

SIMULACIÓN Y TECNOLOGÍA EN CÓMPUTO DE ALTAS PRESTACIONES (HIGH PERFORMANCE COMPUTING, HPC) PARA APLICACIONES DE INTERÉS SOCIAL. SIMHPC

Simulation and technology in High Performance Computing (HPC) for applications of social interest. SimHPC

- ❖ Diego Encinas¹
- ❖ Román Bond
- ❖ Brian Galarza
- ❖ Jimena Jara
- ❖ Martín Morales

Universidad Nacional Arturo Jauretche; Instituto de Ingeniería y Agronomía.

Resumen

Como se ha descrito en la propuesta e informe técnico de avance del proyecto, el objetivo es realizar investigación y desarrollo en soluciones que demanden simulación y cómputo de altas prestaciones a problemas de interés social, y que puedan ser aplicables y transferibles en la región y el país. Las aplicaciones se enfocan a diferentes temáticas tecnológicas y sociales: Modelos para la pila de software de Cómputo en Altas Prestaciones (HPC); Predicción de rendimiento de Computación en la Nube (Cloud Computing); Modelado y Simulación en sistemas de salud; y Aplicaciones 3D en sistemas de salud.

La producción generada desde el año 2018 se refleja en veintiuna publicaciones (entre trabajos científicos y de estudiantes) en distintos congresos nacionales de ciencias de la computación con referato nacional e internacional. Se han finalizado cuatro Prácticas Profesionales Supervisadas y hay una en curso para la obtención del título de Ingeniero en Informática. Integrantes del proyecto han participado como expositores de las Primeras Jornadas de Software Libre de la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ). Se ha finalizado una beca, se han iniciado dos becas y se ha aplicado a otra beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas del Consejo Interuniversitario Nacional. Se han generado dos cursos de posgrado.

Actualmente hay 5 docentes/investigadores de la UNAJ, 3 graduados de la UNAJ, 4

¹ dencinas@unaj.edu.ar

docentes/investigadores externos y 4 estudiantes/investigadores avanzados de la carrera de Ingeniería en Informática de la UNAJ involucrados directamente en el proyecto.

Finalmente, el proyecto de investigación se ha implementado por medio de distintos trabajos de investigación, desarrollo y extensión.

Palabras Claves: Simulación computacional, Cómputo de Altas Prestaciones, Cloud Computing, Redes de Computadoras, Sistemas de Salud.

Abstract

As it has been described in the proposal and technical progress report of the project, the objective of the project is to carry out research and development in solutions that demand simulation and computation of high benefits to problems of social interest, and that may be applicable and transferable in the region and the country. The applications focus on different technological and social issues: Models for the High Performance Computing (HPC) software stack; Cloud Computing performance prediction; Modeling and Simulation in health systems; and 3D applications in health systems.

The production generated since 2018 is reflected in twenty-one publications (between scientific and student works) in different national congresses of computer science with national and international reference. Four Supervised Professional Practices have been completed and one is in progress to obtain the title of Computer Engineer. Members of the project have participated as exhibitors at the First Free Software Conference of Arturo Jauretche National University (UNAJ). A scholarship has been finalized, two scholarships have been started and another scholarship has been applied to Estímulo a las Vocaciones Científicas del Consejo Interuniversitario Nacional. Two postgraduate courses have been generated.

Currently there are 5 UNAJ professors / researchers, 3 UNAJ graduates, 4 external professors / researchers and 4 students / advanced researchers from the UNAJ Computer Engineering career directly involved in the project.

Finally, the research project has been implemented through different research, development and extension Works Computational simulation, High Performance Computing, Cloud Computing, Computer Networks, Health Systems.

Key words: Computational simulation, High Performance Computing, Cloud Computing, Computer Networks, Health Systems.

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) [15]. Los clusters se han convertido en uno de los enfoques principales para lograr paralelismo a bajo costo. Una noción extendida lo constituye la utilización 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.

El aumento del número de unidades de procesamiento en los clusters, los avances tanto en velocidad como en potencia de las unidades de procesamiento y las crecientes demandas de las aplicaciones científicas que utilizan cómputo de altas prestaciones, traen mayores exigencias a los sistemas de E/S paralelas.

En muchos casos, el cuello de botella de los sistemas paralelos es la E/S de estos sistemas dada las exigencias que debe afrontar [16]. 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 [17] [29].

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 [7] [8] [6].

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 [14]. 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 permita tomar medidas disponiendo de información suficiente sobre las alternativas posibles. Así, entre otras situaciones, les permitiría analizar cuál es la combinación de recursos humanos y técnicos disponibles que permita atender los diferentes escenarios de llegada de pacientes alcanzando el mayor nivel de calidad del servicio posible.

En este proyecto de investigación se planteó la realización de investigación, desarrollo y vinculación en sistemas masivamente paralelos (Arquitecturas Multiprocesador, Clusters, Cómputo de Altas Prestaciones (HPC), Cloud Computing, entre otros), enfocando especialmente en el estudio de software y hardware de E/S, comunicaciones y aplicaciones paralelas por medio de simulación y virtualización. Por otro lado, se avanzó en desarrollos e investigaciones en el área de salud.

Líneas de Estudio/Investigación y Desarrollo:

- Utilización de técnicas de simulación basadas en modelos orientados al individuo para modelar y diseñar arquitecturas multicore y manycore.
- Utilización de agentes (ABMS, Agent-Based Modeling and Simulation) para generar la funcionalidad de los elementos físicos del sistema (procesadores, memoria, buses, drivers, entre otros).
- Estudio de frameworks para modelar y desarrollar herramientas de simulación distribuidos.
- Modelado de sistemas de comunicaciones en sistemas paralelos y en Sistemas de Tiempo Real.
 - Modelado de protocolos de comunicaciones.
 - Estudio de técnicas de co-procesamiento hardware-software que ayuden a

optimizar el rendimiento.

- Utilización de Cloud Computing como herramienta de validación de diferentes modelos de simulación.
- Análisis y estudio de problemas de configuración y administración eficiente de Cloud Computing públicos y privados.
- Análisis y estudio de problemas de seguridad y privacidad en Cloud Computing.

Metodología

La metodología de investigación aplicada estuvo compuesta por los siguientes pasos:

1. Estudiar los fundamentos teóricos del tema.
2. Analizar la bibliografía existente. Consultar vía Internet revistas, publicaciones y tareas de investigación de otros grupos.
3. Focalizar el objetivo de Investigación Aplicada.
4. Analizar hipótesis, experimentar y obtener resultados.
5. Evaluar los resultados obtenidos y eventualmente publicarlos.
6. Aplicación de los resultados en la resolución de problemáticas sociales en el territorio de influencia de la UNAJ.

Resultados

Durante el periodo 2018/2020 el proyecto ha avanzado de acuerdo con lo planificado. Los resultados relacionados con producción científica y formación de recursos humanos son importantes. La metodología utilizada para las líneas de investigación fue la propuesta en el proyecto inicial y ha sido utilizada tanto para desarrollo como para extensión.

En cuanto a las tareas de transferencia, vinculación y extensión previstas (punto i del proyecto inicial), se ha finalizado una Práctica Profesional Supervisada bajo el control del Mg. Encinas (UNAJ) y la Dra. Gaudiani de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) con el fin de modelar y simular la transmisión de virus intrahospitalarios en servicios de urgencias. En el año 2020, un becario de iniciación a la investigación UNAJ, ha continuado con la implementación del simulador. La herramienta conseguida podría implementarse en distintos Hospitales [18]. También se

ha trabajado en el desarrollo de aplicaciones 3D para accesibilidad de edificios y la simulación de cirugías en quirófanos [27].

En cuanto a las tareas de investigación realizadas en el periodo informado, se realiza una descripción de cada una de ellas en función de los objetivos alcanzados por medio de las publicaciones producidas indicadas en las correspondientes referencias.

El estudio y análisis de las arquitecturas multiprocesador se ha llevado a cabo desplegando un Cloud Privado (IaaS, Infrastructure as a Service) por medio de componentes hardware adquiridos especialmente para tal fin. Las herramientas elegidas para la implementación fueron OpenStack, Fuel y en la actualidad OpenNebula. Además, se ha adaptado el sistema operativo Hetnux para ser incluido en la instancia generada en el Cloud [2] [4].

También se han realizado pruebas sobre Cloud Públicos (AWS de Amazon, Azure de Microsoft y Google Cloud de Google), desplegando y ejecutando arquitecturas y códigos similares a los conseguidos con el Cloud Privado [26] [3].

Se ha utilizado el paradigma de agentes para implementar modelos de los distintos componentes del sistema de Entrada/Salida de arquitecturas multiprocesador. Las herramientas usadas fueron NetLogo y Repast, con ellas fueron realizadas las pruebas de concepto de cada modelo [9] [10]. También, para simular entornos relacionados a las comunicaciones en el área automotriz [22].

La medición de componentes de la pila de software de Entrada/Salida implicó el desarrollo de distintas estrategias como instrumentación de código y monitores a medida [26] [11].

Para el modelado e implementación de arquitecturas de almacenamiento en Cloud Computing se ha utilizado la herramienta CloudSim [28].

El análisis de las comunicaciones en sistemas paralelos y en sistemas de tiempo real, ha derivado en el estudio de distintos tipos de redes de datos. Se ha trabajado con redes virtualizadas, con los paradigmas de containers e hypervisor, y redes definidas por software (SDN, Software Defined Networking) [13] [24].

Se han realizado trabajos relacionados a Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things) y la clusterización de nodos en sistemas de tiempo real. Se ha conseguido embeber el sistema operativo Linux Yocto para este tipo de arquitecturas. Las pruebas se han realizado por medio de placas Intel Galileo GEN 1, obtenidas por medio del Programa Intel Educación y RSE. Las implementaciones se han realizado en diferentes entornos productivos y medioambientales [19] [5] [20].

La utilización de Cloud Computing e Internet de las Cosas ha derivado en distintos experimentos para medir el rendimiento al unir los dos conceptos. Se han logrado conseguir métricas para cuantificar la performance por medio de AWS y distintos sensores. Las implementaciones se han realizado en ambientes variados como ser tanques petroleros y mediciones climatológicas [1] [23] [21].

Todas las experiencias llevadas a cabo en investigación fueron presentadas en las Segundas Jornadas de Investigación y Vinculación de la UNAJ por medio de la participación de docentes, becarios y alumnos avanzados pertenecientes a este proyecto [12].

Se han finalizado cuatro Prácticas Profesionales Supervisadas y hay una en curso para la obtención del título de Ingeniero en Informática. También, se ha finalizado una beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas del Consejo Interuniversitario Nacional (EVC CIN), se encuentran en curso una beca de Iniciación a la Investigación UNAJ, una beca EVC CIN y otra en evaluación para la convocatoria EVC CIN 2020.

Por otro lado, se han generado 2 cursos de posgrado relacionados a las temáticas del proyecto de investigación. Además, varios integrantes del proyecto participan como docentes en la Diplomatura Superior en Ciencia de Datos recientemente creada en la UNAJ.

Como se mencionó en el Informe Técnico de Avance se consiguió una invitación por parte del grupo HPC4EAS de la Universidad Autónoma de Barcelona con el que se realizan trabajos de investigación colaborativa en el área de Simulación basada en Agentes, HPC y Sistemas de E/S para HPC. Lamentablemente, debido a razones de público conocimiento, no se pudo realizar el viaje y estadía. Por lo tanto, la Unidad de Gestión de la Investigación estuvo de acuerdo con la propuesta de redistribuir parte del presupuesto original del pasaje en la adquisición de bienes de consumo específicos (procesadores, memorias motherboard, entre otros).

Recomendaciones o Discusión

Los experimentos realizados fueron llevados a cabo en clústeres físicos y virtuales. El armado y configuración de estos permitió adquirir habilidades que fueron de mucha utilidad. Estas habilidades incluyen el uso de tecnología de cloud computing como el análisis e investigación de Blades o almacenamiento para grandes volúmenes de datos. En cuanto al área de simulación, el modelado de arquitecturas paralelas implica investigar diferentes técnicas de monitorización en la pila de software. Como era de esperarse, el

modelado supone un análisis exhaustivo del sistema, requiriendo una monitorización adecuada.

El mayor desafío en el modelado de sistemas sociales fue el análisis de componentes biológicos y, en esa etapa, fue fundamental contar con datos provistos por la disciplina idónea, en este caso, en propagación de enfermedades o sala de urgencias hospitalarias.

Conclusiones

Se han cumplido los objetivos del proyecto en los campos teóricos y de aplicación. En particular en las áreas de tecnologías HPC y simulación en entornos de hardware y salud. Se ha producido una cantidad importante de publicaciones en congresos de ciencias de la computación. Se han formado recursos humanos por medio de la dirección de Prácticas profesionales Supervisadas, Becas de Iniciación a la Investigación y docencia en posgrado. Se ha iniciado un desarrollo en el área de aplicaciones 3D para cirugías en quirófanos.

Para un posible próximo proyecto se espera obtener mayores resultados de los modelos de simulación para el sistema de E/S ya desarrollados e implementados. Como así también en el caso de despliegue de Clouds Privados y análisis de Clouds Públicos. Además, se cuenta con nuevos integrantes investigadores/docentes ya que ex-estudiantes/investigadores se han graduado y continúan colaborando y participando en los temas del proyecto de investigación. También, se han sumado estudiantes avanzados como integrantes y colaboradores del proyecto.

Referencias bibliográficas

1. ALEXIS CABALLERO; MATÍAS MENDOZA; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS: **Sistema de Sensores Ultrasónicos para Tanques Petrolíferos**. San Justo. 2019. Libro. ISBN 978-987-4417-73-2. Artículo Completo. Congreso. 7° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información.
2. BRIAN GALARZA; GONZALO ZACCARDI; MAXIMILIANO BELIZÁN; JORGE OSIO; DAVID DUARTE; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS. **Performance de cloud computing para HPC: despliegue y seguridad**. Argentina. Corrientes. 2018. Libro. ISBN 978-987-3619-27-4. Artículo Completo. Workshop. XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
3. BRIAN GALARZA; GONZALO ZACCARDI; ROMÁN BOND; FEDERICO

- MONTES DE OCA; JORGE OSIO; DAVID DUARTE; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS. **Performance de cloud computing para HPC en IAAS privados y públicos.** Argentina. San Juan. 2019. Libro. ISBN 978-987-3984-85-3. Artículo Completo. Workshop. XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
4. BRIAN GALARZA; GONZALO ZACCARDI; ROMÁN BOND; FEDERICO MONTES DE OCA; EDUARDO MAXIT; JORGE OSIO; DAVID DUARTE; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS. **Rendimiento de Cloud Computing para HPC en IaaS privados y públicos.** Argentina. Santa Cruz. 2020. Libro. Artículo Completo. Workshop. XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
5. BRUNO VITUCCI; CARLOS MENDOZA; BRIAN ZOLEZZI; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS. **Implementación de una Estación Meteorológica.** Argentina. Mar del Plata. 2018. Libro. ISBN 978-987-4998-15-6. Artículo Completo. Congreso. 6° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información.
6. D. Black, **SystemC: From the Ground Up.** Second Edition, Springer, 2010.
7. D. Encinas, **Utilización de un reloj global para el modelado de un ambiente simulado distribuido.** XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. 2012
8. D. Encinas, **Simulación de una red CAN para dimensionar las comunicaciones de una IMU.** VII Congreso Argentino de Tecnología Espacial. 2013.
9. DIEGO ENCINAS; JIMENA JARA; DANIEL ROSATTO; ROMÁN BOND; MAXIMILIANO BELIZÁN; MARTIN MORALES. **Performance de arquitecturas multiprocesador: técnicas de modelado y simulación en HPC y Cloud Computing.** Argentina. Corrientes. 2018. Libro. ISBN 978-987-3619-27-4. Artículo Completo. Workshop. XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
10. DIEGO ENCINAS; JIMENA JARA; DANIEL ROSATTO; ROMÁN BOND; MARTIN MORALES. **Performance de arquitecturas multiprocesador: técnicas de modelado y simulación en HPC y Cloud Computing.** Argentina. San Juan. 2019. Libro. ISBN 978-987-3984-85-3. Artículo Completo. Workshop. XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
11. DIEGO ENCINAS; JIMENA JARA; DANIEL ROSATTO; ROMÁN BOND; LUCAS MACCALLINI; MAURO GOMEZ; MARTIN MORALES. **Técnicas de**

- modelado y simulación en entornos HPC.** Argentina. Santa Cruz. 2020. Libro. Artículo Completo. Workshop. XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
12. DIEGO ENCINAS, BRIAN GALARZA, GONZALO ZACCARDI, JIMENA JARA, MAXIMILIANO BELIZÁN, DANIEL ROSATTO, ROMÁN BOND, DAVID DUARTE, ANDREA BERMUDEZ, MARTIN MORALES. **Análisis e investigación en Cómputo de Altas Prestaciones.** Actas de las Segundas Jornadas de Investigación y Vinculación de la UNAJ: Desarrollo productivo, trabajo y ambiente: Producción. ISBN 978-987-3679-34-6. Disponible en: http://jornadasiv.unaj.edu.ar/wp-content/uploads/sites/15/2019/04/Actas_2das-Jornadas-de-IV.pdf
13. FEDERICO MONTES DE OCA; BRIAN GALARZA; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS. **Redes Definidas por Software en un Entorno de Cloud Computing.** Argentina. Mar del Plata. 2018. Libro. ISBN 978-987-4998-15-6. Artículo Completo. Congreso. 6° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información.
14. Galeano R, Villalba C, Rexachs D, 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). 1:4651.
15. Grama A, Gupta A, Karypis G, Kumar V. **"Introduction to parallel computing"**. Second Edition. Pearson Addison Wesley, 2003.
16. H Hennessy, J. L., Patterson, and D. A., **Computer Architecture**, Fourth Edition: A Quantitative Approach. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2006.
17. J. M. May, **Parallel I/O for high performance computing.** San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2001.
18. JONATHAN BAEZ; AYELÉN BARRETO; BRIAN GALARZA; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS. **Simulación para estimar propagación de enfermedades.** Argentina. San Francisco, Córdoba. 2020. Libro. Artículo Breve. Congreso. 8° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información.
19. JORGE OSIO; DIEGO MONTEZANTI; EDUARDO KUNYSZ; DIEGO ENCINAS; MARTIN MORALES. **Análisis de Eficiencia y Tolerancia a Fallos en Arquitecturas**

- Multiprocesador para Aplicaciones de Procesamiento de Datos. Argentina.** Corrientes. 2018. Libro. ISBN 978-987-3619-27-4. Artículo Completo. Workshop. XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
20. JORGE OSIO; MARCELO CAPPELLETTI; GABRIELA SUAREZ; LEONEL NAVARRO; FLORENCIA AYALA; JUAN SALVATORE; DANIEL ALONSO; DIEGO ENCINAS; MARTIN MORALES. **Diseño de aplicaciones de IoT para la solución de problemas en el medio socio productivo.** Argentina. San Juan. 2019. Libro. ISBN 978-987-3984-85-3. Artículo Completo. Workshop. XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
21. JORGE R. OSIO, MARCELO CAPPELLETTI, MAURO SALINA, MAURO GOMEZ, LEONEL NAVARRO, JUAN. E SALVATORE, DANIEL ALONSO, DIEGO ENCINAS, MARTÍN MORALES. **Tecnologías de la información y las comunicaciones mediante IoT aplicadas a soluciones en el medio productivo y medioambiental.** Argentina. Santa Cruz. 2020. Libro. Artículo Completo. Workshop. XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
22. LEONEL PEREYRA; NELSON GALDEMAN; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS. **Comunicación y Diagnóstico automotriz con Escenarios Físicos y Simulados.** Argentina. Mar del Plata. 2018. Libro. ISBN 978-987-4998-15-6. Artículo Completo. Congreso. 6° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información.
23. MATIAS ARMANNO; GABRIEL NAVARRO; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS. **Utilización de servicios de Cloud Computing y sensores.** Argentina. San Francisco, Córdoba. 2020. Libro. Artículo Breve. Congreso. 8° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información.
24. MAURO GÓMEZ; BRIAN GALARZA; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS. **Redes definidas por software y su utilización en Cloud Computing.** San Justo. 2019. Libro. ISBN 978-987-4417-73-2. Artículo Completo. Congreso. 7° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información.
25. NICOLÁS BENQUERENÇA MENDES; ROMÁN BOND; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS. **Rendimiento de sistema de archivos en arquitecturas distribuidas y paralelas.** Argentina. San Francisco, Córdoba. 2020. Libro. Artículo Completo. Congreso. 8° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de

Información.

26. NICOLÁS GONZÁLEZ; NICOLÁS LESCANO; CRISTIAN PINTO; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS. **Análisis de rendimiento de IaaS y PaaS.** Argentina. San Francisco, Córdoba. 2020. Libro. Artículo Breve. Congreso. 8° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información.

27. NICOLE DENON; SANTIAGO DOTI; LUCAS OLIVERA; MARTIN MORALES; DIEGO ENCINAS.

Accesibilidad de edificios por medio de modelado y simulación con aplicaciones

3D. Argentina. Río Cuarto. 2019. Libro. ISBN 978-987-688-377-1. Artículo Completo. Congreso. XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.

28. TOMÁS ROSALES; JULIÁN SPINELLI; MARCOS DI NARDO; ROMÁN BOND; DANIEL ROSATTO; DIEGO ENCINAS; FERNANDO ROMERO. **Análisis de una plataforma de simulación para Cloud Computing.** Un caso de estudio. Argentina. La Matanza, Buenos Aires. 2020. Libro. Artículo Completo. Congreso. XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.

29. V. Balaji, **Earth system modelling – Volume 4. IO and Postprocessing.** Springer, 2013.