

15. INTEGRANDO LA EDUCACIÓN SUPERIOR CON EL DESARROLLO SOSTENIBLE E INDUSTRIA 4.0: UN ENFOQUE INNOVADOR PARA DOCENCIA Y CAPACITACIÓN

INTEGRATING HIGHER EDUCATION WITH SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND INDUSTRY 4.0: AN INNOVATIVE APPROACH TO TEACHING AND TRAINING

Teresa Pérez Sosa
Profesora Titular. Universidad de Matanzas
ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-5587-4624>)
teresa.perez@umcc.cu

Dainerys Amaro Prieto
Profesora Auxiliar. Universidad de Matanzas
ORCID (<https://orcid.org/0009-0000-1279-0888>)
daynerys.amaro@umcc.cu

Marcelina Caridad Moreno García
Profesora Titular. Universidad de Matanzas
ORCID (<https://orcid.org/0000-0003-0731-4232>)
marcelina.moreno@umcc.cu

Daniel Hernández Izquierdo
Estudiante. Universidad de Matanzas
ORCID (<https://orcid.org/0009-0005-0884-6187>)
daniel.hernandez@umcc.cu

Resumen

Palabras clave: Docencia y capacitación, Industria 4.0, Educación Superior.

Abstract

The work details the objectives and expectations of success of the project "Industry 4.0 Pilot Line for Teaching and Training", designed for the University of Matanzas within the field of Higher Education. The project focuses on the design, implementation and validation of a pilot Industry 4.0 platform for use in teaching – both undergraduate and postgraduate; in research, development and innovation actions; and in training and technological transfer aimed at economic actors. Considered a key piece to adequately equip future professionals to face the challenges and advantages that this new industrial era poses. Higher education plays a fundamental role in moving towards sustainable development, offering practical solutions and technical competencies to address global problems efficiently. The adoption of Industry 4.0 in teaching and training involves the constant updating of teachers, the introduction of additional programs for students and the alliance between educational institutions and companies. This methodology ensures that students are optimally equipped to navigate the challenges and possibilities that Industry 4.0 represents.

Keywords: Teaching and training, Industry 4.0, Higher Education.

INTRODUCCIÓN

La transformación digital que estamos viviendo ha llevado a una nueva era en la educación, marcada por la integración de la Industria 4.0 en la docencia y capacitación. Este fenómeno, conocido como la Cuarta Revolución Industrial, implica la convergencia de tecnologías digitales, físicas, biológicas y sociales, cambiando radicalmente la forma en que trabajamos, aprendemos y nos comunicamos. En este contexto, la educación superior tiene un papel crucial para adaptarse a estas transformaciones y preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades que ofrece la Industria 4.0.

Para lograrlo, es indispensable que tanto los docentes como los estudiantes reciban formación continua y relevante. Los docentes deben estar actualizados en las últimas tendencias y tecnologías de la Industria 4.0 para poder transmitir conocimientos de manera efectiva y relevante. Por otro lado, los estudiantes necesitan acceder a programas complementarios que les permitan desarrollar habilidades específicas y competencias requeridas en este nuevo escenario laboral. Además, la colaboración entre instituciones educativas y empresas es fundamental para garantizar que la educación esté alineada con las demandas del mercado laboral y que los estudiantes tengan la oportunidad de aplicar lo aprendido en situaciones reales.

Este artículo explorará en profundidad cómo la integración de la Industria 4.0 en la docencia y capacitación está siendo abordada en diferentes contextos educativos, destacando las estrategias y metodologías que se están implementando para asegurar que los estudiantes estén bien preparados para los desafíos y oportunidades que ofrece la Industria 4.0. A través de ejemplos prácticos y análisis detallados, se busca proporcionar una visión clara de cómo la educación superior puede liderar la transición hacia una sociedad más digital y sostenible, basándose la presente propuesta sobre la Línea piloto de Industria 4.0 para docencia y capacitación en la Universidad de Matanzas. La cual forma parte de los objetivos a alcanzar por el proyecto correspondiente al Programa Sectorial “Educación Superior y Desarrollo Sostenible”, con el título: “Línea piloto de Industria 4.0 para docencia y capacitación”. A partir de la importancia y actualidad que representa para la universidad cubana la integración de la Industria 4.0 en la docencia y capacitación, en el presente trabajo se propone como objetivo describir los resultados y experiencias de un proyecto de investigación y desarrollo, enfocado a la integración de la Educación Superior con el

Desarrollo Sostenible e Industria 4.0, desde la docencia y la capacitación en la Universidad de Matanzas.

METODOLOGÍA

Industria 4.0 para docencia y capacitación

La integración de la Industria 4.0 en la docencia y capacitación es un aspecto crucial para preparar a los estudiantes y profesionales para los desafíos y oportunidades que presenta esta revolución industrial. A continuación se presenta cómo se está abordando esta integración y las implicancias para la educación superior.

Formación de Docentes.

- **Capacitación Especializada:** Es fundamental que los docentes reciban formación continua y posgrado en habilidades relacionadas con la Industria 4.0. Esta formación incluye el manejo de tecnologías avanzadas y la adaptación a los cambios rápidos que caracterizan esta industria. La falta de recursos y la brecha digital son obstáculos significativos, pero se están desarrollando programas de formación para superar estos desafíos.
- **Alianzas Estratégicas:** La colaboración entre universidades y empresas es esencial para proporcionar a los docentes acceso a experiencias prácticas y a tecnologías avanzadas. Estas alianzas permiten que los docentes se mantengan actualizados y puedan transmitir conocimientos relevantes a sus estudiantes.

Enseñanza y Capacitación de Estudiantes

- **Programas Complementarios:** Se están implementando programas de enseñanza superior complementaria para fortalecer el perfil profesional de los estudiantes hacia la Industria 4.0. Estos programas buscan cubrir las brechas en la formación inicial y ofrecer especializaciones en áreas como el pensamiento computacional y la programación.
- **Desarrollo de Habilidades Blandas:** Junto con el desarrollo de habilidades técnicas, es importante fomentar habilidades blandas y flexibles, como el desarrollo socioemocional, la negociación de saberes, el trabajo en equipo, y la capacidad de pensamiento crítico. Estas habilidades son fundamentales para operar eficazmente en entornos de trabajo dinámicos y cambiantes.
- **Implementación de Tecnología Avanzada:** La incorporación de tecnologías avanzadas en el aula, como los Fab-Labs o movimientos maker, permite a los

estudiantes experimentar y aprender sobre la fabricación digital y la innovación. Esto es crucial para prepararlos para roles en la Industria 4.0.

Implicaciones para la Educación Superior

- **Necesidad de Infraestructura y Equipamiento:** Evaluar y actualizar la infraestructura y el equipamiento de cómputo disponibles en las instituciones educativas es vital para soportar la enseñanza y la investigación en temas de Industria 4.0.
- **Colaboración Internacional:** Realizar convenios entre ministerios de educación para compartir contenidos y materiales implementados en otros países puede ayudar a acelerar la adopción de mejores prácticas y estrategias de enseñanza en la Industria 4.0.

Diseño e Implementación de la Plataforma Piloto.

El diseño de la plataforma piloto debe considerar la integración de múltiples tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0, incluyendo inteligencia artificial, robótica, impresión 3D, gemelos digitales, sistemas ciberfísicos y la Internet de las Cosas Industrial (IIoT). Cada uno de estos componentes jugará un papel crucial en la plataforma, permitiendo no solo el desarrollo de soluciones tecnológicas avanzadas sino también facilitando la transferencia de estas tecnologías al sector manufacturero.

Componentes Clave de la Plataforma

- **Inteligencia Artificial (IA):** Será fundamental para el procesamiento y análisis de datos, automatizando tareas complejas y mejorando la eficiencia operativa.
- **Robótica:** Permitirá la automatización de procesos manuales, liberando tiempo y recursos humanos para tareas más valoradas.
- **Impresión 3D:** Facilitará la producción rápida y personalizada de piezas, reduciendo costos y tiempos de entrega.
- **Gemelos Digitales:** Crearán modelos virtuales exactos de productos o sistemas físicos, facilitando pruebas y simulaciones antes de la producción real.
- **Sistemas Ciberfísicos:** Integrarán el mundo físico y digital, permitiendo la monitorización remota y control de equipos y procesos.
- **Internet de las Cosas Industrial (IIoT):** Conectará dispositivos y máquinas, permitiendo la recopilación y análisis de datos en tiempo real.

Aplicaciones de la Plataforma

La plataforma piloto de Industria 4.0 tendrá varias aplicaciones dentro de la Universidad de Matanzas:

- **Docencia:** Mejorará la enseñanza mediante la incorporación de casos prácticos basados en tecnologías de vanguardia, preparando a los estudiantes para carreras en campos tecnológicamente avanzados.
- **Investigación, Desarrollo e Innovación:** Servirá como base para proyectos de investigación y desarrollo, permitiendo la experimentación con tecnologías emergentes y la generación de nuevos conocimientos.
- **Capacitación y Transferencia Tecnológica:** Facilitará la formación de profesionales en tecnologías de la Industria 4.0, así como la transferencia de estas tecnologías al sector manufacturero, contribuyendo al desarrollo económico local.

Validación y Evaluación

Una vez implementada la plataforma piloto, será necesario realizar un proceso de validación y evaluación para asegurar su funcionalidad y eficacia. Esto incluirá pruebas de usabilidad, análisis de rendimiento y evaluación de la satisfacción de los usuarios. Los resultados de estas evaluaciones serán cruciales para identificar áreas de mejora y para planificar la expansión y adaptación de la plataforma a las necesidades cambiantes de la comunidad universitaria y del sector económico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cuarta revolución industrial, llamada Industria 4.0 o *smart manufacturing*, está llamada a jugar un papel clave en esta tercera década del siglo XXI (Kumar et al. 2019), y se basa, fundamentalmente, en la recopilación de grandes volúmenes de datos, el uso de algoritmos para procesarlos, y la interconexión masiva de sistemas y dispositivos digitales (Echeberria 2020). El nombre está inspirado en la iniciativa de Alemania para promover la informatización en la fabricación y se centra en gran medida en la interconectividad, la automatización, el aprendizaje automático y los datos en tiempo real (Kowalikova et al., 2020).

La Industria 4.0 abarca varias tecnologías de vanguardia que están disponibles comercialmente e interconectadas dentro de la fabricación, lo que permite el acceso en tiempo real a datos y resultados. Dentro de dichas tecnologías se destacan la Internet de las cosas (*Internet of things*, IoT) (Saravanan et al., 2022), los grandes volúmenes de datos (*big data*) (López Martínez et al., 2021), la fabricación inteligente (*smart manufacturing*) (Yang et al., 2023), los sistemas ciberfísicos (*cyber physical*

systems, CPS) (Javaid et al., 2023) y las cadenas de bloques (*blockchains*) (Nuttah et al., 2023). Estas tecnologías permiten el análisis de datos en tiempo real, la automatización, el aprendizaje automático y una mayor eficiencia en los procesos de fabricación. Los vehículos autónomos (Penmetsa et al., 2023), la robótica colaborativa (Caruana & Francalanza, 2023), la fabricación aditiva (impresión 3D) (Elhazmiri et al., 2022) y otras tecnologías, también son componentes críticos de la Industria 4.0, que impulsan a la industria manufacturera con nuevos medios de eficiencia, precisión y confiabilidad.

En general, el conocimiento relacionado con la Industria 4.0 es fundamental para la formación de los ingenieros contemporáneos, ya que les permite seguir siendo competitivos y satisfacer las necesidades cambiantes de la industria (Qian et al., 2023). Es importante que los programas de ingeniería incorporen conceptos y tecnologías de la Industria 4.0 en sus planes de estudio, y que los ingenieros busquen oportunidades de capacitación y desarrollo profesional continuos para mantenerse actualizados con los últimos avances en el campo (Rana & Rathore, 2023).

En este sentido, las líneas piloto pueden ser una herramienta valiosa para capacitar a los ingenieros en las tecnologías de la Industria 4.0, ya que las mismas proporcionan un entorno seguro y controlado para la experimentación y el aprendizaje, y pueden ayudar a los ingenieros a desarrollar las habilidades técnicas y analíticas necesarias para tener éxito en la industria manufacturera en rápida evolución (Dao et al., 2023). Una línea piloto está diseñada para replicar las condiciones de una línea de producción a gran escala, pero a menor escala (Nithyanandam et al., 2022). Permite a los ingenieros e investigadores probar la viabilidad de un nuevo proceso o tecnología, optimizar los parámetros de producción e identificar y resolver cualquier problema que pueda surgir antes de escalar a la producción completa (Siivonen et al., 2022).

Las líneas piloto son particularmente útiles para desarrollar y probar nuevas soluciones de Industria 4.0 porque permiten el monitoreo y la retroalimentación en tiempo real (Krushnan & Schrödel, 2022). Además, las líneas piloto se pueden utilizar para demostrar nuevas tecnologías y productos a posibles inversores, clientes y socios. Proporcionan un ejemplo tangible de los beneficios y capacidades de las soluciones de la Industria 4.0 y pueden ayudar a generar apoyo e interés en nuevas innovaciones (Pöysäri et al., 2022).

El Centro de Estudio de Fabricación Avanzada y Sostenible (CEFAS), de la Universidad de Matanzas, con la colaboración de entidades tanto nacionales como extranjeras, ha desarrollado un grupo de herramientas de modelación (Avila et al., 2022; Cruz et al. 2022; Avila et al. 2021; Cruz et al. 2021) y optimización (González et al., 2022; Del Risco et al., 2021; La Fé et al. 2020) de procesos industriales, basadas en inteligencia artificial, que ha sido objeto de dos tesis de doctorado (Villalonga 2021; Beruvides 2017) y cuatro de maestría (López 2020; Fernández 2019; Valido 2019; Villalonga 2017). Se han registrado, además, cinco productos de software sobre esta temática. Todo lo anterior, sirve de antecedente para la presente propuesta de desarrollar y validar una línea piloto de Industria 4.0, para formación, capacitación, investigación y transferencia tecnológica.

Impactos esperados:

- Científicos: Desarrollo de soluciones novedosas, basadas en la aplicación de tecnologías en el estado del arte (como internet de las cosas, gemelos digitales, sistemas ciberfísicos y diversas herramientas de inteligencia artificial), para la transformación digital industrial orientada a la Industria 4.0.
- Tecnológico: Desarrollo de una instalación para el desarrollo y la transferencia de soluciones tecnológicas de Industria 4.0.
- Social: Incremento en la calidad de la impartición de los programas de pregrado y postgrado de la Universidad de Matanzas, relacionados con la Industria 4.0.

CONCLUSIONES

Como resultado del presente trabajo, se han presentado los objetivos y expectativas de éxito del proyecto "Línea Piloto de Industria 4.0 para Docencia y Capacitación", diseñado para la Universidad de Matanzas dentro del ámbito de la Educación Superior, lo cual ha permitido arribar a un grupo de conclusiones. Como principal logro se espera la aplicación de la Industria 4.0 en la docencia y capacitación dentro de la Universidad de Matanzas lo cual puede transformar significativamente la forma en que se enseña y se aprende, así como la forma en que se lleva a cabo la investigación y la innovación. Teniendo en cuenta que requiere una formación continua de los docentes, la implementación de programas complementarios para los estudiantes, y la colaboración entre instituciones educativas y empresas. Este enfoque asegura que los estudiantes estén bien preparados para los desafíos y oportunidades que ofrece la Industria 4.0.

El proyecto de la plataforma piloto de Industria 4.0 representa un esfuerzo integral para integrar las tecnologías emergentes en la educación superior y en la investigación, desarrollo e innovación. Al hacerlo, se busca no solo preparar a los estudiantes para los desafíos y oportunidades de la Cuarta Revolución Industrial sino también contribuir al desarrollo económico y tecnológico de la región.

REFERENCIAS

- Avila, D., Quiza, R., & Marichal, G. N. (2022). An approach for evaluating the stochastic behaviour of wave energy converters. *Applied Ocean Research*, 129, 103372. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2022.103372>
- Avila, D., Marichal, G. N., Quiza, R., & San Luis, F. (2021). Prediction of wave energy transformation capability in isolated islands by using the Monte Carlo method. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/jmse9090980>
- Beruvides, G. (2017). Artificial cognitive architecture with self-capabilities for monitoring and control of micromachining processes. Tesis (cum laude) de Doctorado en Ingeniería Informática y de Telecomunicación. Universidad Autónoma de Madrid (España).
- Bello, R., García, M.M., Caballero, Y., Rosete, A., Rodríguez, Y. (2022). Applications of Computational Intelligence in the Studies of Covid-19. In: Verdegay, J.L., Brito, J., Cruz, C. (eds) *Computational Intelligence Methodologies Applied to Sustainable Development Goals*. *Studies in Computational Intelligence*, vol 1036. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97344-5_5.
- Caruana, L., & Francalanza, E. (2023). A Safety 4.0 Approach for Collaborative Robotics in the Factories of the Future. *Procedia Computer Science*, 217, 1784-1793. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.378>
- Castillo, H., Cordovés, A., Pérez, R., del Risco, R., Yarza, J. A., Ávila, R. L. (2023). Datasets describing optimization of the cutting regime in the turning of AISI 316L steel for biomedical purposes based on the NSGA-II and NSGA-III multi-criteria algorithms. *Data in Brief*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109475>
- Chaviano, L., del Risco, S., Castelló, J., del Risco, R., Ortega, J. C. (2021). La capacidad del proceso como criterio de calidad en parámetros de piezas en bruto: Caso de estudio. *Revista Cubana de Ingeniería*. Vol. XII (1) 81-88 (2021) ISSN: 2223-1781. <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/771>

- Cruz, Y. J., Rivas, M., Quiza, R., Haber, R. E., Castaño, F., & Villalonga, A. (2022). A two-step machine learning approach for dynamic model selection: A case study on a micro milling process. *Computers in Industry*, 143, 103764. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103764>
- Cruz, Y. J., Rivas, M., Quiza, R., Villalonga, A., Haber, R. E., & Beruvides, G. (2021). Ensemble of convolutional neural networks based on an evolutionary algorithm applied to an industrial welding process. *Computers in Industry*, 133, 103530. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103530>
- Curra, D. A., Pérez, R., del Risco, R. (2018). Predictive Model for Specific Energy Consumption in the Turning of AISI 316L Steel. Springer Nature Switzerland AG 2018. Y. Hernández Heredia et al. (Eds.): IWAIPR 2018, LNCS 11047, pp. 51–58. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01132-1_6
- Dao, L. T., Tran, T., Van Le, H., Nguyen, G. N., & Trinh, T. P. T. (2023). A bibliometric analysis of Research on Education 4.0 during the 2017–2021 period. *Education and Information Technologies*, 28(3), 2437-2453. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11211-4>
- Del Risco, R., Pérez, R., Zambrano, P. D., Rivas, M., & Quiza, R. (2021). Optimization of the cutting regime in the turning of the AISI 316L steel for biomedical purposes based on the initial progression of tool wear. *Metals*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/met11111698>
- Del Risco, R., Pérez, R., Molina, A., Quiza, R. (2019). Desgaste de una herramienta cerámica BIDE MICS en el maquinado del acero AISI 316L. *Ingeniería Mecánica*. Vol. 22. No. 1, enero-abril, p. 41-48. ISSN 1815-5944. Sitio web: <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu>
- Del Risco, R., Siller, H. R., Pérez, R., Molina, A. (2019). Study of a Novel Ceramic Tool Performance in the Machining of Ti-6Al-7Nb Alloys. *MRS Advances* © 2019 Materials Research Society. <https://doi.org/10.1557/adv.2019.365>
- Del Risco, R., Pérez, R., Rivas, M., Quiza, Zambrano, P. C. (2021). Análisis del deterioro de una herramienta cerámica en el maquinado del acero AISI 316L. *Revista Cubana de Ingeniería*. Vol. 12 Núm. 4: Octubre-Diciembre . ISSN: 2223-1781. <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/771>
- Echeberria, A.L. (2020). A digital framework for Industry 4.0. Cham (Switzerland): Springer Nature, ISBN 978-3-030-60049-5.

- Elhazmiri, B., Naveed, N., Anwar, M. N., & Haq, M. I. U. (2022). The role of additive manufacturing in industry 4.0: An exploration of different business models. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 317-329. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.07.001>
- Fernández, M. (2019). Aplicación con arquitectura orientada a servicios para optimización mono-objetivo basada en heurísticas sin uso de gradiente, Tesis de Maestría en Ingeniería Asistida por Computadora, Universidad de Matanzas.
- González, A., Rivas, M., Zambrano, P. C., & Quiza, R. (2022). Modelling and optimization of compressive strength of 3D printed PLA scaffolds for biomedical applications. *MRS Advances*, 7(35), 1212-1217. <https://doi.org/10.1557/s43580-022-00455-4>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2023). An integrated outlook of Cyber-Physical Systems for Industry 4.0: Topical practices, architecture, and applications. *Green Technologies and Sustainability*, 1(1), 100001. [doi:10.1016/j.grets.2022.100001](https://doi.org/10.1016/j.grets.2022.100001)
- Kowalikova, P., Polak, P., & Rakowski, R. (2020). The Challenges of Defining the Term “Industry 4.0”. *Society*, 57(6), 631-636. [doi:10.1007/s12115-020-00555-7](https://doi.org/10.1007/s12115-020-00555-7)
- Krushnan, J., & Schrödel, F. (2022). Development of a Modern, Low Cost, Lab Scale Industry 4.0 Plant for Education*. *IFAC-PapersOnLine*, 55(17), 156-161. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.273>
- Kumar, K., Zindani, D., & Davim, J.P. (2019). *Industry 4.0: Developments towards the Fourth Industrial Revolution*. Singapore: Springer, ISBN 978-981-13-8165-2
- La Fé Perdomo, I., Quiza, R., Haeseldonckx, D., & Rivas, M. (2020). Sustainability-focused multi-objective optimization of a turning process. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 7(5), 1009-1018. <https://doi.org/10.1007/s40684-019-00122-4>
- López, R.J. (2020). Sistema para el monitoreo del consumo de energía eléctrica en tiempo real, Tesis de Maestría en Ingeniería Asistida por Computadora, Universidad de Matanzas.
- López Martínez, P., Dintén, R., Drake, J. M., & Zorrilla, M. (2021). A big data-centric architecture metamodel for Industry 4.0. *Future Generation Computer Systems*, 125, 263-284. <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.06.020>
- Nithyanandam, G., Munguia, J., & Marimuthu, M. (2022). “Digital literacy”: Shaping industry 4.0 engineering curriculums via factory pilot-demonstrators. *Advances in*

Industrial and Manufacturing Engineering, 5, 100092.
<https://doi.org/10.1016/j.aime.2022.100092>

Nuttah, M. M., Roma, P., Lo Nigro, G., & Perrone, G. (2023). Understanding blockchain applications in Industry 4.0: From information technology to manufacturing and operations management. *Journal of Industrial Information Integration*, 33, 100456. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100456>

Penmetsa, P., Okafor, S., Adanu, E., Hudnall, M., Ramezani, S. B., Holiday, S., & Jones, S. (2023). How is automated and self-driving vehicle technology presented in the news media? *Technology in Society*, 74, 102290. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102290>

Pérez, R., del Risco, R., Márquez, J. E., Molina, A., Ramírez, M., Oropesa, M. (2016). Optimizing the Reconfiguration of Machining Desktop Micro-Factory Based on Scheduling Simulation. *Handbook of Research on Managerial Strategies for Achieving Optimal Performance in Industrial Processes*. Pages: 24. DOI: 10.4018/978-1-5225-0130-5.ch023.

Pérez, Y., Barranco, M. J., Caballero, Y., Yera, R.. (2023). A content-based group recommender system using feature weighting and virtual users aggregation, in the *Studies in Big Data* series, in the book entitled *Data Analytics & Computational Intelligence: Novel Models, Algorithms, and Applications*. Pp. 383-403. Edited by Gilberto Rivera, Laura Cruz-Reyes, Bernabé Dorransoro, and Alejandro Rosete. Springer Book. Chapter 1060. 2023. ISSN:2197-6503, E-ISSN:2197-6511. eBook ISBN: 978-3-031-38325-0. Print ISBN: 978-3-031-38324-3

Pöysäri, S., Siivonen, J., & Lanz, M. (2022). Dimensions for reconfiguration decision-making and concept for feasibility analysis of reconfigurable pilot lines in industry, research and education. *Procedia CIRP*, 107, 564-569. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.026>

Qian, Y., Vaddiraju, S., & Khan, F. (2023). Safety education 4.0 – A critical review and a response to the process industry 4.0 need in chemical engineering curriculum. *Safety Science*, 161, 106069. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106069>

Rana, B., & Rathore, S. S. (2023). Industry 4.0 – Applications, challenges and opportunities in industries and academia: A review. *Materials Today: Proceedings*, 79, 389-394. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.12.162>

Rodríguez, Y., García, M. M., Caballero, Y., Filiberto, Y., García, I. M., Machado, D., Bello, R. (2022). Fuzzy prototype selection-based classifiers for imbalanced data.

- Case study. *Revista Pattern Recognition Letters*. ISSN: 0167-8655. Volume 163, Pages 183-190. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2022.07.003>.
- Saravanan, G., Parkhe, S. S., Thakar, C. M., Kulkarni, V. V., Mishra, H. G., & Gulothungan, G. (2022). Implementation of IoT in production and manufacturing: An Industry 4.0 approach. *Materials Today: Proceedings*, 51, 2427-2430. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.604>
- Siivonen, J., Pöysäri, S., Hakamäki, A.-M., Lanz, M., Salminen, K., Ijas, M., . . . Nieminen, H. (2022). Reconfigurable Pilot Lines Enabling Industry Digitalization: An Approach for Transforming Industry and Academia Needs to Requirements Specifications. *Procedia CIRP*, 107, 1226-1231. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.136>
- Villalonga, A. (2021). Detección prematura de fallos en procesos mecánicos basada en una arquitectura inteligente. Tesis de Doctorado en Ingeniería Mecánica. Universidad de Matanzas.
- Villalonga, A. (2017). Sistema de monitoreo de bajo costo para procesos y sistemas mecánicos, Tesis de Maestría en Ingeniería Asistida por Computadora, Universidad de Matanzas.
- Valido, L.A. (2019). Visualizador de la interfaz hombre-máquina del sistema ROFLEXIN/LC para dispositivos móviles, Tesis de Maestría en Ingeniería Asistida por Computadora, Universidad de Matanzas.
- Yang, L., Zou, H., Shang, C., Ye, X., & Rani, P. (2023). Adoption of information and digital technologies for sustainable smart manufacturing systems for industry 4.0 in small, medium, and micro enterprises (SMMEs). *Technological Forecasting and Social Change*, 188, 122308. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122308>