

## CIUDADES INTELIGENTES, EFICIENTES Y SOSTENIBLES

Villagra A.<sup>1</sup>, Errecalde M.<sup>1,2</sup>, Pandolfi D.<sup>1</sup>, Mercado V.<sup>1</sup>, Torres M.<sup>1</sup>, Valdéz J.<sup>1</sup>, Molina D.<sup>1</sup>, Guzmán J.<sup>1</sup>, López M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEm)  
Instituto de Tecnología Aplicada (ITA) - Unidad Académica Caleta Olivia  
Universidad Nacional de la Patagonia Austral

<sup>2</sup>Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional (LIDIC)  
Departamento de Informática - Universidad Nacional de San Luis

[avillagra@uaco.unpa.edu.ar](mailto:avillagra@uaco.unpa.edu.ar), [merreca@unsl.edu.ar](mailto:merreca@unsl.edu.ar), {dpandolfi, vmercado}@uaco.unpa.edu.ar, [marianagalos@gmail.com](mailto:marianagalos@gmail.com), {jvaldez, dmolina, [jguzman\\_mlopez](mailto:jguzman_mlopez@uaco.unpa.edu.ar)}@uaco.unpa.edu.ar

### RESUMEN

Una ciudad inteligente (CI) y sostenible trata de espacios basados en la eficiencia y el bienestar que utilizan la tecnología como una herramienta fundamental para mejorar las condiciones de vida de la ciudadanía. En este tipo de ciudades se establece una relación interactiva entre los ciudadanos.

Los nuevos retos de la ciudad y las limitaciones, tanto de nuestro entorno, como de los recursos de todo tipo que necesita de forma continuada, en la mayoría de los casos provenientes de fuentes finitas (energéticos, infraestructuras, económicos, etc.), hace que la disposición de éstos, su utilización y empleo de la forma más eficiente posible sea una de las claves si se quiere conseguir niveles adecuados de sostenibilidad.

Una CI es la visión holística de una ciudad que aplica las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para la mejora de la calidad de vida y la accesibilidad de sus habitantes y asegura un desarrollo sostenible económico, social y ambiental en mejora permanente.

Esta línea de trabajo se presenta como un aporte en el camino hacia el desarrollo sostenible de una ciudad inteligente. En particular, se propone identificar, resolver y desarrollar prototipos de aplicaciones y servicios en tres ejes movilidad, sociedad y entorno.

**Palabras clave:** Ciudades Inteligentes, Metaheurísticas, Big Data, Transito.

### CONTEXTO

La línea de trabajo se lleva a cabo en el Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEm), Instituto de Tecnología Aplicada (ITA) de la Unidad Académica Caleta Olivia Universidad Nacional de la Patagonia Austral, en el marco del Proyecto de Investigación 29/B225 “Soluciones inteligentes para el desarrollo urbano sostenible”. Este proyecto se desarrolla en cooperación con el LIDIC de la UNSL, y el Grupo NEO de la UMA (España).

### 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, aproximadamente el 55% de la población mundial vive en zonas urbanas, y se espera que el número aumente hasta un 66% para 2030 (Naciones Unidas, 2016). A medida que la ciudad crece, surgen nuevos problemas (por ejemplo, congestión del tráfico, gestión de residuos, contaminación, etc.) y los recursos son escasos. Por lo tanto, trabajar en la adaptación de la ciudad a las necesidades actuales (y futuras) es una prioridad de todos y en particular para los investigadores.

El concepto CI surgió hace unos años como una combinación de "ideas sobre cómo las tecnologías de la información y la comunicación podrían mejorar el funcionamiento de las ciudades" [BA+12]. El término de CI sigue ganando popularidad (cada día más ciudades se etiquetan como inteligente), se considera que el concepto sigue siendo un tema en progreso ([MC+14], [CD+11],[Coc14]).

Según [GF+07] una CI es aquella que realiza actividades en al menos una de las seis áreas de acción inteligente: *Smart Economy*, *Smart People*, *Smart Governance*, *Smart Mobility*, *Smart Environment* y *Smart Living*. La definición coincide con las ideas de B. Cohen [Coh12], quien en 2012 propuso una rueda donde se integran los ejes mencionados con otras actividades para su puesta en marcha. A pesar de estos avances en la definición, conocimiento y aparente penetración del concepto de ciudades inteligentes, este dominio apenas está despejando.

Hablar de CI no es solo hablar de tecnología sino en algo más complejo y humano. Es necesario utilizar mejor los recursos públicos y explotar los activos naturales de forma consciente y responsable. Transformar "ciudades tradicionales" en Ciudades Inteligentes, o *Smart Cities* es una demanda cada vez más importante.

A medida que el paradigma de Internet de las cosas (en inglés *Internet of Things - IoT*) se va extendiendo, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) tienen un cometido fundamental que desempeñar para incrementar la eficiencia en todos los sectores industriales y permitir innovaciones tales como los sistemas de transporte inteligentes y la gestión "inteligente" del agua, de la energía y de los residuos, entre otros.

El concepto IoT, por lo tanto, tiene como objetivo hacer que Internet sea aún más inmersivo y omnipresente. Además, al permitir un

fácil acceso y la interacción con una amplia variedad de dispositivos tales como, electrodomésticos, cámaras de vigilancia, sensores, actuadores, pantallas, vehículos, etc., la IoT fomenta el desarrollo de una serie de aplicaciones que hacen uso de la cantidad potencialmente enorme y variedad de datos generados por tales objetos para proporcionar nuevos servicios a los ciudadanos, empresas y a las organizaciones con aplicación en diferentes ámbitos ([BC+13],[SD+16], [GS+17] y [Kun14]).

La expansión de *Big Data* y la evolución de las tecnologías de IoT juegan un rol importante en la factibilidad de las iniciativas para ciudades inteligentes. *Big Data* ofrece potencial para que las ciudades obtengan conocimiento de valor de grandes cantidades de información colectada de varias fuentes y la IoT permite la integración de sensores, identificación de radiofrecuencias, y *bluetooth* en el entorno del mundo real utilizando servicios en red. La combinación del IoT y Big Data es un área de investigación poco explorada que ha traído nuevos e interesantes retos para alcanzar el objetivo de futuras ciudades inteligentes [RA+16], [BD+16], [JJ+15]. El fenómeno de Big Data desde hace tiempo se ha caracterizado por el volumen, la velocidad y una variedad de tipos de datos que se incrementa día a día. Big Data ofrece el potencial para que la ciudad obtenga información valiosa de una cantidad considerable de datos recogidos a través de diversas fuentes.

Crear aplicaciones inteligentes en una ciudad inteligente es uno de los mayores desafíos a los que podemos enfrentarnos. Los problemas en las ciudades inteligentes son variados (economía, movilidad, gobernanza, personas, vida y entorno), multidisciplinares por naturaleza, aparentemente inconexos y requieren un vasto aparato científico. Los desafíos son varios e involucran la combinación de técnicas de optimización, aprendizaje de máquina y análisis de datos para obtener soluciones usables y perdurables en ciudades inteligentes y sostenibles.

## 2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

En esta sección se describen las líneas de investigación que se llevan a cabo en el proyecto.

Como se comentó anteriormente una CI es la que realiza actividades en al menos una de las seis áreas de acción inteligente: Economía inteligente, Sociedad inteligente, Gobernanza inteligente, Movilidad inteligente, Medioambiente inteligente, Modo de vida inteligente. Algunas aplicaciones que se pueden definir en estas áreas y que son de interés en este trabajo de investigación son: movilidad, sociedad y entorno.

Con respecto a la movilidad inteligente, estamos trabajando en problemas de tráfico y en particular en el control de ciclos semafóricos.

Actualmente, una ciudad con tráfico congestionado y muchos embotellamientos conduce a más contaminación. Por lo tanto, con la gestión inteligente del tráfico, el consumo de combustible y las emisiones contaminantes pueden ser reducidas. A diferencia de técnicas tales como semáforos inteligentes que requieren nueva infraestructura, ubicación de sensores y modificaciones en obras civiles ya construidas, el uso de técnicas de inteligencia artificial en la optimización de los ciclos de semáforos se presenta como una herramienta viable, rápida, eficiente y de bajo costo [GF+14]. En esta línea nos centramos en dos versiones de un Algoritmo Genético Celular (cGA)[AB09], aplicado al problema de planificación de los ciclos de los semáforos. Las soluciones obtenidas por los cGAs son simuladas por el popular micro-simulador SUMO (*Simulator of Urban Mobility*) [KB+06]. Se evalúan grandes escenarios cercanos a la realidad de vastas áreas urbanas.

En cuanto a sociedad inteligente, se está trabajando en temas de *Big Data* y Minería de Datos en análisis de autoría (AA) [Sta09], en particular la determinación del perfil del autor (DPA), es decir, aquella que identifica patrones compartidos por un grupo de gente y que aborda problemas de clasificación de los usuarios de la Web de acuerdo a la edad, género, orientación

política, etc. La DPA, un sub-campo del área más general conocida como análisis de autoría (AA), es un tema muy importante de investigación por sus potenciales (y actuales) aplicaciones en problemas de seguridad nacional e inteligencia, lingüística forense, análisis de mercados e identificación de rasgos de personalidad, entre otros. Particularmente, se ha tomado como caso de estudio primario los documentos de periodistas con diversas orientaciones políticas (oficialista vs opositor) con el objetivo de realizar con los mismos el Análisis de Autor y la Determinación/Caracterización del perfil del autor.

Por otro lado, en cuanto al entorno inteligente el trabajo realizado en este proyecto abrió una línea de investigación y este año se ha presentado un nuevo proyecto de investigación abocado por completo a la recolección de residuos tecnológicos. Además, una nueva línea que se está comenzando a trabajar es con respecto a realidad aumentada. La realidad aumentada es una tendencia tecnológica de gran interés dentro del desarrollo tecnológico, porque se basa en la interacción con el entorno del usuario. La podemos ver como un mundo de representaciones generadas en tiempo real por un programa informático. Esta realidad se puede percibir únicamente dentro de los diferentes sistemas que la hacen posible, es decir, puede generar sensaciones desde una perspectiva física pero sólo es una simulación que se encuentra activa frente al usuario, depende de niveles de inmersión que permite al usuario interactuar con los diferentes objetos generados por el mundo virtual. Generalmente esta realidad busca activar los sentidos humanos, pero por el momento y por la tecnología que se tiene y sus costos, únicamente se centra en los sentidos de vista y oído [HF+11], [AA17], [CB+17].

## 3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

La solución de problemas a través de los ejes de desarrollo en ciudades inteligentes permitirá hacer prototipos reales, aprender más y

producir un mayor impacto en Ciencia e Industria. Dada la amplia visión se espera generar oportunidades para nuevos proyectos y socios.

En particular, en cuanto a tránsito hemos abordado el problema de programación de semáforos, para una serie de objetivos. El primer objetivo proponer un algoritmo competitivo basado en el cGA aplicado para resolver escenarios cercanos a la realidad. El segundo objetivo realizar un análisis en profundidad de las soluciones obtenidas para determinar cómo afectan la disminución de la contaminación ambiental y detectar patrones y características. Se utilizan dos versiones de cGA (síncrono y asíncrono) para resolver instancias grandes y reales. Nuestros algoritmos superan las técnicas de vanguardia y las configuraciones de expertos. Se llevaron a cabo varios análisis en profundidad de los resultados, estudio genotípico y fenotípico (para mayor detalle ver [VA+20]). La investigación futura se centrará en el número de evaluaciones con el objetivo de reducir el esfuerzo computacional en términos de tiempo de procesamiento. Además, planeamos definir una función de aptitud más precisa que explore el espacio de búsqueda de manera más eficiente.

Sobre la determinación/caracterización del perfil del autor se ha generado un nuevo corpus de la alineación política de periodistas argentinos, con un análisis exhaustivo que incluyó estudios estadísticos, modelado de temas y análisis de sentimientos, y una comparación de textos basados en categorías el sistema *Linguistic Inquiry and Word Count* (LIWC). Como resultado de este análisis, se han detectado algunos patrones interesantes en la distribución de polaridad, qué temas son los que hablan y, sus valores para muchas categorías del sistema LIWC (para mayor detalle ver [MV+19]). Como trabajo futuro, se plantea usar los diferentes tipos de información obtenida en la representación de documentos supervisados (clasificación) y tareas no supervisadas (agrupamiento) utilizando características basadas en LIWC y en el método *Latent Dirichlet Allocation* (LDA). Además, se los comparará con enfoques clásicos (bolsa de

palabras) y más recientes como redes neuronales profundas con incrustaciones de palabras.

En cuanto a realidad aumentada se pretende desarrollar aplicaciones orientadas en particular a mejorar la accesibilidad y la información para los nuevos miembros de la comunidad universitaria de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Se identificarán las necesidades y posteriormente a través de esta tecnología (realidad aumentada y sus diversas herramientas) se generan soluciones que las satisfagan.

Finalmente, se pretende colaborar con los gobiernos locales para la implementación de políticas y acciones inteligentes y sostenibles que impacten en la calidad de vida de los ciudadanos.

#### **4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS**

El equipo de trabajo se encuentra formado por tres Doctores en Ciencias de la Computación, dos Magisters en Ciencias de la Computación, un Magister en Matemática Avanzada, cinco Ingenieros en Sistemas y tres estudiantes de la Carrera Ingeniería en Sistemas de la UNPA.

Este proyecto de investigación proporcionará un marco propicio para la iniciación y/o finalización de estudios de posgrado de los integrantes docentes. De igual forma, será un ámbito adecuado para la realización de tesis de grado. Actualmente dos integrantes están desarrollando sus tesis de Maestría y dos sus tesis de Doctorado. Además, se cuenta con dos becarios de grado.

#### **5. BIBLIOGRAFIA**

[AA17] Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11.

- [AB09] Alba, E., & Dorronsoro, B. (2009). Cellular genetic algorithms (Vol. 42). Springer Science & Business Media.
- [BA+12] Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481-518.
- [BC+13] Bellavista, P., Cardone, G., Corradi, A., & Foschini, L. (2013). Convergence of MANET and WSN in IoT urban scenarios. *IEEE Sensors Journal*, 13(10), 3558-3567.
- [BD+16] Botta, A., De Donato, W., Persico, V., & Pescapé, A. (2016). Integration of cloud computing and internet of things: a survey. *Future Generation Computer Systems*, 56, 684-700.
- [CD+11] Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of urban technology*, 18(2), 65-82.
- [CB+17] Chatzopoulos, D., Bermejo, C., Huang, Z., & Hui, P. (2017). Mobile augmented reality survey: From where we are to where we go. *Ieee Access*, 5, 6917-6950.
- [Coc14] Cocchia, A. (2014). Smart and digital city: A systematic literature review. In *Smart city* (pp. 13-43). Springer, Cham.
- [Coh12] Cohen Boyd, What Exactly Is A Smart City? <http://www.fastcoexist.com/1680538/what-exactly-is-a-smart-city>, 2012
- [GF+07], Giffinguer, R.; Fertner, C; Kramar, H.; Meijers, E. (2007) Ranking of European Medium-Size Cities. Centre of Regional Science, Univ. Tecnológica de Viena.
- [GF+14] Garcia-Nieto, J., Ferrer J., & Alba E. (2014). Optimising traffic lights with metaheuristics: Reduction of car emissions and consumption. In *Neural Networks (IJCNN), 2014 International Joint Conference on*, pages 48-54. IEEE, 2014.
- [GS+17] Gharaibeh, A., Salahuddin, M. A., Hussini, S. J., Khreishah, A., Khalil, I., Guizani, M., & Al-Fuqaha, A. (2017). Smart Cities: A Survey on Data Management, Security and Enabling Technologies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 775-780). IEEE.
- [HF+11] Hugues, O., Fuchs, P., & Nannipieri, O. (2011). New augmented reality taxonomy: Technologies and features of augmented environment. In *Handbook of augmented reality* (pp. 47-63). Springer, New York, NY.
- [JJ+15] Jaradat, M., Jarrah, M., Bouselham, A., Jararweh, Y., & Al-Ayyoub, M. (2015). The internet of energy: Smart sensor networks and big data management for smart grid. *Procedia Computer Science*, 56, 592-597.
- [KB+06] Krajzewicz, D., Bonert, M., & Wagner, P. (2006). The open source traffic simulation package SUMO. *RoboCup 2006 Infrastructure Simulation Competition*, 1, 1-5.
- [Kun14] Kunzmann, K. R. (2014). Smart cities: a new paradigm of urban development. *Crios*, 4(1), 9-20.
- [MC+14] Manville, C., Cochrane, G., Cave, J., Millard, J., Pederson, J. K., Thaarup, R. K., ... & Kotterink, B. (2014). Mapping smart cities in the EU.
- [MV+19] Mercado, V., Villagra, A., & Errecalde, M. L. (2019). Exploratory Analysis of a New Corpus for Political Alignment Identification of Argentinian Journalists. In *XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)(Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, 14 al 18 de octubre de 2019*
- [RA+16] Rathore, M. M., Ahmad, A., Paul, A., & Rho, S. (2016). Urban planning and building smart cities based on the internet of things using big data analytics. *Computer Networks*, 101, 63-80.
- [SD+16] Sarasola, B., Doerner, K. F., Schmid, V., & Alba, E. (2016). Variable neighborhood search for the stochastic and dynamic vehicle routing problem. *Annals of Operations Research*, 236(2), 425-461.
- [Sta09] Stamatatos, E. (2009). A survey of modern authorship attribution methods. *Journal of the American Society for information Science and Technology*, 60(3), 538-556.
- [VA+20] Villagra, A., Alba, E., & Luque, G. (2020). A better understanding on traffic light scheduling: New cellular GAs and new in-depth analysis of solutions. *Journal of Computational Science*, 41, 101085.