. Los antecedentes de uso de estos tipos de recursos son numerosos, pero al mismo tiempo, son escasos en ACSC.

En este proyecto se propone investigar teórica, metodológica y experimentalmente las contribuciones que puedan realizarse en el desarrollo de aplicaciones para ACSC que incluyan técnicas de Inteligencia Artificial, técnicas de minería de datos, realidad aumentada y/u objetos de aprendizaje para promover un ACSC exitoso. El desarrollo de estas contribuciones permitirá ofrecer aplicaciones con la capacidad de adaptarse a las preferencias o inclinaciones de los estudiantes y a las habilidades de los docentes, e incluso capaces de monitorear las interacciones por ellos generadas.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO/OBJETIVOS

Para el presente proyecto de investigación se establecieron los siguientes objetivos generales:

- Generar conocimiento científico-tecnológico de relevancia, para el desarrollo de sistemas en el área del ACSC.
- Producir propuestas metodológicas y desarrollos en ACSC, que usen técnicas de Inteligencia Artificial, de minería de datos, realidad aumentada y/u objetos de aprendizaje, a fin de promover los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

- Transferir conocimientos y ofrecer servicios al medio a través del asesoramiento y la capacitación de estudiantes de grado y postgrado, y también por medio del dictado de cursos y seminarios.
- Difundir los resultados obtenidos mediante publicaciones en revistas especializadas y de presentaciones en congresos, simposios y jornadas nacionales e internacionales.
- Formar recursos humanos mediante la realización de tesis de grado y de postgrado, y la dirección de becarios e investigadores en formación.

La pregunta central que guiará el desarrollo de la investigación es la siguiente: *¿Es posible mejorar el desempeño académico de los estudiantes universitarios y el desempeño de los docentes, en los sistemas de ACSC, mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial y minería de datos, realidad aumentada y objetos de aprendizaje?*

Acorde con este interrogante, se fijaron los objetivos específicos que se enuncian a continuación:

- Determinar el estado actual de conocimiento y desarrollo de sistemas que utilicen técnicas de Inteligencia Artificial y de minería de datos, realidad aumentada y objetos de aprendizaje en el ámbito del ACSC.
- Desarrollar aplicaciones que utilicen técnicas de Inteligencia Artificial y de minería de datos, realidad aumentada y/u objetos de aprendizaje, considerando, por ejemplo, características de los estudiantes tales como: habilidades de colaboración, roles de grupo, estilos de aprendizaje, estilos de personalidad y estilos emocionales.
- Desarrollar aplicaciones que utilicen técnicas de Inteligencia Artificial y de minería de datos, realidad aumentada y/u objetos de aprendizaje, considerando, por ejemplo, las habilidades de los

docentes que se desempeñan como e-tutores.

- Evaluar el impacto producido por la inclusión de técnicas de Inteligencia Artificial y de minería de datos, realidad aumentada y/u objetos de aprendizaje, en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, en el ámbito de los sistemas de ACSC en contextos universitarios.

A partir del año 2010, a través de los distintos proyectos de investigación mencionados en la sección Contexto, este equipo identifica y analiza factores y situaciones que influyen en el ACSC. Algunos de los resultados del grupo de investigación que servirán de base para alcanzar los objetivos de este nuevo proyecto se enuncian en [Cos2008, Cos2009, Cos2011, Cos2013, Cos2014, Cos2015, San2016, Les2016, Les2020a, Les2020b, Les2021].

3. RESULTADOS ESPERADOS

Con la concreción de este proyecto se esperan obtener los siguientes resultados principales:

- Estado del arte vinculado con el uso de técnicas de Inteligencia Artificial y de minería de datos, realidad aumentada y/u objetos de aprendizaje, en sistemas de ACSC
- Identificación de características que impactan en el desempeño los estudiantes a ser consideradas en sistemas de ACSC
- Identificación de características que impactan en el desempeño de los docentes a ser consideradas en sistemas de ACSC.
- Diseño de aplicaciones que incorporen técnicas de Inteligencia Artificial y de minería de datos, realidad aumentada y/u objetos de aprendizaje, para mejorar el desempeño de los estudiantes en sistemas de ACSC.
- Diseño de aplicaciones que incorporen técnicas de Inteligencia Artificial y de minería de datos, realidad aumentada y/u

objetos de aprendizaje, para mejorar el desempeño de los docentes en sistemas de ACSC.

- Despliegue de las aplicaciones desarrolladas.
- Ejecución de actividades experimentales que permitan validar el correcto funcionamiento de las aplicaciones desarrolladas.
- Presentación de resultados en eventos científicos nacionales e internacionales y publicaciones en revistas indexadas.

Por otra parte, el desarrollo del proyecto continuará consolidando el trabajo de este equipo de investigación en el área del ACSC.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo de este proyecto está constituido por un docente investigador formado, cinco en formación, dos estudiantes de posgrado y cinco estudiantes de grado. En el marco del proyecto se desarrollarán: 1 tesis doctoral, 2 de maestría, 3 de especialización y 5 de licenciatura.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [Alm2019] Almenara J., Osuna J. & Llorente, C. (2019). *La realidad aumentada en la enseñanza universitaria*. Revista de Docencia Universitaria REDU, Vol.17, pp. 105-118
- [Cia2003] Cialdini R. (2003). *Influence: Science and Practice*. Allyn Bacon.
- [Cos2008] Costaguta R. & Amandi A. 2008. *Training collaboration skills to improve group dynamics*, Proceedings ACM of the 2008 Euro American Conference on Telematics and Information Systems, Aracajú, Brasil.
- [Cos2009] Costaguta R., Durán E., y Gola M. 2009. "El modelo B-learning y el aprendizaje colaborativo en una experiencia innovadora de enseñanza-aprendizaje". VI Encuentro Nacional "La Universidad como Objeto de Investigación". Córdoba, Argentina.

- [Cos2011] Costaguta R., García P. y Amandi A. 2011. *Entrenando las habilidades de colaboración de los estudiantes mediante agentes*. IEEE Latin America Transactions. Vol. 9(7), pp. 1118-1124.
- [Cos2013] Costaguta R., Menini M., Missio D., Santana Mansilla P. y Yanacón Atía D. 2013. *Modelos Multiagentes Recomendadores Adaptativos en Grupos*. V Congreso Internacional de Ambientes Virtuales de Aprendizaje Adaptativo y Accesible, 2013.
- [Cos2014] Costaguta R. & Menini M. 2014. *An Assistant Agent for Group Formation in CSCL based on Student Learning Styles*. 7th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS 2014), Valparaiso, Chile.
- [Cos2015] Costaguta R., Menini M., Missio D., Santana Mansilla P., Lescano G. y Yanacón Atía D. 2015. *Potenciando el Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora: Algunas ideas traducidas en acciones*. XVI Virtual Educa, Guadalajara, México.
- [Dam1994] Damasio A. R. (1994). *Descartes' error: emotion, reason, and the human brain*. Grosset/Putnam Publications.
- [Del2001] Delgado A., Olguín C. y Ricarte I. (2001). *Monitoring Learners Activities in a Collaborative Environment*. Proceedings of the 7th IEEE International Workshop on Groupware. Germany.
- [Ekm2004] Ekman P. (2004). *Emotions Revealed: Recognizing Faces & Feelings to Improve Communication and Emotional Life*. Henry Holt & Co Publications.
- [Fras2010] Frasson C. & Chalfoun P. (2010). *Managing Learner's Affective States in Intelligent Tutoring Systems*. Advances in Intelligent Tutoring Systems, Vol. 308, pp. 339-358.
- [Ise2000] Isen A. M. (2000). *Positive Affect and Decision Making*(ed). Handbook of Emotions, 2da Edición, Guilford Publications, pp. 417-435.
- [Kor2001] Kort B., Reilly R. & Picard R. (2001). *An affective model of interplay between emotions and learning: Reengineering educational pedagogy—building a learning companion*. Proceedings IEEE International Conference on Advanced Learning Technology. pp. 43-48.
- [Les2016] Lescano G., Costaguta R. & Menini M. (2016). *Applying Data Mining to Discover Successful Collaborative Groups Styles*. 8th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS 2016), Cartagena de Indias, Colombia.
- [Les2020a] Lescano G., Lara C., Collazos C. & Costaguta R. (2020). *A Technique for Conflict Detection in Collaborative Learning Environment by Using Text Sentiment*. LNAI 12469(II), pp. 39-50.
- [Les2020b] Lescano G., Costaguta R. & Amandi A. (2020). *Reconocimiento de emociones en texto*. Capítulo 4 en: *Introducción a la Computación Afectiva*, pp 55-95. Editores: José Aguilar, John Edgar Amaya, Ángel Gil. Editorial FEUNE.
- [Les2021] Lescano G., Torres-Jiménez J., Costaguta R., Amandi A. & Lara-Alvarez C. (2021). *Detecting conflicts in Collaborative Learning through the Valence Change of Atomic Interactions*. Expert System with Application, Vol.183(30).
- [San2016] Santana-Mansilla P., Costaguta R. & Schiafino S. (2016). *Towards E-Tutors Training in On-Line Collaborative Learning*. Proceedings of 9th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS 2016)
- [Une2002] UNESCO (2002). *Forum on the Impact of Open Courseware for Higher Education in Developing Countries - Reporte Final*, UNESCO: Paris. Disponible en: CI.2002/CONF.803/CLD

Construcción de una herramienta de soporte para la creación de diagramas de clases destinados a estudiantes con disminución visual.

Ing. Clarisa Liliana Stefanich^{1,2}, Nicolas Gabriel del Valle^{1,3}, Ing. Laura del Carmen Ligorria,^{1,4}
Ing. Roxana María Manera^{1,5}, Ing. Lorena Daniela Peralta^{1,6}, Ing. Alejandra Di Gionantonio^{1,7},
Juan Gabriel Moreno^{1,8}

¹UTN Facultad Regional Córdoba

{²clarystefanich, ³dv.nico13, ⁴liuniversidad, ⁵roxanamanera, ⁶peralta.lorena.d, ⁷
ing.alejandradg}@gmail.com, ⁸gabriel_2008@live.com.ar

RESUMEN

En los últimos tiempos se ha observado la necesidad de accesibilidad de estudiantes con disminución visual total o parcial a la información concerniente a diagramas visuales llevados a cabo en cátedras de análisis, diseño y programación de software en carreras de ingeniería, tecnicatura y cursos orientados a la informática. Teniendo en cuenta la importancia de los diagramas UML en el cursado de estas asignaturas, se plantea la construcción de una herramienta de software que permita la generación y lectura de diagramas UML por medio de un lenguaje textual formalizado, y que a su vez brinde la posibilidad de interacción por parte del docente y el resto de los estudiantes mediante la manipulación de elementos gráficos (formularios, elementos visuales del diagrama), favoreciendo la construcción de conocimientos colaborativos entre estudiantes y docentes.

Palabras claves: UML, visibilidad reducida, diagrama de clase, accesibilidad.

CONTEXTO

El presente trabajo se realiza en el Área de Investigación del Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba.

1. INTRODUCCIÓN

En relación a las herramientas educativas actuales con respecto a la accesibilidad y adaptabilidad en los diferentes niveles de educación, existen esfuerzos enfocados a la

educación preescolar, primaria y secundaria, pero no así en el nivel superior y terciario.

En el ámbito legal y de estándares, se detectan avances en la accesibilidad de la información y del medio físico tanto a nivel nacional como internacional [1][2].

En relación a los antecedentes relevados, se observa la presencia de soluciones propuestas por diferentes universidades y organizaciones, las cuales se describen brevemente a continuación:

En [3] los autores desarrollaron la aplicación “TeDUB”, la cual traduce el contenido de dibujos técnicos (electrónica, arquitectura e ingeniería de software) en descripciones mapeadas jerárquicamente, en formato XML, las cuales son accedidas por dispositivos de salida, voz, efectos de sonido (2D y 3D), Braille y dispositivos hápticos. El usuario puede interactuar con el sistema y puede explorar la jerarquía del dibujo técnico usando el teclado o un joystick. También se puede usar una pantalla braille para navegar.

En [4] los autores crearon el software “Audible Browser”, la cual interpreta archivos XMI 2.1, especialmente de diagramas de clases y estados. Luego el programa representa los nodos del diagrama en grupos de tabs. Un grupo de tabs es un conjunto de ítems comunes que pueden ser leídos usando las teclas de arriba y abajo. Los grupos de tabs para una clase son el nombre, atributos, operaciones y asociaciones, permitiendo diferentes niveles de navegación, desde lo más general a los más específico. Para transmitir la estructura de un diagrama, el software lo presenta utilizando sonidos no verbales en combinación con audio verbal. El audio no verbal se transmite más a la

izquierda o derecha del auricular representando la posición “X” del elemento en el diagrama y el tono representa la posición “Y”.

En [5] los autores generaron “Prisca”, una aplicación que permite transformar los elementos de un diagrama UML a un vista 3D, para luego ser visualizada por medio de una impresora 3D. Los textos son impresos utilizando Braille.

Por otro lado, la página web yUML[6], permite la generación de diversos diagramas UML por medio de un lenguaje textual.

En las herramientas observadas, se visualizan diversas áreas de mejora:

- Disponibilidad offline, permitiendo usar la herramienta sin necesidad de Internet.
- Interacción transparente entre docente y estudiante, manteniendo a cada uno en su contexto de trabajo/conocimiento. Esto implica que la herramienta provee dos vistas simultáneas del mismo diagrama, optimizadas cada una para el docente y el estudiante respectivamente.
- Lenguaje textual compatible con los sintetizadores de voz en español, disponibles en los lectores de pantalla.
- Permitir la creación y edición de diagramas desde cualquiera de las dos vistas: docentes o estudiantes.
- Multiplataforma.
- Creación y edición de diagramas UML de clases, casos de uso, estados y secuencia. Los cuales son los más usados en ámbitos de formación superior.

Estas áreas serán abordadas por el presente trabajo en los siguientes apartados.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo de investigación es: “La construcción de una herramienta de software que permita la conversión de un lenguaje formalizado a un diagrama gráfico y su transformación inversa para poder ser interpretados por estudiantes con disminución visual total o parcial por medio de un lector de pantalla”.

3. HERRAMIENTAS

Para la creación del módulo de renderizado de la herramienta se utilizó la librería React [7], la cual permite administrar los eventos y el DOM correspondientes a un entorno web. Esto posibilita el empleo de múltiples componentes gráficos probados.

El software está dividido en módulos cohesivos, es decir que los contenidos dentro del mismo están relacionados semánticamente. Cada módulo es flexible en cuanto a la implementación de los algoritmos necesarios para lograr los objetivos del mismo. Esto se logró por medio del uso de la composición de objetos y el patrón estrategia.

Para la construcción de la sintaxis empleada por el estudiante para la generación de diagramas UML, se utilizó como base una gramática libre de contexto, un analizador sintáctico y una definición de la semántica del lenguaje. Dichos conceptos fueron definidos por medio de la librería Ohm [8].

Al emplear React en la construcción de la aplicación, se dispone de la API Canvas, la cual permite la creación y gestión de elementos gráficos. Para facilitar la generación visual de diagramas UML, se empleó la librería Konva [9], la cual es una capa de abstracción sobre Canvas, ocultando la complejidad inherente de dicha API.

HTML y los navegadores web poseen mecanismos maduros de sincronización para con los lectores de pantalla. Con la finalidad de utilizar esta ventaja y para satisfacer el requerimiento de aplicación offline, se empleó la librería Electron [10], la cual incluye funcionalidades que habilitan la ejecución de aplicaciones construidas con tecnología web para ser ejecutadas en un entorno de escritorio. El software queda encapsulado dentro de un navegador minimalista (chromium) y visualizado por medio de un motor de renderizado. La librería anterior satisface el requerimiento de multiplataforma, ya que permite la creación de ejecutables de los sistemas operativos más utilizados (Windows, Linux y MAC OS).

4. ESTADO DE AVANCE

El equipo implementó una herramienta de software que posibilita la conversión bidireccional simultánea entre una definición en lenguaje estructurado y un diagrama gráfico de clases, permitiendo de esta manera la interacción entre un estudiante y un docente, o para los estudiantes entre sí, en un entorno académico.

La interfaz cuenta con dos vistas, una corresponde al estudiante con disminución visual y la otra corresponde al docente o a otro estudiante. Esto fue concebido con miras a separar los ámbitos de interacción de forma tal que el estudiante no necesite interactuar con elementos visuales, y el docente o compañero de grupo no requiere aprender el lenguaje formal de generación de diagramas.

Con respecto a la vista del estudiante con disminución visual, la misma cuenta con dos sub-vistas, una corresponde a una descripción detallada de los elementos del modelo, y la otra corresponde a la definición sólo de las relaciones entre los mismos. Esta última sub-vista permite al estudiante realizar un análisis de grano grueso del diagrama (nombre de entidades y relaciones entre ellos).

El estudiante puede crear, modificar o borrar elementos del diagrama por medio de un lenguaje formal. El mismo está en español y fue construido teniendo como foco la correcta interpretación del mismo por parte de un lector de pantalla con configuración genérica en español.

En referencia a la vista del docente o compañero de grupo, se visualiza el diagrama construido y por medio de formularios e interacción con los elementos visuales del diagrama, se puede crear, editar o borrar los componentes de dicho diagrama.

Ambas vistas mencionadas están sincronizadas entre sí, teniendo como base el vector de elementos creados y sus propiedades.

Con fines a visualizar la interacción entre un docente/compañero de grupo y un estudiante con disminución visual, se expone a continuación el siguiente enunciado:

Ejemplo de aplicación

El docente plantea la realización de un diagrama de clases sobre la funcionalidad “Generación de préstamos de libros” correspondiente al dominio “Biblioteca”.

El estudiante crea el diagrama solicitado por medio del lenguaje, como muestra la figura 1:



Figura 1. Lenguaje de generación de diagramas.

El docente visualiza el modelo gráfico elaborado por el estudiante, el cual se observa en la figura 2:

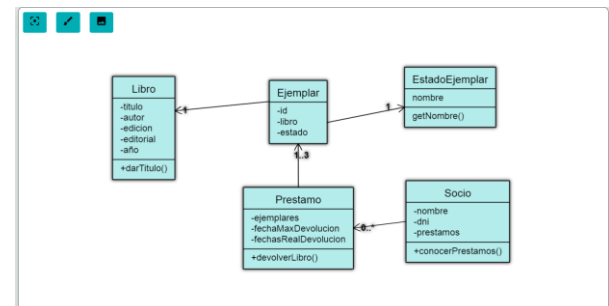


Figura 2. Diagrama de clases generado.

El docente analiza el modelo, y concluye que es necesario de acuerdo al dominio, la inclusión de una nueva clase llamada “Estado Socio”. La misma es generada por medio de la interfaz de la herramienta, sin necesidad de conocer el lenguaje de generación de diagramas utilizado por el estudiante previamente. En las figuras 3 y 4 se observa cómo el docente crea esta nueva clase y su relación correspondiente:

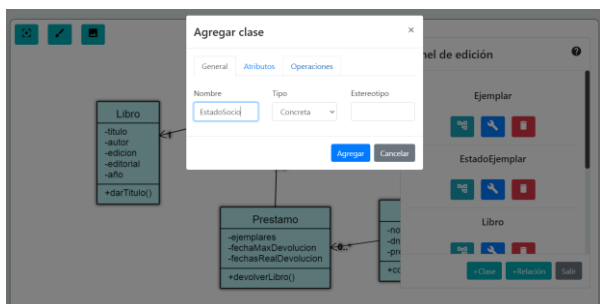


Figura 3. Creación clase “EstadoSocio”.

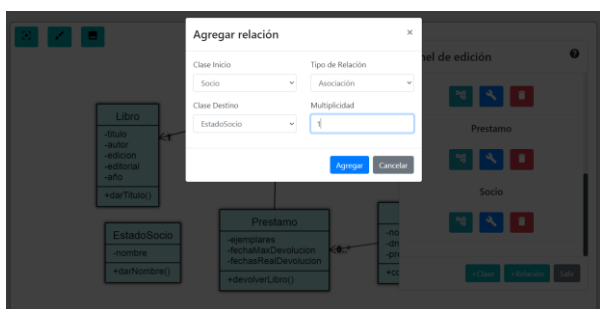


Figura 4. Creación relación “Socio” a “EstadoSocio”.

El diagrama gráfico se actualiza con las modificaciones realizadas por el docente, reflejadas en la figura 5:

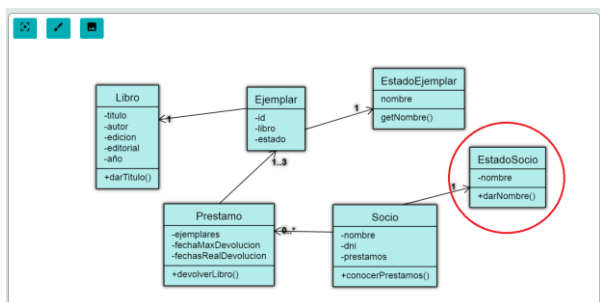


Figura 5. Diagrama con nueva clase.

A su vez, esta modificación se sincroniza con el lenguaje textual percibido por el estudiante, apreciado en la figura 6:

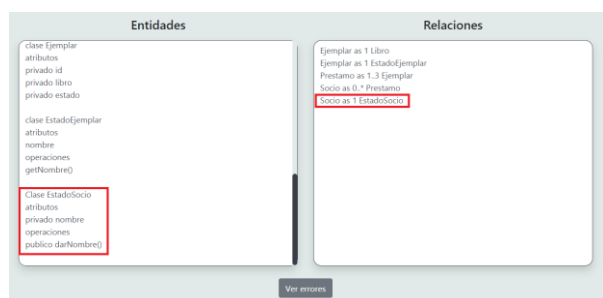


Figura 6. Lenguaje textual actualizado.

5. RESULTADOS Y AVANCES

Considerando la interacción del docente, la misma ha sido validada por medio de pruebas ejecutadas por parte de educadores de nivel superior, optimizando la usabilidad de la aplicación.

Hasta el momento el software permite tanto a docentes como a estudiantes la visualización, creación, y la modificación de diagramas de clases.

La investigación proseguirá con la realización de nuevos tipos de diagramas UML, la adaptación de la interfaz para que la misma sea compatible con las guías WCAG [11] y la validación de la herramienta por parte del estudiante.

6. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo está conformado por docentes-investigadores pertenecientes a la carrera de grado de Ingeniería en Sistemas de Información.

El grupo está compuesto por una Directora, tres ingenieras investigadoras de apoyo, una ingeniera y estudiantes aspirantes a incorporarse a la carrera de investigador.

Este proyecto enriquecerá la experiencia en la carrera de investigador de los integrantes del mismo.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] Ley de educación superior N° 25573. Modificación ley N° 24521. (2002, 11 de Abril). [Online]. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/73892/norma.htm>.

[2] Guenaga, L., Barbier, A. and Eguíluz, A. “La accesibilidad y las tecnologías en la información y la comunicación”. *Trans. Revista de Traductología*, pp. 155-169. 2007.

[3] Födisch, M., Crombie, D., & Ioannidis, G.T. “TEDUB : Providing access to technical drawings for print impaired people”. 2002.

[4] Coburn, S., Owen C. “UML Diagrams for Blind Programmers” en ASEE North Central Section Conference, 2014.

[5] Doherty B., Cheng B. “UML Modelling for Visually-Impaired Persons” en First International Workshop on Human

Factors in Modeling co-located with ACM/IEEE 18th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS 2015), Ottawa, Canada, 28 de Septiembre, 2015.

[6] yUML. [Online]. Disponible en: <https://yuml.me/>.

[7] Getting Started - ReactJS. [Online]. Disponible en: <https://reactjs.org/docs/getting-started.html>

[8] GitHub - harc/ohm: A library and language for building parsers, interpreters, compilers, etc. [Online]. Disponible en: <https://github.com/harc/ohm>

[9] Konvajs. Konvajs/Konva: Konva.js is an HTML5 Canvas javascript framework that extends the 2D context by enabling Canvas interactivity for desktop and mobile applications. [Online]. Disponible en: <https://github.com/konvajs/konva>.

[10] Electron. Electron/Electron: Build cross-platform desktop apps with JavaScript, HTML, and CSS. GitHub. [Online]. Disponible en: <https://github.com/electron/electron>

[11] W3C WAI. Web content accessibility guidelines (WCAG) overview. [Online]. Disponible en: <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>.

Recomendaciones utilizando Inteligencia Artificial a partir de las métricas de evaluación obtenidas de las analíticas de aprendizaje aplicadas a Serious Games

Leonel Domingo Guccione¹, Stella Maris Massa¹

¹Facultad de Ingeniería/ Universidad Nacional de Mar del Plata/Argentina
(7600) Av. Juan B. Justo 4302, +54-223-481660
leonel.guccione@gmail.com, smassa4@gmail.com

RESUMEN

Los Serious Games (SG) contribuyen al proceso de enseñanza/aprendizaje aportando una motivación y atractivo intrínsecos de una actividad lúdica. Permiten al estudiante/aprendiz sumergirse en un ambiente con reglas propias, que absorben toda su atención. A medida que el jugador se enfrenta con los desafíos propuestos por el juego, va dejando indicadores de su accionar, que son luego colectados mediante las analíticas de aprendizaje (Learning Analytics, LA) con la intención de evaluar el grado de avance (en el conocimiento) que el aprendiz ha alcanzado y también descubrir cuáles aspectos debe reforzar o aprender. Esta evaluación de las métricas obtenidas a partir de las LA, junto con el perfil del usuario y teniendo en cuenta el objetivo académico que se pretende lograr, permiten hacer una devolución (feedback, recomendación) al jugador / aprendiz en cuanto al desempeño alcanzado. Esto no depende necesariamente del grado de éxito o puntuación obtenidas en el juego.

Se pretende construir un marco teórico-práctico que permita generar un sistema de recomendaciones utilizando herramientas de Inteligencia Artificial (IA), a partir de las métricas de evaluación que arrojan las LA.

Palabras clave: Modelos de desarrollo, Analíticas de Aprendizaje, Inteligencia Artificial, Serious Games.

CONTEXTO

Este artículo presenta la investigación realizada en el marco de la tesis:

“Incorporación de Recomendaciones utilizando Inteligencia Artificial a partir de las métricas de evaluación obtenidas de las analíticas de aprendizaje aplicadas a Serious Games” de la Maestría en Ingeniería de Software de la Facultad de Informática de la Universidad de la Plata.

Se inserta además en el proyecto: “Modelos de Desarrollo de Serious Games. Las Analíticas de Aprendizaje e Inteligencia Artificial (2022/2023) del Grupo de Investigación en Tecnologías Interactivas (GTI) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

INTRODUCCIÓN

En 1970 Clark Abt, en su libro *Serious Games* [1] introduce el término “Serious Games” para juegos de mesa, que proporciona una definición general aplicable a los juegos informáticos: “... un juego es una actividad entre dos o más personas con capacidad de tomar decisiones que buscan alcanzar unos objetivos dentro de un contexto limitado...Nos interesan los juegos serios porque tienen un propósito educativo explícito y cuidadosamente planeado, y porque no están pensados para ser jugados únicamente por diversión.”

Según Spinelli y Massa [2] algunos autores como Abt, Sawyer y Zyda, definen un SG como un videojuego que además de entretener, pretende incorporar un nuevo conocimiento o modificar alguna conducta en el jugador. Según De Gloria et al [3] los SG tiene como objetivo mejorar los procesos de aprendizaje proporcionando herramientas atractivas, motivadoras y efectivas que

también pueden crear situaciones positivas entre los estudiantes y con los profesores.

Según señala Bellotti, F [4] las simulaciones y los SG son un medio para adquirir de forma segura y rentable conocimientos (habilidades y actitudes) duraderos que son difíciles de conseguir usando la memoria.

Rocha, citado en [2], afirma que el éxito de estos juegos depende de una Especificación de Requerimientos que incluya los aspectos pedagógicos (contenido y tareas), la mecánica y trama del juego, los requerimientos del software, así como los mecanismos que nos permitan evaluar el aprendizaje, antes, durante y después del juego; y su eficacia pedagógica.

Dado el rol relevante del jugador en estos productos, los mismos deben ser diseñados siguiendo los principios del Diseño Centrado en el Usuario (DCU), este consiste en realizar las tareas de diseño teniendo presente las necesidades del usuario.

En este proceso de diseño, es interesante incorporar el concepto de “usabilidad pedagógica” propuesto por Massa [5]: “La facilidad de aprendizaje, eficiencia de uso pedagógico y la satisfacción con las que las personas son capaces de realizar sus tareas gracias al uso del producto con el que está interactuando”.

Todo juego serio tiene en cuenta los siguientes tres principios básicos de la gamificación [6][7]

-Mecánica del juego: reglas de funcionamiento.

-Dinámica del juego: acciones que surgen cuando los jugadores utilizan las mecánicas (recompensas, uso de sistemas competitivos o colaborativos, etc.)

Componentes de juego: implementaciones específicas de las mecánicas y dinámicas (avatares, de puntuaciones de juego, el área de juego, medallas, insignias y el estatus del jugador frente al resto de jugadores, etc.)

El diseño e implementación de las mecánicas de juego, aprendizaje y evaluación pueden funcionar en conjunto para crear una experiencia de juego que sea efectiva, tanto como experiencia de juego como experiencia

de aprendizaje / instrucción [8]. La mecánica de juego describe la actividad esencial del juego (nivelación, gestión de recursos y toma de turnos). La mecánica de aprendizaje describe actividades cuyo objetivo principal es el aprendizaje; son de naturaleza teórica y se implementan en el juego mediante el uso de la mecánica del juego. La mecánica de la evaluación se compone de actividades que tiene como objetivo principal la evaluación, por ejemplo un juego que desafía a los jugadores en forma progresiva, adaptando el nivel de dificultad según el rendimiento del jugador.

La evaluación se sirve de datos para demostrar el grado de cumplimiento de las metas y objetivos establecidos (para el aprendizaje) [9]. El aprendizaje es una construcción compleja que no es simple de medir incluso en un ambiente como una simulación o SG [10][11], ya que la propia naturaleza de un SG dificulta la recopilación de los datos.

Según Massa y Kühn [12] la evaluación del aprendizaje, tradicionalmente se ha hecho a través de cuestionarios completados por los estudiantes antes y después de interactuar con el juego. En el proyecto de investigación “El Proceso de Desarrollo de Serious Games. Modelos, Herramientas y Analíticas de Aprendizaje.”, Massa 2020, se introducen las LA para la obtención de métricas relacionadas con el desempeño (estudiante/aprendiz y docente/instructor), en los diversos contextos de aplicación. Las analíticas de aprendizaje constituyen una forma de obtener las métricas para conocer (evaluar) el aprendizaje logrado por el estudiante/jugador luego de la experiencia de juego (independientemente del resultado obtenido).

Las LA comienzan como desarrollos informáticos no relacionados con el aprendizaje, sino para satisfacer necesidades comerciales de comprensión de datos organizacionales internos a la empresa y el comportamiento del consumidor. Se basan en las Business Intelligence y Data Mining. [13]. Estos conceptos son aplicados a la educación, generando herramientas de análisis del aprendizaje. En la Primer Conferencia

Internacional sobre Análisis de Aprendizaje (2011) se define el concepto Learning Analytics: "La analítica de aprendizaje es la medición, recopilación, análisis e informe de datos sobre alumnos y sus contextos, con el fin de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce" .

Massa et al [14] señala que las LA aplicadas a SG permiten rastrear datos que muestran el comportamiento de los estudiantes en base a su interacción (proceso de juego), así como también permiten interpretar el proceso de aprendizaje, realizar recomendaciones y personalizar el aprendizaje (Johnson et al., 2012; Serrano-Laguna, et al. 2014; Siemens, 2010). También señala que para aplicar las tecnología emergentes apropiadas a la captura de datos (web-logs, motores de seguimiento, eye trackers, localización y detectores de movimiento, en combinación con las emergentes Analíticas de Aprendizaje) se puede adicionar un "rastreador" al SG que envía esta información a un servidor. El análisis de esto pueden producir información relevante sobre las interacciones de los estudiantes con el juego, haciendo que el conjunto de acciones, errores y aciertos del jugador sea significativo (Kühn, 2019; Loh, Sheng & Ifenthaler, 2015).

La retroalimentación (feedback) es una forma de abordar una mecánica de evaluación, tiene la "capacidad de convertir cada ítem de trabajo evaluado en un instrumento para el mayor desarrollo del aprendizaje de cada alumno" [15]. Es la información correctiva proporcionada por el docente / instructor hacia el estudiante / jugador en cuanto al desempeño (performance) realizado [16]. La retroalimentación es una consecuencia del desempeño. La retroalimentación apoya el rendimiento académico, promueve la motivación, la autorregulación y la autoeficacia; lo cual permite al estudiante disminuir la distancia entre su desempeño actual y el deseado [17]

La autoeficacia académica hace referencia a la opinión que el estudiante tenga sobre lo que puede o no hacer con los circunstancias

cambiantes del entorno académico [18]. La autorregulación del aprendizaje puede definirse como una manera de utilizar los propios recursos para planear, controlar y analizar la acción a realizar frente a actividades, tareas y elaboración de productos de aprendizaje.

Según Gaycho-Rodriguez [19], la retroalimentación mejora el aprendizaje (Jiménez & González, 2016; Sadler, 1989) en diferentes contextos (Brobst & Ward, 2002; Coddington, Feinburg, Dunn, & Pace, 2005), particularmente la retroalimentación del desempeño puede tener mayor utilidad (Zubiaur, Oña, & Delgado, 1999) que la retroalimentación de la evaluación.

Para que la retroalimentación esté completa debe incluir tres elementos: "Feed - U", "Feed - Back" y "Feed - Forward"; hacia dónde voy, cómo me está yendo y qué sigue ahora [20].

Con la información obtenida a través de las LA se pueden establecer las recomendaciones (retroalimentación) hacia el estudiante / jugador necesarias para que continúe con su aprendizaje. La retroalimentación determinará la forma en que el SG continuará sobre un nuevo nivel. Westera et al [21] determinan dos etapas en el análisis de los datos relacionados con el desempeño del usuario, la primera tiene como objetivo mejorar y personalizar la interacción con el sistema y la segunda, posterior al juego, tiene como objetivo adaptar el SG generando nuevas intervenciones para mejorar el aprendizaje.

Según Toledo et al [7] si un jugador pierde demasiadas veces (al jugar nuevos niveles) su motivación comenzará a decaer, con lo cual, el nuevo nivel de juego deberá contener un nivel de dificultad no muy elevado; pero si gana demasiadas veces, terminará por aburrirse. El sistema de recomendación tomará como base las habilidades que posee el usuario y los resultados obtenidos con el fin de subir o bajar la dificultad del nuevo nivel.

Es conveniente profundizar sobre el uso de la IA como herramienta para la generación del feedback hacia al estudiante / jugador, que permita la configuración del nuevo nivel que deba enfrentar el mismo. A partir del análisis

de las métricas arrojadas por las LA, el sistema de recomendaciones tendrá en cuenta las habilidades del jugador, los aciertos y errores, la motivación y el objetivo de aprendizaje, para configurar un nuevo nivel de juego que permita al estudiante ir disminuyendo la distancia entre su desempeño actual y el deseado.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Serious Games
- Recomendaciones a partir de LA
- Inteligencia Artificial

RESULTADOS Y OBJETIVOS

El objetivo del proyecto de tesis que se presenta en este artículo es diseñar e implementar un sistema adaptativo en los Serious Games incorporando recomendaciones mediante técnicas de Inteligencia Artificial a partir de las Analíticas de Aprendizaje. Se desarrollará un trabajo de campo para analizar la factibilidad.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La formación de recursos humanos se considera un aspecto imprescindible e insoslayable. Integrantes del proyecto se encuentran desarrollando y dirigiendo seis tesis de postgrado, en el marco del proyecto de investigación, correspondientes al Doctorado en Humanidades y Artes- Mención Ciencias de la Educación (UNR); al Doctorado en Modelado y Simulación Computacional (UNMdP); a la Maestría en Ingeniería de Software (UNLP) y a la Especialización en Docencia Universitaria (UNMdP).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Clark, A. Serious Games. University Press of America, 1987

[2] Spinelli, A., Massa S. Elicitación de Requerimientos Centrada en el Usuario para el Desarrollo de Serious Games. XIX WICC 2017.

[3] De Gloria, A., Bellotti, F., Berta, R., Lavagnino, E. Serious Games for education and training. *Internacional Journal of Serious Games*. ISSN: 2384-8766. January 2014.

[4] Bellotti, F., Kaplalos, B., Lee, K., Moreno-Ger, P., Berta, R. Evaluación en y de juegos serios: descripción general. *Hindawi Publishing Corporation Advances in Human-Computer Interaction Volumen 2013*, ID de artículo 136864, 11 paginas.

[5] Massa, S. M. (2013). *Objetos de Aprendizaje: Metodología de Desarrollo y Evaluación de Calidad*, (Tesis Doctoral). Facultad de Informatica, UNLP, La Plata.

[6] Barriales A., Vásquez Paragulla, J. y Andrade-Arenas, L. Gamification as part of teaching and its influence on learning computational algorithms. *IEEE 2020 IEEE World Conference on Engineering Education (EDUNINE) - Bogota, Colombia (2020.3.15-2020.3.18)*.

doi:10.1109/EDUNINE48860.2020.9149510

[7] Toledo, P., González González, C., Muñoz, V., Aciar, S., Hernandez Rodriguez, M., Fardoun, H. Sistema de recomendación para Juegos Serios. *Actas del V Congreso Internacional de Videojuegos y Educación (CIVE '17)*. Tenerife, España.

[8] Kinzer, C. K., Hoffman, D., Turkay, S., Gunbas, N., Chantes, P., Dvorkin, T., & Chaiwinij, A. The Impact of Choice and Feedback on Learning, Motivation, and Performance in an Educational Video Game. 2012. In *Proceedings of the Games, Learning, and Society Conference (Vol. 2, pp. 175-181)*. Pittsburgh, PA: ETC.

[9] Chin, R. Dukes y W. Gamson, "Evaluación en simulación y juegos: una revisión de los últimos 40 años", *Simulación y juegos*, vol. 40, no. 4, págs. 553–568, 2009.

[10] RT Hays, "La efectividad de los juegos educativos: una revisión y discusión de la literatura", *Tech. Rep.2005-004*, Centro Naval División de Sistemas de Capacitación, 2005. de Guerra Aérea,

[11] G. Bente y J. Breuer, "Haciendo explícito lo implícito: medición incorporada en juegos serios", en *Juegos serios: mecanismos y efectos*, U. Ritterfeld, MJ Cody y P. Vorderer, Eds., Págs. 322–343, Routledge, Nueva York, NY, EE. UU., 2009.

[12] Massa, S. y Kühn F. *Analíticas de aprendizaje para Serious Games*. XX WICC.

[13] Ferguson, R. y Shun, S. *Social Learning Analytics*. *Journal of Educational Technology and Society*. July 2012.

[14] Massa, S. M., Moro, L., Bacino, G., Pirro, A., Evans, F., Hinojal, H., Spinelli, A., Zapiraín, E., Rico, C., Kühn, F., Lanzillota, F. *El proceso de desarrollo de serious games. Modelos, herramientas y analíticas de aprendizaje*. WICC 2020.

[15] *The Impact of Choice and Feedback on Learning, Motivation, and Performance in an Educational Video Game*

[16] Hattie, J., Timperley, H. *The Power of Feedback*. *Review of Educational Research*, Vol. 77, No. 1 (Mar., 2007), pp. 81-112. American Educational Research Association.

[17] BlackyWilliam. *Developing the theory of formative assessment*. *Educational Assessment Evaluation and Accountability*. Febrero 1998. DOI: 10.1007/s11092-008-9068-5

[18] Alegre, A. *Academic self-efficacy, self-regulated learning and academic performance in first-year university students*. *Propósitos y Representaciones*, 2(1), 79-120. doi:

<http://dx.doi.org/10.20511/pyr2014.v2n1.54>

[19] Gaycho-Rodríguez, T. *Retroalimentación del desempeño frente al retroalimentación del resultado: un estudio inicial de sus efectos sobre el aprendizaje*. *Educationis Momentum*. Vol 3. 2017. ISSN 2414-1364.

[20] Alvarado, M. *Retroalimentación en educación en línea: una estrategia para la construcción del conocimiento*. RIED. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 17, núm. 2, 2014, pp. 59-73 Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia Madrid, Organismo Internacional.

Investigaciones y experiencias en el área de Interacción Persona Ordenador y Educación

Sanz Cecilia^{1,4} , Gorga Gladys¹ , Artola Verónica^{1,3} , Salazar Mesía Natalí¹ , Iglesias Luciano¹ , Archuby Federico^{1,2} , Nordio Mauricio^{1,4} , Buffarini Abril¹ , Ibañez Bárbara^{1,2}, Astudillo Gustavo⁵ 
Baldassarri Sandra⁶ 

¹Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI). Centro Asociado CIC.
Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata

²Becaria UNLP

³Becaria Doctoral CONICET

⁴ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

⁵ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de La Pampa

⁶GIGA AffectiveLab, Universidad of Zaragoza, España

{csanz, vartola, nsalazar, farchuby, mnordio}@lidi.info.unlp.edu.ar,
li@info.unlp.edu.ar, abrilbuffarini@gmail.com, astudillo.gustavo@gmail.com, sandra@unizar.es

RESUMEN

En este trabajo se presentan las investigaciones y experiencias que se vienen desarrollando en el marco de un sub-proyecto del Instituto de Investigación en Informática LIDI. En particular, se hace énfasis en los resultados alcanzados en el año 2021. El foco del trabajo se relaciona con modelos de interacción persona ordenador y su integración a contextos educativos. Específicamente, se aborda el diseño y desarrollo de juegos que integran diferentes modelos de interacción, cuyos objetivos van más allá del entretenimiento, entamándose con objetivos educativos. Al mismo tiempo, se diseñan experiencias educativas en entornos interactivos, que combinan el espacio físico y el virtual. También, se aborda el estudio de técnicas y herramientas vinculadas a la Computación Afectiva que pueden enriquecer procesos educativos mediados por tecnologías digitales. Se detallan aquí los avances realizados en estas temáticas. Como parte del proyecto, se participa en la formación de recursos humanos en el área, a través de tesis de postgrado, trabajos finales de grado, becarios de investigación y proyectos de innovación con alumnos.

Palabras clave: interacción persona-ordenador, interacción tangible, realidad aumentada, realidad virtual, entornos inmersivos, computación afectiva, escenarios educativos, juegos serios

CONTEXTO

Este trabajo se enmarca en el sub-proyecto titulado “Metodologías y herramientas para la apropiación de tecnologías digitales en escenarios educativos híbridos”, y forma parte de un proyecto más general titulado: “Metodologías, técnicas y herramientas de Ingeniería de Software en escenarios híbridos. Mejora de proceso” (período 2018-2021), en el que se estudian y diseñan

metodologías y herramientas de la Ingeniería de Software para escenarios híbridos que entran diferentes entornos, dispositivos, formas de acceso y de interacción. Se trata de un proyecto del Instituto de Investigación en Informática LIDI, de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata, acreditado por el Ministerio de Educación de la Nación.

1. INTRODUCCION

Las Interfaces de Usuario Tangibles (TUIs: Tangible User Interfaces) y la Interacción Tangible (IT), son conceptos que han ido ganando interés en el campo del área de Interacción Persona Ordenador (IPO) (Rodić & Granić, 2021).

Estas líneas de investigación se basan en la tangibilidad y la interacción con todo el cuerpo, integrando recursos computacionales diversos así como también diferentes formas de datos físicos y materiales (Hornecker y Buur, 2006). La IT combina el mundo real y el digital, dando la oportunidad de crear experiencias interactivas. Como consecuencia de estas posibilidades, en la actualidad se está trabajando en narrativas tangibles que permiten también abordar objetivos educativos. Éstas reflejan una realidad física del mundo, una historia o ambas (Echeverri & Wei, 2021). Las narrativas tangibles permiten interacciones naturales, ubicando en el centro de la experiencia a la persona, quien explora el espacio físico e interactúa con objetos aumentados digitalmente. Estos aspectos son de importancia para el aprendizaje (Marshall, 2007). El trabajo presentado por Rodić y Granić (2021), a través de una revisión sistemática de literatura, da cuenta de cómo se vienen desarrollando diversas experiencias educativas usando interacción tangible, y en particular, narrativas tangibles. Estos autores indican que las TUIs se constituyen en una ayuda para procesos de aprendizaje, ya que integran la dimensión háptica y el uso de un espacio compartido que combina lo digital con lo físico, y genera motivación y,

a su vez, da la posibilidad de crear nuevos materiales educativos (*digital manipulatives u objetos activos*) (Zuckerman, Arida, & Resnick, 2005). Los objetos activos permiten el pasaje de representaciones físicas a virtuales que puedan aportar al razonamiento y la comprensión. En el trabajo que aquí se presenta, se viene trabajando en el diseño y desarrollo de juegos que utilizan narrativas tangibles, con interfaces que involucran una mesa interactiva (*tabletop*), objetos activos (con capacidad de acción a partir de diferentes actuadores y sensores) (Alvarado, Sanz & Baldassarri, 2021), y proyecciones (Iglesias & Sanz, 2020), de manera tal de ofrecer una experiencia educativa innovadora.

Al mismo tiempo, se aborda el diseño de juegos educativos que utilizan realidad aumentada o realidad virtual como modelo de interacción. En el caso de la realidad aumentada, en el marco del proyecto, se está diseñando aplicaciones móviles con dinámica de juegos educativos. El uso de dispositivos móviles facilita el aumento de elementos físicos con escenas digitales, y posibilita el desarrollo de actividades interesantes con estudiantes. A partir de diversos estudios que aplican esta tecnología en el contexto universitario se puede observar que promueve la motivación, el aprendizaje activo, y constructivo (Laurens Arredondo, 2022; Romano, Sanz y Gorga, 2021). También se vienen utilizando técnicas de proyecciones para lograr aplicaciones de realidad aumentada. Esto se está aplicando en experiencias educativas que buscan enriquecer el contexto real con información digital (De Russis, 2015).

En cuanto a la realidad virtual (RV), ésta permite simular la presencia física de personas y objetos representados de manera gráfica en tres dimensiones, y genera así experiencias sensoriales realistas, posibilitando la sensación de inmersión, presencia e interactividad (Anopas, & Wongsawat, 2014), propias de esta tecnología (Menjivar Valencia et al., 2021; Chirinos, Sanz, & Dapoto, 2020). Durante 2020 y 2021, se han desarrollado diversos juegos de RV que se pueden jugar con gafas y dispositivos móviles para ofrecer una experiencia inmersiva, y también se han exportado para PC para dar más posibilidades de acceso a los estudiantes interesados.

Finalmente, como parte de las líneas de investigación y experiencias que aquí se presentan, se está trabajando en el área de Computación Afectiva, para enriquecer procesos educativos en los que intervienen tecnologías digitales (Astudillo, Sanz & Baldassarri, 2020). Picard (1999) en su trabajo sobre Computación Afectiva, menciona esta disciplina como vinculada al área de Inteligencia Artificial, y afirma que se orienta a desarrollar métodos computacionales vinculados a reconocer emociones humanas y generar emociones sintéticas. En este sentido, en el proyecto que da contexto a este trabajo, se vienen desarrollando tesis doctorales basadas a esta temática y su aplicación en escenarios educativos.

Las líneas de investigación aquí presentadas guardan relación directa con las temáticas de la Maestría y Especialización en Tecnología Informática Aplicada en Educación de la misma Facultad, por lo que se desarrollan tesis y trabajos finales en estos temas. También se cuenta con una agenda de cooperación a nivel nacional e internacional, que permite profundizar el trabajo que se lleva adelante en el III-LIDI.

2. LINEAS DE INVESTIGACION / DESARROLLO

Se mencionan aquí las principales líneas de investigación y desarrollo abordadas en el marco del proyecto:

- Juegos educativos basados en realidad aumentada, interacción tangible y realidad virtual. Juegos pervasivos.
- Metodologías y herramientas para el diseño de aplicaciones educativas basadas en estos paradigmas.
- Interacción Tangible. Marcos que fundamentan este paradigma, relación entre objetos físicos y digitales, aplicaciones en educación.
- Objetos Pasivos y Activos para IT. Tipos de *feedback* en objetos activos.
- Realidad Aumentada para juegos educativos.
- Entornos inmersivos e interactivos basados en realidad virtual. *Embodied Interaction*
- Sistemas educativos adaptativos y sistemas recomendadores para recursos educativos.
- Computación Afectiva en entornos digitales para el escenario educativo.

Estas líneas se sostienen a partir del trabajo conjunto de docentes investigadores, becarios, tesistas, pasantes y estudiantes que participan.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

En esta sección se presentan los resultados alcanzados en el sub-proyecto fundamentalmente durante el 2021 e inicios del 2022.

En 2021 se profundizó una revisión de literatura sobre experiencias educativas de IT, al mismo tiempo se avanzó en el análisis de los resultados de la tesis doctoral de uno de los miembros del proyecto (Artola, Sanz & Pesado, 2020; Artola, Pesado & Sanz, 2019). Durante 2021, se elaboró un artículo que está siendo evaluado (Artola, Sanz & Baldassarri, 2022). Se abordaron pruebas con estudiantes y otros usuarios del juego serio *Albores*, que integra interfaces tangibles con objetos activos, y realidad aumentada, creando un ambiente combinado físico-virtual. *Albores* fue presentado como demo educativa en el marco del Congreso TEyET 2021 (Bigurrarena et al., 2021). Este juego se orienta a dar a conocer figuras innovadoras de la historia de la Informática, e integra el uso de una mesa interactiva, donde se desbloquean mini-juegos a medida que se avanza en las categorías y niveles que se proponen. Las pruebas realizadas han llevado a mejorar alguna de las tecnologías subyacente para dar más robustez en la

interacción. Aquí se puede visualizar una demo de este juego (<https://youtu.be/cU009RmpW7g>). También se llevan adelante tareas técnicas relacionadas con la construcción de mesas interactivas (Nordio & Sanz, 2021). Actualmente, se está terminando de armar una tercera mesa (VisionAR III).

En el marco de un proyecto de innovación con estudiantes, se llevó adelante un juego denominado Escapados, el cual integró un equipo interdisciplinario en el que intervinieron también estudiantes de la Especialización y Maestría en Tecnología Informática Aplicada en Educación. Este juego se orienta a reforzar aprendizajes del área de Química y Matemática, a través de un entorno 3D, y el uso de interacción tangible con objetos del entorno físico que deben ser reconocidos ante la cámara web del jugador, para ser incorporados como parte de la historia de Escapados y poder resolver desafíos. Para ello fue necesario utilizar técnicas de reconocimiento basadas en visión por computadora. El juego aún está en desarrollo, y fue presentado en las Jornadas de Ciencia y Tecnología 2021 de la Facultad de Informática, UNLP (Zeballos et al., 2021).

En cuanto a las investigaciones y experiencias con RV, durante 2021 se avanzó en los temas relacionados a la tesis de maestría de Chirinos (2020). Además, se continuó articulando con el proyecto de extensión de la UNLP, titulado Huellas patrimoniales (Rucci & Sanz, 2021). Este proyecto se orienta a dar a conocer y acercar el patrimonio argentino a poblaciones (en especial niñas/niños) con algún tipo de vulnerabilidad social. En 2021 se desarrollaron dos ejes más del juego de realidad virtual: HuVi Parque Nacional Iguazú. Se trabajó en metodologías de diseño de juegos serios de RV, previo a abordar la implementación (Chirinos & Sanz, 2021; Archuvy, Sanz, & Manresa-Yee, 2020; Chirinos, Sanz, Rucci, Comparato, Gonzalez, Dapoto, 2020). También se diseñó en forma interdisciplinaria la versión de HuVi Ischigualasto y Talampaya. Esto involucró un trabajo entre miembros del proyecto Huellas Patrimoniales de la Licenciatura en Turismo, otros de la Facultad de Artes, y de la Facultad de Informática que cooperaron en el guionado, la producción multimedia y el diseño y desarrollo de la app de RV (Mazza, Rucci & Sanz, 2021). Se ofrecieron charlas y actividades en torno a estas aplicaciones. Además, se trabaja en dos tesis doctorales vinculadas al diseño y desarrollo de juegos serios, y en particular, de realidad virtual.

En 2021 y lo que va de 2022, se puso en marcha la difusión de Innovática, otro juego de RV desarrollado en el marco de un trabajo final de licenciatura, en el contexto de este sub-proyecto de investigación del LIDI (Mazza, Sanz & Artola, 2020). Este juego fue evaluado considerando su usabilidad, además, se está aplicando en talleres en el Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica (CIyTT) de la Facultad de Informática con estudiantes y docentes.

En relación a los temas de RA, se avanzó en una tesis de maestría donde se estudia la incidencia de la integración de actividades con realidad aumentada en el rendimiento académico (Romano, Sanz & Gorga, 2021). La tesis fue

presentada a fines de 2021 y está esperando su evaluación. En el marco de esta tesis se diseñó una actividad educativa basada en una guía de práctica en temas de programación, en la que se integró la realidad aumentada. El aumento presenta a un robot con guías pedagógico-afectivas para acompañar las tareas de los estudiantes. También se está desarrollando una tesis de maestría en la que se propone una herramienta para que los docentes desarrollen actividades educativas basadas en RA a partir de geolocalización (Salazar, Sanz, & Gorga, 2019, a y b). Finalmente, en 2021 se contó con una beca de iniciación a las vocaciones científicas, de la UNLP, a partir de ésta, se trabajó en el diseño de EmpoderAR (Ibañez & Sanz, 2021). Esta aplicación móvil, siguió estrategias de diseño basadas en las investigaciones previas de este sub-proyecto. En particular, se basó en la experiencia previa de diseño de Ruta Darwin (Lizarralde et al., 2019). EmpoderAR permite a través de una línea de tiempo sobre figuras destacadas de la Informática, aumentar la historia de algunas de las mujeres que han sido innovadoras en esta disciplina. Se trabaja con una dinámica lúdica, que a través de trivias, que posibilitan que el jugador puede ganar trofeos que luego aparecerán en la cueva de la sabiduría, la cual forma parte de la historia de EmpoderAR.

En relación a los temas de Computación Afectiva, se dirigen dos tesis doctorales en las que se trabaja en la recomendación de recursos (música, y videos educativos) considerando las emociones (Astudillo et al., 2020; Ospitia-Medina et al., 2020). En 2021 se ha investigado sobre los sesgos en los sistemas recomendadores de música (Ospitia-Medina et al., 2021, 2020). Al mismo tiempo, se investigaron metadatos para caracterizar videos educativos con emociones (Astudillo, Sanz & Baldassarri, 2021a), y sobre bases de datos emocionales, a partir de una revisión sistemática de literatura (Astudillo, Sanz & Baldassarri, 2021b). Finalmente, se está participando en estas temáticas a través de otros proyectos con universidades del país (Sanz et al., 2021) y del exterior (Baldassarri, Sanz, Coma, Aguelo-Arguis, & Alvarez, 2019).

En cuanto a los proyectos vinculados y los acuerdos de cooperación, el III-LIDI participa en los siguientes:

- Se cuenta con un acuerdo de colaboración en estos temas con la Universidad de Zaragoza y la Universidad de Islas Baleares para cooperar en estas temáticas.
- Se ha obtenido financiamiento en el marco de una convocatoria K107 de Erasmus para estancias de viaje entre la Universidad de Zaragoza y la Universidad Nacional de La Plata.
- Se participa en el proyecto “*Pervasive Gaming Experiences For @ll* (Pergamex)”, en particular en el subproyecto (RTI2018-096986-B-C31) de la UZ.
- Además, la Dra. Sanz es miembro colaborador del grupo de Investigación en Interfaces Avanzadas (AffectiveLab).
- Se participa en la Red constituida por universidades de Iberoamérica en el marco del programa "Pablo Neruda" dentro del Espacio Iberoamericano del

Conocimiento (EIC) y de la Organización de los Estados Iberoamericanos (OEI) orientada a la movilidad de estudiantes y docentes de doctorado.

- Se participa en la RedAUTI: Red temática en Aplicaciones y Usabilidad de la Televisión Digital Interactiva. En este ámbito se analizan materiales educativos para la TVDI.
- Se dirige un proyecto con la Universidad Nacional de Río Negro en relación a estas temáticas y se participa asesorando un proyecto de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

En este proyecto se participa en la formación de recursos humanos a través de la dirección de tesis de doctorado, maestría, trabajos finales de especialización y tesinas de grado; también con becas de diferentes organismos de ciencia y técnica. En 2021, se ha finalizado 1 tesis de Maestría dirigida en relación a los temas de RA y que espera su evaluación. Se ha finalizado una beca de iniciación a las vocaciones científicas de UNLP, con presentación e informe final de actividades. Se trabajó en la formación de un personal de apoyo de la CICPBA vinculado a los temas de Interacción Tangible. Además se ha desarrollado un proyecto de innovación con alumnos, con 3 alumnos participantes de Ingeniería en Computación, y 2 de Especialización y Maestría en TIAE, respectivamente.

5. BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, M. C., Sanz, C., & Baldassarri, S. (2021). Desarrollo de una experiencia educativa con juguetes activos en una mesa de interacción tangible. *Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO)*, 2(2), 74-84.
- Anopas, D., & Wongsawat, Y. (2014). Virtual reality game for memory skills enhancement based on QEEG. *Proceedings of the 7th 2014 Biomedical Engineering International Conference*, pp. 1-5
- Archuby, F., Sanz, C. & Manresa-Yee, C. (2020). Metodologías de diseño y desarrollo para la creación de juegos serios digitales. Tesis de maestría finalizada. Sep. 2020. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/111123>
- Artola, V., Sanz, C. & Baldassarri, S. (2022). A Novel Tangible Interaction Authoring Tool for Creating Educational Activities: Analysis of its Acceptance by Educators. *TLT-2022-01-0025*. Enviado para su evaluación en enero de 2022.
- Artola, V., Sanz, C. & Pesado, P. (2020). Tesis Doctoral. Interacción tangible en escenarios educativos. Diseño de una herramienta de autor para la creación de Actividades educativas basadas en interacción tangible. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/98135>
- Artola, V.; Pesado, P. & Sanz, C (2019). EDIT: una herramienta de autor para la creación de actividades educativas basadas en interacción tangible. *Actas del XIV Congreso sobre Tecnología en Educación & Educación en Tecnología (TE&ET 2019)*, ISBN: 978-987-733-196-7, págs. 115-124. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/90735>
- Astudillo, G. J., Sanz, C. V., & Baldassarri Santalucía, S. (2021a). Revisión sistemática sobre la meta- anotación de videos educativos con emociones. In *XVI Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología-TE&ET 2021 (La Plata, 10 y 11 de junio de 2021)*.
- Astudillo, G., Sanz, C. & Baldassarri, S. (2021b). Análisis del etiquetado emocional de videos educativos. *JAUTI* 2021. <https://link.springer.com/conference/jatui>
- Astudillo, G.; Sanz, C. & Baldassarri, S. (2020). Definición de un modelo de relaciones entre tipos de videos educativos, perfiles de usuarios y emociones. Propuesta de tesis de doctorado aprobada en 2020.
- Baldassarri, S., Sanz, C. Coma, T., Aguelo, A. & Alvarez, P. (2019) Involving students in the generation of automatic assessment tests. *12th annual International Conference of Education, Research and Innovation. ICERI2019*, isbn 978-84-09-14755-7, issn 2340-1095, doi: 10.21125/iceri.2019.1687, España, 7105-7113
- Bigurrarena, N., Ballardini, E., Artola, V., Buffarini, A., Nordio, M., & Sanz, C. V. (2021). Albores: un juego basado en interacción tangible para conocer figuras destacadas de la historia de la Informática. In *XVI Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología-TE&ET 2021 (La Plata, 10 y 11 de junio de 2021)*.
- Chirinos, Y., & Sanz, C. (2021). Guión ejes 2 y 3 HuVi Parque Nacional Iguazú.
- Chirinos, Y., Sanz, C. & Dapoto, S. (2020) La realidad virtual como mediadora de aprendizajes. Desarrollo de una aplicación móvil de realidad virtual orientada a niños. Tesis de Maestría en Tecnología Informática Aplicada en Educación finalizada en Diciembre de 2020. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/111879>
- Chirinos Delfino, Y., Sanz, C. V., Rucci, A. C., Comparato, G. J., Gonzalez, G., & Dapoto, S. H. (2020). HUVI: una aplicación de realidad virtual para acercar el patrimonio argentino. In *XV Congreso Nacional de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2020)*.
- De Russis, L. (2015). *Interacting with Smart Environments: Users, Interfaces, and Devices*. IOS Press. Vol7, Nro.1, ISSN: 1876-1364. *J. Ambient Intell. Smart Environ*, pp 115-116.
- Echeverri, D. & Wei, H. (2021). Designing Physical Artifacts for Tangible Narratives: Lessons Learned from Letters to José In *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '21)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 94, 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1145/3430524.3446070>

- Hornecker, E. & Buur, J. (2006). Getting a Grip on Tangible Interaction: A Framework on Physical Space and Social Interaction. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems CHI 2006, ACM, Montreal, Quebec, Canada, 437–446.
- Ibañez, B.R. & Sanz, C. (2021). Informe final de beca. Entregado en octubre de 2021.
- Iglesias, L. & Sanz, C. (2020). Aplicación de inmersión en Murales con Kinect. Informe de Tareas.
- Laurens-Arredondo, L. (2022). Mobile augmented reality adapted to the ARCS model of motivation: a case study during the COVID-19 pandemic. *Educ Inf Technol*. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10933-9>
- Lizarralde, A.; Sanz, C.; Gorga, G.; Buffarini, A.; Beltrán, E. & Kraselsky, R. (2019). Ruta Darwin: un juego con realidad aumentada para conocer las experiencias de Charles Darwin en su travesía a bordo del Beagle. *TE&ET 2019*. ISBN: 978-987-733-196-7. Pp. 262-264.
- Sanz, C. V., Lovos, E., Goin, M., Ricca, M. V., Molina, C., Gil, E., & Gastaminza, M. (2021). Juegos serios y realidad aumentada. In XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja).
- Marshall, P. (2007). Do tangible interfaces enhance learning? En Proceedings of the 1st international conference on tangible and embedded interaction (pp. 163–170). New York, USA: ACM. <http://doi.acm.org/10.1145/1226969.1227004> doi: 10.1145/1226969.1227004
- Mazza, M., Rucci, A.C., & Sanz, C. (2021). Juego serio con realidad virtual HuVi Ischigualasto y Talampaya. Desarrollada con el equipo del proyecto Huellas Patrimoniales. Disponible en: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.LIDI.HuViIschigualastoTalampaya&hl=es_AR&gl=US
- Mazza, M., Sanz, C., & Artola, V. (2020). Juego serio con realidad virtual para jóvenes orientado a conocer hitos de la historia de la Informática. Tesina de grado finalizada. Disponible en:
- Menjívar Valencia, E., Sánchez Rivas, E., Ruiz Palmero, J., & Linde Valenzuela, T. (2021). Revisión de la producción científica sobre la Realidad Virtual entre 2016 y 2020 a través de Scopus y WOS. *EDMETIC*, 10(2), 26-55. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v10i2.13422>
- Nordio, M. & Sanz, C. (2021). Informe técnico de tareas de personal de apoyo CIC. Período: octubre 2020 a octubre 2021.
- Ospitia-Medina, Y., Baldassarri, S., Sanz, C., & Beltrán, J. (2021). Music Recommender Systems: A Review Centered on Biases. Aprobado para publicar en “Advances in Speech and Music Technology: Computational Aspects and Applications” of the Springer book series “Signal and Communication Technology”. Esperando su publicación.
- Ospitia-Medina, Y., Baldassarri, S., Sanz, C., Beltrán, J. R., & Olivas, J. A. (2020). Fuzzy Approach for Emotion Recognition in Music. In 2020 IEEE Congreso Biental de Argentina (ARGENCON) (pp. 1-7). IEEE.
- Picard, R. (1999). Affective Computing for HC, en Proceedings of HCI International on Human-Computer Interaction: Ergonomics and User Interfaces-Volume I - Volume I, Hillsdale, NJ, USA, 1999, pp. 829-833.
- Rodić, L. D., & Granić, A. (2021). Tangible interfaces in early years’ education: a systematic review. *Personal and Ubiquitous Computing*. doi:10.1007/s00779-021-01556-x
- Romano, L., Sanz, C. V., & Gorga, G. M. (2021). Realidad aumentada y su vinculación con el rendimiento académico. In XVI Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología-TE&ET 2021 (La Plata, 10 y 11 de junio de 2021).
- Rucci, A.C. & Sanz, C. (2021). Informe de tareas proyecto de Extensión: Viajes inclusivos y nuevas experiencias sensoriales por medio de realidad virtual.
- Salazar, N.; Sanz, C. & Gorga, G. (2019 a). Análisis comparativo de librerías de realidad aumentada. Sus posibilidades para la creación de actividades educativas. *Especialización en TIAE*.
- Salazar Mesía, N.; Sanz, C. & Gorga, G. (2019 b). Diseño de plantillas para la creación de actividades educativas con Realidad Aumentada en AuthorAR. XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Octubre, Córdoba. ISBN: 978-987-688-377-1.
- Salazar Mesía, N.; Sanz, C. & Gorga, G. (2019 c). Posibilidades de las librerías de Realidad Aumentada en el desarrollo de actividades educativas. XIV Congreso Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TEYET 2019). San Luis.
- Zeballos, M., Lombardo, S., Fanelli, V., Artola, V., Archuby, F., Ferreyra, P., Gubaro, M., Sanz, C. (2021). Escapados. Presentación de la Jornadas de CyT 2021, FI, UNLP. Disponible en: <https://youtu.be/ffqFTiPult4>
- Zuckerman, O., Arida, S., y Resnick, M. (2005). Extending tangible interfaces for education: Digital montessori-inspired manipulatives. En Proceedings of the sigchi conference on humanfactors in computing systems, pp. 859–868).ACM. <http://doi.acm.org/10.1145/1054972.1055093>

Realidad Aumentada en diálogos de estudiantes colaborativos

Luis Gerez Martinez, Rosanna Costaguta y María de los Ángeles Menini
Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información (IISI)
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT)
Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE)
luis.gerez@gmail.com; {rosanna, marameni}@unse.edu.ar

RESUMEN

Los beneficios que los entornos de Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora aportan a los procesos de enseñanza y de aprendizaje están ampliamente investigados. Sin embargo, la inclusión tecnologías actuales en estos entornos, como es la realidad aumentada, abrió nuevos caminos de investigación.

Docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Santiago del Estero disponen desde hace varios años de la aplicación COLLAB. Esta aplicación fue especialmente creada para dar soporte a las actividades de diálogo en pequeños grupos de estudiantes colaborativos.

La presente línea de investigación se enfoca en el estudio de la realidad aumentada aplicada en contextos colaborativos de educación. En particular, se quiere incorporar nuevas funcionalidades a la aplicación COLLAB para posibilitar la gestión de recursos aumentados por parte de docentes y estudiantes. Para esto, se desarrollará especialmente un módulo que luego será acoplado a COLLAB. La experimentación con grupos de estudiantes reales, que usarán la aplicación durante sesiones colaborativas especialmente diseñadas, permitirá recopilar los datos necesarios para efectuar la validación correspondiente.

Palabras clave: *Realidad Aumentada, Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora, Tecnologías web 2.0 y móviles.*

CONTEXTO

En este artículo se presenta una de las líneas de investigación del proyecto “*Desarrollo de aplicaciones para colaboración en e-learning*”, acreditado y financiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (SECyT - UNSE) para el período 2022-2025. El proyecto responde a una de las líneas prioritarias de investigación del IISI, vinculada con la creación y uso de tecnologías informáticas destinadas a mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Por otro lado, el proyecto continúa una línea de investigación iniciada en 2010-2011 por el proyecto 23/C089 “*Fundamentos Conceptuales y Soportes Tecnológicos de la Informática Educativa*”, continuada en 2012-2016 por el proyecto 23/C097 “*Sistemas de Información Web Basados en Agentes para Promover el Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora*”, y en 2017-2021 por el proyecto 23/C138 “*Mejorando escenarios de aprendizaje colaborativo soportado por computadora*”. Todos proyectos acreditados y financiados por SECyT – UNSE.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, de la mano de internet y del avance tecnológico, los contextos pedagógicos y sus propias prácticas han ido evolucionando. Estas transformaciones llevaron a definir nuevos espacios formativos y a implementar en ellos nuevas tecnologías que permiten generar nuevos recursos utilizables en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Este es el caso de la denominada Realidad Aumentada (RA).

Azuma [1] definió a la RA como sistemas que presentan las siguientes características: combinan lo real con lo virtual, existe interacción en tiempo real, y esa interacción es tridimensional.

Por otra parte, para Cubillo *et al.* [2] la RA es todo sistema interactivo que tiene como entrada la información del mundo real, a la que superpone nueva información digital en tiempo real, pudiendo esa información ser imágenes, objetos tridimensionales, textos, videos, etc. Con lo que la realidad se presenta al usuario aumentada a través del uso de diferentes tecnologías.

Pence [3] establece la existencia de dos taxonomías de aplicación de RA en términos de desarrollo: la RA basada en marcadores y la RA sin marcadores.

Un marcador es una etiqueta o clave que permite activar un objeto virtual posicionándolo en el mundo real de los usuarios. La RA basada en marcadores requiere para operar de cinco elementos: un dispositivo informático (por ejemplo, una computadora portátil o de escritorio), un software para RA, etiquetas o marcadores, cámara web, y un dispositivo de visualización (por ejemplo, una pantalla de computadora o un proyector). Al detectar el marcador a través de la cámara web, el objeto virtual se puede mostrar en la pantalla de la computadora.

Por el contrario, la RA sin marcadores se basa en cualquier parte del entorno real como objetivo para proyectar un objeto virtual. Opera incorporando un sistema de posicionamiento global (GPS) que identifica coordenadas o ubicaciones. Luego, el GPS entrega la información generada por computadora a esas coordenadas [4].

Generalmente todos los elementos enunciados en los párrafos previos están disponibles en los ambientes virtuales de aprendizaje, lo cual facilita la incorporación de la RA en ellos.

Estudios recientes han reportado que la inclusión de nuevos elementos tecnológicos con fines educativos (como la RA), aumenta el

interés por aprender y la motivación de los estudiantes [5]. Adicionalmente, la utilización de aplicaciones colaborativas con RA fomenta el trabajo en equipo, lo que resulta ventajoso pues así los estudiantes comparten conocimiento, dudas, u opiniones, y logran un mejor nivel cognitivo al que obtienen trabajando individualmente [6].

Actualmente, los docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Santiago del Estero disponen de una aplicación web especialmente creada para gestionar y soportar experiencias de aprendizaje colaborativo soportado por computadora basadas en diálogo (síncrono y asíncrono). Esta aplicación, denominada COLLAB [7], fue desarrollada años atrás por otra de las líneas de trabajo del proyecto de investigación al que pertenece la presente propuesta. COLLAB funciona en los servidores de la universidad para facilitar el acceso de la comunidad universitaria.

El objetivo de esta investigación es ampliar las funcionalidades de COLLAB para que los estudiantes y docentes que lo usan puedan valerse de recursos aumentados en sus actividades de enseñanza y de aprendizaje.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO/OBJETIVOS

Esta línea de trabajo se inserta en el área del aprendizaje colaborativo soportado por computadora, buscando promover la inclusión de nuevas tecnologías informáticas, para mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Puntualmente, se quiere acrecentar las posibilidades de uso de tecnologías en la aplicación COLLAB, para que los estudiantes que dialogan distribuidos en pequeños grupos puedan disponer de material de estudio aumentado (artículos en formato PDF, videos o imágenes). Por lo expuesto, se establecieron los siguientes objetivos para esta línea de trabajo:

- Desarrollar un módulo en entorno de RA para ser incluido en la aplicación COLLAB.

- Lograr que sea un módulo híbrido, es decir que funcione tanto para entornos WEB2.0, con sistemas operativos Windows y Linux, como para dispositivos móviles, con sistemas operativos Android e Iphone.
- Incluir una función que permita a los profesores cargar los recursos aumentados que quedarán disponibles para los grupos de estudiantes.
- Permitir a los estudiantes acceder a los recursos aumentados de manera personalizada para luego trabajar de manera colaborativa con sus compañeros de grupo.

Para alcanzar estos objetivos, primero se realizará la búsqueda y el análisis de bibliografía vinculada con el aprendizaje colaborativo soportado por computadora y con el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada en contextos educativos. Luego se llevará a cabo el diseño del nuevo módulo, y su implementación en la aplicación COLLAB. Para finalizar, se validará su correcto funcionamiento mediante su uso por parte de estudiantes y docentes reales.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Esta investigación pretende favorecer el desarrollo de conocimiento científico-tecnológico de relevancia para el desarrollo de sistemas de información web que hagan uso de recursos aumentados, adaptables a dispositivos móviles, en el área del Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora.

Algunos de los resultados a los que se espera arribar al concretar este trabajo son:

- Estado del arte referido a la inclusión de RA en contextos educativos.
- Una ampliación de las actuales funcionalidades de la aplicación COLLAB, a través de un nuevo módulo que permita gestionar recursos aumentados para uso en experiencias universitarias de aprendizaje colaborativo soportado por computadora.
- Resultados experimentales que permitan validar la propuesta.
- Difusión de los resultados alcanzados mediante presentaciones en congresos y publicación de artículos en revistas.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo de esta línea de investigación está compuesto por un docente investigador formado, y un docente investigador en formación. El equipo también cuenta con un integrante estudiante que está desarrollando su tesis de grado para obtener el título de Licenciado en Sistemas de Información en el marco de esta investigación.

5. REFERENCIAS

- [1] Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environment*, Vol. 6 (4), pp. 355–385. DOI:<https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- [2] Cubillo, J., Martín, S., Castro, M. & Colmenares, A. (2014). Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, Vol. 17(2), pp. 241-274. DOI:<https://doi.org/10.5944/ried.17.2.12686>
- [3] Pence, H. (2011). Smartphones, Smart Objects, and Augmented Reality. *The Reference Librarian*, Vol. 52, pp. 136-145. DOI:<https://doi.org/10.1080/02763877.2011.528281>
- [4] Phon, D., Ali, M., & Halim, N. (2014). Collaborative Augmented Reality in Education: A Review. In *Proceedings of the Inter. Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering*, pp. 78-83, DOI:<https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2014.23>
- [5] Barraza Castillo, R., Cruz Sánchez, V. & Vergara Villegas, O. (2015). A Pilot Study on the Use of Mobile Augmented Reality for Interactive Experimentation in Quadratic Equations. *Mathematical Problems in*

Engineering, Vol. 2015, Article ID 946034.
DOI:<https://doi.org/10.1155/2015/946034>

[6] Mendoza Morán, V., Rivera Guevara, R. & Barriga Andrade (2016). Sistemas de aprendizaje colaborativo móvil con realidad aumentada. *Revista Politécnica*, Vol. 38 (1), pp. 67-76. Editorial: Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

[7] Lescano, G. & Costaguta, R. (2018). COLLAB: Conflicts and Sentiments in chats. In *Proceedings of the XIX International Conference on Human Computer Interaction (Interacción 2018)*. Association for Computing Machinery (ACM), New York, USA, Article 33, pp. 1-4.
DOI:<https://doi.org/10.1145/3233824.3233864>

Adaptaciones en Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora

Leandro Nicolás García, Nevelin Irene Salazar y Rosanna Costaguta
Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información (IISI)
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT)
Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE)
leandrogarciasgo@gmail.com; {nsalazar, rosanna}@unse.edu.ar

RESUMEN

Dentro de un grupo de aprendizaje colaborativo cada estudiante manifiesta un comportamiento particular al desarrollar las actividades y tareas diseñadas por el profesor. Ese comportamiento no depende sólo de las necesidades que el grupo tenga en ese momento en particular, sino también, de la inclinación de cada estudiante hacia estilos propios de aprendizaje y de personalidad, entre otros.

Existen algunas investigaciones que demuestran que el estilo de aprendizaje de los estudiantes puede ser una característica a tener en cuenta para adaptar los contenidos y/o la navegación en contextos de enseñanza-aprendizaje mediados por tecnología. Sin embargo, existen otras características que podrían considerarse para ello, como, por ejemplo, los estilos de personalidad.

Docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Santiago del Estero disponen desde hace varios años de la aplicación COLLAB. Esta aplicación fue especialmente creada para dar soporte a las actividades de diálogo en pequeños grupos de estudiantes colaborativos.

Esta línea de trabajo propone definir adaptaciones para grupos de estudiantes colaborativos mediados por tecnología, con base en sus estilos de aprendizaje y de personalidad, a fin de maximizar sus logros de aprendizaje. La validación de tales adaptaciones será efectuada mediante sus implementaciones en la aplicación COLLAB. Posteriormente, grupos de estudiantes reales usarán la aplicación durante sesiones

colaborativas. Los datos experimentales que se recolecten serán procesados para validar esta propuesta.

Palabras clave: *Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora, adaptación, estilos de aprendizaje, estilos de personalidad.*

CONTEXTO

En este artículo se presenta una de las líneas de investigación del proyecto “*Desarrollo de aplicaciones para colaboración en e-learning*”, acreditado y financiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (SECyT - UNSE) para el período 2022-2025. El proyecto responde a una de las líneas prioritarias de investigación del IISI, vinculada con la creación y uso de tecnologías informáticas destinadas a mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Por otro lado, el proyecto continúa una línea de investigación iniciada en 2010-2011 por el proyecto 23/C089 “*Fundamentos Conceptuales y Soportes Tecnológicos de la Informática Educativa*”, y continuada en 2012-2016 por el proyecto 23/C098 “*Sistemas de Información Web Basados en Agentes para Promover el Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora*”, y en 2017-2021 por el proyecto 23/C138 “*Mejorando escenarios de aprendizaje colaborativo soportado por computadora*”. Todos los proyectos citados fueron acreditados y financiados por SECyT – UNSE.

1. INTRODUCCIÓN

El Aprendizaje Colaborativo describe la situación que se da en un grupo de estudiantes, en la que se espera que ocurran ciertas formas

de interacción entre ellos, que promuevan mecanismos de aprendizaje, pero sin garantías de que ello se produzca (Dillenbourg, 1999). Cuando los estudiantes que integran el grupo interactúan utilizando la computadora como medio de comunicación, de coordinación y de colaboración, se habla de Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadoras (ACSC).

La principal ventaja que se reconoce al ACSC es que los estudiantes y docentes pueden interactuar ubicados en puntos geográficos distantes, e incluso, contribuyendo en momentos diferentes en el tiempo, acorde con sus respectivas disponibilidades (Costaguta *et al.*, 2011).

Sin duda, la colaboración promueve el aprendizaje (Dillenbourg, 1999; Stahl, Koschmann & Suthers, 2006), y eso ocurre cuando los estudiantes elaboran explicaciones, comparaciones, síntesis, y son capaces de conectar diferentes ideas a través de sus interacciones (Soller, 2001; Stahl *et al.*, 2006). Sin embargo, crear grupos e instar a sus miembros a resolver una consigna de manera colaborativa, no garantiza en forma alguna que el comportamiento y el desempeño de esos grupos sean los adecuados, ni que la experiencia de enseñanza y de aprendizaje sea exitosa (Costaguta & Menini, 2014).

En la actualidad, de la mano de los recursos tecnológicos disponibles, la educación necesita proporcionar los medios y los recursos para generar nuevas formas de enseñar y de aprender. La incorporación de métodos y técnicas de adaptación en sistemas para ACSC permitirá no sólo ofrecer un aprendizaje independiente del tiempo y lugar, sino también, adaptable y personalizado a las necesidades particulares de cada estudiante y/o de cada grupo.

Por lo expuesto, en esta línea se propone investigar teórica, metodológica y experimentalmente las contribuciones que puedan realizarse para promover un ACSC exitoso mediante adaptación basada en estilos de aprendizaje y de personalización.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Según Brusilovsky (2001) la adaptación de los sistemas puede hacerse afectando su navegación y/o sus contenidos. En los sistemas de ACSC creemos que podría proporcionar a los estudiantes, por ejemplo, materiales, actividades, recorridos y asistencia de manera personalizada a sus preferencias (tanto individuales como grupales). Para ello sería necesario contar con la creación y mantenimiento de un modelo de estudiante, donde se registren los datos personales del alumno, sus progresos académicos, sus estilos de aprendizaje y de personalidad, intereses, y habilidades para resolver problemas, entre otros datos. El registro de toda esta información dará como resultado un modelo de estudiante integral, que permitirá apoyar a los alumnos a través de una personalización de todos los servicios del sistema de aprendizaje, y a los profesores ofrecer una mejor comprensión del proceso de aprendizaje de sus estudiantes (Salazar & Durán, 2016).

Los estilos de aprendizaje son un indicador de las diferencias individuales que los estudiantes poseen en la forma de percibir, representar, procesar y comprender los contenidos conceptuales enseñados por los profesores (Díaz Álvarez, 2013; Evans & Cools, 2011; Paz Penagos, 2014). Cada estudiante tiene un sistema de normas, nociones, comportamientos e ideas que le dan sentido a la práctica. Para comprender el sentido de esa práctica es necesario analizar el estilo de aprendizaje del estudiante, es decir, cómo recibe y procesa la información. Algunos antecedentes de consideración de estos estilos en sistemas de ACSC son los trabajos de Costaguta & Menini (2014), Lescano *et al.* (2016), Bourkokuou *et al.* (2016), Duque-Méndez *et al.* (2020).

Existen algunas investigaciones que vinculan a los estilos de personalidad con el aprendizaje (Bachtar *et al.*, 2017, Wu *et al.*, 2019), y algunas otras lo hacen con el desempeño académico de los estudiantes (O'Connor & Paunonen, 2007; Torres-Acosta *et al.*, 2013; Morales Rojas & Rojas Pinto,

2016; Mesurado *et al.*, 2018). Sin embargo, no se encontraron hasta el momento antecedentes que utilicen simultáneamente estilos de aprendizaje y de personalidad para realizar adaptaciones en sistemas de ACSC.

Dado lo expuesto en párrafos previos, se estableció como objetivo general de esta investigación, dotar a COLLAB de la capacidad de adaptarse a los estilos de aprendizaje y de personalidad de los estudiantes que la utilicen. Para ello se proponen las siguientes actividades:

- Estudiar las funcionalidades de la aplicación COLLAB a fin de incorporar las nuevas funcionalidades que se requieran para incorporar capacidades de adaptación y la gestión de un modelo de estudiante.
- Analizar las características de los estilos de aprendizaje y de personalidad. Se considerarán los estilos de aprendizaje definidos por Felder & Silverman (1988) y los estilos de personalidad conocidos como Big-Five (Digman, 1990).
- Diseñar el modelo de estudiante.
- Releva investigaciones que planteen vínculos entre estilos de aprendizaje y de personalidad.
- Diseñar los algoritmos de adaptación para luego programarlos e incorporarlos a COLLAB.
- Realizar experimentación para validar los desarrollos mediante el uso de COLLAB por parte de estudiantes y profesores.

Cabe aclarar que en la aplicación COLLAB los estudiantes actualmente determinan sus estilos de aprendizaje respondiendo un cuestionario compuesto por cuarenta y cuatro preguntas (Felder & Soloman, 1984) desde un enlace en la interfaz principal. De igual manera, disponen de un enlace que les permite responder otro cuestionario para descubrir sus estilos de personalidad considerando el modelo Big Five (Digman, 1990). Por lo que actualmente se dispone de esta información para cada estudiante registrado.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Esta investigación pretende favorecer el desarrollo de conocimiento científico-tecnológico de relevancia para el desarrollo de sistemas de información web adaptativos, en el área del Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora.

Algunos de los resultados a los que se espera arribar al concretar este trabajo son:

- Estado del arte referido a la inclusión de capacidades de adaptación o personalización en sistemas de e-learning.
- Una ampliación de las actuales funcionalidades de la aplicación COLLAB, dotándolo de capacidades de adaptación a los estilos de aprendizaje y de personalidad de los estudiantes.
- Resultados experimentales que permitan validar la propuesta.
- Difusión de los resultados alcanzados mediante presentaciones en congresos y publicación de artículos en revistas.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo de esta línea de investigación está compuesto por un docente investigador formado, y un docente investigador en formación. El equipo también cuenta con un integrante estudiante que está desarrollando su tesis de grado para obtener su título de Licenciados en Sistemas de Información en el marco de esta investigación.

5. REFERENCIAS

- Bachtiar, F., Sulisty, G., Cooper, E. & Katsuari, K. 2017. Affect, Personality, and Learning Styles. *In Online Reading Comprehension*. DOI: <https://doi.org/7883.10.1145/3029387.3029422>.
- Bourkougou, O., El Bachari, E. & El Alnani, M. 2016. A Personalized E-Learning Based on Recommender System. *In International Journal of Learning and Teaching*. DOI: <https://doi.org/10.18178/ijlt.2.2.99-103>.

- Brusilovsky, P. 2001. Adaptive hypermedia: User Modeling and User Adapted Interaction. *In Ten Year Anniversary Issue*. Alfred Kobsa. Amsterdam. pp. 87-110, 2001.
- Costaguta R., García P. & Amandi A. 2011. Entrenando las habilidades de colaboración de los estudiantes mediante agentes. *In Proc. IEEE Latin America Transactions*. Vol. 9(7), pp. 1118-1124. DOI: <https://doi.org/10.1109/TLA.2011.6129712>.
- Costaguta R. & Menini M. 2014. An Assistant Agent for Group Formation in CSCL based on Student Learning Styles. *In Proc. 7th Euro American Conference on Telematics and Information Systems*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 24, 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1145/2590651.2590674>
- Felder, R. & Silverman, L. (1988). Learning and Teaching Styles In *Engineering Education*. *Engr. Education*, Vol. 78(7), pp. 674-681.
- Felder, R. & Soloman, V. 1984. *Index of Learning Styles*. Disponible en: <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles> Último acceso: 04/03/2022.
- Díaz Álvarez, C. 2013. Mapas mentales y estilos de aprendizaje: Aportes a la enseñanza/aprendizaje en un espacio formativo en ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 8(16), pp. 45-52.
- Dillenbourg, P. 1999. Introduction: What do you mean by collaborative learning? *In Dillenbourg, P. (ed.), Collaborative learning: Cognitive and Computational Approaches*, Pergamon, Elsevier, pp. 1-19.
- Duque Méndez. N. D., Ovalle-Carranza, D., Carrillo-Ramos Á. 2020. Sistema basado en reglas para la generación personalizada de curso virtual, *TecnoLógicas*, vol. 23, no. 47, pp. 229-242, Disponible en: <https://doi.org/10.22430/22565337.1494>
- Digman, J. 1990. Personality Structure: Emergence of the Five-Factor Model. *Annual Review of Psychology*, Vol. 41, pp. 417-440.
- Evans, C. & Cools, E. 2011. Applying styles research to educational practice. *Learning and Individual Differences*, 21, pp. 249-254
- Lescano G., Costaguta R. & Menini, M. 2016. Applying Data Mining to Discover Successful Collaborative Groups Styles. *In 8th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS 2016)*, Cartagena de Indias, Colombia.
- Mesurado, B., Tortul, M. & Schönfeld, F. 2018. Cinco grandes rasgos de personalidad: su relación con el flujo y el compromiso académico, Big Five Traits Of Personality: Theirrelations With Flow And Academic Engagement.
- Morales Rojas, Y. & Rojas Pinto, J. 2016. La personalidad y el estilo de aprendizaje: una relación mutua en el rendimiento académico en la clase de inglés. *Revista de Lenguas Modernas*, Nro (24). DOI: <https://doi.org/10.15517/rlm.v0i24.24688>
- O'Connor, M. & Paunonen, S. 2007. Big Five Personality Predictors of Post-Secondary Academic Performance. *In Personality and Individual Differences*, Vol. 43 (5), pp, 971-990. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.paid.2007.03.017>.
- Paz Penagos, H. 2014. Aprendizaje autónomo y estilo cognitivo: diseño didáctico, metodología y evaluación. *Revista Educación en Ingeniería*, 9(17), pp. 53-65.
- Soller, A. 2001. Supporting Social Interaction in an Intelligent Collaborative Learning System. *In International Journal of Artificial Intelligence in Educ.*, Vol. 12(1), pp. 40-62.
- Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D. 2006. Computer-Supported Collaborative Learning. *En Sawyer, R. K. (ed.) The Cambridge Handbook of The Learning Sciences*, pp. 409-426. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Salazar, N. & Durán, E. 2016 Objetos de aprendizaje personalizados para entornos ubicuos. Una revisión de antecedentes. *En actas de XI Jornadas de Ciencia y Tecnologías de facultades de Ingeniería del NOA*. UNJU.

Torres-Acosta, N., Rodríguez Gómez, J., & Acosta-Vargas, M. 2013. Personalidad, aprendizaje y rendimiento académico en medicina, *En Investigación en Educación*

Médica, Vol 2, Issue 8, 2013, pp 193-201, DOI: [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72712-1](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72712-1).

Wu, W., Chen, L., Yang, Qi & Li, Y. 2019. Inferring Students' Personality from Their Communication Behavior. In *Web-based Learning Systems. Intern. Journal of Artificial Intelligence in Education*. DOI: <https://doi.org/29.10.1007/s40593-018-00173-9>.

Nuevos criterios para formación de grupos colaborativos en COLLAB

Camila Arce, Pablo Santana-Mansilla y Rosanna Costaguta

Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información (IIISI)

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT)

Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE)

camilarce2710@gmail.com; psantana@unse.edu.ar; rosanna@unse.edu.ar

RESUMEN

En los sistemas de Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora los estudiantes trabajan en grupos interactuando mediante el uso de computadoras. Para promover el éxito de las actividades que esos grupos desarrollan, es necesario que la conformación de esos grupos no se decida de manera aleatoria sino bajo determinados criterios.

Existen algunas investigaciones que demuestran que considerar el estilo de aprendizaje de los estudiantes puede ser la característica utilizada para agruparlos con determinados pares. Sin embargo, existen otras características que podrían considerarse para ello, como podrían ser los estilos de personalidad, entre otras.

Docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Santiago del Estero disponen desde hace varios años de la aplicación COLLAB. Esta aplicación fue especialmente creada para dar soporte a las actividades de diálogo en pequeños grupos de estudiantes colaborativos.

Esta línea de trabajo propone definir nuevos criterios para agrupar a los estudiantes a fin de formar grupos en sistemas de Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora. La validación de los criterios que se definan será efectuada mediante su implementación en COLLAB como nuevas funcionalidades de la aplicación.

Palabras clave: *Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora, formación de grupos, estudiantes colaborativos.*

CONTEXTO

En este artículo se presenta una de las líneas de investigación del proyecto “*Desarrollo de aplicaciones para colaboración en e-learning*”, acreditado y financiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (SECyT - UNSE) para el período 2022-2025. El proyecto responde a una de las líneas prioritarias de investigación del IIISI, vinculada con la creación y uso de tecnologías informáticas destinadas a mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Por otro lado, el proyecto continúa una línea de investigación iniciada en 2010-2011 por el proyecto 23/C089 “*Fundamentos Conceptuales y Soportes Tecnológicos de la Informática Educativa*”, y continuada en 2012-2016 por el proyecto 23/C098 “*Sistemas de Información Web Basados en Agentes para Promover el Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora*”, y en 2017-2021 por el proyecto 23/C138 “*Mejorando escenarios de aprendizaje colaborativo soportado por computadora*”. Todos los proyectos citados fueron acreditados y financiados por SECyT – UNSE.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se potenció el uso de Internet como herramienta para la enseñanza y el aprendizaje, y como tal fue incluida en el área del Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora (ACSC). En los últimos años, principalmente por efecto de la pandemia por Covid-19, se acentuó la necesidad de utilizar plataformas virtuales que favorezcan el ACSC.

Independientemente del necesario diseño de las actividades de aprendizaje colaborativo que se vayan a desarrollar en esas plataformas, para alcanzar un adecuado ACSC resulta importante agrupar a los estudiantes de manera tal que se propicien buenos desempeños individuales y grupales.

Actualmente, los docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Santiago del Estero disponen de una aplicación web especialmente creada para gestionar y soportar experiencias de aprendizaje colaborativo soportado por computadora basadas en diálogo (síncrono y asíncrono). Esta aplicación, denominada COLLAB [1], fue desarrollada años atrás por otra de las líneas de trabajo del proyecto de investigación al que pertenece la presente propuesta. COLLAB funciona en los servidores de la universidad para facilitar el acceso de la comunidad universitaria.

De acuerdo con el estudio realizado por Costaguta [2], los grupos en ACSC se conforman de diferentes maneras: en algunos casos es el profesor quien selecciona aleatoriamente a los miembros de cada grupo, o establece algún criterio para dicha selección; en otros, son los alumnos quienes se agrupan por amistad, afinidad en la forma de trabajar, etc.

En la aplicación COLLAB el docente dispone de funcionalidades que le permiten conformar los grupos de estudiantes seleccionándolos de manera directa, eligiéndolos de manera aleatoria, o creando

los grupos mediante un algoritmo genético que considera las mejores combinaciones de estudiantes en base a sus respectivos estilos de aprendizaje. Sin embargo, COLLAB no solo dispone del estilo de aprendizaje de cada estudiante, también cuenta con la identificación de su estilo de personalidad. A la fecha esta última característica no ha sido considerada para realizar agrupamientos en COLLAB, tampoco se ha probado con una combinación de ambos estilos.

Existen varios modelos de estilos de aprendizaje, pero el considerado en esta investigación es el ideado por Felder y Silverman [3], quienes proponen cuatro dimensiones de análisis y dos estilos contrapuestos para cada una de ellas: dimensión 1, percepción (estilos intuitivo o sensitivo), dimensión 2, entrada (estilos visual o verbal), dimensión 3, procesamiento (estilos activo o reflexivo), y dimensión 4, comprensión (estilos global o secuencial). Considerando las combinaciones de valores posibles para las cuatro dimensiones se pueden definir 16 estilos distintos. Así, un estudiante puede manifestar un estilo intuitivo, verbal, activo y secuencial mientras otro responder a un estilo sensitivo, visual, activo y global, o a cualquier otra combinación posible.

En la aplicación COLLAB, para determinar su estilo de aprendizaje, los estudiantes responden un cuestionario compuesto por cuarenta y cuatro preguntas creado por Felder y Soloman [4]. Puede accederse al cuestionario desde un enlace que se encuentra disponible en la interfaz principal.

De igual manera disponen de un enlace que les permite responder un cuestionario para descubrir sus estilos de personalidad considerando el modelo Big Five [5]. Este modelo establece cinco categorías:

- Neuroticismo: tendencia a experimentar emociones negativas de forma crónica como depresión, ansiedad e ira.
- Extroversión: predisposición a tener emociones positivas y rasgos relacionados con actividad y energía, con tendencia a ser sociables, activos, locuaces y positivos.
- Apertura: relacionada con creatividad científica y artística, pensamiento divergente, liberalismo político y búsqueda proactiva y apreciación de nuevas experiencias.
- Amabilidad: orientación prosocial con tendencia a ser considerados, compasivos, cooperativos, confiados, amigables, perdonadores, generosos, y dispuestos a comprometer sus intereses con los de los demás.
- Responsabilidad: tendencia a la organización, autocontrol, perseverancia y motivación en conductas dirigidas a metas.

El objetivo de esta investigación es ampliar las funcionalidades de COLLAB para que los docentes que lo usan puedan valerse de nuevos criterios aplicables en la identificación de los estudiantes que conformarán cada uno de los grupos de aprendizaje.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO/OBJETIVOS

Con este proyecto se busca dar respuesta a los siguientes interrogantes:

- ¿Pueden utilizarse los estilos de personalidad para agrupar a los estudiantes promoviendo la mejora de sus desempeños?
- ¿Pueden utilizarse de manera simultánea los estilos de aprendizaje y de personalidad para agrupar a los estudiantes promoviendo la mejora de sus desempeños?

- ¿Es mejor formar grupos homogéneos o heterogéneos?
- ¿Es posible automatizar en COLLAB la formación de grupos aplicando los nuevos criterios elaborados?

Para alcanzar estos objetivos, primero se realizará la búsqueda de bibliografía vinculada con aprendizaje colaborativo soportado por computadora, y criterios aplicados hasta el momento para la conformación de grupos colaborativos de estudiantes en contextos educativos. Luego, se analizarán los antecedentes recabados y se elaborarán nuevos criterios para la formación automática de grupos. Esos nuevos criterios se implementarán como nuevas funcionalidades en la aplicación COLLAB. Para finalizar, se validarán sus correctos funcionamientos mediante su uso por parte de estudiantes y docentes reales.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Algunos de los resultados a los que se espera arribar al concretar este trabajo son:

- Estado del arte referido a los criterios implementados para conformación de grupos de estudiantes colaborativos en contextos educativos.
- Una ampliación de las actuales funcionalidades de la aplicación COLLAB, a fin de permitir identificar a los estudiantes que integrarán los grupos colaborativos considerando no sólo el estilo de aprendizaje.
- Resultados experimentales que permitan validar los criterios de agrupamiento definidos.
- Difusión de los resultados alcanzados mediante presentaciones en congresos y publicación de artículos en revistas.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo de esta línea de investigación está compuesto por un docente investigador formado, y un docente

investigador en formación. El equipo también cuenta con un integrante estudiante que está desarrollando su tesis de grado para obtener el título de Licenciado en Sistemas de Información en el marco de esta investigación.

5. REFERENCIAS

- [1] Lescano, G. & Costaguta, R. (2018). COLLAB: Conflicts and Sentiments in chats. In *Proceedings of the XIX International Conference on Human Computer Interaction (Interacción 2018)*. Association for Computing Machinery (ACM), New York, USA, Article 33, pp. 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1145/3233824.3233864>
- [2] Costaguta, R. (2015). Algorithms and Machine Learning Techniques in

Collaborative Group Formation. *LNAI 9414: Advances in Artificial Intelligence and Its Applications*. Pichardo Lagunas, Obdulia, Herrera Alcántara, Oscar, Arroyo Figueroa, Gustavo (Eds.). pp. 249-258. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-27101-9_18

[3] Felder, R., & Silverman, L. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education Application. *Journal of Engineering Education*. Vol. 78(7).

[4] Felder, R., & Soloman, V. (1984). Index of Learning Styles. Disponible en: <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles> Último acceso: 04/03/2022.

[5] Digman, J. (1990). Personality Structure: Emergence of the Five-Factor Model. *Annual Review of Psychology*, Vol. 41, pp. 417–440.

SISTEMA INFORMÁTICO DE PREDICCIÓN DE DESERCIÓN ESTUDIANTIL UNIVERSITARIA BASADO EN UN MODELO DE INDICADORES DE REGULACIÓN DEL APRENDIZAJE, EN ENTORNOS EDUCATIVOS MEDIADOS POR TIC

**ISTVAN, Romina; LASAGNA, Valeria;
BACIGALUPE, María de los Ángeles; RIVERO, Julieta**

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata
Grupo de I&D Aplicado a Sistemas Informáticos, GIDAS UTN FRLP*

*Av. 60 s/n° esquina 124, CP 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
{ristvan; valerial; mabacigalupe}@frlp.utn.edu.ar; julietaa.rivero@gmail.com*

RESUMEN

La regulación del aprendizaje permite a los estudiantes transformar sus aptitudes mentales en competencias académicas convirtiéndose en un importante factor predictor del rendimiento académico y por consiguiente del logro estudiantil.

Incorporar este constructo a herramientas informáticas de gestión tutorial posibilita a las instituciones educativas caracterizar el perfil de cada estudiante y desarrollar estrategias de retención particularizadas promoviendo la tasa de graduación efectiva.

En este marco, el presente proyecto plantea como objetivo general incorporar al actual sistema de gestión tutorial de la UTN FRLP (Sistema ESDEU) indicadores de rendimiento académico, presencialidad y regulación del aprendizaje obtenidos de entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje (EVEAS).

Palabras clave: Sistemas de Gestión Tutorial, Regulación del Aprendizaje, Deserción

Estudiantil, Rendimiento Académico, Tutorías, Indicadores de Deserción.

CONTEXTO

Particularmente, la UTN La Plata en el año 2017 comenzó a trabajar formalmente en el diseño y desarrollo del Sistema ESDEU dentro del marco del Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID): «Estudio Sistemático de Deserción Estudiantil Universitaria» homologado por Rectorado UTN con código TEINNLP0003786, el cual continuó su línea de trabajo a partir del año 2020 con un nuevo PID: «Determinación de perfiles de riesgo de deserción estudiantil en UTN-FRLP utilizando técnicas de minería de datos» con código TEUTNLP0007653.

La función principal del Sistema ESDEU se basa en calcular automáticamente los factores de riesgo de deserción, presentar alertas tempranas y gestionar de manera eficiente el seguimiento de los estudiantes facilitando el conjunto de tareas de gestión tutorial.

Para realizar el cálculo del riesgo de deserción utiliza una fórmula matemática fundamentada en

los principales enfoques que conforman el marco teórico y el análisis particular del perfil de los estudiantes desertores de la institución conformando tres pilares o ejes de análisis:

(I) Perfil Socioeconómico.

(II) Inasistencias (Cursadas Libres y Faltas para el ciclo lectivo en curso).

(III) Rendimiento Académico (Promedio, Finales y Parciales).

Cada uno de estos ejes se asocian con una medida de importancia relativa o peso, que representa la incidencia sobre la estimación. A mayor peso, mayor incidencia.

La Estimación de Riesgo de Deserción obtenida para cada alumno en particular se visualiza en el sistema de gestión tutorial mediante un semáforo de colores: verde (sin riesgo), amarillo (riesgo leve), naranja (riesgo moderado) y rojo (crítico), junto a su valor numérico representativo.

El nuevo proyecto: “Sistema informático de predicción de deserción estudiantil universitaria basado en un modelo de indicadores de regulación del aprendizaje, en entornos educativos mediados por TIC” complementa el trabajo precedente y constituye junto con ellos en el primer estudio formal sobre deserción en la UTN La Plata, respondiendo a la necesidad de elevar la tasa de graduación efectiva en cada una de las especialidades que brinda la Regional.

1. INTRODUCCIÓN

La sociedad actual demanda nuevos perfiles profesionales capaces de intervenir en contextos laborales cambiantes, multidisciplinares, colaborativos, regionalizados y fuertemente mediados por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). En este sentido, el sistema universitario argentino trabaja en la

necesidad de consolidar un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante que incorpore los procesos de enseñanza mediados por la tecnología e incluya un enfoque basado en competencias.

En este contexto, el concepto de regulación del aprendizaje se transforma en un constructo esencial para responder a esta nueva demanda, ya que desarrolla la competencia de aprender a aprender, permitiendo a los estudiantes transformar sus aptitudes mentales en competencias académicas. Se convierte además en un importante factor predictor del logro estudiantil permitiendo a las instituciones educativas desarrollar políticas y estrategias curriculares y pedagógicas tendientes a minimizar la deserción estudiantil.

Motivado por las nuevas modalidades educativas por la pandemia relacionada con el covid-19 y teniendo en cuenta que el sistema ESDEU comenzó su desarrollo en el año 2017 donde las clases presenciales eran parte de la única modalidad brindada por la institución, se plantea con este nuevo proyecto la incorporación de indicadores del nuevo concepto de presencialidad, regulación del aprendizaje y rendimiento académico en entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje (EVEAS).

El proyecto establece como objetivos específicos:

- Caracterizar el concepto de nueva presencialidad de los estudiantes de la UTN FRLP en los entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje (EVEA).
- Caracterizar la regulación del aprendizaje de los estudiantes en entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje y su relación con el

rendimiento académico.

- Determinar métricas que ayuden a medir la regulación del aprendizaje en ambientes mediados por TIC.
- Construir un modelo de indicadores que posibilite la medición de la regulación del aprendizaje en ambientes mediados por TIC.
- Incluir los procesos de metacognición en las métricas y modelo de indicadores previamente obtenidos para evaluar en forma holística los mecanismos de regulación del aprendizaje en dichos entornos.
- Determinar la relación entre regulación del aprendizaje, rendimiento académico y los principales factores causales de la deserción estudiantil universitaria en la institución.
- Incorporar los modelos obtenidos al actual sistema de gestión tutorial ESDEU.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN y DESARROLLO

El área temática que el proyecto aborda responde fundamentalmente a investigación y desarrollo en *Tecnología Informática Aplicada en Educación*.

Particularmente trabaja con las líneas de investigación de *Educación a Distancia* y *Psicología Cognitiva* aplicada a Informática Educativa. Dentro de ellas aborda los constructos, métricas y sus relaciones en los entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje (EVEA) de:

- *Nueva presencialidad*
- *Regulación del aprendizaje*
- *Rendimiento académico*
- *Deserción estudiantil*

3. RESULTADOS OBTENIDOS / ESPERADOS

Se espera como resultado final del proyecto incorporar al actual sistema de gestión tutorial ESDEU indicadores del desempeño académico obtenidos de entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje (EVEAS).

Se espera con estas nuevas funcionalidades que la herramienta opere tanto en la modalidad presencial, virtual o mixta.

Atendiendo al objetivo general el proyecto contribuye a:

- 1- Promover las intervenciones de docentes y tutores facilitando la aplicación de estrategias tendientes a mejorar la regulación del aprendizaje y el desempeño académico de los alumnos en concordancia con el nuevo modelo propuesto por el Programa INNOVA@UTN de UTN Rectorado (2020). El modelo buscado se asocia con la enseñanza de la tecnología vinculada con la profesión desde la perspectiva teórica de una enseñanza centrada en el estudiante y el desarrollo de competencias propias del desempeño profesional.
- 2- Brindar un modelo de detección temprana de deserción estudiantil que contribuya a la mejora de los indicadores académicos en general.
- 3- Promover el incremento en las tasas de promoción efectiva, lo cual redundará directamente en la reducción de la deserción universitaria. De esta manera, contribuye con las Políticas Públicas de transformación social en el área de la Educación Superior.
- 4- Su aplicación particular en la UTN tiene como fin formar profesionales con una orientación científico-tecnológica, promoviendo de esta manera, una participación activa en el desarrollo de la Industria.
- 5- Visibilizar indicadores que sirvan de

comparación con otras instituciones ofreciendo un valioso aporte a la comunidad académica universitaria en general.

Se espera la aplicación y uso final a nivel institución.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo está conformado por un Director, un Codirector, dos Docentes Investigadores de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información (DISI) y tres alumnos becarios de investigación.

Cuenta con una tesis de Maestría y una de Especialización en la carrera de Tecnología Informática Aplicada en Educación, y tres desarrollos de Prácticas Supervisadas (PS) de los estudiantes, necesarias para la obtención del título de grado de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bernardo, A., Esteban, M., Cervero, A., Cerezo, R., & Herrero, F. J. (2019). The influence of self-regulation behaviors on university students' intentions of persistence. *Frontiers in psychology*, 2284.
- [2] Isohätälä, J., Järvenoja, H., & Järvelä, S. (2017). Socially shared regulation of learning and participation in social interaction in collaborative learning. *International Journal of Educational Research*, 81, 11-24.
- [3] Kahu, E. R., & Nelson, K. (2018). Student engagement in the educational interface: Understanding the mechanisms of student success. *Higher education research & development*, 37(1), 58-71.
- [4] Kuz, A., Falco, M., Nahuel, L. y Giandini,

R.S. "Agent SocialMetric: Una Aplicación Práctica de Solución TIC como Soporte a la Enseñanza". En Quinta Conferencia de Directores de Tecnología de Información, TICAL 2015. Gestión de las TICs para la Investigación y la Colaboración, 6 al 8 de julio de 2015. Viña del Mar, Chile.

[5] Morgan, T. (2020). Exploring socially shared regulated learning in PBL using group digital learning diaries: A study design. In DS 104: Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE 2020), VIA Design, VIA University in Herning, Denmark. 10th-11th September 2020.

[6] Panadero, E. (2017). A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research. *Frontiers in psychology*, 8, 422.

[7] Programa Innova@UTN, Secretaría Académica, UTN Rectorado, 2020

[8] Sedrakyan, G., Malmberg, J., Verbert, K., Järvelä, S., & Kirschner, P. A. (2020). Linking learning behavior analytics and learning science concepts: Designing a learning analytics dashboard for feedback to support learning regulation. *Computers in Human Behavior*, 107, 105512.

[9] Tulabut, O. A. P., Mangalus, R. S., Cruz, R. N. C., Gonzales, A. B., Pare, E. L. L., Evaristo, I. M. C., & De Ala, C. L. M. (2021). Improving Academic Success Through Applied Learning Theories, A General Elective (GE) Course. *Higher education*, 18, 26.

[10] Wandler, J. B., & Imbriale, W. J. (2017). Promoting undergraduate student self-regulation in online learning environments. *Online Learning*, 21(2), n2.

[11] Winne, P. H. (2017). Learning analytics for self-regulated learning. Handbook of learning analytics, 241-249.

DISEÑO DE SISTEMAS RECOMENDADORES EN EL ÁMBITO DE LAS BIBLIOTECAS UNIVERSITARIAS

Sergio A. Cabrera, Cristian D. Pacifico y Juan C.L. Teze

Área de Agentes y Sistemas Inteligentes, Facultad de Ciencias de la Administración,
Universidad Nacional de Entre Ríos,
Monseñor Tavella 1424, (E3202KAC) Concordia

{sergio.cabrera, cristian.pacifico, carlos.teze}@uner.edu.ar

RESÚMEN

Esta línea de I+D pretende diseñar un modelo de sistema que utilice técnicas de recomendación y de Machine Learning, para realizar sugerencias de fuentes de información en el ámbito de las bibliotecas universitarias. Estas técnicas podrían integrarse con el trabajo diario del bibliotecario, permitiendo potenciar los servicios y las funciones de las bibliotecas.

Palabras clave: Sistemas Recomendadores, Bibliotecas Universitarias, Machine Learning.

CONTEXTO

La línea de I+D se ubica dentro del grupo de investigación *Agentes y Sistemas Inteligentes* de la Facultad de Ciencias de la Administración dependiente de la Universidad Nacional de Entre Ríos.

Persigue como propósito diseñar un modelo de sistema que utilice técnicas de recomendación y de aprendizaje automático, para realizar sugerencias de fuentes de información, en el ámbito de las bibliotecas universitarias.

INTRODUCCIÓN

La biblioteca es una organización que tiene como misión fundamental la de otorgar acceso a la información a diferentes usuarios que hacen uso de su acervo documental.

Las bibliotecas universitarias se caracterizan por brindar acceso y difusión de fuentes de información, colaborando en los procesos de

creación de conocimiento, sirviendo de apoyo a la educación y a la investigación, tanto a la comunidad académica en la que se encuentra inmersa, como así también a la sociedad en general.

Se entiende por fuente de información a todo objeto o sujeto que genere, contenga, suministre o transfiera información.

Los cambios que se han ido generando en las bibliotecas, tanto como las tecnologías incorporadas, permiten ofrecer a los usuarios, información actualizada en el momento que la necesitan.

Ponjuán Dante [1], señala que las transformaciones tecnológicas ocurren a velocidades insospechadas, lo que impone, muchas veces, un tiempo de transición en el cual coexisten los nuevos y los antiguos sistemas.

La aplicación de la tecnología computacional a las etapas de la actividad científico informativa, ha favorecido la utilización de los Sistemas Integrados de Gestión Bibliotecaria (SIGB).

Se puede definir un SIGB, como un conjunto de programas informáticos diseñados para atender los procesos de las bibliotecas, brindando soluciones a los requerimientos de las mismas, ayudando en los procesos técnicos y en los servicios prestados, favoreciendo la intercomunicación entre bibliotecas con el objetivo de conformar catálogos colectivos.

Dentro de estos sistemas se destaca KOHA, por ser el primer SIGB de software libre. Fue inicialmente desarrollado en 1999, y la primera biblioteca con este sistema surge en enero del 2000. Incluye la administración de

los registros internacionales y las normas de catalogación, utilizando el formato MARC y el protocolo Z39.50 para la recuperación de información. Fue creado en Nueva Zelanda por Horowhenua Library Trust y Katipo Communications Ltd. [2].

Existen varias iniciativas que proponen la utilización de la Inteligencia Artificial (IA) y en especial de técnicas Aprendizaje Automático (ML), en plataformas y aplicaciones destinadas a bibliotecas.

Según Russel [3], en el aprendizaje de máquinas una computadora observa datos, construye un modelo basado en esos datos y utiliza ese modelo simultáneamente, como una hipótesis acerca del mundo y como un elemento de software que puede resolver problemas.

En este contexto, es necesario la utilización de mecanismos que permitan extraer información relevante de los conjuntos de datos, porque los datos por sí mismos no proporcionan mucha información. Estos se deben procesar, organizar, estructurar o presentar en un contexto dado para hacerlos realmente útiles.

Según Maes, Jannach, Ricci y Melville, como se citó en Briguez [4], los sistemas de recomendación son mecanismos de apoyo que ayudan a los usuarios en su proceso de toma de decisiones al interactuar con volúmenes de información grandes o complejos. La mayoría de los sistemas de recomendación están destinados a ayudar a los usuarios para hacer frente al problema de la sobrecarga de información, facilitando el acceso a los elementos pertinentes.

Los recomendadores intentan generar un modelo del usuario o de la tarea del usuario y aplicar diversas heurísticas para anticipar qué tipo de información puede ser útil. De esta manera, tienen la capacidad de predecir si un elemento en particular puede ser de interés para un usuario.

Frente a la gran cantidad y variedad de fuentes de información existentes en el ámbito educativo, realizar la selección del material apropiado en una biblioteca

universitaria, es una tarea cada vez más difícil.

La complejidad en la selección se manifiesta en la tarea diaria del bibliotecario, como así también en las necesidades de los usuarios de la biblioteca. En el primer caso, el bibliotecario debe asegurar que la colección refleje los intereses de sus usuarios, mientras que los mismos deben satisfacer en ella sus demandas informacionales generadas a través de sus consultas.

Ricci, como se citó en Charnelli [5], establece que la tarea de un Sistema Recomendador (SR) es seleccionar automáticamente los artículos más apropiados para cada usuario de acuerdo a sus intereses y preferencias personales. Generalmente, un SR se centra en un tipo específico de elemento a recomendar denominado "ítem", como por ejemplo un repositorio de materiales educativos, que genera recomendaciones personalizadas para proporcionar sugerencias útiles y efectivas para ese tipo específico de ítem.

Se debe tener en cuenta que dependiendo del enfoque de recomendación, según el contexto y la necesidad del usuario, los SR generan sugerencias utilizando diversos tipos de conocimiento y datos sobre los usuarios, los ítems disponibles y las transacciones anteriores almacenadas en bases de datos personalizadas.

En este sentido, la Federación Internacional de Asociaciones de Bibliotecarios y Bibliotecas (IFLA) [6], ha enunciado una serie de políticas y recomendaciones con el objetivo de redefinir el trabajo de los bibliotecarios y el rol que las bibliotecas desempeñan en una sociedad que cada día más se amalgama con la IA y en especial con las técnicas de ML. Las técnicas de IA y ML podrían integrarse con el trabajo diario del bibliotecario, permitiendo potenciar los servicios y las funciones de las bibliotecas.

LÍNEAS DE I+D

La línea de I+D se vincula con *Tecnología Informática Aplicada en Educación*, pretende

desarrollar herramientas para la selección de fuentes de información en bibliotecas universitarias.

Si bien los SR son objeto de estudio de varias investigaciones y tienen aplicación en numerosos dominios, como por ejemplo el comercio electrónico, recién a principios del año 2000 comenzaron a aparecer las primeras aplicaciones destacadas en el campo de la educación.

Los sistemas recomendadores aplicados a la educación (SRE) pueden ser muy diversos. La mayor parte de ellos se utiliza para sugerir recursos de aprendizaje o para sugerir secuencias de recursos. En el área de investigación, los SRE se han estudiado principalmente como un medio para asistir automáticamente a usuarios en la búsqueda de recursos adecuados [5].

Es posible que el usuario pueda examinar las recomendaciones, las pueda aceptar y además suministrar retroalimentación de manera implícita o explícita. Es probable almacenar todas estas acciones del usuario en la base de datos del recomendador, con el objetivo de utilizarlas para generar nuevas sugerencias en futuras interacciones del usuario con el sistema.

Estas técnicas de recomendación pueden mejorarse con las desarrolladas para ML. Los avances en este sentido agregarían nuevas dimensiones y enfoques a los procesos de gestación del conocimiento que se producen en las bibliotecas, en particular, los referidos a la organización, el almacenamiento y la integración de conocimiento.

Entre algunos desarrollos actuales, es posible citar a Ex Libris Alma [7], como una plataforma unificada de servicios de biblioteca basada en la nube que brinda soporte para la adquisición, la administración y el préstamo de recursos impresos, electrónicos y digitales. DARA es el motor inteligente que da soporte a las decisiones de Alma, dotando de IA a las bibliotecas; utiliza algoritmos y análisis inteligentes para adaptar sus recomendaciones a las características de cada biblioteca.

Además cabe mencionar a Hamlet, que es un sistema que utiliza ML promoviendo interfaces exploratorias experimentales para la colección de Tesis del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Está en desarrollo y algunas interfaces no se han finalizado todavía. [8][9].

Por el momento, no se conocen publicaciones de estudios comparativos de estos frameworks y herramientas; como así tampoco del grado de integración con los SIGB tradicionales.

En este proceso de investigación, está previsto:

- Especificar a los SIGB.
- Caracterizar las técnicas de recomendación.
- Particularizar la función de recomendación.
- Caracterizar las técnicas de aprendizaje automático para recomendación.
- Diseñar un modelo de arquitectura para sistemas recomendadores
- Realizar un análisis comparativo de las soluciones existentes.

RESULTADOS ESPERADOS

De la especificación de los SIGB, se identificarán las funcionalidades y los componentes esenciales, resultando de especial interés el estudio de las funciones para el servicio de referencia y el de diseminación de la información.

De la caracterización de las técnicas de recomendación, se espera lograr una síntesis de las técnicas de recomendación que asocie a cada una con sus dominios de aplicación más adecuados.

Al particularizar la función de recomendación, se espera obtener un esquema de requisitos y de características deseables de un sistema para la recomendación de fuentes de información. Luego se realizará una síntesis de las técnicas de aprendizaje automático y su forma de aplicación en el contexto de recomendación de fuentes de información.

A estas instancias, se estará en condiciones de diseñar y especificar una arquitectura general para sistemas recomendadores, proponiendo una guía metodológica para su implementación.

Para finalizar se pretende obtener una matriz comparativa de ventajas y desventajas de las soluciones propuestas.

FORMACIÓN DE RRHH

La línea de I+D se llevará adelante dentro de un equipo de investigación en el área *Agentes y Sistemas Inteligentes* de la FCAD/UNER. Esto permitirá que la experiencia de un grupo de investigación consolidado en el área, sirva para la formación de recursos humanos en la FCAD/UNER, debido a que en paralelo al desarrollo de la investigación, se llevará a cabo la redacción de una tesis de Maestría y una Tesina de grado

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ponjuán Dante, G. (2002). Biblioteca digital... Un nuevo paso en la evolución de las arquitecturas de información. *Ciencias de la Información*. 33(1), 55-63.
- [2] KOHA. Consultado el 10 de febrero de 2022. <https://koha-community.org/>
- [3] Russell, S. y Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson.
- [4] Briguez, C. E. *Integración de técnicas cualitativas y cuantitativas en los sistemas de recomendación*. [Tesis de Doctor en Ciencias de la Computación, Universidad Nacional del Sur]. Repositorio institucional <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/4736/BRIGUEZ%20Cristian%20Emanuel%20-%20Tesis%20Doctoral.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- [5] Charnelli, M. E. (2019). *Sistemas recomendadores aplicados en educación*. [Tesis Especialización en Tecnología Informática Aplicada en Educación, Universidad Nacional de La Plata]. Repositorio institucional <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67063>
- [6] IFLA (2020). *IFLA Statement on Libraries and Artificial Intelligence*. <https://repository.ifla.org/handle/123456789/1646>
- [7] ExLibris. Consultado el 10 de febrero de 2022. <https://exlibrisgroup.com/>
- [8] American Library Association. (2019). Artificial Intelligence and Machine Learning in Libraries. *Library Technology Reports*, 55(1). <https://doi.org/10.5860/ltr.55n1>
- [9] Yelton, A. (s.f.). *Hamlet*. Consultado el 18 de febrero de 2022. <https://hamlet.andromedayelton.com/>

Aproximación al diseño de aprendizaje aplicado a un curso de e-learning

Iris Sattolo, Marisa Panizzi

Universidad de Morón

Cabildo 134, Buenos Aires, Argentina

isattolo@unimoron.edu.ar, marisapanizzi@outlook.com

Resumen

La minería de datos educativos y la analítica del aprendizaje (LA) prometen una mejor comprensión del comportamiento y del conocimiento de los estudiantes. Los datos recopilados en los cursos de e-learning y las herramientas utilizadas por la analítica del aprendizaje no pueden, por si solos, ofrecer beneficios para mejorar el diseño de aprendizaje (LD). Este documento presenta la línea de investigación y el trabajo en curso, que se está llevando a cabo en nuestra institución, sobre la sinergia que debe existir entre estos dos conceptos. El objetivo de la investigación actual es analizar los modelos y metodologías preexistentes para proporcionar un método que se ajuste al diseño de aprendizaje en un curso virtual.

Palabras clave: Minería de datos Educativa, Analítica del Aprendizaje, Diseños de Aprendizaje, e-learning.

Contexto

La línea de investigación que se reporta en este artículo es financiada por el proyecto de investigación titulado “Aplicación de Analítica del Aprendizaje sobre un curso a distancia desarrollado con técnicas de Diseño del Aprendizaje” (Código 80020190300011 UM), que fuera aprobado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Morón.

Introducción

Es indiscutible que, transcurridos 22 años del

siglo XXI, la educación a distancia se ha instalado en la sociedad. La pandemia generada por el SAR-COV2 aceleró la implementación de la modalidad, irrumpiendo en todas las áreas de la comunidad educativa (clases, administrativos, directivos, etc.). El avance de la tecnología e internet posibilitó la comunicación entre los actores, logrando que las actividades no cesaran.

La Universidad de Morón cuenta con un sistema de gestión del conocimiento (en inglés, *Learning Management System*, LMS), también llamados (*Virtual Learning Enviroment* o VLE) o Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) [1]. La plataforma utilizada en estos últimos 2 años fue Blackboard [2]. Estos sistemas de gestión del conocimiento generan datos que pueden utilizarse para mejorar la interacción del entorno con sus actores. La recopilación de estos datos se enmarca en la subdisciplina de la informática: la minería de datos (en inglés *Data Mining* o DM) que permite descubrir información nueva y potencialmente útil en grandes cantidades de datos [3].

La DM aplicada al ámbito educativo dio lugar a la aparición de la minería de datos educativos (en inglés, *Educational Data Mining* o EDM) la cual propone métodos para extraer información útil a partir de los datos generados en los entornos educativos [4]. Emparentada a la EDM, [5] en el año 2011 se comenzó a aplicar la analítica del aprendizaje en los centros universitarios. El concepto de analítica del aprendizaje, LA por sus siglas en inglés - *Learning Analytic*- representa un campo multidisciplinario que involucra diversas áreas: *maching learning*, inteligencia artificial,

recuperación de información, estadísticas y visualización. Además, contiene las áreas de investigación como EDM, sistemas de recomendación y aprendizaje adaptable personalizado [6]. Este documento emplea la definición de análisis de aprendizaje establecida en la primera conferencia internacional sobre análisis de aprendizaje y conocimiento LAK 11 y adoptada por la Sociedad para la Investigación de análisis de aprendizaje (SoLAR) como: “la analítica de aprendizaje es la medición, recopilación, análisis e informe de datos sobre los alumnos y sus contextos, con el fin de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que ocurre”.

En dicha conferencia también se comentó de la relación que debería tener el LA y el diseño de aprendizaje [7]. Estos autores entienden como diseños de aprendizaje (o como pueden denominarse modelos o patrones pedagógicos) a representaciones de la práctica docente. Los diseños de aprendizaje articulan una secuencia de actividades de aprendizaje, los recursos que utilizan los alumnos al participar en esas actividades y cómo el maestro u otros participantes en la experiencia apoyan las actividades de aprendizaje. Un diseño de aprendizaje puede actuar como un modelo o plantilla que los maestros pueden replicar en una variedad de contextos educativos. En esencia, los diseños de aprendizaje ayudan a enmarcar la intención y el proceso de la experiencia pedagógica [8]. El análisis de aprendizaje se afirma, permitiría probar los supuestos con datos reales de interacción del estudiante en lugar de medidas de autoinforme, como encuestas post hoc.

El diseño de aprendizaje (LD por sus siglas en inglés *Learning Designs*) es el proceso en el cual se realizan las siguientes actividades [9]:

- 1 definir las tareas,
- 2 proporcionar los contextos y recursos para realizar dichas tareas,
- 3 apoyar al alumno durante el desempeño de la tarea y

- 4 proporcionar retroalimentación sobre los resultados.

La investigación se ha centrado en “conceptualizar los principios del diseño del aprendizaje, sin evaluar lo que sucede después del proceso de diseño” [10].

En [10] se argumenta que el potencial evaluativo de la analítica de aprendizaje sería significativamente mejorado por referencia al diseño de aprendizaje que documenta la intención pedagógica, se identifica, como paso esencial para mejorar la efectividad de la evaluación y construir bases para los sistemas de recomendación, que se debe establecer un marco conceptual para los patrones de análisis de aprendizaje típicos esperados de diseños de aprendizaje particulares.

Investigadores, tales como en [10], enfatizan que la exploración futura debería considerar desarrollar un marco sobre cómo capturar y sistematizar datos de diseño de aprendizaje basados en el análisis de aprendizaje y teoría de aprendizaje, y documentar qué opciones de diseño de aprendizaje hechas por educadores influyen en actividades de aprendizaje y actuaciones a lo largo del tiempo. Los mismos han observado que, en la actualidad, el diseño del aprendizaje es muy diverso, porque la forma en que se conceptualiza el término depende de la elección de la perspectiva del observador. No obstante, el diseño del aprendizaje debe conceptualizarse antes de que pueda utilizarse como un proceso que conduzca a resultados de diseño explícitos y compartibles para el aprendizaje.

Nuestro grupo de investigación ha comenzado a trabajar sobre estos temas elaborando un estado del arte sobre la relación existente entre estos dos conceptos LA y LD [13]. Hemos evidenciado que existen distintas propuestas en torno al diseño de aprendizaje: se plantean modelos, *frameworks*, herramientas, como también se analizan distintas taxonomías desde distintas propuestas pedagógicas teóricas.

La construcción del estado de arte sobre minería de datos educacional, analítica del aprendizaje y diseño de aprendizaje aplicado al e-Learning (puntos 1 y 2 del plan de trabajo) se desarrolló mediante el método de investigación riguroso, mapeo sistemático de la literatura (en inglés, *Systematic Mapped Study*) [11].

Por todo lo expuesto anteriormente y continuando con nuestra propuesta donde se planteó la sinergia que debe existir entre la analítica del aprendizaje y el diseño del aprendizaje [14], presentamos las preguntas de investigación (PI) que guían nuestro trabajo en la siguiente sección.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Dentro del campo de la minería de datos educativos, analítica del aprendizaje, y diseños de aprendizaje, y en el contexto de los cursos en línea, seguimos orientando los esfuerzos en responder a estas preguntas de investigación:

PI 1: ¿Cuál fue el impacto originado al abordar el e-learning en el año 2020 en el dictado de las clases de los docentes de la Universidad de Morón?

PI 2: ¿Qué se debe tener en cuenta al realizar el diseño de un curso a dictarse a distancia, para que éste pueda ofrecer datos valiosos recuperables a través de los LMS?

PI 3: ¿Qué se debe tener en cuenta cuando utilizamos datos de los estudiantes para que no se viole la privacidad del usuario?

PI 4: Una vez realizado el análisis de los datos, luego de aplicar LA, los resultados obtenidos, ¿contribuyen a los resultados esperados?

Para dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas hemos propuesto el siguiente plan de trabajo del cual ya se han resuelto los puntos 1, 2 y 3:

1) Elaboración del estado de arte de la Minería de Datos Educacional y Analítica del Aprendizaje.

- 2) Elaboración del estado del arte del Diseño de Aprendizaje aplicado al e-Learning.
- 3) Construir un instrumento de recolección de datos para responder la PI 1.
- 4) Analizar las respuestas aportadas por los docentes de la UM y recolectadas por el instrumento construido.
- 5) Analizar las metodologías existentes sugeridas por los trabajos seleccionados en el Estado del Arte en el abordaje del LD.
- 6) Proporcionar una metodología para diseñar un proyecto de curso virtual, evaluarlo y seguir su realización.
- 7) Aplicar técnicas de EDM y LA.
- 8) Puesta en marcha del curso y evaluación.

Para el diseño del instrumento de recolección de datos (punto 3 del plan de trabajo) se aplicaron las directrices del proceso de encuesta propuesto en [12] y [15].

Para el proceso de minería de datos (punto 7 del plan de trabajo) se aplicará el proceso “Descubrimiento de conocimiento en bases de datos” (en inglés *Knowledge Discovery in Databases o KDD*) [3].

Objetivos y Resultados Esperados

En esta línea de investigación en progreso se han logrado una serie de **resultados** que se detallan a continuación:

- a) Proyectos de Investigación: ha finalizado el PIO/17-01-MP-001 titulado: “Aplicación de tecnologías inteligentes de explotación de información para el análisis de perfiles de tesis de grado de carreras informáticas de la UM” (período 2017-2019). Proyecto en ejecución titulado: “Aplicación de Analítica del Aprendizaje sobre un curso a distancia desarrollado con técnicas de Diseño del Aprendizaje” (Código 80020190300011 UM) (período 2020-2022).
- b) Resultados Académicos, se han logrado dos tesis de grado correspondientes una a cada proyecto de investigación. Se desarrolla en el

marco del proyecto de investigación orientado, otra tesis de grado.

- c) Producción Científica: se ha presentado la línea de investigación en eventos científicos de alcance nacional (TE&ET¹ ediciones 2018 y 2019, CACIC² ediciones 2018 y 2019 y en el ámbito internacional, JENUI³ 2018 e InNGENIO⁴ 2019, 2020, 2021). Además, se logró una publicación en Springer.
- d) Formación en investigación: el grupo de investigación se encuentra en un proceso de aprendizaje constante de métodos de investigación de ingeniería de software experimental, revisiones sistemáticas [11] y encuestas [12], [15]. Además, se experimenta con procesos, técnicas y algoritmos de DM.

El grupo de investigación se plantea como **próximos objetivos**:

- Analizar los resultados del instrumento de recolección de datos con el propósito de identificar cómo impactó en los docentes de la UM el cambio en la modalidad del dictado de sus clases.
- Proporcionar y probar un modelo para ser aplicado en el diseño de aprendizaje.
- Presentar los avances y resultados experimentales en InNGENIO 2022, TEyET 2022 y CACIC 2022.

Formación de Recursos Humanos

El grupo se encuentra conformado por un Director, un Co-Director, un tesista de grado, y un docente-investigador en proceso de formación.

Se estima una tesis de la carrera Licenciatura en Sistemas en el marco de la línea de investigación.

Bibliografía

- [1] Belloc C. Entornos virtuales de Aprendizaje. Obtenido de: http://www.formaciondocente.com.mx/04_Rinc onTecnologia/03_AmbientesVirtuales/Entornos %20Virtuales%20de%20Aprendizaje%203.pdf
- [2] Blackboard: Educational Technology Services <https://www.blackboard.com/>
- [3] Hernández Orallo J., Ramírez Quintana M., Ferri Ramírez C. (2014). *Introducción a la Minería de Datos*. Ed. Pearson Educación S.A. Madrid.
- [4] Peña Ayala A. (2014). Educational Data Mining. A Survey and a data mining-based analysis of recent works. *Expert Systems with applications*, 41(4), pp. 1432-1446.
- [5] Siemens y Baker. Learning Analytics and Educational Data Mining: Towards Communication and Collaboration. *LAK '12: Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge* April 2012 p.p. 252–254 doi.org/10.1145/2330601.2330661
- [6] Vahdat, M; Ghio, A; Oneto, L; Anguita, D; Funk, M; Rautherberg, M. (2015). Advances in Learning Analytics and Educational Data Mining. *ESANN 2015 proceedings, European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning*. Bruges (Belgium), 22-24 April 2015, i6doc.com publ., ISBN 978-287587014-8. pp. 297-307.
- [7] Lockyer, L., Dawson, S. (2011, February). Learning designs and learning analytics. *In LAK'11 Proceedings of the 1st international conference on learning analytics and knowledge* (pp. 153-156).
- [8] Koper R., Bennett, S. (2008). Learning Design: Concepts. In H. Adelsberger, J. M.

¹ Congreso de “Tecnología en Educación” y “Educación en Tecnología” (TE&ET).

² Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC).

³ Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2018). Link: <http://jenui2018.uoc.edu/>

⁴ Congreso Latinoamericano de Ingeniería. Link: <http://fundacioniai.org/ingenio/>

Handbook on Information Technologies for Education and Training. Heidelberg: Springer Science & Business Media.

[9] Lockyer, L., Heathcote, E., Dawson, S. (2013). Informing pedagogical action: aligning learning analytics with learning design. *American Behavioral Scientist*, 57(10), pp 1439-1459.

[10] Mangaroska, K; Giannakos, M. (2019). Learning analytics for learning design: A systematic literature review of analytics-driven design to enhance learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. pp 516-534

[11] Kitchenham, B. y Chartes, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in Software engineering*, Keele University, EBSE-2007-01.

[12] Molléri J., Petersen K., Mendes E. (2020). An empirically evaluated checklist for surveys in software engineering. *Information and Software Technology* 119, 10624

[13] Sattolo I, Panizzi M. Contreras V, Valensise M. (2021). Análisis de la sinergia entre la Analítica del Aprendizaje y el Diseño del Aprendizaje. Estudio de Mapeo Sistemático. *Revista Desarrollo e innovación en Ingeniería* 2(6), pp 405- 414. ISBN 978-958-53278-6-3

[14] Panizzi M., Sattolo I. Analítica del aprendizaje y diseño del aprendizaje. (2021). *Workshop de investigadores en Ciencias de la Computación (WICC '2021)*, pp. 969-972.

[15] Kitchenham, B. A., & Pfleeger, S. L. (2008). Personal opinion surveys. In *Guide to advanced empirical software engineering* (pp. 63-92). Springer, London.

**ESTRECHANDO EL CONTACTO ENTRE UNIVERSIDADES Y
ESTUDIANTES: COMUNICACIÓN ANTE POSIBLES CASOS DE
ABANDONO, PROPUESTAS PARA LA INSCRIPCIÓN.
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DEL CIDIA.**

Martin Pustilnik^{1,2}, Monica Giuliano^{1,2}, Fernando Puricelli^{1,2}, Carlos Lombardi^{1,2}, Gerardo González Tulián^{1,2}, Federico Pagliari¹, Cristian Saldivia¹, Jonathan Ybarra¹, Magalí Gaiani¹

¹ *CIDIA: Centro de Investigación y Desarrollo en Informática Aplicada, Universidad Nacional de Hurlingham*

² *Instituto de Ingenierías y Tecnologías, Universidad Nacional de Hurlingham*

*{martin.pustilnik; monica.giuliano; fernando.puricelli; carlos.lombardi}@unahur.edu.ar;
gerardo.gonzaleztulian@gmail.com*

RESUMEN

En la Universidad Nacional de Hurlingham (UNAHUR) se lleva a cabo desde 2019 un proyecto que busca disminuir el abandono en su población estudiantil.

El mismo tiene dos líneas de trabajo. La primera es generar un “Sistema de recomendación”, a través de un software que realiza recomendaciones a los estudiantes de materias a cursar, a partir de la historia académica individuales.

Una segunda línea de trabajo consiste en el estudio de las características de los estudiantes, para la identificación de indicadores en riesgo de abandono, mediante la aplicación de ciencia de datos. Se toma como información todas las bases de datos de la UNAHUR y se busca predecir el abandono de manera temprana para intervenir y asistir a los alumnos antes de que se produzca.

En 2021 se han alcanzado los primeros resultados, aunque preliminares, a partir de los datos disponibles en el SIU- Guarani. Se generaron satisfactoriamente mensajes personalizados para los estudiantes con

recomendaciones de cursada. Además, se elaboraron modelos de predicción de abandono con resultados promisorios.

Palabras clave: *Abandono, universidad, sistema de recomendación, ciencia de datos.*

CONTEXTO

El Centro de Investigación y Desarrollo en Informática Aplicada (CIDIA) se creó en 2019 con la intención de vincular investigadores y alumnos (becarios) de la Universidad Nacional de Hurlingham (UNAHUR).

Uno de los primeros proyectos impulsados por el CIDIA fue el proyecto de investigación “Estrechando el contacto entre universidades estudiantes: comunicación ante posibles casos de deserción, propuestas para la inscripción”, aprobado en la convocatoria PIUNAHUR 6¹. Dicho proyecto fue aceptado para su inclusión en el Banco Nacional de Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación, según Resolución 2021-1010-APN-SACT#MCT de la Secretaría

¹ <https://unahur.edu.ar/se-aprobaron-proyectos-de-la-convocatoria-piunahur6/>

de Articulación Científico-Tecnológica de dicho Ministerio.

El proyecto que aquí se presenta, se realiza con colaboración y asistencia de la Secretaría Académica y el área de Orientación Estudiantil. El proyecto resulta un punto de encuentro entre distintas áreas de la UNAHUR. En particular, esta iniciativa fomenta la integración de la comunidad de Informática dentro del ámbito de la UNAHUR.

1. INTRODUCCIÓN

En varias universidades nacionales, interesa contar con una gestión que asista y acompañe a cada estudiante en su trayectoria académica. En general, se busca garantizar en la práctica el derecho a la educación y propender al éxito de la mayor cantidad de estudiantes, atendiendo los desafíos que se derivan de las características de la población estudiantil. [1]

Entendemos que el abandono estudiantil es, tal vez, el factor individual que conspira en mayor medida contra el establecimiento de la educación universitaria como un derecho de nuestros jóvenes y adultos, y contra el rol de la universidad como un motorizador de movilidad social para los sectores menos favorecidos. Este fenómeno se manifiesta en forma generalizada en la mayor parte de las universidades públicas, y en forma particularmente aguda en las del conurbano bonaerense. [1]

Una de las características más relevantes es el crecimiento significativo de la población estudiantil, que en algunas universidades reviste características explosivas. Otra característica relevante es que una amplia proporción de los estudiantes cuenta con poco, o nulo, conocimiento sobre el funcionamiento de una universidad, y sobre lo que implica cursar una carrera de nivel universitario. Este fenómeno se deriva, al menos en parte, de la

gran cantidad de estudiantes que son primera generación de universitarios en su familia. [1-2]

Las dos características mencionadas están fuertemente presentes, en particular, en las universidades del conurbano bonaerense, casi todas de reciente creación. En particular, la UNAHUR fue creada el 2 de diciembre de 2014 [2-3].

En el caso puntual de la UNAHUR, el aumento explosivo de la matrícula se evidencia en casi 5.000 estudiantes en 2017 y más de 30.000 en 2021. Entre los múltiples desafíos que implica contar con una población estudiantil con estos rasgos, destacamos dos en los que focalizamos.

El primero es la gran cantidad de estudiantes que abandonan sus estudios, especialmente antes de completar el primer año de la carrera elegida. Entre las razones de este fenómeno, mencionamos la frustración que genera un bajo desempeño inicial, y la dificultad por adquirir los hábitos necesarios para transitar una carrera universitaria con altas chances de éxito. [1;5]

El segundo rasgo es la complejidad que reviste la definición de la oferta de cursos en la universidad. Uno de los motivos es que muchos estudiantes se inscriben en más materias, de las que su situación objetiva les permite cursar correctamente. Esto provoca altas cifras de abandono de cursos, y eventualmente también abandono de los estudios; por lo que hay una vinculación entre las dos cuestiones elegidas.

Estas dos problemáticas pueden ser atenuadas mediante la comunicación directa de distintos actores de la universidad (entre ellos docentes, directivos, personal ligado a la gestión académica, tutores) con cada estudiante, de modo de generar un vínculo de cercanía de los estudiantes con la universidad.

Por otro lado, el fenómeno de crecimiento mencionado al principio atenta contra la posibilidad de mantener una comunicación fluida, ya que a medida que la población estudiantil crece, no es acompañado por un crecimiento análogo del personal que puede participar en el fortalecimiento del vínculo.

Las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), se configuran en una oportunidad para el aprovechamiento de las potencialidades, en un sentido positivo desde el punto de vista socioeducativo.

Un recurso muy valioso al respecto es la gran cantidad de información acumulada sobre la trayectoria y el comportamiento de cada estudiante, en el sistema SIU-Guaraní y en la plataforma de acompañamiento al aprendizaje, Moodle. El análisis de esta masa de información, usando técnicas de ciencia de datos, puede asistir a la gestión académica en varios aspectos. Asistir en la detección de estudiantes que estén en riesgo de abandonar sus estudios o que los han abandonado recientemente, y también en la generación de propuestas de inscripción personalizadas para cada estudiante, basadas en el historial del rendimiento académico.

Adicionalmente, la posibilidad de enviar mensajes mediante redes sociales, el email o al celular, aumentaría en gran medida la capacidad de una institución universitaria para comunicarse efectivamente con su población estudiantil.

El proyecto que presentamos propone construir una solución informática que, explotando las potencialidades de las TIC, que brinde un mecanismo alternativo para mantener una comunicación fluida entre institución y estudiantes, que ayude en el abordaje de problemáticas específicas de la población estudiantil.

Un primer objetivo fue generar un software que brinde herramientas para potenciar la comunicación de la Universidad con sus estudiantes, generando mensajes que puedan llegar a una gran cantidad de estudiantes, con contenidos personalizados de acuerdo a la trayectoria académica de cada uno.

El segundo objetivo fue investigar el fenómeno del abandono en sí mismo en las distintas carreras de la UNAHUR.

El **objetivo** general consiste en definir y desarrollar aplicaciones informáticas que permitan contribuir al abordaje institucional de problemáticas de la población estudiantil de la UNAHUR.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Los objetivos y líneas de desarrollo del proyecto se trabajan principalmente en base a las disciplinas de desarrollo de software y de ciencia de datos que se focalizan en la construcción de un “Sistema de recomendaciones”.

Nos propusimos trabajar con un enfoque ágil, con resultados que se puedan compartir por fuera del equipo de desarrollo. Se busca utilizar un conjunto de lenguajes y tecnologías, que permitirá un despliegue sencillo de las aplicaciones construidas, una interfaz de usuario rica y agradable visualmente, y la posibilidad de que a futuro otras aplicaciones puedan utilizar los datos que se procesen y generen. Al mismo tiempo, la experiencia de construcción de software con herramientas del “estado del arte actual”. En particular, esta iniciativa fomenta la integración de la comunidad de Informática dentro del ámbito de la UNAHUR, lo que puede dar lugar a otros aportes.

La **ciencia de datos** aporta los conocimientos y técnicas necesarios para, por un lado, obtener la información necesaria sobre el comportamiento de la población estudiantil de la UNAHUR, y por otro proponer y evaluar alternativas para la caracterización de los estudiantes en riesgo de abandono, y el armado de propuestas de seguimiento.

En particular, nos proponemos realizar modelados utilizando técnicas de aprendizaje automático [*machine learning*], para comparar los resultados obtenidos con los de criterios basados en reglas [5 y 6]. Estas reglas se aplicarán a la selección de los estudiantes a quienes se envíen mensajes, y la determinación del contenido adecuado.

El proyecto también se nutrirá con aportes desde la ciencia de la educación [7]. La definición operativa de cuándo se considera a un estudiante en riesgo de abandono, y el cálculo de la inscripción propuesta, involucran un trabajo en conjunto entre especialistas en educación y de gestión académica.

El software en desarrollo se propone inicialmente como un trabajo multidisciplinariamente, atendiendo las miradas de distintos actores de la gestión de la universidad: especialistas de educación, de los coordinadores de carreras y de los institutos.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Este proyecto es la principal actividad que se desarrolla en el marco del CIDIA. Se lleva adelante el desarrollo del software “Sistema de recomendaciones”, con el objetivo de potenciar la retención de estudiantes de la UNAHUR. Los módulos centrales son:

- Configuración y envío de sugerencias de cursadas

- Monitoreo de estudiantes en riesgo de abandono y análisis de asistencia
- Predicción de abandono para alertas tempranas

Durante 2020 y 2021 el monitoreo de asistencia se vio postergado en medio de la pandemia donde la presencialidad perdió sentido.

Durante 2021 se vieron resultados en el desarrollo de las herramientas para potenciar la retención mediante envío de mensajes con sugerencias de cursadas.

El “Sistema de sugerencias” contempla los criterios de "estudiante en riesgo" y de "propuesta de inscripción" que decida la universidad, y luego llevar a cabo la implantación dentro del espacio informático de la institución, junto con la conexión con los sistemas de gestión académica y las plataformas de acompañamiento al aprendizaje con que cuente la misma.

Las definiciones conceptuales se realizaron a partir de consensos con diferentes actores de la gestión (coordinadores de carreras, secretaría académica, orientación estudiantil) para identificar las recomendaciones útiles para los estudiantes, considerando su carrera y trayectoria académica.

El “Sistema de recomendaciones” se trata de una tecnología para potenciar la comunicación de la Universidad con sus estudiantes, generando mensajes automatizados que puedan llegar a una gran cantidad de estudiantes, con contenidos personalizados. Se representa en un trabajo cíclico donde se aumentan las funcionalidades con el tiempo, aumentando las fuentes de información de base.

Se deben tener en cuenta los criterios y mecanismos de interacción con usuarios, para que la interfaz, de las aplicaciones informáticas a construir, resulte intuitiva y sencilla.

En 2021 se comenzó el desarrollo de un modelo de predicción de abandono, que considera variables de la historia académica disponible en la base de datos SIU-Guaraní de UNAHUR. La identificación de estudiantes en riesgo permitirá orientar acciones de intervención de manera temprana. Se realizará la primera prueba para predecir el abandono en 2022.

Las conclusiones se sumarán en otra etapa a las recomendaciones brindadas por mensaje a los estudiantes. En una etapa posterior se espera integrar también datos de la plataforma Moodle.

Uno de los resultados esperados es generar políticas que permitan disminuir el abandono estudiantil. Los resultados de este proyecto pueden contribuir a profundizar líneas de investigación aplicada sobre ciencia de datos para el análisis de la población estudiantil.

El proyecto resulta un punto de encuentro entre distintas áreas de la UNAHUR, e incluso con actores de otras universidades, siendo un vehículo para establecer lazos que permitan ulteriores iniciativas conjuntas.

Se han realizado varias actividades de difusión del proyecto en la UNAHUR y para ello se ha preparado un video que agiliza la su difusión y resume sus características principales (https://www.youtube.com/watch?v=ea_wXTBM9KE&t=1145s)

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La línea de investigación presentada colabora en la formación de varios estudiantes de la carrera Licenciatura en Informática a través de la modalidad de pasantía en el CIDIA, HUNAHUR. Participaron los siguientes estudiantes: Federico Pagliari, Cristian Saldivia, Jonathan Ybarra y Magalí Gaiani

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Aiassa, H., Aliaga, J., Castellani, A., Daer, H., Glzman, M., Labaqui, F., ... & Torre, C. (2019). Reflexiones a 70 años de la gratuidad universitaria: políticas públicas y universidad.
- [2] Arias, M. F., Mihal, I., Lastra, K., & Gorostiaga, J. (2015). El problema de la equidad en las universidades del conurbano bonaerense en Argentina: un análisis de políticas institucionales para favorecer la retención. *Revista mexicana de investigación educativa*, 20(64), 47-69.
- [3] Chávez, M. J. (2020). Somos mujeres de sectores populares: ¿llegamos a la universidad?: aproximaciones al acceso de mujeres de sectores populares a las universidades públicas del conurbano bonaerense: el caso de la Universidad Nacional de Hurlingham (UNAHUR).
- [4] Mendonça, M. (2021). Una aproximación a las estrategias institucionales para lograr la permanencia de los estudiantes en las nuevas universidades del conurbano (2009-2016). *Espacios en Blanco. Revista de Educación*, 2(31), 275-286.
- [5] Hadley Wickham (2019), *Advanced R*, Second Edition (Chapman & Hall/CRC The R Series).
- [6] Brett Lantz (2018). *Machine Learning with R: Expert techniques for predictive modeling*.
- [7] Felie Munizaga, Maria Beatriz Cifuentes Orellana (2018). Retención y Abandono Estudiantil en la Educación superior Universitaria en América Latina y el Caribe: Una revisión Sistemática.

Educación a Distancia e Innovación Tecnológica

Autores: Claudia Russo¹, Mónica Sarobe², Benjamin Cicerchia³, Nicolás Alonso⁴, Gustavo Gnazzo⁵, Mariana Adó⁵, Marina Lilian Rodriguez⁵, Natalia Bendatti⁵, Valeria Cassera⁶, Bernabé Crespi⁵, Matías Contreras⁷, Gustavo Iglecias⁷, Tamara Ahmad⁸, Carla Decoud⁸, Mónica Tugnarelli⁸

{ccrusso, msarobe, lbcicerchia, nfonalson, ggnazzo, mado, nsbendati, celeste.nobl, bcrespi, vcasseras}@docentes.unsada.edu.ar, marina.rodriguez_2009@yahoo.com.ar, {mjcontrera, giclesias}@alumnos.unsada.edu.ar, tamaraahmad@unnoba.edu.ar, carladecoud@gmail.com, monica.tugnarelli@uner.edu.ar

Universidad Nacional de San Antonio de Areco, Buenos Aires, Argentina
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, Instituto de Investigación y Transferencia- CIC

RESUMEN

Se presenta la continuidad de un proyecto de I+D+i (Investigación, Desarrollo e innovación) centrado no sólo en las tecnologías innovadoras y su relación con la Educación a Distancia (EaD) sino su relación con las distintas disciplinas. En el marco del presente y considerando que las tecnologías actuales plantean paradigmas que implican impacto directo en los modelos educativos, se investigará sobre las tecnologías informáticas aplicadas a diferentes contextos, haciendo énfasis en sus variantes y evoluciones en las diferentes disciplinas.

Se continuará indagando sobre distintas metodologías y técnicas que permitan dotar de interoperabilidad a los sistemas de información de la UNSaA, que tengan

relación con tecnologías planteadas en el presente proyecto, realizando experiencias concretas. Acompañará a la presente investigación la generación de una guía que posibilite la producción, administración y almacenamiento de contenidos digitales bajo la forma de Recursos Educativos Digitales (RED). La guía se propondrá desde una mirada interdisciplinaria que permita determinar y sistematizar aspectos determinantes en el desarrollo de materiales didácticos digitales.

En los próximos años las tecnologías innovadoras impactarán en el avance tecnológico, cobrando importancia los desarrollos que apliquen dicha tecnología, en el proyecto se trabajará principalmente con las siguientes tecnologías: Realidad Aumentada, EV3D, Realidad Virtual, Inteligencia Artificial, entre otras.

PALABRAS CLAVES

¹ Doctora en Ciencias Informáticas, Profesor Asociado CIC, UNNOBA, UNSADA

² Maestrando de la UNLP, Lic. en Informática, Profesor, UNNOBA, UNSADA

³ Doctorando de la UNLP, Profesor, UNSADA UNNOBA

⁴ Lic. en Informática, Profesor, UNNOBA, UNSADA

⁵ Lic. en Sistemas, Profesor, UNNOBA, UNSADA

⁶ Lic. en Informática, Profesor, UNSADA

⁷ Alumno avanzado de la Carrera Lic. en Informática, UNSADA

⁸ Investigador externo UNSADA

Entornos Virtuales, Innovación en Educación, Recursos Digitales, Realidad aumentada y virtual, EV3D, IA.

CONTEXTO

Las líneas de investigación a describir se enmarcan en el proyecto de investigación: Educación a Distancia e innovación Tecnológica, con lugar de trabajo en la Universidad Nacional de San Antonio de Areco presentado en la convocatoria de Subsidios a la Investigación 2022 ante la Secretaría de Investigación de la Universidad. Su objetivo es continuar con la investigación y la formación de recursos humanos sobre los aspectos tecnológicos del desarrollo de aplicaciones utilizando tecnologías innovadoras en diferentes contextos. El proyecto está integrado por un equipo interdisciplinario de investigadores, docentes y estudiantes pertenecientes a la Escuela de Desarrollo Productivo y Tecnológico, y se trabajará en conjunto con la Escuela de Desarrollo Social y Humano de la UNSAdA.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

En este período se trabajará con los fundamentos pedagógicos y didácticos incorporando a la educación a distancia y la educación presencial herramientas tecnológicas emergentes.

De esta forma se investigará cómo la informática impacta en el desarrollo de tecnologías innovadoras de manera de analizar, definir y desarrollar herramientas y estrategias innovadoras que impacten de manera responsable en el desarrollo de la educación y de la sociedad en general.

En los próximos años las tecnologías emergentes impactarán en el avance tecnológico y cobrarán importancia los desarrollos que apliquen dicha tecnología,

en el proyecto se trabajará principalmente con:

Realidad Aumentada (RA) que por definición, es el conjunto de tecnologías que permiten la superposición, en tiempo real, de imágenes, marcadores o información generados virtualmente, sobre imágenes del mundo real. En la realidad aumentada el mundo real y el mundo virtual se entremezclan para crear una realidad mixta en tiempo real. Es un recurso tecnológico que ofrece experiencias interactivas al usuario a partir de la combinación entre la dimensión virtual y la física, con la utilización de dispositivos digitales. La RA se aplica en contextos y campos diversos como la medicina, la publicidad, el campo militar, los dispositivos de navegación, la prospección hidrológica y geológica, agropecuario, ambiental o el mundo industrial entre otros.

Realidad virtual (RV) es un sistema tecnológico, basado en el empleo de distintos dispositivos, cuyo fin es producir una apariencia de realidad que permita al usuario tener la sensación de estar presente en ella. Su aplicación, aunque centrada inicialmente en el terreno de los videojuegos, se ha extendido a otros muchos campos, como la medicina, educación generando aulas virtuales o simulaciones de vuelo y laboratorios entre otros. La realidad virtual puede ser de dos tipos: inmersiva y no inmersiva. Los métodos inmersivos de realidad virtual con frecuencia se ligan a un ambiente tridimensional creado por una computadora, el cual se manipula a través de cascos, guantes u otros dispositivos que capturan la posición y rotación de diferentes partes del cuerpo humano. La realidad virtual no inmersiva también utiliza la computadora y se vale de medios como el que actualmente nos ofrece Internet, en el cual podemos interactuar en tiempo real con diferentes personas en espacios y ambientes que en realidad no existen sin la necesidad de dispositivos

adicionales a la computadora, ofreciendo un nuevo mundo a través de una ventana de escritorio.

Inteligencia artificial (IA) es la rama de las ciencias de la computación dedicada al desarrollo de agentes racionales no vivos, entendiendo como agente a cualquier cosa capaz de percibir su entorno, procesar tales percepciones y actuar en su entorno (proporcionar salidas). La inteligencia artificial convencional se basa en el análisis del comportamiento humano ante diferentes problemas. Los sistemas de IA actualmente son parte de la rutina en campos como educación, economía, medicina, ingeniería y la milicia, y se ha usado en gran variedad de aplicaciones de software, juegos de estrategia como ajedrez de computador y otros videojuegos. Otros ejemplos de sus usos se encuentran en el área de control de sistemas, planificación automática, la habilidad de responder a diagnósticos y a consultas de los consumidores, reconocimiento de escritura, reconocimiento del habla y reconocimiento de patrones.

Calidad de la educación en la virtualidad: ¿Qué significa una buena educación o calidad en el servicio en la Educación a Distancia? Debería significar lo mismo que para la educación presencial. La calidad de la educación institucional no depende de la modalidad educativa, sino de la calidad de los procesos que se viven y aprenden. ¿Por ello es importante definir indicadores para poder medir que tipo de educación estamos brindando?

Entornos virtuales 3D: con la tecnología tridimensional se pueden realizar diferentes herramientas que las personas u organizaciones pueden involucrar en su día a día para brindar un mejor servicio o para facilitar algunas de sus necesidades, las cuales son, pantallas 3D, juegos en 3D, impresiones 3D y entornos virtuales 3D. Los entornos virtuales 3D o espacios de simulación 3D son sistemas inmersivos, interactivos, personalizables, accesibles y

programables, que permiten diseñar actividades complejas.

RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Durante el proyecto, en la convocatoria anterior, se trabajó en el desarrollo de la base para la implementación de la educación digital en la UNSaDA, en este sentido se realizó un trabajo coordinado con el área Académica de la Universidad en la definición de protocolos para la implementación de la educación a distancia en el contexto de la pandemia.

Las medidas excepcionales dispuestas por la universidad ante la emergencia sanitaria COVID-19 impulsaron y potenciaron la puesta en funcionamiento del modelo de SIED presentado y aprobado por el Consejo Superior. Con anterioridad a la aprobación del SIED, por Resolución del Rector N° 78/2020, refrendada por Resolución 191/2020 del Consejo Superior, se aprobó el Protocolo de implementación del “Dispositivo de Trabajo de Educación Virtual por Causa de la Suspensión de Clases Presenciales - Seguimiento y Evaluación de las Actividades”. Si bien, como lo aclara explícitamente la Resolución 78/2020, dicho Protocolo viabiliza la aplicación de métodos y medidas de enseñanza virtual “sin que ello implique adoptar el mecanismo de Educación a Distancia como forma de enseñanza”, la situación en sí motivó e impulsó la definición y puesta en funcionamiento del SIED.

Por Resolución del Rector N° 78/2020 se dispuso un protocolo para el seguimiento y evaluación de las actividades virtuales desarrolladas durante la emergencia sanitaria. Desde la Secretaría Académica se realizó el seguimiento a través de tres sistemas informáticos: el correo institucional, SIU Guaraní y Moodle. Ante el surgimiento de potenciales

inconvenientes dispuso la intermediación de la Jefatura del Departamento Técnico, si se tratase de requerimiento o asesoramiento técnico-informático, y de la Coordinación de Bienestar Estudiantil, si se tratase de inconvenientes particulares planteados por alumnos.

Con anterioridad a la aprobación del SIED, por Resolución del Rector N° 78/2020, refrendada por Resolución 191/2020 del Consejo Superior, se aprobó el Protocolo de implementación del “Dispositivo de Trabajo de Educación Virtual por Causa de la Suspensión de Clases Presenciales - Seguimiento y Evaluación de las Actividades”. Si bien, como lo aclara explícitamente la Resolución 78/2020, dicho Protocolo viabiliza la aplicación de métodos y medidas de enseñanza virtual “sin que ello implique adoptar el mecanismo de Educación a Distancia como forma de enseñanza”, la situación en sí motivó e impulsó la definición y puesta en funcionamiento del SIED.

Tal como se viene mencionando anteriormente se realizó la presentación del Sistema Institucional a Distancia de la Universidad ante CONEAU obteniendo la aprobación por parte del Ministerio.

Se construyó, mediante herramientas de software de código abierto, un Entorno Virtual de Enseñanza y Aprendizaje (EVEA) que integra los sistemas de información para lograr una administración y gestión académica de forma centralizada que permite crear, administrar y llevar a cabo aulas virtuales, herramientas de aprendizaje, comunicación y colaboración.

Se presentó una Becas EVC – CIN Convocatoria 2019 a cargo del alumno Matías Contreras. Durante el desarrollo de la misma, se relevaron estudios de las diferentes propuestas para el desarrollo del EVEA se vislumbraron las ventajas de utilizar un entorno basado en un LMS de Software Libre como lo es Moodle, alojado sobre una infraestructura cloud (en la nube)

teniendo de manifiesto el contexto de la UNSAdA y su desarrollo tecnológico actual. La sólida arquitectura tecnológica con que cuenta la UNSAdA otorga sustentabilidad y facilita la proyección de líneas estratégicas para el desarrollo del SIED en el corto, mediano y largo plazo.

Se desarrolló una tesis de maestría en tecnología aplicada a la educación (UNLP) que actualmente se encuentra en evaluación para exposición.

Se continuará con la investigación y la formación de recursos humanos sobre los aspectos tecnológicos del desarrollo de aplicaciones utilizando tecnologías innovadoras en diferentes contextos.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo está compuesto por docentes e investigadores formados y en formación pertenecientes a la Universidad Nacional de San Antonio de Areco, algunos de los cuales dirigieron becas CIN, y diversos trabajos finales de la carrera de Analista en Informática. Por otro lado, en agosto y septiembre de 2021 respectivamente, uno de los investigadores de este equipo defendió sus tesis de maestría obteniendo el título de Magíster en Tecnologías aplicadas a Educación otorgado por la Universidad Nacional de La Plata. Otros de los docentes investigadores del equipo se encuentran actualmente esperando fecha para la defensa de su tesis también en el Magíster en Tecnologías aplicadas a Educación otorgado por la Universidad Nacional de La Plata. Se espera en el 2022 tener dos presentaciones de Becas CIN de alumnos avanzados y una beca CIC.

BIBLIOGRAFÍA

Campi, W [et. al] (2018) ”La educación a distancia en Argentina a través de sus

normas: de la Ley 1597/1885 a la Resolución Ministerial 2641-E/2017” en Dari, N. y Bauman, P (Comps), Marcos regulatorios y modelos pedagógicos: un camino hacia la virtualización de la educación superior en el MERCOSUR, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes.

Lezcano, H. y Suárez, M. (2021). “Educación Superior, tecnologías digitales y educación a distancia: impacto en la comunidad de estudiantes de la Universidad Nacional de San Antonio de Areco en relación a la aplicación de los dispositivos virtuales implementados en la enseñanza” Tesis de grado de la Lic. en Gestión Educativa, UNSaA.

López, S (2018) “Modelos pedagógicos en la educación a distancia: el caso de la Universidad Nacional de Quilmes en Argentina” en Dari, N. y Bauman, P (Comps), Marcos regulatorios y modelos pedagógicos: un camino hacia la virtualización de la educación superior en el MERCOSUR, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes.

Pontoriero, F. A. (2021). E-learning en la educación superior argentina - Modelo de evaluación de calidad a partir del aporte de referentes clave Virtualidad, Educación y Ciencia, 22 (12), pp. 22-45.

Solla, L. M. (2019). “Integración de sistemas de información institucionales y entornos virtuales de aprendizaje: ¿necesidad operativa o un componente ausente en el SIED?” En el 8º Congreso internacional de la Red Universitaria de Educación a Distancia (RUEDA 2019).

AHMAD, T.; SAROBE, M.; RUSSO, C.; TESORE, J.; MORETTI, N. (2019) Experiencias Colaborativas en Entornos Virtuales 2D y 3D. Argentina. La Plata. 2019. Libro. Artículo Completo. Congreso. XIV CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA EN EDUCACIÓN Y

EDUCACIÓN EN TECNOLOGÍA. Universidad Nacional de San Luis.

Baños González, N., Rodríguez García, T., Rajas Fernández, M. (2014): Mundos virtuales 3D para la comunicación e interacción en el momento educativo on-line. Historia y Comunicación Social. Vol. 19. Núm. 179 Especial Enero. Págs. 417-430. Recuperado de: <https://revistas.ucm.es/index.php/HICS/article/view/44967>.

Belloch, C. (2012) Entornos virtuales de aprendizaje. Unidad de Tecnología Educativa (UTE). Universidad de Valencia. Disponible en <https://www.uv.es/bellohc/pedagogia/EV A3.pdf>.

Cabero, J., & Llorente, M. (2007). La interacción en el aprendizaje en red: uso de herramientas, elementos de análisis y posibilidades educativas. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 10(2), 97-123. Recuperado de: <https://doi.org/10.5944/ried.2.10.995>.

[13:30, 21/2/2022] Tamara: Campazzo, E. Guzmán, A. Martínez, M. Agüero, A. (2011). De la presencialidad a la interacción virtual 3D. Revista Calidad en la Educación Superior Programa de Autoevaluación Académica Universidad Estatal a Distancia. 2(1), 35 - 53. ISSN 1659-4703. Costa Rica. Recuperado de: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/revistacalidad/article/view/416>.

Cataldi, Z. Lage, F. J. Dominighini, C. (2013). Fundamentos para el uso de simulaciones en la enseñanza. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales. Vol. 10(17), págs.8-16, ISSN 1667-8338. Recuperado de: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/101017/A2mar2013.pdf>.

Entornos virtuales y herramientas digitales en escenarios educativos híbridos

Sanz Cecilia^{1,3}, Gorga Gladys¹, Gonzalez Alejandro¹, Zangara Alejandra¹, Iglesias Luciano¹, Ibáñez Eduardo¹, Violini Lucía^{1,2}, Fachal Adriana¹, Archuby Federico^{1,2}, Abásolo María José¹, Manresa-Yee Cristina⁴, Paula Dieser⁵, Pesado Patricia¹

¹Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI). Centro Asociado CIC.
Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata

²Becario/a UNLP

³Investigador Asociado de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

⁴Departamento de Ciencias Matemáticas e Informática. Universidad de las Islas Baleares, España

⁵Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa.

{csanz, ggorga, agonzalez, li, eibanez, lviolini, farchuby, mjabasolo, ppesado}@lidi.info.unlp.edu.ar, alejandra.zangara@gmail.com, afachal@hotmail.com, paula.dieser@gmail.com, cristina.manresa@uib.es

RESUMEN

Se presentan aquí algunas de las líneas de investigación y desarrollo del subproyecto “Metodologías y herramientas para la apropiación de tecnologías digitales en escenarios educativos híbridos”, correspondiente al Instituto de Investigación en Informática LIDI. En particular, se detallan los avances y logros alcanzados en este subproyecto en el año 2021. El trabajo se concentra en el desarrollo e innovación en el área de tecnologías digitales para escenarios educativos. Como parte de los objetivos se estudian técnicas, metodologías, y herramientas de diseño y desarrollo para diseñar y crear sistemas que puedan atender a los actuales contextos educativos; en los que se combinan diversas tecnologías, dispositivos, dinámicas de trabajo y personas con diferentes saberes y recorridos. Además, se participa fuertemente en la formación de recursos humanos en el área y en la cooperación con otras universidades del país y del exterior.

Palabras clave: materiales educativos digitales, entornos digitales para el aprendizaje, juegos serios, herramientas colaborativas, educación, educación especial

CONTEXTO

Este trabajo se enmarca en el subproyecto llamado “Metodologías y herramientas para la apropiación de tecnologías digitales en escenarios educativos híbridos” forma parte de un proyecto más general titulado: “Metodologías, técnicas y herramientas de Ingeniería de Software en escenarios híbridos. Mejora de proceso” (período 2018-2021), perteneciente al Instituto de Investigación en Informática LIDI, de la Facultad de

Informática de la Universidad Nacional de La Plata y acreditado por el Ministerio de Educación de la Nación. Participan en este proyecto docentes investigadores, tesis, becarios, y pasantes; se contribuye a la formación de recursos humanos y se coopera en estos temas tanto en el ámbito nacional como en el internacional.

1. INTRODUCCION

El subproyecto se organiza alrededor de diferentes ejes temáticos, que abarcan: el diseño y desarrollo de entornos digitales y materiales para mediar procesos educativos, metodologías y herramientas para el desarrollo y el seguimiento de actividades colaborativas, y el diseño y creación de juegos serios educativos. Como parte de las actividades del subproyecto, se aplican las investigaciones a diferentes niveles educativos y se investiga sobre sus efectos e impactos en estudiantes y docentes involucrados.

Los procesos educativos en la actualidad, y con mayor fuerza a partir de la situación de pandemia vivida, se encuentran atravesados por dispositivos, herramientas, redes sociales, y diversos entornos digitales (Kotilainen et al., 2020). Estas mediaciones conllevan el uso de datos para extraer información valiosa para los actores del escenario educativo así como técnicas de inteligencia artificial para ofrecer recorridos adaptados a los estudiantes según sus perfiles (Lion et al., 2020), entre muchos otros desafíos que involucran a las tecnologías, las personas y los procesos que los atraviesan (Spandre, Sanz & Dieser, 2021). Estos desafíos motivan algunas de las líneas que se llevan adelante en el marco de este sub-proyecto. Desde el área de la Informática, resulta de interés aportar al escenario educativo con herramientas que sean capaces de adaptarse a diferentes contextos, que transparenten datos de procesos que se realizan con ellas, y que

aporten al conocimiento y a la construcción colaborativa. Así uno de los ejes en los que se viene trabajando en este proyecto es el vinculado a los entornos digitales y materiales educativos, donde se están diseñando entornos educativos 3D para el trabajo con diferentes estudiantes (Fachal & Abásolo, 2021a; Quintín, Sanz & Zangara, 2016). Los entornos 3D propician la simulación a través de escenas recreadas, y propician la estimulación audiovisual (Quintín et al., 2016).

Al mismo tiempo, se investiga sobre el diseño de herramientas que aporten indicadores y datos de interés para procesos colaborativos en entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje. Trabajos como el de Fidalgo-Blanco et al. (2012) ofrecen abrir el proceso en cada etapa e ir informando a los participantes acerca de su performance individual y grupal. En (Zangara & Sanz, 2020) se afirma que diversas formas de visualización de indicadores del proceso colaborativo, con representaciones adecuadas, pueden ayudar a los estudiantes en el desarrollo metacognitivo y, posteriormente, en la regulación de la actividad de colaboración.

En cuanto a la línea de juegos serios educativos, se abordan en el sub-proyecto tanto metodologías de diseño, como la creación y aplicación de juegos que se gestan con el fin de atender diversas necesidades del escenario educativo. Las metodologías de diseño de juegos, involucran atender a sus diversos componentes: los objetivos educativos y de entretenimiento, la historia, las mecánicas, la interfaz, entre otros (Archuby, Sanz & Manresa-Yee, 2020; Dörner et al., 2016). Profundizar en estos estudios es de interés para crear juegos que equilibren los objetivos pedagógicos y de entretenimiento y sean de utilidad para el desarrollo diversas competencias (Sandí Delgado et al., 2020). Se consideran estrategias de diseño co-participativo, centradas en las personas y se trabaja en metodologías ágiles para el diseño y desarrollo de las producciones que se llevan adelante en el sub-proyecto (Gros & Durall, 2020).

Las líneas de I+D+I que se abordan se vinculan con las temáticas de la Maestría y Especialización en Tecnología Informática Aplicada en Educación de la misma Facultad.

2. LINEAS DE INVESTIGACION / DESARROLLO/ INNOVACIÓN

Se presentan aquí las principales líneas de investigación, desarrollo e innovación abordadas en el marco del proyecto:

- Entornos digitales para la mediación de procesos educativos: entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje, entornos 3D, redes sociales.

Funcionalidades y formas de acceso a estos espacios, trazabilidad de las actividades, estándares. Estrategias para el diseño e implementación de estos tipos de entornos.

- Materiales educativos digitales. Metodologías para su diseño y producción. Objetos de aprendizaje. Multimedia e hipermedia en escenarios educativos. Nuevos entramados de medios, soportes y lenguajes.
- Integración de TIC en procesos educativos. Hibridación de las modalidades educativas. Diseño de MOOC.
- Juegos Serios con diferentes paradigmas de interacción. Metodologías para su creación.
- Trabajo colaborativo mediado por TICs. Herramientas para la Autorregulación y el desarrollo de capacidades metacognitivas. Conceptualización, análisis y desarrollo de software y metodologías. Actividades colaborativas aprovechando dispositivos móviles.
- Formación de recursos humanos en el área de Informática. Pensamiento computacional, desarrollo de la empatía, y la resiliencia académica en estudiantes de carreras en Informática.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

En esta sección se detallan los principales resultados alcanzados durante el 2021 e inicio de 2022.

Se continúa trabajando en el diseño y desarrollo del entorno IDEAS¹ (entorno virtual de enseñanza y aprendizaje - EVEA). En 2021 se desarrollaron mejoras en la herramienta de tareas que ofrece IDEAS, para ayudar a los participantes de un curso a distinguir el estado de las tareas (finalizada, nueva, pendiente, etc). Se llevó a cabo una reingeniería de la herramienta de autoevaluación, también atendiendo a sus diferentes estados, y enfatizando en mostrar la situación de cada estudiante respecto de la autoevaluación. Al mismo tiempo, se diseñaron nuevos reportes para atender a necesidades que surgieron durante la pandemia y ofrecer datos útiles a pedido de los docentes. En la actualidad IDEAS está siendo utilizado en diversos cursos de la Facultad de Informática y otras facultades de la UNLP. Se trabaja en el asesoramiento a docentes.

En el marco de estas temáticas en 2021 se finalizó un trabajo final de Especialización en Tecnología Informática Aplicada en Educación que indaga sobre el uso de estos entornos en la formación de usuarios de bibliotecas a nivel nacional (Kessler & Sanz, 2021). El trabajo está esperando su evaluación. También se desarrolló una tesis de maestría dirigida en el marco del proyecto, que aborda el diseño de una aplicación para la formación y entrenamiento de docentes en el uso de

¹ Proyecto IDEAS:

<https://proyectoideas.info.unlp.edu.ar/>

herramientas para entornos virtuales (Fernández, Gonzalez & Liberatore, 2021).

Se avanzó, al mismo tiempo, en una tesis de maestría sobre calidad de entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje, dirigido por un miembro del proyecto (Ochoa Roblez, Esponda, Gorga & Astudillo, 2020).

En 2021 se profundizó en el diseño de un entorno 3D para el aprendizaje de personas con discapacidad auditiva (Fachal, Abásolo, Sanz, 2021a). Se crearon diferentes escenarios de trabajo en OpenSim, para llevar adelante una estrategia educativa con estudiantes con discapacidad auditiva. Al momento se desarrolló una prueba piloto de la primera etapa de esta estrategia, con 5 estudiantes y se están analizando resultados. Durante este año se dará continuidad a este trabajo completando el estudio de caso planificado. También se desarrolló una investigación sobre la creación de un diccionario de términos informáticos en el marco de una materia con estudiantes con discapacidad auditiva (Fachal, Sanz & Abásolo, 2021b). Hay una tesis vinculada a la creación de un simulador de entrevistas laborales que fue dirigida por un integrante del equipo y está en evaluación (Gonzalez et al., 2020). Otro resultado alcanzado en estas temáticas, se vinculó con el estudio de aplicaciones móviles para personas con discapacidad auditiva que resultó en una publicación (Herrera, Manersa-Yee, & Sanz, 2021). Este resultado forma parte de la agenda de cooperación con la Universidad de Islas Baleares y la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

En una tesis doctoral de uno de los miembros del proyecto se está avanzando en el diseño y creación de MarCOA, un framework para la creación de objetos de aprendizaje, que sigue la metodología CROA (Violini, Sanz, & Pesado, 2021). Actualmente, se dirige una práctica profesional de un estudiante de Ingeniería en Computación que aborda parte de la implementación de este framework. Se espera finalizar la tesis en el 2022.

En 2021 se continuó con el proyecto Cap4city (Erasmus), en el que se aplicó la metodología de creación de MOOC elaborada en el equipo (Zangara & Sanz, 2020).

Al mismo tiempo, se destacan los estudios que se desarrollan, vinculados al sub-proyecto, en temas de autorregulación del aprendizaje en entornos mediados por tecnologías digitales (Dieser, Zangara & Sanz, 2019). En este sentido los resultados alcanzados pueden aportar al diseño de cursos online y al de entornos y herramientas que consideren los hallazgos encontrados. En 2021 se llevaron adelante dos charlas en el marco del plan de actividades del Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica (CIyTT) que permitieron la discusión de estas temáticas entre los participantes, en su mayoría docentes de diferentes universidades del país (Dieser, Sanz & Zangara, 2021, 2020). Actualmente, se está iniciando una línea relacionada con la investigación sobre resiliencia académica y se profundizan los estudios realizados en el marco de un proyecto de innovación docente de la Universidad de Zaragoza en el

que se participa, que abordan el desarrollo de la competencia de empatía en estudiantes de carreras en Informática (Aguelo et al., 2020).

En cuanto a los temas vinculados a la mediación de procesos colaborativos, se está dirigiendo una tesis doctoral, que profundiza los aportes de la tesis doctoral de uno de los miembros del equipo (Zangara & Sanz, 2020). Se propone la creación un *dashboard* que se integra a Moodle que permite implementar *mirroring* de procesos colaborativos (Vazquez-Bermudez et al., 2021; van Leeuwen & Rummel, 2020). La tesis actualmente está avanzando en la implementación. También se dirige una tesis de maestría donde bajo el modelo de Comunidad de Indagación, se estudian las interacciones entre los actores de procesos educativos mediados por tecnologías digitales (Spandre, Sanz & Dieser, 2021).

Relativo a los temas de juegos serios educativos, durante 2021, se encaró un proyecto financiado por la Facultad de Informática en el que se buscó investigar la facilidad de uso de la metodología DIJS para la creación de estos juegos. Parte de la metodología DIJS se aplicó en el diseño de dos juegos: Escapados (juego en un entorno 3D con interacción tangible para abordar temas de Química y Matemática), y EmpoderAR: un juego de realidad aumentada para dar a conocer a algunas de las mujeres destacadas en la historia de la Informática. La metodología DIJS es uno de los resultados alcanzados en el marco de una tesis de maestría de un miembro del proyecto (Archuby, Sanz, & Pesado, 2020; Archuby, Sanz, & Manresa-Yee, 2020). Se avanzó también con la investigación en cooperación con la Universidad Nacional de Río Negro, donde se dirige un proyecto vinculado a esta temática. Como parte de las actividades desarrolladas en 2021 se aplicaron juegos serios en diversos contextos educativos (Livos et al., 2021). Además, se está dirigiendo un trabajo de fin de carrera sobre el tema ExerGames. Los ExerGames se utilizan con el objetivo de fomentar la actividad física de los jugadores. En el trabajo se desarrolló un mando para sensar los movimientos del jugador y contabilizarlos como parte de la dinámica de los juegos que integren dicho mando (Del Gener, Sanz & Iglesias, 2021).

En 2021 se aplicaron los juegos serios educativos creados en el marco del proyecto: Innovática (juego de Realidad Virtual sobre Innovadores de la Informática); Albores que es un juego en una sala interactiva y que fue aplicado en grupos de prueba piloto y se continúa desarrollando; HuVi Parque Nacional Iguazú y HuVi Ischigualasto Talampaya que se presentaron en charlas del CIyTT y del Programa Nexos durante el 2021. Además, se han creado nuevos juegos que serán aplicados y cuyo impacto se evaluará durante 2022.

En cuanto a los proyectos vinculados con la temática y los acuerdos de cooperación, el III- LIDI participa en los siguientes:

- Se cuenta con un acuerdo de colaboración en estos temas con la Universidad de Zaragoza y se trabaja en forma conjunta.
- Se tienen un acuerdo de cooperación con la Universidad de Islas Baleares, en particular se trabaja con el Departamento de Ciencias Matemáticas e Informática. En este contexto se dirigen tesis y se participa de proyectos conjuntos.
- Se finalizó la participación en el proyecto REFORTICCA: Recursos para el Empoderamiento de FORMadores en TIC, Ciencias y Ambiente. Proyecto que se desarrolla en el marco de los Proyectos de Innovación y Transferencia en Áreas Prioritarias de la Pcia. de Buenos Aires (PIT-AP-BA).
- Se participa del Proyecto Nexos de articulación entre la escuela y la universidad, a partir del cual se llevan a cabo acciones con diferentes escuelas de la región de La Plata y se participa de ferias y exposiciones de ciencia, tecnología y educación.
- Se coopera con la Universidad Nacional de Santiago del Estero y con la Universidad Nacional de Río Negro con asesoría en el primer caso y dirección de un proyecto en el segundo, en vinculación a los ejes presentados aquí.
- Se participa en el proyecto PERGAMEX y en particular en el subproyecto RTI2018-096986-B-C31: “Design of pervasive gaming experiences for intergenerational social and emotional well-being (PERGAMEX-INTERGEM)”.
- Se participa en proyectos de Innovación Docente de la Universidad de Zaragoza.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

En estas líneas del subproyecto se realiza formación de recursos humanos a través de la dirección de becas, tesis de doctorado, maestría y trabajos finales de especialización y tesinas de grado.

En 2021, se cuenta como resultado con 2 trabajos de tesis finalizados diciembre de 2020 y cuyos libros de tesis fueron publicados en 2021. Además, de un trabajo de tesis de maestría dirigido por uno de los miembros del equipo entregado para su evaluación que será defendido en marzo de 2022. Se están dirigiendo dos tesis de maestría que avanzan sobre los temas de autorregulación del aprendizaje y comunidad de indagación para la interacción entre los participantes de procesos educativos mediados por tecnologías digitales, respectivamente. Se finalizó además un trabajo final de especialización, en temas vinculados a entornos virtuales, que está esperando su evaluación. En la línea de entornos virtuales 3D se espera concluir con una tesis doctoral.

5. BIBLIOGRAFIA

- Aguelo, A., Sanz, C., Coma, T., Baldassarri, S. & Álvarez, P. (2020). Educational Activity Proposal For The Development Of Empathy In Beginner Students Of Computer Science, EDULEARN20 Proceedings, pp. 4989-4995.
- Archuby, F., Sanz, C. & Manresa-Yee, C. (2020). Metodologías de diseño y desarrollo para la creación de juegos serios digitales. Tesis de maestría finalizada. Sep. 2020. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/111123>
- Archuby, F., Sanz, C. & Pesado, P. (2020). Experience Analysis for the Use of Desafiate Serious Game for the Self-assessment of Students. In: Pesado P., Arroyo M. (eds) Computer Science – CACIC 2019. CACIC 2019. Communications in Computer and Information Science, vol 1184. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48325-8_8
- Astudillo, G., Sanz, C. & Santacruz-Valencia, L. (2017). Proceedings of the Twelfth Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO), 2017, ISBN: 978-1-5386-2376-3, págs. 1-4, doi. 10.1109/LACLO.2017.8120939.
- Carvalho, L.; Yeoman, P. (2021) Performativity of Materials in Learning: The Learning-Whole in Action. Journal of New Approaches in Educational Research, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 28-42, jan. 2021. ISSN 2254-7339. Available at: <https://naerjournal.ua.es/article/view/627>
- Del Gener, A., Iglesias, L. & Sanz, C. (2021). Exergames: propuesta de un gamepad para sensar movimientos del jugador. Tesina de Grado. Propuesta aprobada. En realización.
- Dieser, P., Sanz, C., Zangara, A. (2021). Charla Autorregulación del aprendizaje en entornos mediados por tecnologías digitales. Plan de actividades del CIyTT.
- Dieser, P., Sanz, C., Zangara, A. (2020). Capítulo: Autorregulación del aprendizaje en contextos educativos mediados por tecnologías digitales. Teoría, investigación y aplicaciones en la educación superior iberoamericana. Libro: Aprendizaje y tecnologías: habilidades del presente, proyecciones de futuro. Editorial Noveduc. Julio 2020. 978-987-538-764-5
- Dörner, R., Effelsberg, W., Göbel, S., Wiemeyer, J. (2016). Serious Games. Foundations, concepts and practice. Springer. Alemania
- Fachal, A. & Abásolo, M.J. (2021a). Entorno Virtual 3D en OpenSim para el trabajo con estudiantes con discapacidad auditiva. Demo presentada en el Congreso TE&ET 2021.
- Fachal, A. S., Abásolo, M. J., & Sanz, C. V. (2021b). Dictionary of Computer Terms in LSA with Operational Signs proposed by and for Hearing-Impaired Students. IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje.

- Fachal, A. S., Abásolo, M. J., & Sanz, C. V. (2019). Experiences in the Use of ICT and Digital Ramps for Students in Tertiary Education with Visual or Hearing Impairment. In Argentine Congress of Computer Science (pp. 369-388). Springer, Cham.
- Fidalgo-Blanco, A., Lerís, D., Sein-Echaluce, and F. J. García-Peñalvo, M.L. (2013). Indicadores para el seguimiento y evaluación de la competencia de trabajo en equipo a través del método CTMTC, [Online] Available in: <https://gredos.usal.es/handle/10366/122531>
- Fernández, G. V., González, A. H., & Liberatore, G. (2021). Diseño de una APP Web para la formación y el entrenamiento de docentes en TIC: el caso de las carreras BIBES y LICAD, UNMdP. In XVI Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología-TE&ET 2021 (La Plata, 10 y 11 de junio de 2021).
- González, A. H., Quintana, N., Vallejo, A. E., & Pereyra, J. M. (2020). Capacitación de adultos hipoacúsicos mediante un entorno multimedia basado en la simulación de una entrevista laboral. In XV Congreso Nacional de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2020). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/103672>
- Gros, B., & Durall, E. (2020). Retos y oportunidades del diseño participativo en tecnología educativa. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (74), 12-24. <https://doi.org/10.21556/edutec.2020.74.1761>
- Herrera, S. I., Manresa-Yee, C., & Sanz, C. V. (2021). Mobile learning for hearing-impaired children: Review and analysis. *Universal Access in the Information Society*, 1-19.
- Kotilainen, S., Okkonen, J., Vuorio, J. & Leisti, K. (2020). Youth Media Education in the Age of Algorithm-Driven Social Media. En D. Frau-Meigs, S. Kotilainen, M. Pathak-Shelat, M. Hoehsmann & S. R. Poyntz (Eds.), *The Handbook of Media Education Research* (pp. 131–139). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Ltd.
- Lion, C. (2020). Aprendizaje y tecnologías: habilidades del presente, proyecciones de futuro. *Noveduc Gestión*. ISBN 978-987-538-756-0
- Lovos, E., Sanz, C., Goin, M., Ricca, M., Molina, C., Gil, E., Basciano, I., Gastaminza, M. (2020). *Juegos Serios Móviles. Diseño, Desarrollo e Integración En Escenarios Educativos*. Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. WICC2020
- Ochoa Roblez, J., Esponda, S. & Astudillo, G. (2020). Análisis del estado del arte de los modelos de calidad de Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje. Trabajo final de Especialización en TIAE. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/89019>
- Ochoa Roblez, J., Esponda, S., Gorga, G. & Astudillo, G. Diseño de un modelo de evaluación de calidad de entornos virtuales de enseñanza aprendizaje basado en la familia de calidad ISO/IEC 25000. Propuesta de tesis de Maestría en TIAE.
- Quintín, E., Sanz, C., & Zangara, A. (2016, October). The impact of role-playing games through Second Life on the oral practice of linguistic and discursive sub-competences in English. In 2016 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS) (pp. 148-155). IEEE.
- van Leeuwen, A. & Rummel, N. (2020) Comparing teachers' use of Mirroring and advising dashboards. In: Proceedings of the Tenth International Conference on Learning Analytics & Knowledge, Frankfurt Germany, pp. 26–34, March 2020. <https://doi.org/10.1145/3375462.3375471>
- Vázquez-Bermúdez, M., Sanz, C., Zangara, M. A., & Hidalgo, J. (2021). Visualization Tools for Collaborative Systems: A Systematic Review. In *International Conference on Technologies and Innovation* (pp. 107-122). Springer, Cham.
- Violini, L.; Sanz, C. & Pesado, P. (2020) metodologías y framework para el diseño y la creación de objetos de aprendizaje. *Revista Investigación joven* (ISSN 2314-3991), vol. 6, num. Especial, págs. 176-177, 2019.
- Zangara, A. & Sanz, C. (2020) Trabajo colaborativo mediado por tecnología informática en espacios educativos. Metodología de seguimiento y su validación. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 25, pp. 8-20, 2020. doi: 10.24215/18509959.25.e1
- Zangara, A. & Sanz, C. (2019). Del trabajo grupal al colaborativo. antecedentes, conceptualización y propuesta de abordaje didáctico. *Signos Universitarios*, (54). Referato Nacional.

Diseño de una aplicación para la formación y entrenamiento de docentes en el uso de herramientas para entornos virtuales (EVEA): el caso de las carreras a distancia del Departamento de Ciencia de la Información de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tesis de Maestría en Tecnología Informática Aplicada en Educación, Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata

Tesista: Fernández, Gladys Vanesa

gvfernan07@gmail.com

Director: Alejandro Héctor González (III LIDI, Facultad de Informática, UNLP). **Codirector:** Gustavo Liberatore (Departamento de Ciencia de la Información, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata)

Fecha de exposición: noviembre de 2021

MOTIVACIÓN

La motivación para realizar esta propuesta de tesis surge de la necesidad de una formación docente más profunda en herramientas tecnológicas y recursos para educación a distancia, sumado a que, como docente y autora central de este proceso y de los desarrollos realizados, he transitado gran parte de la historia de las carreras a distancia.

En el caso particular de las carreras, Bibliotecario Escolar y Licenciatura en Bibliotecología y Documentación, la intervención pedagógica de los docentes ha consistido en transmitir a los alumnos las claves de lectura de los materiales didácticos y de la bibliografía obligatoria, según la secuencia de un Plan de Trabajo Docente (PTD), presentado al iniciar la asignatura. Los procesos educativos en las carreras a distancia han sido desarrollados por la mayoría de los docentes en términos de la poca utilización de aplicaciones informáticas que potencien las capacidades de intermediación tecnológica en la apropiación y discusión de los contenidos ofrecidos. La intervención tecnológica de los docentes de estas carreras se ha limitado a la utilización de las herramientas básicas del EVEA (entorno virtual de enseñanza y aprendizaje), y en muy pocos casos a la innovación en el uso de recursos provenientes del propio software o de fuentes externas. El EVEA, en este sentido, se ha comportado como un “contenedor” administrado por prácticas docentes presenciales cuando debería ser un espacio donde aplicar estrategias didácticas adaptadas a un entorno tecnológico.

OBJETIVOS

- Analizar y diagnosticar las competencias tecnológicas y digitales de los docentes de las carreras: Bibliotecario Escolar y Licenciatura en Bibliotecología y Documentación a Distancia.
- Crear una aplicación web para el entrenamiento y formación de los docentes de las carreras: Bibliotecario Escolar y Licenciatura en Bibliotecología y Documentación a distancia con la finalidad de que se realice un aprovechamiento de los recursos provistos por el EVEA Moodle y las herramientas externas al software.

Objetivos particulares

- Relevar y analizar la situación actual del cuerpo docente en cuanto a competencias digitales y tecnológicas.
- Identificar recursos y actividades dentro del EVEA Moodle para el entrenamiento y la formación de los docentes.
- Evaluar, valorar y seleccionar herramientas complementarias en la Web para la actividad de enseñanza y aprendizaje a distancia.
- Generar pautas para el entrenamiento y formación de los docentes en los recursos y las herramientas definidas anteriormente a través de material multimedia y las estrategias de simulación.
- Crear una aplicación Web para la formación y el entrenamiento de los docentes en recursos, actividades y herramientas en el contexto de Moodle mediante la utilización de material multimedia y estrategias de simulación.

APORTES

Este trabajo presenta el desarrollo de una herramienta para la formación y el entrenamiento en tecnologías de educación a distancia, destinada a los docentes de las carreras Bibliotecario Escolar y Licenciatura en Bibliotecología y Documentación del Departamento de Ciencia de la Información, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata.

La tesis consta de dos partes. En la primera parte se desarrolla la detección formal de la necesidad de instancias de formación en competencias tecnológicas, realizada a través del relevamiento del estado actual. La segunda parte, toma los resultados generados por el relevamiento para la confección de una aplicación para la formación de los docentes, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- los recursos que posee el Entorno Virtual de Enseñanza y Aprendizaje que funciona actualmente para las carreras a distancia;
- los recursos disponibles, por fuera del EVEA, para la utilización en diferentes • escenarios del proceso de enseñanza y aprendizaje en educación a distancia;
- un plan de formación virtual y autónoma para cada recurso.

El trabajo de tesis pone énfasis en los siguientes puntos:

- La importancia de la transversalidad de las competencias digitales y tecnológicas.
- La incorporación de competencias tecnológicas y digitales no solo para el proceso de enseñanza y aprendizaje sino también para las tareas de gestión e investigación propias del perfil docente universitario.
- Un sostenimiento de las políticas de formación a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta la dinámica y la evolución de las TIC.

Por último, es definida la metodología de testeo y evaluación para el producto final. A través de este trabajo fue posible evidenciar la necesidad de instancias de formación para los docentes de las carreras a distancia. Si bien la encuesta arrojó como resultado que el profesorado tiene un uso limitado de las tecnologías, pudo ponerse en evidencia la necesidad de un marco de condiciones pertinentes para que conozcan, amplíen y generen un uso innovador de la tecnología en la práctica docente a distancia.

Con estos resultados de la encuesta se pudieron detectar los puntos específicos con carencias de los docentes de BIBES y LICAD y arribar a la conclusión de que el profesorado de las carreras a distancia deberá:

- Aprovechar el uso de herramientas colaborativas en el proceso de enseñanza y aprendizaje.
- Contemplar la inclusión digital bajo el diseño universal de materiales educativos.
- Incorporar herramientas para la dinamización de las tutorías en cada asignatura.
- Complementar el uso del EVEA con otros ambientes digitales: aplicaciones semánticas, herramientas de gamificación, realidad aumentada. etc

LÍNEAS DE TRABAJO FUTURO

Como líneas de trabajo futuro, se plantea la realización de un nuevo análisis del estado de las competencias tecnológicas y digitales, luego de la implementación de la aplicación Web como política de formación de los docentes de las carreras BIBES y LICAD con el objetivo de analizar el grado de evolución en el manejo y la implementación de TIC en el perfil docente universitario.

Con respecto a la aplicación Web el trabajo a futuro se desarrollará:

- La posibilidad de la carga colaborativa de herramientas y recursos por parte de otros formadores.
- La utilización de la aplicación Web en otras dependencias y unidades académicas.
- La implementación de la aplicación Web dentro de un plan de formación para docentes en TIC por parte del SIED-UNMdP.

Herramientas de software para soporte en la enseñanza y aprendizaje de la arquitectura x86

Marcelo A. Colombani, José M. Ruiz, Amalia G. Delduca, Marcelo A. Falappa

Universidad Nacional de Entre Ríos, Av. Tavella 1424, (E3202KAC), Concordia, Entre Ríos, Argentina
Universidad Nacional del Sur Av. Alem 1253, (B8000CPB) Bahía Blanca, Argentina

marcelo.colombani,jose.ruiz,amalia.delduca}@uner.edu.ar, mfalappa@cs.uns.edu.ar

RESUMEN

Existe un consenso creciente en el uso de herramientas de simulación en la enseñanza para procesos dinámicos complejos, como las operaciones intrínseca de la computadora, permiten representar de forma visual e interactiva la organización y arquitectura interna de la computadora, facilitando así la comprensión de su funcionamiento por parte de los alumnos y el desarrollo de los temas por parte del docente. En este contexto, los simuladores juegan una pieza clave en el campo de la Arquitectura de Computadores, permitiendo conectar fundamentos teóricos con la experiencia práctica simplificando abstracciones y haciendo más rica la labor docente.

La arquitectura x86 es ampliamente utilizada en computadoras de escritorio y servidores. Este documento pretende realizar una comparación de los simuladores x86 que más se adecuan en el dictado de la asignatura Arquitectura de Computadoras de la carrera Licenciatura en Sistemas, establecer los criterios de evaluación y evaluar los simuladores seleccionados de acuerdo con estos criterios.

Palabras clave: x86, x86-64, simulador, aprendizaje, enseñanza, arquitectura de computadoras.

CONTEXTO

La presente investigación surge en el marco del proyecto de investigación I/D novel **PID-UNER 7065**: “Enseñanza/aprendizaje de asignatura Arquitectura de Computadoras con herramientas de simulación de sistemas de cómputos”. El Proyecto es llevado a cabo en la Facultad de Ciencias de la Administración de la Universidad Nacional de Entre Ríos, se vincula directamente con la asignatura Arquitectura en Computadoras que se dicta en segundo año de la carrera Licenciatura en Sistemas perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Administración de la Universidad Nacional de Entre Ríos.

Dentro del marco de la presente línea de investigación se está desarrollando una tesis de maestría, en la carrera Maestría en Sistemas de Información dictada en la Facultad de Ciencias de la Administración, UNER en el área de ARSO.

1. INTRODUCCIÓN

Simulación

La simulación es un término de uso diario en muchos contextos: medicina, militar, entretenimiento, educación, etc., debido a que permite ayudar a comprender cómo funciona un sistema, responder preguntas como "qué pasaría si", con el fin de brindar hipótesis sobre cómo o por qué ocurren ciertos fenómenos.

Para continuar, se define simulación como el

proceso de imitar el funcionamiento de un sistema a medida que avanza en el tiempo. Entonces para llevar a cabo una simulación, es necesario desarrollar previamente un modelo conceptual que representa las características o comportamientos del sistema, mientras que la simulación representa la evolución del modelo a medida que avanza en el tiempo. [1,3].

Con los avances en el mundo digital, la simulación se ha convertido en una metodología de solución de problemas indispensable para ingenieros, docentes, diseñadores y gerentes. La complejidad intrínseca de los sistemas informáticos los hace difícil comprender y costosos de desarrollar sin utilizar simulación [3].

Aporte pedagógico

Muchas veces en el ámbito educativo, resulta difícil transmitir fundamentos teóricos de la organización y arquitectura interna de las computadoras debido a la complejidad de los procesos involucrados. Si sólo incorporamos los medios de enseñanza tradicionales, como puede ser una pizarra, un libro de texto o diapositivas, los mismos tienen una capacidad limitada para representar estos fundamentos. En consecuencia, es imprescindible un alto nivel de abstracción por parte del alumno para desarrollar un modelo mental adecuado para capturar la organización y arquitectura interna de las computadoras [4],[5].

Es evidente la necesidad de utilizar nuevas tecnologías como recurso didáctico y como medio para la transferencia de conocimiento, ya que resultan de gran ayuda para que los alumnos relacionan conceptos abstractos con reales, permite situar al alumno en un contexto que imite algún aspecto de la realidad; en ese ambiente, el alumno podrá detectar problemáticas similares a las que podrían producirse en la realidad, logrando un mejor

entendimiento por medio del trabajo exploratorio, inferencia, aprendizaje por descubrimiento y desarrollo de habilidades [6,7].

Simuladores

Un simulador de arquitectura es un software que imita el hardware de un sistema. El simulador se centra principalmente en la representación de los aspectos arquitectónicos y funciones del hardware simulado. El uso de herramientas de simulación permite realizar cambios, pruebas y ejecución de programas sin temor de dañar ningún componente o por falta de la computadora [8].

Algunos softwares ofrecen una representación en forma visual e interactiva de la organización y arquitectura interna de la computadora, facilitando así la comprensión de su funcionamiento, como ser los simuladores Assembly debugger (x86), Simple 8-bit Assembler Simulator, Microprocessor Simulator, Simulador de ensamblador de 16 bits y Emu8086. En este sentido, los simuladores juegan una pieza clave en el campo de la Arquitectura de Computadores, permitiendo conectar fundamentos teóricos con la experiencia práctica, simplificando abstracciones y facilitando la labor docente [9,13].

Repertorio de instrucciones x86

El repertorio de instrucciones de la arquitectura x86 es la más utilizada en computadoras de escritorio y servidores del mundo. Inició con el procesador Intel 8086 en el año 1978 como arquitectura de 16 bits. Después evolucionó hasta una arquitectura de 32 bits cuando apareció el procesador Intel 80386 en el año 1985, denominada i386 o x86-32. AMD amplió esta arquitectura de 32 bits a una de 64 bits. Intel adoptó las extensiones de la arquitectura de AMD de 64 bits, también denominada AMD64 o Intel 64

[14,16].

Un procesador x86-64 mantiene la compatibilidad con los modos x86 existentes de 16 y 32 bits, y permite ejecutar aplicaciones de 16 y 32 bits, como así también de 64 bits. Esta compatibilidad hacia atrás protege las principales inversiones en aplicaciones y sistemas operativos desarrollados para la arquitectura x86 [14,16].

Por ello, la enseñanza de la arquitectura x86 es de gran relevancia en la asignatura Arquitecturas de Computadoras debido a los diferentes temas que aborda.

Asignatura Arquitectura de Computadoras

Los alumnos de la asignatura Arquitectura de Computadoras no solo deben conocer la estructura y el funcionamiento interno de la computadora, sino que, idealmente, deben tener una experiencia práctica activa con dicha arquitectura.

Para proporcionar esta experiencia es necesario un laboratorio con el hardware necesario y el tiempo para que los alumnos se vuelvan competentes en el uso de herramientas para trabajar con el hardware. Por este motivo, muchos simuladores han sido desarrollados, ayudando al alumno a comprender el funcionamiento y la estructura del computador proporcionando valiosas experiencias de aprendizaje [17].

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Si bien ya existe un estudio comparativo acerca de los simuladores de la arquitectura x86, el mismo está hecho bajo los siguientes criterios: velocidad, modelos de simulación y error experimental [18]. Sin embargo, desde este trabajo se propone un enfoque diferente, evaluar los simuladores x86 bajo otros criterios de evaluación vinculados a sus

características de simulación y a determinados contenidos abordados en la asignatura Arquitectura de Computadoras de la Carrera de Licenciatura en Sistemas de la Universidad Nacional de Entre Ríos.

Cabe destacar que existen estudios del año 2009 [9] y del año 2012 [10] que evalúan diferentes simuladores para abordar diferentes temas en el dictado de los cursos de Arquitectura de Computadoras, en general estos estudios evalúan simuladores en términos de dos categorías predefinidas: una referida a las características de la simulación, como ser granularidad, usabilidad, disponibilidad, presentación visual, flujo de simulación, etc., y otra sobre la cobertura de los contenidos preestablecidos en las currículas.

La diferencia de este trabajo respecto a los mencionados anteriormente [9,10] radica en evaluar los simuladores x86 en relación a una temática específica de la currícula como es el repertorio de instrucciones, funcionamiento de la CPU, ciclo de búsqueda y ejecución. En cuanto a las características de simulación se pretende incorporar nuevos criterios de evaluación (última actualización, documentación, editor para escribir programas en Assembler, adaptación a las extensiones de la arquitectura de 32 y 64 bits, etc).

En base a lo expuesto, se buscará definir criterios de evaluación y comparar los simuladores x86 y x86-64 disponibles según los criterios de evaluación preestablecidos, bajo dos categorías: una referida a las características de la simulación que analizan la funcionalidad de los simuladores seleccionados y otro referido a contenidos específicos de la asignatura Arquitectura de Computadoras que cubren los simuladores seleccionados.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Este proyecto de investigación se encuentra en su fase de iniciación y, entre los objetivos buscados podemos remarcar:

- Estudiar y evaluar diferentes herramientas de simulación de procesadores de la arquitectura x86.
- Definir criterios de evaluación de las herramientas de simulación para su utilización en el dictado de clases.
- Comparar diferentes herramientas de simulación según los criterios de evaluación preestablecidos.
- Analizar el impacto de la jerarquía de memorias en la ejecución de un programa utilizando las herramientas de simulación de procesadores.
- Generalizar dichos conceptos a otras arquitecturas, como por ejemplo las actuales basadas en 64 bits.

Se avanzó sobre el objetivo de la definición de criterios de evaluación, permitiendo de esta manera comenzar a comparar las diferentes herramientas de simulación.

Se han definido 7 criterios de evaluación:

1. **Usabilidad:** se refiere a la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso. Escala usabilidad (difícil-media-fácil).
2. **Editor:** soporte para escribir código fuente en lenguaje ensamblador. Escala editor (baja-media-alta).
3. **Documentación:** disponibilidad de soporte para el aprendizaje, repertorio de instrucciones, manual de usuario. Escala documentación (mínima-media-completa)
4. **Ejecución de simulación:** facilidad para controlar la simulación. Escala ejecución de simulación (baja-media-alta).

5. **Nivel de especificación de la Organización y Arquitectura del sistema simulado:** nivel de implementación del set de instrucciones, memoria, módulos de E/S, etc. Escala nivel de especificación x86 (mínima-media-completa).

6. **Características del desarrollo del producto software:** tipo de licencia open source o privativas, fecha de última versión, Web/Escritorio, uso académico. Escala producto software (mala-buena-muy buena).

7. **Cobertura de los contenidos preestablecidos en las currícula:** se busca que la herramienta abarque o se ajuste a la mayor cantidad de tópicos de la asignatura Arquitectura de Computadoras, escala cobertura contenido (baja-media-alta):

- Estructura y funcionamiento de la computadora.
- Circuitos lógicos.
- Repertorio de instrucciones.
- Tipos de datos y formato de representación a nivel máquina.
- Ciclo de la instrucción.
- Programación en lenguaje ensamblador.
- Módulos de entrada y salidas y su comunicación con los periféricos.
- Gestión de interrupciones.
- Medidas de rendimiento del procesador.
- Jerarquía de memoria.
- Segmentación de instrucciones

Por otro lado, como parte de las actividades de difusión al medio del proyecto se realizó una charla sobre Simulación de Arquitecturas de Computadoras, en el mes de noviembre de 2021 en la escuela Técnica N° 2 Independencia de la Ciudad de Concordia a alumnos de 5º, 6º y 7º año. Además de contar con la presencia de varios docentes de la casa.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo del proyecto está conformado por 3 (tres) docentes de la carrera Licenciatura en Sistemas integrantes de la cátedra de Arquitectura de Computadoras y 1 (un) asesor externo. Adicionalmente este trabajo forma parte de 1 (una) tesis en curso de la Maestría en Sistemas de Información, dictada en la Facultad de Ciencias de la Administración, UNER. Un integrante está dirigiendo dos Tesis de Maestría en la Facultad de Ciencias de la Administración, Universidad Nacional de Entre Ríos. Finalmente, otro de los docentes investigadores de este proyecto continúa con su formación y perfeccionamiento.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Banks, J. S. Carson, B. L. Nelson, y D. M. Nicol, *Discrete-event system simulation*, 5th ed. Prentice Hall, 2010.
- [2] S. Robinson, *Simulation: The Practice of Model Development and Use*, 2nd edition. 2014.
- [3] A. M. Law, *Simulation Modeling & Analysis*, 5.a ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2015.
- [4] C. Lion, «Los simuladores. Su potencial para la enseñanza universitaria», *Cuad. Investig. Educ.*, vol. 2, n.o 12, pp. 53–66, 2005.
- [5] G. Contreras, R. G. Torres, y M. S. R. Montoya, «Uso de simuladores como recurso digital para la transferencia de conocimiento», *Apert. Rev. Innov. Educ.*, vol. 2, n.o 1, pp. 86–100, 2010.
- [6] B. Nova, J. C. Ferreira, y A. Araújo, «Tool to support computer architecture teaching and learning», en *Engineering Education (CISPÉE)*, 2013 1st International Conference of the Portuguese Society for, 2013, pp. 1–8.
- [7] B. Mustafa, «Evaluating A System Simulator For Computer Architecture Teaching And Learning Support», *Innov. Teach. Learn. Inf. Comput. Sci.*, vol. 9, n.o 1, pp. 100-104, 2010.
- [8] Z. Radivojevic, M. Cvetanovic, y J. Dordevic, «Design of the simulator for teaching computer architecture and organization», en *2011 Second Eastern European Regional Conference on the Engineering of Computer Based Systems*, 2011, pp. 124–130.
- [9] B. Nikolic, Z. Radivojevic, J. Djordjevic, y V. Milutinovic, «A Survey and Evaluation of Simulators Suitable for Teaching Courses in Computer Architecture and Organization», *IEEE Trans. Educ.*, vol. 52, n.o 4, pp. 449-458, nov. 2009.
- [10] R. Hasan y S. Mahmood, «Survey and evaluation of simulators suitable for teaching for computer architecture and organization Supporting undergraduate students at Sir Syed University of Engineering & Technology», en *Control (CONTROL)*, 2012 UKACC International Conference on, 2012, pp. 1043–1045.
- [11] J. L. Hennessy y D. A. Patterson, *Computer architecture: A quantitative approach*, Fifth Edition. Elsevier, 2012.
- [12] W. Stallings, *Computer organization and architecture: designing for performance*, Eleventh Edition. Pearson, 2013.
- [13] P. BEHROOZ, *Computer Architecture From Microprocessors to Supercomputers*. McGraw Hill, 2007.
- [14] Intel, «64 and IA-32 architectures software developers manual», 325462-060US, vol. 1, 2A, 2B, 2C, 2D, 3A, 3B, 3C and 3D, p. 4670, 2016.
- [15] AMD, «Developer Guides, Manuals & ISA Documents». [En línea]. Disponible en: <https://developer.amd.com/resources/developer-guides-manuals/>. [Accedido: 21-abr-2019].
- [16] P. Abel, *IBM PC Assembly Language and Programming*, Fifth Edition. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 2000.
- [17] D. Skrien, «CPU Sim 3.1: A tool for simulating computer architectures for computer organization classes», *J. Educ. Resour. Comput. JERIC*, 2001.
- [18] A. Akram y L. Sawalha, «A comparison of x86 computer architecture simulators», 2016.

Evolución temática de publicaciones en español. Su aplicación en el campo de la tecnología y la educación

Santiago Bianco¹, Laura Lanzarini², Alejandra Zangara²

¹ Grupo de Investigación en Sistemas de Información UNLa (GISI-UNLa)

² Instituto de Investigación en Informática LIDI (UNLP-CIC)
sbianco@unla.edu.ar, {laural,azangara}@lidiinfo.unlp.edu.ar

CONTEXTO

Esta presentación corresponde a las tareas de investigación relacionadas con las tareas de análisis, búsqueda y recuperación de documentos que se llevan a cabo en el LIDI en el marco del proyecto “Sistemas inteligentes. Aplicaciones en reconocimiento de patrones, minería de datos y big data” perteneciente al Programa de Incentivos (2018-2022).

RESUMEN

La recuperación de información a partir de documentos de textos de un tema específico es un tema de sumo interés en distintas áreas. Un claro ejemplo puede observarse en la investigación científica. El inicio de una línea de investigación en un área específica por lo general comienza con una búsqueda del estado del arte de un tema de interés. A veces, incluso, es necesario identificar cuáles son los posibles temas de interés dentro de un dominio en particular. Este proceso de búsqueda bibliográfica generalmente consume mucho tiempo y si no se está bien guiado puede conducir a bloqueos y frustración para el investigador. Sería interesante entonces contar con métodos y herramientas que permitan simplificar la búsqueda y el análisis de bibliografía o publicaciones de cualquier tipo que facilite estos procesos.

Identificar los cambios en la terminología y la evolución en los temas de estudio resulta de sumo interés para disciplinas como la bibliometría y la cienciometría. De las mismas se destacan las técnicas de mapa temático y evolución temática, las cuales permiten extraer los temas de interés de una disciplina

en distintos períodos de tiempo, a través del análisis de publicaciones científicas o textos relevantes.

El problema principal de estas técnicas es que su implementación requiere conocimientos en minería de textos, procesamiento de datos, análisis estadístico, entre otras áreas específicas, lo que dificulta su uso por parte de usuarios no expertos.

Como los usuarios finales pueden ser investigadores, docentes, o cualquier persona que quiera hacer un relevamiento de una disciplina, en esta línea de investigación se propone acercar estas técnicas a usuarios no expertos a través de una metodología que pueda ser implementada sin conocimientos específicos en análisis de datos y afines.

Palabras clave: Análisis Bibliométrico, minería de Texto, Evolución Temática

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de documentos de textos provenientes de contextos específicos es un tema de interés para distintas áreas tales como recuperación de información, clasificación de documentos, análisis bibliométricos y cienciométricos, entre otros.

Cuando se procesan documentos de textos escritos en períodos de tiempo diferentes, la evolución temática es un aspecto que debe tenerse en cuenta. Reconocer los cambios, que se han ido produciendo a lo largo del tiempo, en la denominación de los distintos tópicos dentro a una misma disciplina o área de discurso, es una herramienta sumamente útil a

la hora de querer aplicar estrategias pertenecientes a la Minería de Textos.

Como caso concreto, cualquier docente, investigador o estudiante que requiera hacer un artículo, tesis o trabajo de investigación, deberá efectuar una revisión del estado del arte correspondiente. En esta dirección, suele ser necesario identificar cuáles son los posibles temas de interés dentro de un dominio en particular. Este proceso de búsqueda bibliográfica generalmente consume mucho tiempo y si no se orienta correctamente puede conducir a bloqueos y frustración para el investigador. Sería interesante entonces contar con métodos y herramientas para simplificar la búsqueda y el análisis de bibliografía o publicaciones de cualquier tipo que faciliten estos procesos.

En primera instancia podrían usarse herramientas pertenecientes a la bibliometría para comenzar a analizar textos de interés. La Bibliometría se conoce como una disciplina capaz de describir un conjunto de publicaciones aplicando técnicas de análisis estadístico, identificando focos temáticos relevantes, redes de colaboración de autores, información sobre citas y demás. La Cienciometría es una subdisciplina de la Bibliometría que se enfoca particularmente en publicaciones científicas.

De todas formas, generalmente estos enfoques posibilitan análisis cuantitativos como por ejemplo una lista de autores más citados, instituciones que más publicaron, temas sobre los cuáles se escribió más, entre otros. En las ocasiones en que se requiera un análisis cualitativo más profundo deberán aplicarse técnicas de Minería de Textos y de visualización como mapas temáticos en conjunto con los métodos tradicionales de Bibliometría.

Los mapas temáticos son una forma de representar diferentes temas tratados en un campo de una disciplina científica en un determinado momento. Distinto tipo de información bibliométrica puede ser usada para armar estos gráficos, siendo una de ellas el análisis y la correlación entre términos relevantes.

De los mapas temáticos se deriva una técnica de análisis denominada evolución temática. La misma consiste en mostrar en una línea de tiempo la “evolución” de la relevancia de un tema en particular. Por ejemplo, se podría mostrar que en el 2010 hubo un foco temático dedicado a la investigación en Redes Neuronales y el mismo grupo de gente que trabajaba en ese tema fue inclinándose su investigación hacia otro distinto como puede ser la interpretabilidad de modelos de caja negra. La idea es mostrar que el primer tema mutó o evolucionó hacia el otro. Cabe destacar que en este contexto la palabra evolución denota cambio y transformación, y no necesariamente decir que “el Tema A evolucionó al Tema B” significa que el tema B es mejor en algún aspecto con respecto al Tema A.

Si bien existen algunas herramientas que permiten estos análisis, muy pocas se encuentran disponibles para el lenguaje español y no son tan intuitivas como para que puedan ser usadas por usuarios no expertos en el área informática. Además, están orientadas a publicaciones científicas en inglés descargadas de portales tales como Web of Science o Scopus, con un formato particular.

Por este motivo, se propone el desarrollo de una herramienta software que permita no solo automatizar el proceso sino facilitar la ejecución de la metodología descrita, por usuarios no expertos.

La herramienta en principio debe ser capaz de:

- Descargar los datos de revistas y formatearlos apropiadamente
- Cargar datos de revistas ya formateados para ser analizados por la herramienta
- Procesar y filtrar automáticamente datos faltantes u outliers
- Generar los gráficos correspondientes a la evolución temática de los textos.
- Permitir la visualización de los mapas temáticos generados para cada subperíodo analizado en la evolución temática.

- Filtrar el gráfico de la evolución temática para visualizar los resultados más relevantes

Además de los ya mencionados, un requisito fundamental de la herramienta es que pueda ser utilizada por usuarios no expertos. Esto implica automatizar lo más posible la aplicación de la metodología y reducir al mínimo la parametrización de los algoritmos utilizados. Idealmente sólo sería necesario que el usuario elija los años de corte para los subperíodos a analizar ya que el software se encargaría de elegir la mejor configuración entre los posibles parámetros a utilizar.

Esto en principio se utiliza una estrategia grid search sobre los mismos buscando maximizar el índice de inclusión en las relaciones entre términos encontradas, aunque se espera también experimentar con otros métodos como optimización bayesiana y algoritmos genéticos

Finalmente, la interfaz debe ser sencilla y directa, explicando los resultados obtenidos claramente sin aplicar fórmulas o detalles de implementación.

Debido a estos requisitos de usabilidad de la herramienta, la misma debe ser validada por usuarios para verificar que efectivamente no se necesitan conocimientos específicos para utilizarla. Además, se requiere que expertos validen los resultados finales que se obtengan a través de su uso. Es probable entonces que se requieran modificaciones luego de dichas validaciones, por lo que esto debe ser tenido en cuenta para la metodología de desarrollo a utilizar.

2. TEMAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

- Estudio de diferentes técnicas de representación de documentos. Se analizan representaciones de distinta complejidad que van desde el solo uso de las palabras clave provistas por los autores para luego incorporar el resto de los metadatos incluyendo las referencias bibliográficas.
- Estudio de distintas técnicas de Minería de Datos para determinar los temas de interés.

El énfasis está puesto en las técnicas de clustering aplicadas sobre distintas representaciones con el objetivo de comparar los temas identificados.

- Estudio e implementación de distintas técnicas de visualización como herramientas para analizar la relación de temas en un período específico y entre distintos períodos.
- Metodologías de desarrollo de software apropiadas para la herramienta.
- Mecanismos de relevamiento de las opiniones de los expertos en referencia a los resultados obtenidos.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

- Diseño de técnicas apropiadas para analizar la evolución temática de publicaciones en español.
- Definición de métricas para filtrar los resultados más relevantes en un análisis de evolución temática.
- Desarrollo e implementación de una metodología para el análisis de la evolución temática de publicaciones en español.
- Diseño de una herramienta software capaz de implementar la metodología antes mencionada.
- Diseño e implementación de dispositivos de evaluación de la herramienta por parte de expertos.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El grupo de trabajo de la línea de I/D aquí presentada está formado por 2 profesoras doctoras con dedicación a la investigación y 1 tesista de maestría.

Dentro de los temas involucrados en esta línea de investigación, en los últimos 3 años se han finalizado 1 tesis de doctorado, 1 tesis de especialista y 1 tesina de grado de Licenciatura.

Actualmente se está desarrollando 1 tesis de maestría. También participan en el desarrollo de las tareas becarios y pasantes del III-LIDI.

5. REFERENCIAS

1. H. Alibrahim and S. A. Ludwig. Hyperparameter optimization: Comparing genetic algorithms against grid search and bayesian optimization. In 2021 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), pages 1551–1559. IEEE, 2021.
2. S. Bianco, L. C. Lanzarini, and M. A. Zangara. Evolución temática de publicaciones en español. una estrategia posible para el diseño de situaciones didácticas. In XVI Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TEyET 2021). RedUNCI, 2021.
3. S. Bianco, L. C. Lanzarini, and M. A. Zangara. Thematic evolution of scientific publications in spanish. In XXVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación(CACIC)(Modalidad virtual, 4 al 8 de octubre de 2021), 2021.
4. M. Callon, J.-P. Courtial, and F. Laville. Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry. *Scientometrics*, 22:155–205, 1991.
5. M. Callon, J.-P. Courtial, W. A. Turner, and S. Bauin. From translations to problematic networks: An introduction to co-word analysis. *Social Science Information*, 22(2):191–235, 1983.
6. M. Cobo, A. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera. An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *Journal of Informetrics*, 5(1):146–166, 2011.
7. N. Coulter, I. Monarch, and S. Konda. Software engineering as seen through its research literature: A study in co-word analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 49(13):1206–1223, 1998.
8. P. K. Project. Open journal system, 2001. <http://pkp.sfu.ca/ojs>.
9. J. Ramos et al. Using tf-idf to determine word relevance in document queries. In Proceedings of the first instructional conference on machine learning, volume 242, pages 29–48. Citeseer, 2003.
10. S. Robertson. Understanding inverse document frequency: on theoretical arguments for idf. *Journal of documentation*, 2004.
11. C. Sternitzke and I. Bergmann. Similarity measures for document mapping: A comparative study on the level of an individual scientist. *Scientometrics*, 78:113 – 130, 2009.

Dispositivos móviles en colegios de nivel secundario

Pizarro Rubén, Testa Oscar, Camiletti Pablo, Ascheri María Eva, Ayala Ludmila
Departamento de Matemática / Facultad de Ciencias Exactas y Naturales/ Universidad
Nacional de La Pampa
Uruguay 151, 00-54-02954-245220 int 7124
rubenpizarro71@gmail.com ; otesta@gmail.com

RESUMEN

Los dispositivos móviles están modificando los ámbitos de enseñanza y aprendizaje, provocando importantes cambios en las formas de hacer y aprender de todos. Es necesario un rediseño metodológico y pedagógico para el abordaje de la educación de nivel secundario considerando el rol de estos nuevos dispositivos. Para estudiar este problema surge nuestro proyecto de investigación aprobado y financiado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam.

En el marco del proyecto se realizó una revisión bibliográfica sobre el tema de investigación, las aplicaciones existentes destinadas a la enseñanza en el nivel de la educación secundaria de las diferentes asignaturas y las experiencias de inclusión de dispositivos móviles en este nivel. Se obtuvo información para avanzar con la experiencia directa en el ámbito educativo. Además hemos desarrollado capacitaciones a docentes de nivel medio, vinculadas con la inclusión de dispositivos móviles en educación secundaria. Nos proponemos analizar la compleja influencia del acceso a las redes y la utilización de dispositivos móviles y cómo aprovechar estas características para experimentar, analizar y proponer mejoras en las formas de utilizar estas tecnologías en los colegios de nivel secundario de la Ciudad de Santa Rosa. Estos últimos años el desarrollo de las actividades se

vio afectada por la pandemia debiendo aún analizar y elaborar conclusiones.

Palabras clave: dispositivos móviles, aplicaciones, enseñanza aprendizaje.

CONTEXTO

El proyecto de investigación que se presenta está radicado en el Departamento de Matemática de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam y financiado por dicha Facultad.

Tiene una duración de cuatro años, fue prorrogado en 2021 y 2022 a causa de la pandemia. Está vinculado con otros proyectos del Departamento ya ejecutados y en ejecución, relacionados con la enseñanza en nivel secundario y la inclusión de tecnologías en educación.

1. INTRODUCCIÓN

El artefacto simbólico omnipresente en la mayor parte de nuestras mediaciones hoy en día es el celular o dispositivo móvil, que evidentemente han modificado el entorno de estudiantes y profesores, provocando profundos cambios en las formas de hacer y aprender de todos. Precisamente porque observamos que los modos de conocer están íntimamente vinculados con las personas, los artefactos disponibles y las relaciones

establecidas entre personas a través del uso de artefactos, es que proponemos encontrarnos con docentes en las escuelas para indagar las formas en las que ellos conviven con estos aparatos y las redes de relaciones que con ellos construyen, los contenidos que comparten y producen. Estos dispositivos que surgieron como herramientas de comunicación y entretenimiento han llegado a desarrollar un papel fundamental en el mundo de la economía y el conjunto de la sociedad (Shuler et al, 2013).

Sin duda los dispositivos móviles están presentes en la vida de la mayoría de docentes y estudiantes para realizar diversas actividades. Ante esta realidad los Ministerios de Educación en diferentes países han iniciado políticas tendientes a que estos dispositivos cobren mayor importancia también en educación. En esta línea podemos mencionar los modelos 1 a 1 implementados en muchos países que consisten en la provisión por parte del estado de un dispositivo móvil (netbook o tableta) a cada alumno y docente. También existen iniciativas del tipo “Trae tu propia tecnología” denominada (BYOT, por sus siglas en inglés ‘Bring Your Own Technology’), consistentes en que cada estudiante lleve su propio dispositivo móvil para utilizarlo en la escuela. Esta metodología se ha implementado en sectores sociales más desarrollados en los cuales todos pueden acceder a estos dispositivos.

Los proyectos mencionados anteriormente, entre otros de similares características, permiten sin dudas un mayor acceso a la tecnología y aumentan las posibilidades de acceso a la información de los docentes y estudiantes. Permitirían así acceder a las principales características tecnológicas del

aprendizaje móvil que según indica Cantillo Valero, et. al. (2012), son las siguientes:

- Portabilidad, debido al pequeño tamaño de los dispositivos.
- Inmediatez y conectividad mediante redes inalámbricas.
- Ubicuidad, ya que se libera el aprendizaje de barreras espaciales o temporales.
- Adaptabilidad de servicios, aplicaciones e interfaces a las necesidades del usuario. También existe la posibilidad de incluir accesorios como teclados o lápices para facilitar su uso.

Vivimos indudablemente momentos en los cuales las tecnologías avanzan vertiginosamente pero existe una amplia brecha entre el desarrollo y la implementación (Montoya, 2009); es así que continuando con el análisis de este autor, nos indica que para lograr la inclusión de los dispositivos móviles, en especial los teléfonos inteligentes, se puede temporizar tres pasos:

1. Apropiación del objeto
2. Apropiación de la funcionalidad
3. Apropiación de la nueva forma de aprendizaje

Las dos primeras etapas como señala Díaz Bilbao (2014), serían alcanzadas rápidamente por los estudiantes, quedando la tercera etapa a cargo de las instituciones educativas y los docentes.

Sin duda la mayoría de los autores coinciden en indicar que la inclusión de dispositivos móviles en el aula, produce grandes beneficios: motivan a los estudiantes, aumenta las habilidades sociales mejorando la cooperación y la colaboración mejorando la creatividad y la capacidad cognitiva.

Sin embargo, como ha sucedido con otras tecnologías, percibimos que los dispositivos móviles actualmente no son tenidos en cuenta

ni aprovechados en las formas ni en la magnitud que observamos sería conveniente. Por el contrario en algunos ámbitos han sido prohibidos por causar distracción y otros problemas entre los estudiantes y la comunidad educativa.

Como lo expresan Castells, Palamidessi y muchos otros, los cambios que se han producido en las formas de comunicarse, acceder a información y conocer el mundo, mucho tienen que ver el acceso a las redes y los nuevos dispositivos y esto pareciera ser de alguna manera todavía resistido en el ámbito educativo. Al mismo tiempo se reconoce una crisis identificada en las dificultades que se presentan con la falta de atención, falta de aprendizaje o productividad, de motivación, de malestar de estudiantes y profesores entre otros problemas.

¿Tendremos que plantearnos abordar el trabajo en las instituciones educativas desde nuevos paradigmas? Pensar alternativas para las instituciones educativas implica salir de lugares comunes, observar que el mundo y la sociedad han cambiado mucho, en comparación las instituciones educativas, emblemáticas a la hora de hablar del conocimiento, parecen no haber dado signos claros de entender la metamorfosis del conocimiento a la que hoy asistimos.

A todo esto debemos sumar las experiencias que incorporó la pandemia en cuanto a las diferentes modalidades de desarrollo de las clases y las diferentes herramientas utilizadas entre las cuales los dispositivos móviles cobraron gran protagonismo. Sugiriéndonos así la implementación de estrategias heterogéneas para contextos heterogéneos como indica Marés L (2021)

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Las líneas de investigación que se abordan con el presente proyecto son las siguientes:

- Nivel de penetración de los dispositivos móviles en las actividades de enseñanza aprendizaje en aulas de nivel medio.
- Búsqueda, experimentación y análisis de aplicaciones educativas para la enseñanza en el nivel medio
- Características metodológicas de las clases de nivel medio en las que se incluyen dispositivos móviles.

3. RESULTADOS OBTENIDOS / ESPERADOS

Dado que este proyecto nos lleva a insertarnos en la escuela secundaria de la ciudad de Santa Rosa provincia de La Pampa, no dudamos en hacer un relevamiento propio de los docentes de alguna de las instituciones en las que estamos en contacto. Este relevamiento lo hicimos mediante un cuestionario cuyas dimensiones de análisis fueron las características de los teléfonos celulares de los docentes, la frecuencia y tipo de utilización de su teléfono celular y los teléfonos celulares en la institución educativa.

Claramente la utilización de dispositivos móviles no es una actividad ajena a los docentes.

Hemos desarrollado acciones de capacitación para docentes de nivel medio sobre la utilización de estas tecnologías en las aulas. A partir de dichas capacitaciones se puede concluir que los docentes conocen un conjunto de aplicaciones con características generales que le permiten el manejo de archivos en el celular, el registro de sonido, capturas de

pantalla y registrar videos con el funcionamiento de aplicaciones. También pueden obtener y utilizar un conjunto de aplicaciones específicas de cada una de las áreas como pueden ser ciencias exactas, naturales o sociales. Sin embargo siguen existiendo dificultades en cuanto a la metodología a implementar para la utilización concreta del celular como una herramienta para el desarrollo de actividades y evaluaciones. También la diversidad de características de los equipos como las posibilidades de acceso a internet constituyen limitaciones al momento de concretar su utilización

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo es de carácter interdisciplinario, está conformado con especialistas del área de Educación, Matemática y Computación.

Se realizan, también, actividades de capacitación y transferencia referidas a la utilización de aplicaciones educativas para dispositivos móviles con sistema operativo Android.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Castells, M. (2016). ¿Comunidades virtuales o sociedad en red?. Plaza & Janés Editores. Barcelona, España
- Castells, M., & Schmalenberger, M. (2006). *La sociedad red: una visión global* (No. U10 1087). IICA, Bs As (Argentina).
- Cantillo Valero, C., Roura Redondo, M. & Sánchez Palacín, A. (2012). Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación. Educational Portal of the Americas – Department of Human Development, Education and Culture. OEA-OAS ISSN 0013-1059 La Educ@ción Digital Magazine N 147 – www.educoas.org
- Díaz Bilbao (2014) El smartphone como herramienta educativa. Trabajo final de maestría. Máster en formación del profesorado de educación secundaria (ámbito tecnológico). Universidad Pública de Navarra.
- Marés L. (2021). Escenarios combinados para enseñar y aprender: escuelas, hogares y pantallas / Educ.ar S.E.; 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Disponible en <https://www.educ.ar/recursos/155488/>
- Marés L. (2021) Claves y caminos para enseñar en ambientes virtuales. Educ.ar S.E. - 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Disponible en <https://www.educ.ar/recursos/155487/>
- Montoya, M. (2009). Mobile learning – mlearning- technology resources and their relationship with distance learning environments: applications and research studies. Tecnológico de Monterrey, ITESM (México).
- Miranda Ruiz, E. (2010). Paradigma Interpretativo en Investigación. Disponible <http://www.monografias.com/trabajos97/paradigma-interpretativo/paradigma-interpretativo.shtml>
- Palamidessi, M. (2006). La escuela en la sociedad de redes. Una introducción a las tecnologías de la información y la comunicación.

- RINALDI, M. (2012). Revolución Mobile Learning. Disponible en: <http://es.slideshare.net/crossmedialab/revolucion-mobile-learning> Consultado 06/08/2013.
- Shuler C, Niall Winters & Mark West. (2013) El futuro del aprendizaje móvil. Implicaciones para la formulación y planificación de políticas et al. UNESCO working paper series on mobile learning. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219637s.pdf> Consultado 10/08/16.
- UNESCO (2012) Aprendizaje móvil para docentes. Temas globales. Recuperado el 17 de marzo de 2017 de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002164/216452s.pdf>

HERRAMIENTAS DIGITALES PARA EDUCACIÓN. ANÁLISIS DE SU ACCESIBILIDAD

Javier Díaz, Alejandra Schiavoni, Paola Amadeo, Ivana Harari,
Soledad Gómez, Alejandra Osorio

LINTI - Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas.

Facultad de Informática. Universidad Nacional de La Plata

Calle 50 esq. 120, 2do Piso. Tel: +54 221 4223528

jdiaz@unlp.edu.ar, ales@info.unlp.edu.ar, pamadeo@linti.unlp.edu.ar, iharari@info.unlp.edu.ar,
sgomez@cespi.unlp.edu.ar, aosorio@cespi.unlp.edu.ar

RESUMEN

El presente artículo describe el estudio de un conjunto de herramientas digitales utilizadas en educación, especialmente en el nivel superior, para analizarlas según sus características de accesibilidad. La pandemia y la situación de aislamiento virtualizaron en forma muy rápida las propuestas educativas presenciales. La modalidad a distancia nos enfrentó a la revisión de las prácticas docentes incluyendo la planificación, evaluación y seguimiento de los estudiantes y a una evaluación exhaustiva de las herramientas a utilizar. En este período, fue necesario el uso de plataformas educativas y de recursos accesibles para garantizar que el estudiante pueda interactuar con el docente y el material de estudio. Además, las herramientas de videoconferencia emergieron como el único recurso que permitió los encuentros sincrónicos y la interacción en forma colaborativa. El objetivo es analizar las funcionalidades provistas para discapacidad, su cumplimiento y conformidad de estándares internacionales de accesibilidad. Se hace mención a diferentes herramientas que permiten validar las plataformas utilizadas y crear material accesible para los estudiantes.

Palabras clave: accesibilidad, herramientas educativas, recursos accesibles.

CONTEXTO

En el LINTI, Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas de la Facultad de Informática de la UNLP, se vienen llevando a cabo varias líneas de investigación sobre Accesibilidad Web y su aplicación en diferentes ámbitos, considerando plataformas de aprendizaje abiertas. En la Facultad de Informática se utilizan plataformas de código abierto para las gestiones académicas desde hace más de quince años, incluyendo sistemas de gestión de aprendizaje como Moodle, repositorios abiertos y sistemas de gestión administrativa, como SIU Guaraní. También se realizan continuos mecanismos de integración entre las diferentes plataformas, lo que permite una mayor flexibilidad y aprovechamiento en el uso de las mismas.

Las líneas de investigación que se mencionan en este artículo se desarrollan en LINTI de la UNLP y está enmarcado en el proyecto I+D 11/F028 “De la Sociedad del Conocimiento a la Sociedad 5.0: un abordaje tecnológico y ético en nuestra región”, aprobado en el marco del

Programa de Incentivos, bajo la dirección del Lic. Javier Díaz. Este proyecto hace hincapié entre otros puntos en la formación de competencias y habilidades digitales para todos los ciudadanos, en una sociedad que se plantea como digital.

Dada su relevancia, el tema de accesibilidad web se viene trabajando en la Facultad desde el año 2002, y se incorporó esta temática en el plan de estudios de las carreras que se dictan en la institución, a través de la asignatura Diseño Centrado en el Usuario. El libro “Guía de recomendaciones para diseño de software centrado en el usuario” registra aproximadamente 10.000 descargas desde el año 2013 [1]. También se institucionalizó su abordaje mediante la creación de una Dirección de Accesibilidad desde el año 2010, se desarrollaron tesinas, trabajos de cátedra al respecto, proyectos de innovación y desarrollo con estudiantes de Informática y diferentes proyectos de extensión acreditados por la Universidad Nacional de La Plata. Los proyectos de los últimos años son “Trabajando por una Web Accesible”, “Por una Web Inclusiva”, “Por una Web inclusiva: abordaje en escuelas secundarias”, que entró en el Programa de promoción de derechos y fortalecimiento de la organización comunitaria [2]. También, se aprobó el Proyecto de Desarrollo e Innovación sobre “Rampas Digitales Innovativas para Personas con Discapacidad”, en la convocatoria Agregando Valor 2018-2019, del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación Argentina.

1. INTRODUCCIÓN

La situación de aislamiento provocada por la pandemia, hizo que fuera no sólo indispensable sino urgente adecuar las

estrategias de enseñanza en todos los niveles educativos. La modalidad totalmente a distancia, que experimentamos por primera vez, nos enfrentó a la revisión de nuestras prácticas docentes, incluyendo la planificación general de la cursada, evaluación, seguimiento y otros aspectos que involucran el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Al mismo tiempo, herramientas como la conferencia web, una herramienta bidireccional y sincrónica, emergió como el único recurso que nos permitió tener un encuentro simultáneo e interactuar en forma colaborativa. La envergadura, que estas herramientas cobraron durante los periodos de aislamiento, estuvo en relación a: un aspecto pedagógico, a la consolidación de vínculos, una potencialidad educativa, la comunidad virtual y un aspecto social, en tanto permitió la inclusión de participantes que se encuentran dispersos geográficamente. Hace algunos años los sistemas de conferencias web eran bastante limitados, pero actualmente se puede contar con sistemas interesantes de videoconferencias que ofrecen una diversidad de funcionalidades, constituyendo una herramienta con un potencial pedagógico significativo.

Si bien las herramientas de videoconferencia, en muchos casos potentes, nos permiten un determinado acercamiento, éste no es comparable con el presencial. El medio virtual, el software intermediario, los problemas de comunicación, la interferencia, los ruidos, hacen que dicha virtualidad se haga presente y la distancia se sienta. En el caso de las personas con discapacidad, las limitaciones que presentan las herramientas de videoconferencia (problemas de comunicación, la interferencia, los ruidos) se profundizan aún más, dificultando el desarrollo de

prácticas educativas que promuevan procesos de formación y aprendizaje. El no poder conectarse, o conectarse pero no poder acceder al material completo, o no poder escuchar lo que el docente está explicando, o no poder ver las diapositivas que el docente está compartiendo a través de la videoconferencia, agudiza aún más las distancias. Esta brecha genera un distanciamiento difícil de sortear si no es a través de la implementación de estrategias específicas, que promuevan alternativas consensuadas con los 1500 estudiantes con discapacidad. La inclusión de estas dinámicas, se configuran como puentes que la cátedra debe posibilitar, que deben ser construidos en conjunto con la persona con discapacidad atendiendo sus necesidades de comunicación, adaptando el material que provee y su forma de abordarlo, según la especificidad de su caso y de sus limitaciones que pueden ser mitigadas si las condiciones requeridas son otorgadas.

Desde esta perspectiva, es necesario contemplar las plataformas virtuales de aprendizaje y enseñanza, los recursos digitales, las páginas web de referencia, las TIC, los sistemas de videoconferencia que son utilizadas por las personas con discapacidad, entre otras cuestiones. En el presente artículo se reconoce la complejidad de la temática, analizando distintos productos, que abarcan los puntos mencionados previamente. Además de la plataforma virtual Moodle, se analizan y comparan los sistemas para videoconferencia: Zoom, Big Blue Button y Webex. Para ello, se realizaron una serie de testeos y comprobaciones, como, por ejemplo, las funcionalidades provistas para discapacidad, su cumplimiento y conformidad de estándares internacionales de accesibilidad. Todas las herramientas fueron testeadas

manualmente en distintos escenarios de interacción. Además, se presentan diferentes herramientas que permiten validar y crear material accesible para los estudiantes y permiten tener en cuenta un conjunto de consideraciones importantes a tener en cuenta sobre la accesibilidad principalmente desde el punto de vista de estos sistemas de videoconferencia que se están utilizando para suplantar las clases presenciales [3].

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

Dentro de la línea de trabajo que venimos describiendo, las tareas de investigación, desarrollo e innovación que se llevan a cabo en este proyecto incluyen los temas relacionados a la accesibilidad en las herramientas utilizadas en educación. El tema de accesibilidad web se trata en forma transversal, evaluando el cumplimiento de las normas respectivas en cada uno de los casos.

Como se mencionó anteriormente, debido al contexto de salud, dio lugar a restricciones de movilidad y de confinamiento social preventivo, que se tuvo que implementar de manera obligatoria y rigurosa en la mayoría de los países, y Argentina no fue la excepción. El uso de dispositivos y medios tecnológicos digitales, específicamente de la Web, se convirtió en un medio demandante y obligatorio, principalmente para continuar en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Las clases presenciales se convirtieron en encuentros sincrónicos a través de sistemas de videoconferencias, las consultas en foros, las instancias evaluativas en sistemas de examen remoto, con cámaras y micrófonos encendidos, intentando que el proceso

educativo no se interrumpa y pueda establecerse.

En el caso de las personas en situación de discapacidad, no sólo basta con que las clases, los materiales y demás recursos educativos estén disponibles en Internet, sino que además dichos medios y herramientas digitales provistas, sean accesibles.

Por esto, en este proyecto el estudio e investigación apunta a analizar el nivel de accesibilidad de las herramientas digitales que se utilizan para realizar las clases sincrónicas remotas, como lo son los sistemas de videoconferencias, más allá del cumplimiento de estándares internacionales de accesibilidad mencionados por las propias herramientas desde la perspectiva de estudiantes de educación superior con distintas discapacidades. También, Diseñar un curso accesible requiere pensar en un curso que sea accesible para cualquier tipo de estudiante, es decir, sean capaces de recibir información, interactuar con el material de estudio, con el docente y sus pares y demostrar su aprendizaje más allá de su edad, género, raza, lengua, discapacidad, etc. El framework de diseño de aprendizaje universal [4] es una guía de recomendaciones para generar un entorno de aprendizaje flexible que apunta a mejorar la percepción, la expresión y la comprensión. En este sentido, las plataformas digitales de aprendizaje-enseñanza, el material de estudio, los canales de comunicación y todas las herramientas deben ser accesibles. Brindar múltiples opciones no implica bajar las expectativas, sino generar un espacio inclusivo garantizando que el aprendizaje se lleve a cabo para todos los participantes.

3. RESULTADOS Y OBJETIVOS

Debido al confinamiento impuesto en este tiempo, el uso de dispositivos y medios tecnológicos digitales, específicamente de la Web, se convirtió en un medio demandante y obligatorio, principalmente para continuar en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Según las líneas de trabajo descritas que se vienen desarrollando hace varios años, se plantean los siguientes objetivos:

- Análisis de sistemas de videoconferencia:
 - Utilizando herramientas automáticas como Wave [5]
 - A través de validaciones manuales con lectores de pantalla como NVDA [6]
 - Con herramientas específicas para chequear el contraste de colores, posibilidad de aumentar el tamaño de las letras [7] [8] [9]
- Validación de documentos, considerando distintas clases de documentos, realizados con editores de texto, presentaciones, documentos PDF:
 - Análisis de herramientas para creación y validación, tal como el Acobat Reader Pro [10], Pave [11], TingTungChecker [12], AccessibilityChecker [13]
 - Análisis de las normas ISO 14289-1:2014 PDF/UA [14] que describen los componentes requeridos y prohibidos, y las condiciones para su inclusión en un archivo PDF
- Análisis de pautas para la creación de videos accesibles
 - Estudio de las normas WCAG 2.1 incluye una serie de recomendaciones para contenido audiovisual [15]
 - Análisis de las herramientas para la grabación de las clases, tales

como OBS Studio [16], así como también complementos de navegadores, como la extensión Awesomescreenshot [17] o Loom [18].

- Análisis de los distintos formatos de subtítulos: Subrip, SMIL y WebVTT. Estudio de herramientas, tales como Express Scribe [19], herramienta de subtítulo para Windows y Mac, en español; CapScribe (en etapa de testeo) [20], Gnomesubtitles, herramienta de subtítulo gratuita para Linux [21]; Gaupol, una herramienta gratuita para Windows que permite subtítular [22], entre otras.
- Análisis de las normas de accesibilidad para la creación de contenido web, teniendo en cuenta las pautas a cumplir en el uso de tablas, links, imágenes y gráficos. según la WCAG 2.1 [23].

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo se encuentra formado por tres profesoras de amplia trayectoria en el campo de la investigación, que trabajan en el área de ambientes virtuales de aprendizaje y accesibilidad web. Además, una alumna becaria de la carrera de Licenciatura en Informática de la Facultad de Informática.

La participación en eventos de la especialidad, ha permitido seguir estableciendo canales de comunicación con otros investigadores que trabajan en las mismas áreas.

Las Jornadas de Accesibilidad que se realizan todos los años permiten intercambiar experiencias entre los participantes del curso y exponer los trabajos realizados. El video de la Jornada

del año 2021 se encuentra disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=3iUM2Yrg2TA>.

5. REFERENCIAS

- [1] Díaz, J., Amadeo, P., Harari, I. “Guía de recomendaciones para diseño de software centrado en el usuario”. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). ISBN: 978-950-34-1030-1. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/32172>
- [2] Dictamen Proyectos de Extensión Acreditados en la UNLP. https://unlp.edu.ar/proyctosext/proyectos_de_extension_acreditados_y_subsidios-4708
- [3] Díaz J., Harari I., Schiavoni A., Amadeo A., Gómez S., Osorio, A.: “Aporte para pensar la educación en pandemia desde la accesibilidad.” Proceedings del Congreso Argentino en Ciencias de la Computación CACIC 2021 compilación de Marcia I. Mac Gaul. - 1a ed ISBN 978 -987-633-574-4 (2021).
- [4] CenterforTeachingInnovation. CornellUniversity. <https://teaching.cornell.edu/teaching-resources/designing-your-course/universal-design-learning>
- [5] WAVE Web AccessibilityEvaluationTool: <https://wave.webaim.org/>
- [6] NVDA en Español: <https://nvda.es/>
- [7] Web Developer. <https://chrome.google.com/webstore/detail/web-developer/bfbameneiokkgbdmiekhjnfmfkcldhhm>
- [8] ColourContrastChecker.

<https://chrome.google.com/webstore/detail/colour-contrast-checker/nmmjeclfkjdomacpcflgdkgpphpnmfe/related?hl=en-GB>

[9] AccessibilityInsightsfor Web. <https://accessibilityinsights.io/docs/en/web/overview/>

[10] Crear y verificar la accesibilidad de archivos PDF (Acrobat Pro) <https://helpx.adobe.com/es/acrobat/using/create-verify-pdf-accessibility.html>

[11] PAVE <https://pave-pdf.org/>

[12] TingtunChecker <https://checkers.eiii.eu/en/pdfcheck/>

[13] ImproveaccessibilitywiththeAccessibilityChecker<https://support.microsoft.com/en-us/office/improve-accessibility-with-the-accessibility-checker-a16f6de0-2f39-4a2b-8bd8-5ad801426c7f>

[14] ISO 14289-1:2014 DocumentmanagementapplicationsElectronicdocument file formatenhancementforaccessibility<https://www.iso.org/standard/64599.html>

[15] Howto Meet WCAG (Quick Reference) <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/quickref/#time-based-media>

[16] OBS Studio <https://obsproject.com/>

[17] Awesomescreenshot <https://www.awesomescreenshot.com/>

[18] Loom <https://chrome.google.com/webstore/detail/loom-%E2%80%93-free-screen-and-cast-to-your-phone/liecbddmkiihnedobmlmillhodjkdmh?hl=en>

[19] Express Scribe Transcription Software.

<https://www.nch.com.au/scribe/index.html>

[20] CapScribe 2. <https://capscribe.ca/2.0/>

[21] GnomeSubtitles. <https://gnomesubtitles.org/>

[22] Gaupol. <https://otsaloma.io/gaupol/>

[23] Web Content AccessibilityGuidelines (WCAG) 2.1. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>

Objetos de Aprendizaje: diseño y construcción basado en criterios de calidad

Fernanda CARMONA¹, Antonio CASTRO LECHTALER^{1,2}, José TEXIER, Marisa GAGLIARDI¹,
Alberto Eduardo RIBA¹, Emmanuel PORTUGAL¹, Patricia MANRIQUES¹, José SORIA¹

¹Departamento de Ciencias Básicas y Tecnológicas, Universidad Nacional de Chilecito
9 de Julio 22, Chilecito, La Rioja, Argentina; ²CISTIC/FCE - Universidad de Buenos Aires, Córdoba 2122, CABA

{fbcarmona, jtexier, mgagliardi, ariba, eportugal}@undec.edu.ar, antonio.castro@fce.uba.ar,
patriciamanriques311995@gmail.com, soriaajose@gmail.com

RESUMEN

La incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la Educación ha permitido extender los ambientes de enseñanza y aprendizaje, para así poder desarrollar ambientes virtuales colaborativos e interactivos, con el uso de diferentes materiales educativos digitales que permitan el logro de los objetivos.

Adicionalmente, En los últimos años, el desarrollo de Repositorios Institucionales (RI) de acceso abierto ha sido un tema prioritario en las políticas de educación, ciencia y técnica de muchos países, y en particular, en las universidades públicas de Argentina, aprobándose la Ley 26899 de Repositorios Institucionales (RI), y en los otros niveles educativos las Bibliotecas Escolares con la aprobación de la Ley 26.917 sobre el Sistema Nacional de Bibliotecas Escolares y Unidades de Información Educativa.

Esta línea de I+D+i corresponde al diseño, desarrollo e implementación de proyectos que fortalezcan la investigación y las diferentes labores relacionadas con la gestión del conocimiento en cuanto a la visibilidad web y la preservación de la producción educativa y académica de la UNdeC y de las instituciones intervinientes.

Dentro de esta línea de trabajo se encuentran el desarrollo de Repositorios Institucionales (RI), Objetos de Aprendizaje (OA) y el movimiento de Acceso Abierto (AA); tanto en lo que respecta a los aspectos técnicos vinculados a ellos, como a su

utilización y uso como productos útiles en el proceso de enseñanza – aprendizaje en los diferentes niveles educativos.

Palabras clave: repositorios institucionales, objetos de aprendizaje, material educativo digital, acceso abierto.

CONTEXTO

Actualmente la UNdeC se encuentra trabajando sobre una política de fortalecimiento de las carreras en su modalidad presencial con el fin de poder llegar a lugares más distantes de la región, comenzando paso a paso a transitar el camino de la virtualidad con el desarrollo de nuevas carreras. A partir del año 2013 se implementó el campus virtual institucional en <http://campus.undec.edu.ar>, sobre la plataforma E-ducative, con aulas virtuales como soporte a la enseñanza presencial. Se crea el área de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la Educación, que tiene a cargo la implementación de los servicios de educación a distancia, campus virtual UNdeC, sistemas de videoconferencias y capacitación y soporte para la inclusión de TIC en propuestas pedagógicas. Modalidad que se fue fortaleciendo durante todo el año 2020 y que posibilitó, durante del aislamiento social y preventivo impuesta por la pandemia por COVID-19, que los estudiantes pudieran mantener el cursado con regularidad, inclusive posibilitando que muchos de

ellos pudieran egresar con su título universitario.

En el año 2018 se inician las gestiones y el trabajo para la implementación del Repositorio Institucional adquiriendo durante el primer semestre 2019, un servidor de gran porte para tal fin.

En este marco esta línea de I+D+i corresponde al diseño, desarrollo e implementación de proyectos que fortalezcan la investigación y las diferentes labores relacionadas con la gestión del conocimiento en cuanto a la visibilidad web y la preservación de la producción educativa y académica de la UNdeC y de las instituciones intervinientes.

La Resolución Rectoral UNdeC N° 155/20 aprueba el financiamiento y ejecución del proyecto “Metodología para el diseño y construcción de objetos de aprendizaje basada en criterios de calidad” presentado en la convocatoria FICyT UNdeC (Financiamiento para estímulo y desarrollo de la Investigación Científica y Tecnológica), período de ejecución 2020-2022. El proyecto propone una metodología para el diseño y construcción de OA, que incluya técnicas de evaluación de calidad orientado a realizar el proceso de evaluación desde diferentes enfoques, definiendo un conjunto de características que debe cumplir el objeto, asociadas a diferentes visiones y actores que intervienen en el proceso de análisis, construcción y evaluación. Esta temática forma parte del proyecto de tesis de maestría de uno de los integrantes del equipo de trabajo que vienen trabajando en la UNdeC en colaboración con otras instituciones del país y del extranjero a través de los proyectos “Red para la Integración de Universidades en el uso de TIC para la Inclusión en la Educación Superior” aprobado en la 7 Convocatoria a Redes Internacionales, año 2013, el proyecto “Red para la creación y publicación de objetos virtuales de aprendizajes de calidad en Repositorios Institucionales” aprobado en la 9 Convocatoria a

Redes Internacionales, 2016-2017, y el Proyecto “Repositorios Digitales con Contenidos Orientados a las Necesidades de Escuelas Rurales (ER)” por Resolución CE N° 1055/15 convocatoria de Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTS), 2016-2018, presentado en el marco del Plan de Fortalecimiento de la Investigación Científica, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación en las Universidades Nacionales (Ac. Pl. N° 676/08 y N° 687/09) y del Reglamento PDTS-CIN (Ac. Pl. N° 901/14), del Consejo Interuniversitario Nacional y el CONICET.

En el marco de esta línea de investigación en diciembre de 2020 se defendió y aprobó un Trabajo Final para la obtención del título de grado Licenciado/a en Sistemas denominado “Sistema de evaluación de métricas de calidad de Objetos de Aprendizaje”.

INTRODUCCIÓN

La incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la Educación ha permitido extender los ambientes de enseñanza y aprendizaje, para así poder desarrollar ambientes virtuales colaborativos e interactivos, con el uso de diferentes materiales educativos digitales que permitan el logro de los objetivos. Es por ello, que en el ámbito educativo se ha impuesto un nuevo concepto que busca la reutilización, permanencia, interoperabilidad, accesibilidad y compatibilidad de recursos digitales para el desarrollo de cursos y programas de formación en línea a través de la Web, los llamados Objetos de Aprendizaje (OA). Lo que distingue a un OA de un material educativo digital es la introducción de información autodescriptiva, expresada a través de los metadatos, conjunto de atributos o elementos que permiten describir al objeto, es decir son entidades generalmente entregadas a través de Internet y diseñadas con el fin de que sean utilizadas y reutilizadas en múltiples contextos educativos [1] [2].

En los últimos años, el desarrollo de Repositorios Institucionales (RI) de acceso abierto ha sido un tema prioritario en las políticas de educación, ciencia y técnica de muchos países, y en particular, en las universidades públicas de Argentina, aprobándose la Ley 26899 de Repositorios Institucionales (RI), y en los otros niveles educativos las Bibliotecas Escolares con la aprobación de la Ley 26.917 sobre el Sistema Nacional de Bibliotecas Escolares y Unidades de Información Educativa.

Los RI tienen como propósito recopilar, catalogar, gestionar, acceder, difundir y preservar información, permitiendo entre otras cosas el acceso libre y gratuito a todos los recursos que los conforman [3] [4].

El desarrollo de Repositorios Institucionales (RI) de acceso abierto ha sido un tema prioritario en las políticas de educación, ciencia y técnica de muchos países [5]. Un RI puede integrar a los OA en los denominados Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROA), bibliotecas digitales especializadas, orientados a facilitar la búsqueda y recuperación de los OA de manera que puedan ser utilizados en diversos ambientes educativos [6].

Sin embargo, no es suficiente con que estos materiales educativos estén disponibles, se requiere que cumplan con un alto nivel de calidad de modo que permita mayores posibilidades de lograr los objetivos de aprendizaje esperados en los estudiantes [7]. El factor más importante para alcanzar el éxito en la educación es el grado con el cual los docentes son capaces de producir actividades estructuradas, con una buena aplicación de la tecnología. Aquí es donde entran a jugar un papel importante los contenidos y su diseño en forma de OA.

Para optimizar la creación de los OA se han diseñado varias metodologías que apoyan su proceso de desarrollo y construcción [8]. Si bien se han propuesto enfoques que permiten evaluarlos teniendo en cuenta diferentes criterios y técnicas, no se cuenta con

modelos de evaluación generalizados que permitan identificar el nivel de calidad de estos recursos integrando diferentes dimensiones [7] [9].

La mayoría de las estrategias de evaluación propuestas se enfocan en pocos criterios y están orientadas a un conjunto específico de OA, son pocos los modelos de evaluación que integren evaluaciones automáticas con respuestas de usuarios y expertos, que permitan evaluar aspectos visuales, de contenido y pedagógicos, entre otros [9]. Estos involucran diferentes usuarios relacionados con los OA almacenados en repositorios y los resultados sirven para ordenar los resultados de búsqueda, es decir que se perfilan como herramientas de gestión de la calidad de OA publicados en repositorios.

En esta línea de I+D+i se propone una metodología para la construcción de OA, que está orientada a realizar el proceso de evaluación de calidad desde diferentes enfoques y durante el desarrollo de cada una de sus fases. Es decir, una metodología que se convierta en referente a la hora de planear y desarrollar OA aportando al proceso una organización interna, la identificación y selección de las competencias a desarrollar, así como el tipo de actividades cognitivas y de evaluación, garantizando la calidad de los OA construidos mediante la implementación de técnicas de evaluación de calidad tanto en el diseño instruccional y como en el diseño tecnológico de los OA en las diferentes fases de su desarrollo.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN y DESARROLLO

- Objetos de aprendizaje.
- Repositorios institucionales y bibliotecas digitales.
- Gestión de la información y el conocimiento.
- Sistemas de información web y bases de datos.
- Índices bibliométricos.
- Interoperabilidad.

- Preservación digital.
- Recuperación de la información.

OBJETIVOS

El desarrollo de esta línea de investigación está permitiendo cumplir con los siguientes objetivos:

- Comprender los problemas y las tendencias asociadas a la producción abierta del conocimiento, el uso y la difusión.
- Fortalecer la visibilidad web de la UNdeC y de las instituciones intervinientes.
- Fomentar la formación de habilidades y conocimientos relacionados con los OA y los RI.
- Caracterizar las diferentes estrategias y técnicas de evaluación de calidad de los OA.
- Definir las fases, criterios de calidad y técnicas de evaluación de calidad de para la construcción de OA.
- Desarrollar una metodología para el diseño y construcción de OA basada en criterios de calidad.
- Entender y valorar el movimiento mundial de Acceso Abierto y señalar las vías de su materialización.
- Implementar un Repositorio Institucional para visualizar los diferentes recursos educativos y académicos que se produzcan.
- Depositar y preservar los producción educativa y académica de la UNdeC y de las instituciones intervinientes.
- Definir e implementar políticas de recopilación, distribución y mantenimiento para el funcionamiento del RI.

RESULTADOS

OBTENIDOS/ESPERADOS

- Curso a nivel de postgrado llamado “Gestión de la Información Académica y Científica”.
- Desarrollo de un proyecto de asignaturas sobre las Bibliotecas Digitales para

presentarse en dos universidades [10] y otras que lo puedan requerir.

- Desarrollo de talleres para la formación de habilidades y conocimientos relacionados con los RI, los OA y su construcción.
- Caracterización de las diferentes estrategias y técnicas de evaluación de calidad de los OA.
- Desarrollo de una metodología de construcción de OA que incluya técnicas de evaluación de calidad.
- Implementación de un repositorio de para la gestión los recursos educativos y académicos de la UNdeC y de las instituciones intervinientes.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo está formado por docentes investigadores categorizados y otros en formación especializados bibliotecas digitales, repositorios institucionales y en enseñanza en entornos virtuales de aprendizaje y estudiantes de las carreras Ingeniería en Sistemas y Licenciatura en Sistemas.

Tres de los miembros del equipo poseen formación de postgrado: un Doctor en Ciencias Informáticas, un Magister en Informática y un Especialista en Entornos Virtuales de aprendizaje. Dos integrantes se encuentran en la etapa de desarrollo de su trabajo de tesis para obtener el título de Magister en Informática uno y otro de Magister en Enseñanza en Entornos Digitales. Tres miembros están realizando el trabajo final de la Especialización en inteligencia de datos orientada a Big Data.

En diciembre de 2020 una de las integrantes del equipo defiende y aprueba su Trabajo Final para la obtención del título de grado Licenciado/a en Sistemas, denominado “Sistema de evaluación de métricas de calidad de Objetos de Aprendizaje”, con la dirección y asesoramientos de los integrantes de este equipo de trabajo. Otro de

los integrantes es estudiante avanzado de la carrera Licenciatura en Sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. D. Wiley, "Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy," presented at the Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos, SPEDECE, 2001.
- [2]. E. Morales, F. García, A. Barron, A. Berlanga, and C. López, "Propuesta de Evaluación de Objetos de Aprendizaje," presented at the Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos Reutilizables (SPDECE), Barcelona, 2005.
- [3]. J. Texier, "Los repositorios institucionales y las bibliotecas digitales: una somera revisión bibliográfica y su relación en la educación superior," presented at the 11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology - 2013, Cancun, México, 2013, p. 9.
- [4]. M. De Giusti, N. Oviedo, A. Lira, A. Sobrado, J. Martínez, and A. Pinto, "SEDICI – Desafíos y experiencias en la vida de un repositorio digital," *RENATA*, vol. 1, no. 2, pp. 16–33, Aug. 2011.
- [5]. Texier, J. (2016). Los repositorios institucionales y su importancia en las Universidades Venezolanas. *Revista Scitus*. Venezuela.
- [6]. R. McGreal, "A Typology of Learning Object Repositories", In *Handbook on Information Technologies for Education and Training* (pp.5–28).doi:10.1007/978-3-540-74155-8_1. 2008
- [7]. V. Morales Tabares, "Modelo por Capas para Evaluación de la Calidad de Objetos de Aprendizaje en Repositorios de Objetos de Aprendizaje", Instituto de Sistemas y Ciencias de la Decisión. 2013
- [8]. C. Sanz, L. Moralejo, & F. Barranquero, Curso de Doctorado "Metodología CROA", Universidad Nacional de la Plata, Argentina, 2014
- [9]. V. Morales Tabares, N. Duque Méndez & D. Ovalle Carranza, "Modelo por capas para evaluación de la calidad de Objetos de Aprendizaje en repositorios". *Revista electrónica de investigación educativa*, 19(3), 33-48. 2017.
- [10]. J. Texier, J. Zambrano, & F. Carmona, "Las Bibliotecas Digitales en el Currículum de las carreras de Ciencias de la Computación: una propuesta posible para Argentina y Venezuela", XII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC 2016.

Explorando con Realidad Virtual Interactiva

Claudia Banchoff, Laura Fava, Sofía Martín, Facundo Díaz Gira, Agustín Aguirre

LINTI - Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas.
Facultad de Informática. Universidad Nacional de La Plata
Calle 50 esq. 120, 2^{do} Piso. Tel: +54 221 4223528
{cbanchoff, lfava, smartin}@info.unlp.edu.ar, {facundodiazgira,
agus.aguirre10}@gmail.com

RESUMEN

Continuando una línea de investigación y desarrollo que se viene trabajando en el LINTI, Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas de la UNLP (Argentina), en este artículo se presenta la concreción de los proyectos que utilizan Realidad Aumentada (RA) con fines sociales y el estado de avance de aquellos que utilizan Realidad Virtual (RV) para potenciar aplicaciones móviles. Dentro de esta línea se abordan aspectos relacionados al desarrollo de aplicaciones educativas interactivas y materiales didácticos, así como también una nueva línea relacionada con RV aplicada a la arquitectura.

En este artículo, se continúa con las líneas de I+D presentadas en WICC 2021[1], donde se analizaron y evaluaron entornos de desarrollo para aplicaciones de gamificación usando RA y RV y se presentan los avances en los desarrollos de aplicaciones usando RA y RV.

Palabras clave: juegos serios, proyectos sociales, realidad aumentada, realidad virtual, gamificación.

CONTEXTO

Esta línea de investigación incluye el desarrollo de aplicaciones lúdicas interactivas vinculadas a distintas problemáticas sociales. Se utilizan

tecnologías de RA y/o RV como elementos motivadores para complementar las actividades que se trabajan en distintos contextos.

En el LINTI se viene trabajando, desde hace más de 10 años, en proyectos relacionados a demandas de la sociedad. En el último año se finalizaron dos desarrollos que utilizan RA y se avanzó con un desarrollo de RV descrito más adelante en este artículo.

La línea de investigación que se presenta en este trabajo viene desarrollándose desde hace tres años y se encuentra enmarcada en el proyecto: "De la Sociedad del Conocimiento a la Sociedad 5.0: un abordaje tecnológico y ético en nuestra región", del Programa Nacional de Incentivos a docentes-investigadores, que se desarrolla en el LINTI.

1. INTRODUCCIÓN

La realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV) se han utilizado en múltiples áreas, aunque en nuestra región, no ha sido sencilla su incorporación.

En el caso de RV, la adopción y aplicación es más compleja debido al requerimiento adicional de los cascos y otros recursos de hardware. Si bien existen experiencias con cascos de bajo costo como los Google Cardboard, las mismas suelen estar asociadas a entornos de educación no formal [2].

Los ámbitos de implementación de aplicaciones en RV se han ido ampliando a lo largo de los años. Se pueden encontrar experiencias de aplicación en medicina, telepresencia, empatía para tomar conciencia sobre situaciones críticas o situaciones que suceden en comunidades lejanas [3][4]. Se utiliza RV en el desarrollo de simuladores de vuelo, manejo de automóviles y otros vehículos, cuidado de personas con problemas médicos, además de los ámbitos más conocidos como educación y videojuegos. El uso de las características de la RV permite posicionarte en situaciones diferentes pero es importante tener en cuenta varios aspectos que hacen a la experiencia RV. Si bien el hardware y software es importante, no deja de ser menos relevante el estudio de la percepción humana para generar entornos realmente inmersivos [5].

En este contexto, se comenzó el estudio de técnicas interactivas de RV aplicadas a diferentes áreas de arquitectura que incluyen la revisión de diseños, la simulación de operaciones dinámicas, la coordinación del diseño detallado, la programación de la construcción y también para el marketing.

Es de interés para esta línea de investigación, analizar y aplicar técnicas de RV en el diseño arquitectónico y la construcción de tales diseños utilizando herramientas libres y en el ámbito local trabajando de manera interdisciplinaria con estudiantes y profesionales de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de nuestra ciudad.

Creemos que la RV es una herramienta altamente efectiva para presentar un diseño arquitectónico, pues permite transmitir adecuadamente las dimensiones espaciales, la información contextual y el realismo del diseño arquitectónico a los clientes.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

Si bien en el último años se avanzó en el área de RA y el desarrollo de aplicaciones con esta tecnología, también se comenzó a experimentar con Realidad Virtual y su aplicación en aplicaciones para profesionales del área de arquitectura, a fin de crear entornos que faciliten el uso de modelos arquitectónicos para su visualización y manipulación antes de la construcción. Esta aplicación se trabaja con el aporte de profesionales del área de Arquitectura y Urbanismo y, en un principio, está pensada para ser utilizada en la etapa de formación de los futuros arquitectos.

A continuación se detallan los ejes centrales de investigación:

- Relevamiento de herramientas para diseño 3D y renderización usadas por arquitectos (Sketchup¹, Lumion², V-Ray³).
- Análisis de motores de juegos existentes para RV (Unreal Engine 4, Unity, Godot, etc) a fin de determinar el apropiado para diferentes tipos de proyectos.
- Evaluación de distintos dispositivos dedicados para RV disponibles, analizando ventajas y desventajas de cada uno de ellos para determinar su adopción en el proyecto presentado.

¹ Sketchup: <https://www.sketchup.com/es/plans-and-pricing/sketchup-studio> Último acceso marzo 2022.

² Lumion: <https://www.lumion.es/> Último acceso marzo 2022.

³ V-Ray: <https://www.chaos.com/es/vray/sketchup> Último acceso marzo 2022.

3. RESULTADOS Y OBJETIVOS

El objetivo general de esa línea de trabajo es continuar con el uso de técnicas de RA orientadas a la educación y videojuegos serios y experimentar con RV interactiva en entornos arquitectónicos.

Para cumplir con el objetivo general, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Analizar herramientas para diseño 3D y renderización usadas por arquitectos y profesionales del área de la construcción.
- Continuar el desarrollo de aplicaciones interactivas que puedan utilizarse en el ámbito de la escuela y entornos de educación no formal, poniendo en práctica lo aprendido en el desarrollo con RA.
- Elaborar pautas de evaluación que permitan comprobar la adecuación y usabilidad de las aplicaciones realizadas con RA y RV.
- Determinar la efectividad de la tecnología de RV en la presentación de diseños arquitectónicos durante las etapas de revisión del mismo con el cliente de un proyecto de construcción. Para esta evaluación se tomará un proyecto real y local del sector de la construcción.
- Continuar promoviendo esta temática en otros escenarios y dentro del marco del desarrollo de las tesinas de grado.

Como resultado de esta línea de trabajo se ha publicado la experiencia de desarrollo y uso de la aplicación ERA, desarrollada en el marco de una tesina de grado y se ha puesto a disposición en la plataforma de distribución digital de aplicaciones móviles para los dispositivos con sistema

operativo Android operada por Google.

La tesina denominada **“ERA: entretenidos con realidad aumentada”** [6], fue el marco para el desarrollo de la aplicación móvil “Entretenidos con Kota” que acompaña al libro “Kota Corta” de Katia Maria Soto Kiewit, con arte de Tatiana Zanelli, como un paratexto del mismo⁴.

La Figura 1 muestra capturas de algunas de las escenas aumentadas del libro.

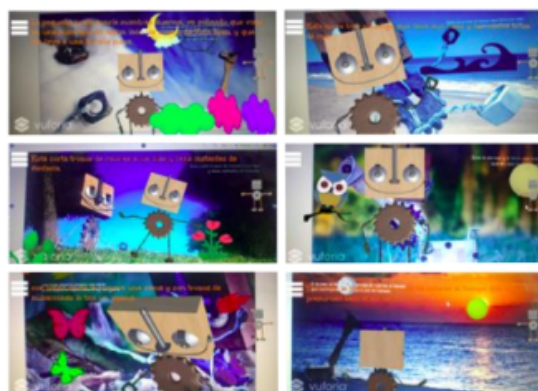


Figura 1. Escenas de aumentaciones del libro.

La Figura 2 ilustra la interacción con los aumentos provistos por la app.

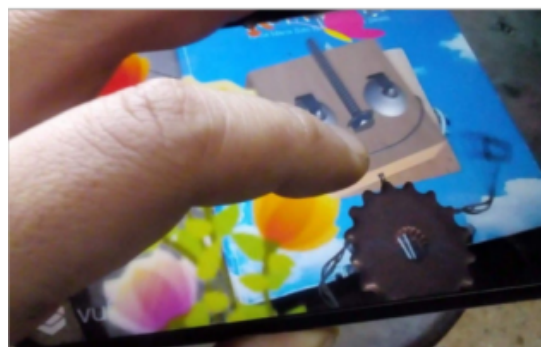


Figura 2. Experiencias de Entretenidos con Kota.

En el marco de este trabajo se definió una metodología para la evaluación de tecnologías relacionadas al desarrollo de aplicaciones con RA. En particular se definieron criterios que permiten evaluar

⁴ En este desarrollo se trabajó en conjunto con la cátedra Lenguaje Visual 3 de la Facultad de Artes de la UNLP, donde se elaboró el libro Kota Corta.

tanto los kits de desarrollo de RA, como los motores de juegos que permiten el desarrollo de la aplicación. Los SDK analizados fueron ARCore, ARToolkit, Wikitude, Vuforia, MAXST y Kudan. Los motores de juegos analizados fueron Unity, Unreal Engine 4, Godot y Panda 3D.

Entre los criterios definidos se puede mencionar:

- los mecanismos de reconocimiento y seguimiento de marcas para RA;
- la forma de realizar el aumento;
- tipo de licencia y soporte;
- plataformas o entornos de hardware y software en los que se encuentran disponibles;
- documentación disponible;
- la forma de integración de los SDK de RA con los motores de juego.

Las experiencias realizadas se llevaron a cabo en el Hospital Garrahan y en el Hospital de Niños de la ciudad de La Plata. Los resultados fueron publicados en la Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI) [7].

En cuanto a la línea de investigación de RV, se ha realizado un relevamiento de herramientas vinculadas a la creación de aplicaciones de RV, esto es, diseño 3D, renderizado y codificación de la app.

Asimismo se ha avanzado con el desarrollo del prototipo CEIT (“Creador de Entornos Inmersivos Transitables”), desarrollado para sistemas variables de Oculus RIFT que no requieren de dispositivos móviles. CEIT permite generar un entorno de RV a partir de un modelo 3D ingresado por el usuario.

La Figura 3 presenta una captura del tutorial interno provisto por CEIT donde se muestra un entorno que permite agregar y quitar objetos o experimentar

con texturas, a fin de que el usuario se familiarice con los controles del sistema.

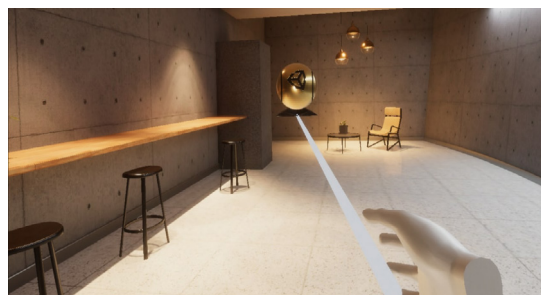


Figura 3. Captura de un entorno manipulable

Además CEIT proporciona funcionalidad para simular variaciones del ambiente relacionadas con cambios de horario, efectos climáticos y distintos tipos de iluminación. La Figura 4 muestra el impacto de estas variaciones en el modelo. En este caso, se puede seleccionar un horario y manipular la rotación del sol.



Figura 4. Captura de variación horaria, clima e iluminación

Esta aplicación además de generar espacios a partir de maquetas 3D, posibilita al usuario final recorrer e interactuar con ese espacio a través de la inmersión provista por la realidad virtual. Los trabajos presentados en este artículo se llevan a cabo de manera interdisciplinaria entre docentes y estudiantes de la Facultad de Informática, de Arquitectura y Urbanismo, y de Artes de la UNLP.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo de la línea de I+D+i presentada en este artículo está formado por docentes investigadores categorizados del LINTI y estudiantes de la Facultad de Informática. Se destaca la formación en equipos interdisciplinarios en los cuales participan docentes y profesionales de la Facultad de Artes y de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNLP.

A través de la generación permanente de conocimiento por medio de líneas de investigación y desarrollo de aplicaciones vinculadas al sector productivo y su aplicación en el ámbito social, el LINTI promueve el uso innovador de las tecnologías informáticas en la región.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Banchoff C, Fava, L., Schiavoni, A., Martin S. (2020). Realidad aumentada y realidad virtual aplicadas a proyectos con fines sociales. XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021). Chilecito. UNDeC. ISBN 978-987-24611-3-3.

[2] Chirinos Delfino, Y. (2020). La realidad virtual como mediadora de aprendizajes: desarrollo de una aplicación móvil de realidad virtual orientada a niños. Revista TE&ET no. 27. ISSN: 1850-9959. Páginas: 98-99.

[3] Craig, A, Sherman, B., William R., Jeffrey D. (2009). *Introduction to Virtual Reality, Developing Virtual Reality Applications*, Morgan Kaufmann, Boston, Pages 1-32, ISBN 978-0-12-374943-7, DOI: 0.1016/B978-0-12-374943-7.0000 1-X.

[4] Das, P.; Zhu, M.; McLaughlin, L.; Bilgrami, Z.; Milanaik, R.L. (2017). *Augmented reality video games: new possibilities and implications for children and adolescents*. Multimodal Technologies and Interaction, 2017; 1:8.

[5] M. Lavalley, M., *Virtual Reality*, 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. Disponible en: <http://vr.cs.uiuc.edu/vrbook.pdf>. Último acceso marzo de 2021.

[6] Jara, J. ERA: Entretenidos con Realidad Aumentada. Tesina de grado de la Licenciatura en Sistemas, Noviembre 2020. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/118525>

[7] J. D. Jara, C. Banchoff and L. Fava. Playful application with augmented reality in prolonged medical treatments. XLVII Latin American Computing Conference (CLEI), 2021, pp. 1-7, doi: 10.1109/CLEI53233.2021.9639948. Año 2021.