

# Aplicaciones de la Simulación en la enseñanza de la Ingeniería

Claudia Minnaard, Marta Comoglio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación IIT&E CIC Centro Asociado CIC Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Argentina

minnaardclaudia@gmail.com , mcomoglio@gmail.com

**Resumen.** En el ámbito educativo, se está asistiendo a un cambio de paradigma, donde el foco está puesto en el alumno y su rol activo en el proceso de formación, y donde se produce un giro que implica transitar de la enseñanza de contenidos hacia la formación de competencias. Esto impone necesariamente que las instituciones de educación superior articulen procesos de innovación que involucren a toda la comunidad académica. Por otro lado, en el actual contexto de desarrollo e innovación tecnológica, las empresas, en particular las manufactureras, se encuentran abocadas a revisar y adecuar sus procesos a lo que se ha dado en llamar industria 4.0, circunstancia que conlleva la necesidad de requerir nuevos perfiles profesionales que cuenten con competencias no solo tecnológicas, sino fundamentalmente aquellas que les permitirán ser competitivos en un mundo donde la tecnología se renueva a una velocidad cada vez mayor. El trabajo presenta una experiencia que en el ámbito de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora se desarrolla desde el año 2016 y que implica la implementación de estrategias de innovación en la metodología de enseñanza a partir de la integración de software de simulación bajo el formato educativo de Enseñanza Basada en Problemas, que por un lado se propone desarrollar diversas competencias en los alumnos y por otro incrementar los niveles de motivación y satisfacción.

**Palabras clave:** Innovación, Simulación, Enseñanza, Ingeniería.

## 1. Introducción

Existe coincidencia en los ámbitos académicos sobre la necesidad de un cambio en los métodos tradicionales de enseñanza, sin embargo, no resulta sencillo innovar en los modelos pedagógicos instaurados en las distintas instituciones (Unesco, 2010). Se observa que las tendencias en educación promueven el cambio desde un enfoque de aprendizaje pasivo, a uno activo en el que la participación e interacción de alumnos y docentes es lo realmente significativo. (Yajma, et al, 2016). Estas tendencias resultan altamente positivas en la formación de ingenieros, ya que por el rol que desempeñan, no resulta suficiente con que cuenten con conocimientos de ciencias básicas y tecnológicas, sino que resulta fundamental, que durante su formación logren desarrollar capacidades para aplicar dichos conocimientos en la práctica.

Es así como en el ámbito de la enseñanza de la ingeniería, se instala el paradigma de formación basado en competencias y la aplicación de métodos de enseñanza y evaluación que contribuyan a alcanzar dicho logro.

Por otro lado, desde el ámbito del sector productivo, aparece el concepto de industria 4.0, como una nueva etapa del desarrollo tecnológico y los procesos de manufactura, se trata de un concepto relativamente nuevo que refiere a la introducción de las tecnologías digitales en la industria de la fabricación (Tao et al, 2014 y Chen et al, 2014). El concepto surge en el año 2011, en Alemania, para referirse a una política económica gubernamental sostenida en estrategias de alta tecnología (Mosconi, 2015), como por ejemplo automatización, digitalización de procesos y uso de tecnologías del ámbito de la electrónica y de la información aplicada a la manufactura. (Sommer, 2015). Estos cambios, se orientan a la personalización de la producción, la prestación de servicios, los negocios de alto valor agregado, como asimismo, hacia las capacidades de interacción y el intercambio de información entre personas y máquinas (Cooper, y James, 2009, y Roblek, et al, 2016).

Por lo señalado, las conceptualizaciones que a la fecha existen sobre la denominada industria 4.0 son recientes, no obstante se la puede definir como aquellas “maquinaria física y dispositivos con sensores y software que trabajan en red y permiten predecir, controlar y planear mejor los negocios y los resultados organizacionales (Ning, & Liu, , 2015). Por lo tanto, se está asistiendo al surgimiento de una industria que se sustenta en el desarrollo de sistemas, el internet de las cosas (IoT) y el internet de la gente y de los servicios (Lasi et al , 2014, Ning et al, 2015 y Cooper y James, 2009), junto a la fabricación aditiva, impresión 3D, simulación, ingeniería inversa, big data y la analítica, inteligencia artificial y realidad virtual entre otras.No resulta una novedad que la simulación de eventos discretos presenta un gran potencial para contribuir con el desempeño de ingenieros y gestores de planeamiento estratégico y operacional. Se trata de técnicas que mejoran la capacidad de análisis de procesos complejos y facilitan la toma de decisiones (Shannon, 1992). Siguiendo a los especialistas en la materia, la simulación procura describir el comportamiento real de un sistema o parte de este, asimismo, contribuye a la construcción de teorías e hipótesis permitiendo la observación de impactos y riesgos (Banks, 1999). Asimismo, permite testear nuevos dispositivos físicos o sistemas, sin comprometer recursos o posiciones de trabajo; el tiempo de la simulación también puede ser seccionado, expandido o comprimido, permitiendo el análisis de tareas, escenarios de largo plazo o fenómenos complejos (Shannon, 1998).

Es así como, en los procesos de manufactura, la simulación viene siendo empleada cada vez con más frecuencia con el fin de identificar riesgos e impactos para tomar decisiones preventivas en el sector (Arango Serna y Zapata Cortes, 2015)

En síntesis, se puede decir que hablar de industria 4.0, es abordar un enfoque innovador de productos y procesos que surjan de fábricas inteligentes, que se integren en redes de trabajo y propicien nuevas formas de colaboración. En este contexto, surge el concepto de manufactura inteligente que implica la posibilidad de representar digitalmente cada aspecto del proceso con apoyo en software de diseño y manufactura asistida (CAD, CAM), sistemas de gestión de ciclo de vida de productos (PLM), y el uso de software de simulación (CATIA, DELMIA, entre otros) (Almada, 2016)

Una de las preocupaciones del Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de

Zamora, Centro Asociado a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (IIT&E-CIC- FI-UNLZ) en el marco del proyecto, en el que se inscribe esta propuesta, es explorar enfoques metodológicos orientados a la acción, que promuevan el involucramiento del alumno en su proceso de aprendizaje y contribuyan a mejorar los niveles de motivación y satisfacción. En este contexto institucional, varias asignaturas vienen realizando experiencias bajo la modalidad Aprendizaje Basado en Problemas con resultados satisfactorios, ya que resulta una herramienta útil, que favorece la adquisición de competencias tecnológicas específicas, como por ejemplo, resolución de problemas y toma de decisiones, como así también, facilita el desarrollo habilidades tales como el trabajo en equipo y comunicativas, al tiempo que permite trabajar actitudes y valores éticos. Adicionalmente se advierte que su utilización incrementa la motivación de los alumnos y por lo tanto favorece el incremento de sus niveles de satisfacción (Comoglio, 2016, Comoglio, et al , 2016, Minnaard et al, 2017).

Como se señaló, la simulación es uno de los pilares del cambio en los ámbitos productivos. Si bien es innegable el aporte de la tecnología de simulación a la educación, se advierte que existen algunas restricciones en este sentido. Por un lado, la necesidad de explorar y experimentar con las diversas herramientas disponibles en el mercado (comerciales u open source), y fundamentalmente desarrollar casos de estudio. Se trata de una actividad compleja, que requiere una intensa interacción entre los especialistas en el tema por un lado y quienes cuentan con experiencia en el manejo del software, por el otro. Así como las técnicas de simulación en el campo de la industria, tienen un importante valor agregado, en materia de educación la utilización de software de simulación permite que los estudiantes adquieran competencias en el manejo de sistemas muy parecidos a los que encuentran en su entorno laboral (Medina Cervantes, Villafuerte Díaz, Mejía Sánchez, 2014; Cataldi, 2000; May, 2013). En la misma línea Martín y Rama (2014) consideran que resulta especialmente útil el empleo de simulación, - desde la perspectiva del proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que, mediante estas técnicas, el alumno es capaz de operar modelos en un sistema real, llevar a cabo experiencias con él y evaluar consecuencias y limitaciones de su aplicación.

## **2. Materiales y Método**

Desde el Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación IIT&E CIC FI UNLZ se vienen realizando estudios que orientados a evaluar el impacto que la integración de tecnologías a la enseñanza produce tanto en la adquisición de competencias, como en la motivación de los alumnos. El presente trabajo en consonancia con lo expresado se orienta a explorar impactos en la enseñanza de la ingeniería a partir del diseño de objetos de aprendizaje utilizando un software de simulación.

El caso que se presenta- Simulación Robótica-, ha sido desarrollado mediante el software Delmia Quest, por el equipo técnico del Laboratorio de Simulación y Modelado Computacional, en el año 2016. El mismo se ha aplicado en la asignatura Procesos Lógicos y se ha integrado al banco de Casos de la FI UNLZ. El mismo tiene

como finalidad, realizar movimientos de un robot antropomórfico y a su vez guardar puntos en el espacio, para que luego puedan ser utilizados por el robot. Para la práctica se utiliza un robot marca KUKA, modelo KR6 R900 de 6 grados de libertad. El mismo está equipado con un gripper neumático para la sujeción de piezas. (Figura 1).

Para alcanzar este objetivo, se plantearon varias etapas: a) definición del sistema, b) formulación del modelo, c) identificación de variables, d) recolección de datos, e) validación del modelo, f) implementación e interpretación.

Por sus siglas en inglés "Digital Enterprise Lean Manufacturing Interactive Application"(DELMIA) es una solución tecnológica, enfocada a la producción y fabricación digital. Se trata de una herramienta que constituye un apoyo para las áreas de ingeniería y manufactura de las empresas, en virtud de que a través de ella se puede planificar y orientar acciones hacia la mejora continua, a partir de la generación de simulaciones en 3D con las que se obtienen diferentes escenarios posibles. A partir de la información que provee, en el ámbito de la industria, respalda la toma de decisiones críticas en las líneas producción y por lo tanto contribuye a garantizar la eficiencia de línea. En el entorno DELMIA, se pueden diferenciar distintos complementos del software, tales como: (Tabla 1)

Tabla 1: Complementos del DELMIA. Fuente: Productos y servicios DELMIA. En: <https://www.3ds.com/es/productos-y-servicios/delmia/>

Complemento	Uso	Ventajas
Delmia Quest	Simulador de eventos discretos enfocado a generar escenarios 3D que brinden certeza a los ingenieros de línea de producción	-Detección de cuellos de botella.  -Evaluación de productividad.  -Obtención de estadísticas.  -Validación de utilización de recursos y sistemas de manejos de materiales con varias mezclas de productos.
Delmia Robotics	Simulador de celdas de producción con Robots virtuales para recrear los comportamientos de operación en planta	-Simulación de Robots de diversas marcas  -Simulación de manipulación de productos con Robots.  -Simulación de soldadura de punto.  -Simulación de soldadura de arco.
Delmia Ergonomics	Simulador de estaciones de trabajo donde interviene personal de la empresa.	Busca cumplir con dos objetivos principales:  -Evaluación ergonómica donde se pueden establecer características antropométricas para obtener resultados del tipo RULA, NIOSH y SNOOK&CIRIELLO.  - Evaluación del espacio de trabajo, donde se generan las actividades de los operadores en su entorno de trabajo.

Los alumnos reciben en forma previa, una guía que describe el caso, un manual simplificado de instrucciones para poder operar el software y la consigna a desarrollar. (Figura 1). Al finalizar la práctica, y antes de retirarse del Laboratorio se les solicita que cumplimenten una encuesta, cuya estructura contempla tres ejes: Iniciativa previa a la clase en el laboratorio; Desarrollo de la actividad en el laboratorio y Desarrollo del trabajo práctico. Los resultados obtenidos reciben en forma sistemática tratamiento estadístico.

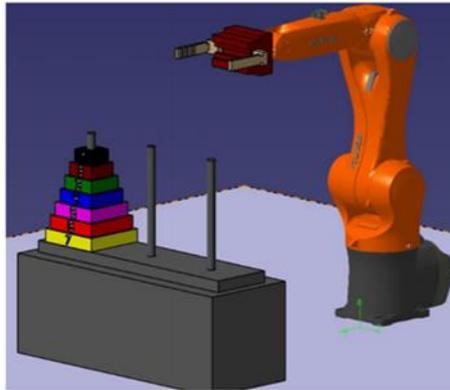


Figura 1: Robot marca KUKA, modelo KR6 R900 de 6 grados de libertad.

### 3. Resultados

Teniendo en cuenta que el interés del IIT&E, está puesto en evaluar la experiencia en tanto innovación en el proceso de enseñanza y aprendizaje, al finalizar la actividad de laboratorio, se distribuye una encuesta que busca recabar información que retroalimente la práctica en un proceso hacia la mejora continua de la misma. La encuesta, desde el año 2016 se aplicó a 905 estudiantes de acuerdo con la siguiente distribución: 2016 (288 estudiantes); 2017 (338 estudiantes); 1°Cuatrimestre 2018 (278 estudiantes). Con respecto al perfil de los encuestados, la edad media del total de alumnos es ligeramente superior a los 27 años (27,35). En cuanto al sexo, el 80,7% son hombres y el 17,8% mujeres, mientras que un 1,4% no lo especifica.

En las encuestas es posible identificar algunas preguntas que están relacionadas con la comprensión, uso y aplicación de los softwares vistos en el laboratorio, ya que han sido seleccionadas en función del interés que se persigue en este trabajo. Entre ellas:

- 1.- Existencia de instancia de formación en el uso y alcance del software utilizado

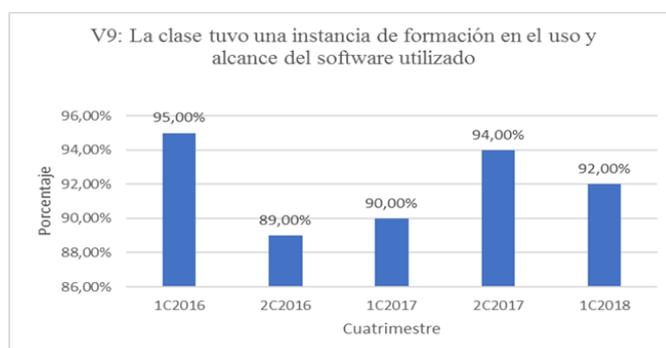


Figura 2: Distribución porcentual de los estudiantes que contestaron afirmativamente acerca de la instancia de formación en el uso y alcance del software utilizado. Fuente: Elaboración propia.

Si bien en la Figura 2 se pueden observar algunas oscilaciones, es posible afirmar que el porcentaje de respuestas afirmativas a la pregunta V9 se encuentra en el intervalo  $[88,83\%; 95,17\%]$  con una confianza del 95%. No se identificaron prácticas en las cuales se encontraran respuestas negativas a esta pregunta.

2.- Preocupación del docente para aclarar dudas acerca de la utilización del software

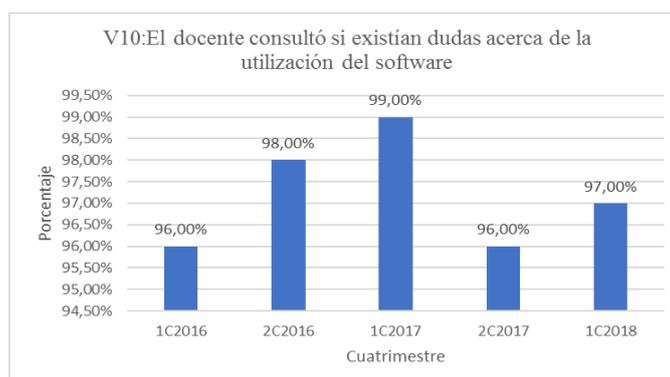


Figura 3: Distribución porcentual de los estudiantes que contestaron afirmativamente respecto de la preocupación del docente para aclarar dudas acerca de la utilización del Software. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3, quedan evidenciadas la atención y predisposición de los profesores de la práctica consultando siempre acerca de dudas a cada paso de avance y continuando en conjunto con todos los alumnos. El porcentaje de respuestas afirmativas a la pregunta V10 se encuentra en el intervalo  $[95,58\%; 98,81\%]$  con una confianza del 95%.

3.- Suficiencia del tiempo para desarrollar la práctica



Figura 4: Distribución porcentual de los estudiantes que contestaron afirmativamente a la pregunta respecto de la suficiencia del tiempo para desarrollar la práctica.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Figura 4, en el primer cuatrimestre del año 2016, este indicador se vio afectado debido a que la carga horaria que requirió fue muy extensa. La información recibida a través de las encuestas permitió, adecuar la práctica, de tal modo que, sin perder su esencia, los conceptos queden fijados y la competencia de programación adquirida en la medida esperada. Esta posibilidad de readecuar las prácticas en función de los resultados obtenidos en la encuesta favoreció, el indicador, que tal como se puede observar en el presente año, se ubica en 97,79%, en el 1C2018. El porcentaje de respuestas afirmativas para esta variable, se encuentra en el intervalo [92,68%; 98,12%] con una confianza del 95%.

#### 4.- Nivel de comprensión de la clase

Esta variable estuvo medida con una escala Likert ([1,2,3,4,5] siendo 1 Insatisfecho y 5 Muy satisfecho)

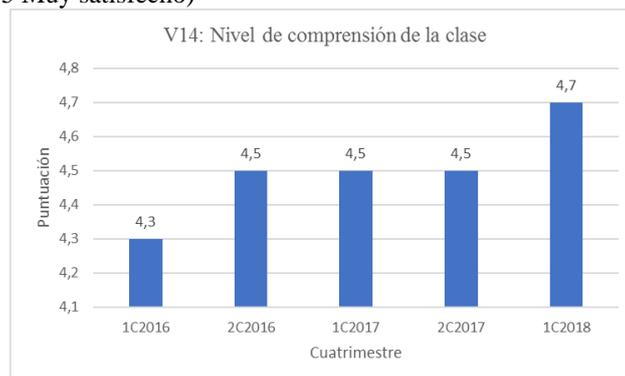


Figura 5: Distribución de las puntuaciones de los estudiantes con respecto al nivel de comprensión de la clase. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5 es posible observar la percepción de los alumnos, respecto del nivel de comprensión de las prácticas. Se puede apreciar claramente, que todos los

cuatrimestres están por encima del 4,26 en promedio, escalando a medida que avanzaron los cuatrimestres hasta alcanzar el máximo el primer cuatrimestre del 2018.

Con esta información, desde el IIt&E, se contacta al docente y se evalúa la posibilidad de introducir mejoras en la práctica; se analizan las opciones posibles y se reprograma la actividad. Se observa, además, que el grado de satisfacción con respecto al software resultó en todos los cuatrimestres superior a 4,4.

Como se señaló, existió un espacio de preguntas abiertas, donde los alumnos tuvieron la posibilidad de comentar acerca de cada una de las prácticas a las cuales asistieron, por ejemplo, qué fue lo que más les gustó, destacar algún punto de mejora de esta o incluso mencionar porque creyeron que la práctica no fue adecuada. Cabe destacar que, del total de 905 encuestas, sólo 131 tuvieron alguna devolución complementaria de parte de los alumnos, lo que representa un 14,37% del total.

En este sentido, se presentan algunos de los comentarios más significativos, clasificados en: positivos, negativos y puntos de mejora

Entre los comentarios significativos que encuadran dentro de la categoría positivos, encontramos "Muy buena predisposición del cuerpo docente", "Excelente Explicación", "El Software me resultó muy interesante", "Totalmente didáctico", "Me parece una excelente oportunidad para conocer la aplicación de software que se utilizan en la industria", "Es una herramienta muy potente y útil en la industria" "Mucho más interesante, trabajar los contenidos con aplicación práctica, que un ejercicio en una clase tradicional" entre otras.

Desde otra perspectiva, algunos de los comentarios que por su contenido se pueden considerar negativos fueron los siguientes: "Hubo inconvenientes técnicos, que impidió concluir la práctica", "Muy poco tiempo para desarrollar la actividad" "Muy poco tiempo dedicado al Laboratorio durante la carrera"

Por último, en relación a los Puntos de Mejora encontramos: "Debería darse mas clases bajo esta modalidad", "Me gustaría que hubiesen cursos extra curriculares para poder conocer la herramienta con más profundidad", "La guía que me entregaron fue muy sintética, podría presentarse una más detallada", "Me resultó complicado el seguimiento de la actividad, con una guía más pormenorizada, sería más fácil seguir la práctica"

#### **4. Conclusiones**

En función de los resultados obtenidos se puede observar que la propuesta de innovación en la estrategia de enseñanza implementada a través del Laboratorio de Simulación y Modelado Computacional ha tenido una muy buena aceptación por parte de los alumnos. Se trata de una experiencia que por un lado los motiva, y por el otro valoran la herramienta como acercamiento al mundo del trabajo, a través de problemas abiertos, en los que para resolverlos es necesario interactuar con los compañeros.

Asimismo, valoran la dedicación y preocupación de los docentes para acercarse y brindar explicaciones adicionales, orientadas a la solución del problema que se le plantea; asimismo se observa que la instancia previa de inducción al software les resulta importante y necesaria en su proceso formativo. En relación con el nivel de

comprensión de la clase y la satisfacción con el software también encontramos un nivel de respuesta satisfactoria. En todos los casos se observa que los valores de las respuestas han mejorado con el tiempo. En este sentido, se infiere que el proceso de iteración que desde el IIT&E se tiene con los docentes y personal técnico del laboratorio, a partir de las respuestas y sugerencias de los alumnos, ha permitido introducir cambios y readecuaciones en el caso de estudio que se presenta. Las mejoras estarían determinando una mejora en las valoraciones globales respecto de la experiencia. Un factor que se reitera es que el tiempo que se dedica al caso resulta insuficiente para los alumnos desde dos puntos de vista: a) por un lado en relación con la práctica misma. En este sentido se ha trabajado a fin de readecuar sus alcances de manera de que el caso pueda ser resuelto en un tiempo más acotado. b) Sin embargo, el mayor señalamiento, es en relación con el exiguo tiempo que consideran se dedica a este tipo de actividades durante la carrera. En este caso, es importante señalar, las restricciones que las instituciones tienen, tanto edilicias como de equipamiento, que constituyen factores muy rígidos y por lo tanto su modificación requiere de una planificación a largo plazo. Asimismo, en relación con el software que se utiliza, otra limitante lo constituye el número de licencias con que cuenta la Unidad Académica, teniendo en cuenta que se está frente a software propietario. Se trata de aspectos, en los que se está trabajando a fin de ampliar la cobertura de asignaturas que se involucren desarrollando casos para abordar diferentes temas, como así también dotar al Laboratorio de una masa crítica técnica capacitada, para la estructuración de los casos que desde las distintas cátedras se propongan. Si se analiza la experiencia en forma longitudinal, se observa que se viene dando una tendencia positiva en la percepción de los alumnos y esto es tomado como una señal para que desde el IIT&E, se continúe trabajando en el análisis de los alcances y características de los casos a fin de implementar en forma sostenida un proceso hacia la mejora continua de la innovación educativa que se viene desarrollando.

## 5. Referencias

1. Almada, L. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of Innovation Management*, JIM 3, 4 16-21
2. Arango Serna, M., Zapata Cortes, J. (2015) Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban ; Manufacturing process improvement using the Kanban *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*; Vol. 14, núm. 27 (2015) ; 2248-4094 ; 1692-3324
3. Banks, J (1999). Introduction to Simulation. In: *Proceedings of the Simulation Conference*, pp. 7-13.
4. Cataldi, Z. (2000) Metodología de diseño, desarrollo y evaluación de software educativo. UNLP. p. 74.
5. Chen, F., Deng, P., Wan, J., Zhang, D., Vasilakos, A. y Rong, X. (2014). Data mining for the internet of things: literature review and challenges. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 103-146.
6. Comoglio, M. (2016) Blended Learning y Rendimiento Académico en la Enseñanza Superior. Modelo Prospectivo: Identificación de factores de éxito y diseño de escenarios futuros para la gestión Universitaria. Editorial Publica

7. Comoglio, M., Minnaard, C., Lacanna, O. Incaugarat, N. (2016) El uso de software de simulación y el desarrollo de competencias. Evaluación de la satisfacción en los alumnos. V Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
8. Cooper, J. and James, A. (2009) Challenges for database management in the internet of things. IETE Technical Review, volume 26 (5): 320-329
9. Lasi, H., Fettke, P., Feld, T; and Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering, 6 (4), 239-242.
10. Martín, M. D. L. M. B., & Rama, A. M. (2014). Uso de programas de simulación para promover la pedagogía activa en la docencia universitaria. International Journal of Educational Research and Innovation, (1), 8798.
11. May, R.J.O. (2013), Diseño del programa de un curso de formación de profesores del nivel superior, UADY: Mérida de Yucatán. p. 99.
12. Medina Cervantes, J., Villafuerte Díaz, R., Juárez Rivera, V. Mejía Sánchez, E., (2014). Simulación en tiempo real de un proceso de selección y almacenamiento de piezas. Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa. ISSN 2007 – 8412 <http://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/399>
13. Minnaard, C., Minnaard, V. (2017) Sumatoria de Creatividad + Brainstorming + la Vida Cotidiana: Gestar problemas de Investigación / Summary of Creativity + Brainstorming + EverydayLife: Gestating Research Problems. Revista Internacional de Aprendizaje en la Educación Superior. España
14. Mosconi, F. (2015). The new European industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance. London, England: Routledge
15. Ning, H., & Liu, H. (2015). Cyber-physical-social-thinking space based science and technology framework for the Internet of things. Science China Information Sciences, 58, 1-19.
16. Ning, H., & Liu, H. (2015). Cyber-physical-social-thinking space based science and technology framework for the Internet of things. Science China Information Sciences, 58, 1-19.
19. Roblek, V., Meško, M. y Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0 SAGE Open, 2 (6), 1–11
20. Shannon, R. E. (1998) Introduction to the art and science of simulation. In: Proceedings of the Winter simulation conference, pp. 7–14.
21. Shannon, E. R. (1992) Introduction to simulation. Proceedings of Winter Simulation Conference,
22. Sommer, L. (2015). Industrial revolution—Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? Journal of Industrial Engineering and Management, 8, 1512-1532.
23. Tao, F., Zuo, Y., Xu, L. y Zhang, L. (2014). IoT-Based intelligent perception and access of manufacturing resource toward cloud manufacturing,” IEEE Transactions on Industrial Informatics, 10 (2), 1547–1557.
24. Unesco. Engineering: Issues Challenges and Opportunities for Development. 2010
25. Yajma, K., Hayakawa, Y., Kashiwaba, Y., Takahshi, A., Oiguchi, S. Construction of Active Learning Environment by the Student Project. Procedia Comput Sci 2016;96:1489–96. doi:10.1016/j.procs.2016.08.195.