

# Estudio de la influencia del uso de simulación en la enseñanza de redes de computadoras en el nivel universitario (resultados parciales)

Daniel Arias Figueroa<sup>1</sup>, Javier Díaz<sup>2</sup>, Cecilia Gramajo<sup>1</sup>, Gustavo Gil<sup>1</sup>, Ernesto Sánchez<sup>1</sup>, Loraine Gimson<sup>1</sup>, Álvaro Gamarra<sup>1</sup>, Jorge Silvera<sup>1</sup>, Diego Gil<sup>1</sup>, Nelson Rodríguez<sup>3</sup>, María Murazzo<sup>3</sup>, Marcelo Moreno<sup>3</sup>, Miguel Guevara<sup>3</sup>

C.I.D.I.A. (Centro de Investigación y Desarrollo de Informática Aplicada)<sup>1</sup>  
Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta

L.I.N.T.I. (Laboratorio en Nuevas Tecnologías Informáticas)<sup>2</sup>  
Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata

Departamento e Instituto de Informática - F.C.E.F. y N. - U.N.S.J.<sup>3</sup>  
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan

daaf@cidia.unsa.edu.ar, nelson@iinfo.unsj.edu.ar

## Resumen

Una de las preocupaciones constantes de las universidades es estar a la vanguardia en los métodos de enseñanza y ofrecer oportunidades de prácticas innovadoras que apoyen la preparación de sus estudiantes para su futura vida laboral. Uno de los objetivos claves en la enseñanza de redes de computadoras en la carrera de grado de la Licenciatura en Análisis de Sistemas en la Universidad Nacional de Salta, es la de transmitir fundamentos y conceptos básicos a sus estudiantes (en contraste con una formación más específica de técnico en redes). Sin embargo, desde hace un tiempo venimos investigando cómo facilitar la relación entre la realidad y las teorías y modelos, es decir, entre lo concreto y lo abstracto.

Dentro de nuestro trabajo de investigación pretendemos evaluar la influencia de la utilización de software de simulación, en la enseñanza de contenidos de redes de computadoras en nuestra carrera de grado y cursos de postgrado. Para ello nos hemos planteado un estudio aplicado, longitudinal y experimental que, asumiendo la complejidad del fenómeno educativo, considere aspectos cuantitativos y cualitativos.

**Palabras clave:** protocolo tc-pip, simulación, virtualización, enseñanza, redes.

## Contexto

La línea de investigación se encuentra apoyada por el C.I.D.I.A. (Centro de Investigación y Desarrollo de Informática Aplicada) que depende de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta y el L.I.N.T.I. (Laboratorio en Nuevas Tecnologías Informáticas) – Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata, y por lo tanto se cuenta con toda la infraestructura disponible para esta investigación. El proyecto se encuentra acreditado como Proyecto Tipo “A” N° 2230/0 en el CIUNSa – Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta y cuenta con su financiamiento.

## Introducción

El rápido y continuo desarrollo tecnológico que las organizaciones viven, particularmente en las áreas de tecnología, altera la manera de enseñar y, por supuesto, de aprender.

En muchas universidades, la computadora, las redes, los sistemas de videoconferencias, la Internet y las soluciones de software se usan a diario. Toda esta infraestructura tecnológica no solo contribuye a facilitar las tareas y actividades como la documentación y obtención de información, sino que sirven como punta de lanza para la investigación sobre los cambios que se experimentan, tanto en el uso de herramientas en la educación como en los posibles métodos de enseñanza que se requieren para incorporar estos recursos.

Uno de los objetivos claves en la enseñanza de las redes de computadoras en nuestra carrera de grado, es la de transmitir fundamentos y conceptos básicos a los estudiantes de la Licenciatura en Análisis de Sistemas. Sin embargo, desde hace un tiempo venimos investigando como facilitar la relación entre la realidad y las teorías y modelos [8], [9], [10], es decir, entre lo concreto y lo abstracto.

Así, las computadoras personales, con la variedad de software que se ha desarrollado, tienen en sí mismas un gran potencial para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, a fines de que:

- El aprendizaje sea más interesante.
- El aprendizaje sea activo, no pasivo en las aulas.
- Los estudiantes estén más motivados.
- El aprendizaje sea al ritmo del estudiante en forma personalizada.
- La educación sea permanente.

El Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNSa, ve a la simulación como una herramienta de apoyo pedagógico, que facilita la investigación y el desarrollo de una mejor calidad y pertinencia de la educación y de formación de saberes contextualizados entre teoría y práctica en el estudiante. Debido a esto, se está utilizando en diversas materias software de simulación.

Si bien existen numerosas herramientas y programas de simulación aplicables a la redes de computadoras y su utilización en el ámbito no académico data de un tiempo atrás, nuestra investigación nos permitirá analizar la influencia de simuladores en la enseñanza de la redes contextualizada en la universidad. Existen muchas investigaciones relacionadas con la influencia de software de simulación en otras áreas como la física, la química y la electrónica [1], [2], [3], que utilizaremos de referencia.

## **Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación**

La línea de investigación, pretende evaluar la influencia de la utilización de software de simulación, en la enseñanza de contenidos de redes de computadoras, en el ámbito de las asignaturas relacionadas con la temática en la carrera de Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa y en el ámbito de cursos de postgrado organizados por el C.I.D.I.A. – Centro de Investigación y Desarrollo en Informática Aplicada que depende de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta. Para ello, se llevará a cabo un estudio aplicado, longitudinal y experimental que, asumiendo la complejidad del fenómeno educativo, considera aspectos cuantitativos y cualitativos.

Las preguntas que nos planteamos en este sentido son:

A. ¿Cómo influyen en la enseñanza y el aprendizaje, los trabajos realizados con un software de simulación? ¿Qué efectos causan los programas de simulación en lo que hace la motivación del alumno a aprender a resolver los problemas analizados en las clases teóricas?

B. ¿Cuánto pueden contribuir los trabajos sobre el simulador a que se reafirmen los conceptos teóricos y la comprensión de los fundamentos y funcionamiento en general de las redes?

C. ¿Los trabajos realizados con software de simulación le hace sentir la seguridad de quien ha explorado un tema acabadamente, especialmente con la posibilidad de variar arbitrariamente los valores de los componentes y variables?

D. Dado que el alumno puede diseñar e inventar topologías y experimentar con ellas ¿hasta qué punto favorece la creatividad?

E. ¿Hasta qué punto contribuyen los métodos de simulación a reemplazar un aprendizaje memorístico por aprendizaje significativo?

F. ¿En qué momento conviene aplicar estos métodos ¿Cuáles?, antes y/o después de los trabajos prácticos tradicionales? ¿Qué condiciones deben darse para la aplicación de estos métodos?

G. ¿Es deseable estructurar otras actividades prácticas utilizando métodos de simulación?

De lo expresado, se desprende que si bien muchas universidades ya han comenzado a aplicar este recurso, porque intuitivamente se reconoce su importancia, no se han encontrado muchas investigaciones didácticas realizadas en relación al mismo, y mucho menos asociadas a teorías cognitivas.

Dentro del paradigma cuantitativo se encuentran los diseños experimentales y los métodos estadísticos de contraste de hipótesis y de correlación entre variables, que serán aplicados en la investigación.

De lo expuesto en el marco teórico, del resultado de la búsqueda realizada y la formación y experiencia adquiridas, surgieron las siguientes hipótesis causales de investigación, en relación a las correlaciones aprendizaje-métodos de simulación:

- Hipótesis I: A igualdad de recursos utilizados y experiencias, el alumno aprende mejor, más significativamente, cuando complementa esas experiencias con métodos de simulación.
- Hipótesis II: El uso de software de simulación como complemento a los

prácticos tradicionales o de laboratorio, mejora el aprendizaje de conceptos y la comprensión.

Asimismo, la investigación persigue en el marco del paradigma cualitativo los siguientes objetivos:

- Realizar entrevistas y estudios de casos con los alumnos durante los períodos previstos.
- Diseñar actividades prácticas y de investigación adecuadas para ser realizadas con los simuladores.
- Fomentar el aprendizaje cooperativo entre los estudiantes.
- Introducir a los estudiantes de nivel universitario en la cultura científica actual, que concibe la simulación por computadora como una herramienta fundamental para el estudio, la investigación y la experimentación.
- Investigar sobre las posibilidades de integración de estas herramientas con plataformas de e-learning, como por ejemplo Moodle.
- Contrastar el resultado producto de la investigación con estudios similares en otras universidades [11], [12].

## Resultados alcanzados

La primera etapa consistió en la preparación del material, guías de trabajos prácticos para la utilización de los simuladores y realización de pruebas piloto para validación del mismo.

En esta segunda etapa del proyecto se realizaron diversas experiencias con simulación en asignaturas de la Licenciatura en Análisis de Sistemas y cursos de postgrado de la Universidad Nacional de Salta y en la Universidad Católica de Salta a través del convenio firmado entre ambas instituciones.

A continuación se describen brevemente las experiencias realizadas a la fecha.

Año 2012. Experiencia con el simulador Packet Tracer en la asignatura Conectividad y Teleinformática de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. El temario fue Direccionamiento IP. Protocolos de control. Ruteo estático y dinámico con RIP. El taller con simulación lo realizaron un grupo de alumnos voluntarios que cursaban la asignatura. Al finalizar, se solicitó a los alumnos que redacten su experiencia del uso del simulador. De la evaluación surgieron preguntas que sirvieron de base para la evaluación de las próximas experiencias.

Año 2012. Experiencia con el simulador KivaNS en la asignatura Conectividad y Teleinformática de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. El temario fue concretamente el protocolo IP, ARP, subredes y ruteo estático. Lo realizaron un grupo voluntario de alumnos que cursaban la asignatura. Al finalizar el taller, se realizó una encuesta dividida en dos partes, en una primera parte se evaluó a KivaNS como herramienta de software y una segunda parte se evaluó KivaNS en el desarrollo de laboratorios y prácticas.

Año 2013. Experiencia con el simulador Packet Tracer en la asignatura Redes de Computadoras I de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. El objetivo fue ambicioso, ya que se desarrollaron guías de trabajos prácticos para el simulador, para los temas introductorios de fundamentos y para cada protocolo tratado en la capa de aplicación, de manera de acompañar casi la mitad del cursado de la asignatura, con el uso del simulador. Lo realizaron un grupo de alumnos que cursaban la asignatura, seleccionados en forma aleatoria. Al finalizar cada tema, se realizó una encuesta. En primera instancia se evaluó a Packet Tracer como herramienta de software, luego se evaluó a Packet Trace y los Fundamentos de Redes, y finalmente Packet Tracer y la Capa de Aplicación.

Año 2013. Experiencia con el simulador Packet Tracer en un curso de Postgrado organizado por el CIDIA. Como temario se propuso una práctica a los estudiantes a fin de que pudieran realizar una configuración compleja jerárquica de servidores DNS (de múltiples niveles). El grupo de alumnos fue seleccionado en forma aleatoria. Al finalizar el taller, se realizó una encuesta dividida en dos partes, en una primera parte se evaluó a Packet Tracer como herramienta de software y una segunda parte se evaluó puntualmente a Packet Tracer y el protocolo DNS.

Año 2014. Experiencia con Packet Tracer en la asignatura Redes de Computadoras I de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. Al temario ya incluido en esta asignatura, se sumaron guías prácticas para el simulador correspondientes a la capa de transporte y la capa de red, abarcando así todo el temario de la asignatura con el uso del simulador. Lo realizaron un grupo de alumnos que cursaban la asignatura, seleccionados en forma aleatoria. Al finalizar cada tema, se realizó una encuesta. En primera instancia se evaluó a Packet Tracer como herramienta de software, luego se evaluó a Packet Trace y los Fundamentos de Redes, Packet Tracer y la Capa de Aplicación, Packet Tracer y la Capa de Transporte y finalmente Packet Tracer y la Capa de Red. Además se realizaron encuestas para conocer la disponibilidad de equipos por parte de los alumnos y si trabajan o no, en esta instancia del cursado de la carrera.

Año 2014. Experiencia con el simulador MACSim en la asignatura Redes de Computadoras II de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. La enseñanza se focalizó en redes LAN y puntualmente en el concepto del algoritmo de contención del medio CSMA/CD. Lo realizaron todos los alumnos que cursaban la asignatura pero a distintos tiempos divididos en dos grupos. Esta organización permitió evaluar el desempeño del rendimiento de los alumnos que realizaron el taller y contrastar objetivamente con el grupo que no realizó el taller en una primera instancia.

Año 2014. Experiencia con el simulador Packet Tracer y el Protocolo ARP en la asignatura Redes de Computadoras II de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. La enseñanza se focalizó en el Protocolo ARP, resolución local en la misma LAN y resolución remota, cuando el destino está fuera de la LAN y se debe atravesar un router. Con el mismo esquema anterior, para que todos los alumnos puedan realizar el taller, pero que permita contrastar el desempeño del que estudia con simulación y el que estudia sin simulación.

Año 2014. Experiencia con el simulador MACSim en la asignatura Conectividad y Teleinformática de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. La enseñanza se focalizó en redes LAN y puntualmente de concepto del algoritmo de contención del medio CSMA/CD. Lo realizaron todos los alumnos que cursaban la asignatura pero a distintos tiempos divididos en dos grupos. Esta organización permitió evaluar el desempeño del rendimiento de los alumnos que realizaron el taller y contrastar objetivamente con el grupo que no realizaron el taller en una primera instancia.

Año 2015. Experiencia con el simulador Packet Tracer y el Protocolo DNS en la asignatura Redes de Computadoras I de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. La enseñanza se focalizó en el Protocolo DNS, resolución iterativa y recursiva. Se tomó un grupo de control para realizar la práctica con el simulador y contrastar con lo que realizaron la práctica tradicional en papel. Se evaluó el desempeño de los alumnos que realizaron el taller en contraste con los que no realizaron el taller con simulación.

Año 2015. Experiencia con GNS3 en un curso dictado en el marco de las Jornadas de Ingeniería de la UNSa. El temario fue ruteo estático y dinámico con el protocolo RIP. El taller con simulación lo realizaron todos los alumnos que se inscribieron al curso. Al finalizar el curso, se realizó una encuesta, en la cual se evaluó a GNS3 como herramienta de software.

Año 2015. Experiencia con el simulador Packet Tracer y el Direccionamiento IP en la asignatura Redes de Computadoras I de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. La enseñanza se focalizó en el Direccionamiento IP, los conceptos de subredes IP, CIDR y máscara de red. Se contrastó objetivamente el desempeño de los alumnos alumnos que realizaron el taller con simulación y los que estudiaron de la forma tradicional con resolución de prácticos en papel.

Año 2015. Experiencia con el simulador Packet Tracer y el Ruteo IP en la asignatura Redes de Computadoras I de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. La enseñanza se focalizó en el Ruteo IP, los conceptos de ruteo estático y ruteo dinámico con el protocolo RIP. Se contrastó objetivamente el desempeño de los alumnos que realizaron el taller con simulación y los que estudiaron de la forma tradicional con resolución de practicos en papel.

Año 2015. Experiencia con el simulador MACSim en la asignatura Redes I de la Ingeniería en Telecomunicaciones en la Universidad Católica de Salta. Se replicó la experiencia realizada en el ámbito de la UNSa para la asignatura Redes de Comutadoras II que tiene un programa similar. Se realizó un convenio de colaboración entre ambas universidades.

Año 2015. Experiencia con GNS3 en un curso de extensión organizado por el CIDIA. El temario fue ruteo estático y dinámico con el protocolo RIP. El taller con simulación lo realizaron todos los alumnos que se inscribieron al curso. Al finalizar el curso, se realizó una encuesta, en la cual se evaluó a GNS3 como herramienta de software.

Año 2015. Experiencia con el simulador MACSim en la asignatura Redes de Computadoras II de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. La enseñanza se focalizó en redes LAN y puntualmente de concepto del algoritmo de contención del medio CSMA/CD. Lo realizaron todos los alumnos que cursaban la

asignatura pero a distintos tiempos, divididos en dos grupos. Esta organización permitió evaluar el desempeño del rendimiento de los alumnos que realizaron el taller y contrastar objetivamente con el grupo que no realizó el taller en una primera instancia.

Año 2015. Experiencia con el simulador Packet Tracer y el Protocolo ARP en la asignatura Redes de Computadoras II de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. La enseñanza se focalizó en el Protocolo ARP, resolución local en la misma LAN y resolución remota cuando el destino está fuera de la LAN y se debe atravesar un router. Se mantuvo el mismo esquema anterior para que todos los alumnos puedan realizar el taller, pero que permita contrastar el desempeño del que estudia con simulación y el que estudia sin simulación.

Para el año 2016 está planificado replicar varias de las experiencias realizadas en el ámbito de la UNSa y UCASAL. Recientemente se firmó convenio de colaboración con la Universidad Nacional de San Juan, con el objeto diseñar en conjunto las experiencias con simulación a realizar en las asignaturas relacionadas con las redes de datos en las carreras Licenciatura en Ciencias de la Computación y Licenciatura en Sistemas de Información

Además, se publicó un libro denominado “Redes de Computadoras I con Packet Tracer”, que recientemente fue evaluado y aprobado para su publicación en la Editorial de la Universidad Nacional de Salta - EDUNSa.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de cada experiencia realizada, y en términos generales se puede adelantar que fueron muy positivos. Sin embargo, no encontramos en este momento, realizando un análisis más exhaustivo que nos permita contrastar estadísticamente, si ambos grupos de estudio (con simulación y sin simulación) presentan una diferencia significativa en cuanto a alguna medida de tendencia central o de variabilidad, a los fines de poder tomar una decisión confiable sobre el beneficio o no

de la aplicación de la nueva técnica de enseñanza, es decir, si el uso de la herramienta de simulación como complemento a las prácticas tradicionales, favorece el aprendizaje. Lo ideal para este trabajo, sería comprobar estadísticamente que el método de enseñanza con simulación presenta ventajas significativas con respecto al método de enseñanza tradicional.

## Formación de Recursos Humanos

El equipo de investigación se conforma de un director y cinco miembros entre docentes, egresados y estudiantes avanzados. Además se suman docentes de otras dependencias de la universidad con trabajos concretos de tesis de especialidad en seguridad y redes. También contamos con el apoyo de un asesor. Formación en postgrado

- Especialidad en Seguridad y Redes – UNLP. “Virtualización para la enseñanza de redes IP”. Expte. 3300-3489/11. Miguel A. Aguirre.
- Especialidad en Seguridad y Redes – UNLP. “Herramientas de Software de Simulación para Redes de Comunicaciones”. Expte. 3300-5305/12. Juan Antonio Torres. (Aprobada en julio de 2015).
- Doctorado en Ciencias Informáticas – UNLP. “Estudio de la influencia de un entorno de simulación en la enseñanza de redes en el nivel universitario”. Expte. 3300-5743/13. Daniel Arias Figueroa. En etapa de elaboración de tesis con todos los créditos de cursos convalidados.
- Magister en Redes de Datos – UNLP. “Un estudio comparativo en extensiones de seguridad para el sistema de nombre de dominio (DNS)”. Expte. 3300-002113/10-000. Ernesto Sánchez.
- Magister en Ingeniería de Software – UNLP. “Desarrollo basado en Conocimiento siguiendo prácticas ágiles”. Expte. 3300-006507/13-000. Loraine Gimson. (Aprobada en noviembre de 2015).

- Cursando la Maestría en Redes de Datos en la UNLP. Ing. Alvaro Gamarra.
- Cursando la Licenciatura en Análisis de Sistemas en la UNSa. Diego Gil.

## Referencias

[1]. Trabajos Prácticos, métodos de simulación y Aprendizaje significativo. Edgardo Cámara – Gloria E. Alzugaray. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Santa Fe. Aplicado a la asignatura Electrónica II.

[2]. “Tecnologías de Información y Comunicación como medios de aprendizaje de Redes de Computadoras”. <http://es.scribd.com/doc/17335747/Tesis-Utilizacion-de-Tics-para-el-aprendizaje-de-Redes-de-Computadoras>

[3]. Estudio de la influencia de un entorno de simulación por ordenador en el aprendizaje por investigación de la física en bachillerato. <http://books.google.com.ar/books?id=IWCQmq-20E.S.O.%20y%20bachillerato&f=false>

[4]. Objetos educativos abiertos, la simulación en software libre. <http://www.cibersociedad.net/congres2009/es/coms/objetos-educativos-abiertos-la-simulacion-en-software-libre/341/>

[5]. Castillo C. y Arrieta X. Referentes teóricos para el diseño y evaluación de software de apoyo a la enseñanza – aprendizaje de la física. Memorias de la IX Conferencia Interamericana de Educación en Física CIAEF-2006- IACPE. San José de Costa Rica. 3 a 7 de julio de 2006. <http://www.efis.ucr.ac.cr/varios/ponencias/9referentes%20teoricos.pdf>

[6]. Díaz-Antón, G. (2002) *Uso de software educativo de calidad como herramientas de apoyo para el aprendizaje*. Jornadas educativas: “La escuela como instrumento de cambio”, IEA, Abril, Caracas. <http://www.academia-interactiva.com/articulos.html>

[7]. Franco I, Álvarez F. *Los Simuladores, estrategia formativa en ambientes virtuales de aprendizaje*. Revista Virtual Universidad Católica ISSN 0124-5821. [http://www.ucn.edu.co/portal/uzine/volumen21/articulos/3\\_Investigaci%C3%B3n\\_simuladores.pdf](http://www.ucn.edu.co/portal/uzine/volumen21/articulos/3_Investigaci%C3%B3n_simuladores.pdf)

[8]. "KIVA: Un simulador para la enseñanza de Redes IP" VII Congreso Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2012) Ciudad de Pergamino, Provincia de Buenos Aires – Junio de 2012. Daniel Arias Figueroa, Gustavo D. Gil, Ernesto Sánchez (C.I.D.I.A).

[9]. "Una experiencia con simuladores en la asignatura Conectividad y Teleinformática" I Jornadas Nacionales de TIC e Innovación en el aula – III Jornadas de Experiencias en EaD de la UNLP - Universidad Nacional de La Plata. La Plata. Diciembre de 2011. Daniel Arias Figueroa, Gustavo Gil, Sergio Rocabado Moreno, Ernesto Sánchez, Gabriela Salvadó (C.I.D.I.A)

[10]. "Una experiencia en el uso de software de captura de tráfico y virtualización como apoyo a la enseñanza de redes de datos" I Jornadas Nacionales de TIC e Innovación en el aula – III Jornadas de Experiencias en EaD de la UNLP - Universidad Nacional de La Plata. La Plata. Diciembre de 2011. Ernesto Sánchez, Daniel Arias Figueroa, Sergio Rocabado Moreno (C.I.D.I.A).

[11]. Teaching Computer Networks through Network Simulation Programs – University of Derby - Faculty of Business, Computing and Law – School of Computing. [http://www.derby.ac.uk/files/shao\\_ying\\_zhu\\_-\\_teaching\\_computer\\_networks\\_through\\_network\\_simulation\\_programs.pdf](http://www.derby.ac.uk/files/shao_ying_zhu_-_teaching_computer_networks_through_network_simulation_programs.pdf)

[12]. Improving a Computer Networks Course Using the Partov Simulation Engine Behnam Momeni and Mehdi Kharrazi. <http://sharif.edu/~kharrazi/pubs/te12.pdf>