

Estructura tecnológica y organizacional de inclusión a la industria 4.0 en universidades como un factor en la eficiencia de procesos productivos y de servicios en el sector empresarial

Technological and organizational structure of inclusion to industry 4.0 in universities as a factor in the efficiency of productive processes and services in the business sector

GONZÁLEZ-SILVA, Marco Antonio†*, HERNÁNDEZ-PÉREZ, Faride y ZAMUDIO-GARCÍA, Víctor Manuel

Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Departamento de Ingeniería en Tecnologías de la Información, México.

ID 1^{er} Autor: Marco Antonio, González-Silva / ORC ID: 0000-0002-3327-8047, Research ID Thomson: U-8432-2018, CVU CONACYT ID: 173601

ID 1^{er} Coautor: Faride, Hernández-Pérez / ORC ID: 0000-0001-9426-4944, CVU CONACYT ID: 557262

ID 2^{do} Coautor: Víctor Manuel, Zamudio-García / ORC ID: 0000-0002-4660-8025, CVU CONACYT ID: 482212

DOI: 10.35429/JOCT.2020.13.4.1.8

Recibido: Abril 10, 2020; Aceptado: Junio 30, 2020

Resumen

En la actualidad la sociedad vive regida por la tecnología, la cual evoluciona día con día, un ejemplo de ello es la transformación que representa el último paradigma denominado Industria 4.0. Este concepto está orientado a cumplir con dos objetivos principales; la automatización en la mejora de procesos industriales; y la interconectividad de dispositivos, donde se aplican técnicas como sensado y análisis de datos. Basados en estas herramientas, esta transformación tecnológica demanda el estudio de procesos industriales, o servicios, para la identificación de puntos clave en ellos donde se puedan hacer mejoras. Antes de su implementación, estos cambios se visualizan a través de prototipos científicos que cuentan con tecnología aplicada para predecir su funcionalidad en un entorno real. Estos retos de prototipado crean el vínculo perfecto entre escuela e industria, ya que estos últimos tienen la necesidad de mejorar procesos auxiliándose de centros de investigación, como los existentes en las universidades. En este artículo se describe una estructura y metodología flexible, diseñada para universidades, para desarrollar estudios sobre procesos en las organizaciones y generar prototipos basados en tecnología de Industria 4.0, desde una perspectiva de investigación científica.

Metodologías para proyectos tecnológicos, Industria 4.0, Prototipos científicos

Abstract

Currently, society lives governed by technology, which evolves day by day, an example of this is the transformation represented by the last indicated Industry 4.0 paradigm. This concept is oriented to fulfill two main objectives; automation in the improvement of industrial processes; and device interconnectivity, where techniques such as sensing, and data analysis are used. Based on these tools, this technological transformation demands the study of industrial processes, or services, to identify key points in them where improvements can be made. Before implementation, these changes are visualized through scientific prototypes that have applied technology to predict their functionality in a real environment. These prototyping challenges create the perfect link between school and industry, as the latter need to improve research center support processes, such as links at universities. This article describes a flexible structure and methodology, designed for universities, to develop studies on processes in organizations and generate prototypes based on Industry 4.0 technology, from a scientific research perspective.

Methodologies for Technological projects, Industry 4.0, Scientific prototypes

Citación: GONZÁLEZ-SILVA, Marco Antonio, HERNÁNDEZ-PÉREZ, Faride y ZAMUDIO-GARCÍA, Víctor Manuel. Estructura tecnológica y organizacional de inclusión a la industria 4.0 en universidades como un factor en la eficiencia de procesos productivos y de servicios en el sector empresarial. Revista de Tecnologías Computacionales. 2020. 4-13:1-8.

* Correspondencia al Autor: (Correo electrónico: a.jimenezrico@ugto.mx)

† Investigador contribuido como primer autor.

Introducción

Desde hace años la tecnología, en todas sus representaciones, ha ido evolucionando para mejorar la calidad de vida de las personas en el mundo. Con el tiempo se ha podido observar el avance que tiene y como sido factor para definir distintas épocas en la historia. La Industria es uno de los sectores que ha sido beneficiado con esta evolución, ésta se ha enfocado en aprovechar diversos factores que le ayuden a generar productos y servicios para la sociedad (Nelson, 2011).

La industria ha evolucionado gracias a la implementación de avances tecnológicos que han cambiado los procesos de producción, a estas etapas se les denomina revolución de la Industria. Iniciando con los primeros grandes cambios se dio paso a la Industria 1.0, donde surgió la máquina de vapor. Esto permitió realizar algunos procesos con ayuda de máquinas que funcionaban con vapor, aumentando considerablemente la producción pues anteriormente se realizaban todos los procesos a mano. Después surgió la industria 2.0, con ella llegó la electricidad aplicada a muchos procesos mecánicos de producción como líneas de ensamblaje. Con la industria 3.0 se introducen entes programables para realizar una acción en específico, a éstos se les conoce como robots programables, y requieren de un experto para programar sus funciones. Actualmente varios procesos de producción están siendo afectados por la introducción de la Industria 4.0. Este paradigma introduce trabajo totalmente automatizado, en tiempo real y reprogramables en todo momento, todo ello gracias a la combinación de sistemas autónomos y tecnologías de la información (Kong *et al.*, 2018).

En el sector productivo la Industria 4.0 también ha evolucionado la manera en que la información es obtenida y analizada. Se puede decir que, si hay una forma de mejorar algún proceso en particular, es gracias a la calidad de la información obtenida y al manejo que se le dé posteriormente (Lazarova-Molnar *et al.*, 2018). Con este estudio y manipulación de datos se pueden detectar puntos débiles a solventar.

Esto podría significar que, en varios casos de implementación de esta revolución tecnológica, en procesos productivos, la clave está en el estudio de los procesos, el análisis de información y metas que pretenden cumplir. Esta indagación científica significa un vínculo entre empresas y centros de investigación capaces de ofrecer soluciones basadas en análisis de información y estimación de cumplimiento de metas. De lo anterior, la fórmula que puede lograr los resultados esperados es la unión de trabajo Industria-Universidad. Esta conjunción permite que ambos miembros tengan acceso a tecnología y conocimiento (Barnes *et al.*, 2002). Por tanto, la búsqueda de patentes y aplicación de conocimiento es más fácil que fluya como producto del trabajo en conjunto. Como un impulso para lograr estos vínculos, los gobiernos han promovido la creación de parques tecnológicos, cuyo concepto recae en la descripción de espacios destinados al establecimiento de empresas tecnológicas donde se destine el conocimiento científico para el desarrollo de una región o un país.

Sin embargo, estos acercamientos no son tan frecuentes cuando se trata de crear proyectos innovadores de manera conjunta. Si bien la industria tiene acuerdos con centros universitarios, esto es más común con instituciones privadas. En consecuencia, no en todas las universidades se buscan alianzas con las empresas, debido a que la investigación científica no es prioridad en los objetivos planeados. Entonces, ¿de qué manera una universidad puede realizar una planeación, y con qué elementos debe contar para involucrarse en la solución de proyectos basados en Industria 4.0?, y que dicha participación le permita ser parte de soluciones a problemáticas comunes en la industria y sociedad y como formadora de recursos humanos con competencias profesionales aptas para los retos tecnológicos actuales.

Hipótesis

La creación de una estructura organizacional y tecnológica implementada dentro de una universidad le permitirá a ésta identificar deficiencias y proponer soluciones eficaces en procesos productivos a través del uso de tecnologías basadas en el paradigma de Industria 4.0.

Objetivos

Definir una estructura, que, usada en las universidades, permita identificar oportunidades de aplicación de soluciones basadas en Industria 4.0.

Describir algunas tendencias tecnológicas de industria 4.0 útiles en diversos sectores de la industria.

Para definir la estructura tecnológica y organizacional, este trabajo se basó en una metodología aplicada con un enfoque cuantitativo y de tipo documental. Se utilizaron herramientas como encuestas y entrevistas para conocer el estado de la situación actual de empresas en cuanto a conocimiento y aplicación del paradigma Industria 4.0 en México, pretendiendo demostrar el área de oportunidad que significa la definición de esta estructura. La investigación documental se utilizó para seleccionar, compilar, organizar, interpretar y analizar información sobre las diferentes metodologías disponibles para desarrollo de proyectos, prototipos y análisis de problemas, así como herramientas necesarias para el desarrollo de prototipos basados en Industria 4.0. De esta manera se tuvo un punto de referencia para empezar a generar la estructura tecnológica y estructural.

La estructura de este trabajo está organizada de la siguiente manera. En la sección 2 se presentan algunos ejemplos de proyectos empresariales donde se hace uso de Industria 4.0 y otros donde se vea la importancia de inmersión de instituciones de educación en dichas tecnologías. En la sección 3, metodología, se menciona las técnicas y elementos utilizados en este proyecto. En la sección 4, propuesta de estructura, se detallan los estudios, implementación y análisis de la organización, tecnología y metodologías propuestas para una estructura funcional en universidades que brinden solución a proyectos de industria 4.0. En la sección 5 se presentan las conclusiones de este trabajo. En la sección 6, recomendaciones, se hace una breve proyección del trabajo a futuro. En la sección 7, agradecimientos, se hace mención del apoyo recibido para este trabajo. En la sección 8, referencias, se muestra la documentación consultada.

Trabajo relacionado

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en su informe del 2007 sobre la educación superior y sus regiones, afirma que “las universidades deben jugar un papel mucho más importante en el desarrollo económico regional”. Se propone que debiese existir una mayor autonomía e incentivos en las universidades para vincularse con pequeñas y medianas empresas. Esto es, desde entonces se buscaba que el crecimiento de ambas fuera en conjunto.

En otros países como Rusia, se han hecho estudios sobre la importancia de la movilidad intersectorial de los investigadores en las universidades (Dezhina, 2015). Se describe cómo existe una baja tasa de movilidad de los investigadores hacia la industria, aunque sea por periodos cortos, lo que conlleva a poca transferencia de conocimiento.

De acuerdo con Sarabia (2016), en México hacen falta implementar políticas públicas regionales que promuevan la vinculación entre empresas y universidades de acuerdo con los campos de desarrollo y las líneas de formación que se manejen, respectivamente.

El concepto *startup* se refiere a la reciente creación de una empresa. En Brasil (Figueredo, 2019), un estudio reciente hace mención que este tipo de empresas, orientadas al concepto de investigación y desarrollo (I+D), requieren de estrategias que contemplen alianzas con el gobierno y universidades para afrontar los retos de la digitalización e Industria 4.0.

Referente a procesos industriales, se puede decir que todos los campos están siendo afectados por la tecnología actual. Las cadenas de suministro pueden ser monitoreadas en tiempo real, elaboración de productos, servicios y modelos de negocio están tomando un enfoque inteligente (Alcacer *et al.*, 2019).

Finalmente, existen diversos campos de oportunidad para las tecnologías actuales. El Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), ha contribuido en numerosas propuestas donde información de todo tipo de variables puede ser consultada y transmitida a través de las redes de datos.

Muchas de estas soluciones han logrado mejorar la calidad de vida de personas, mejorar su rendimiento, generar nuevas oportunidades de negocio, etc. Sin embargo, para poder lograr estos beneficios se requiere un estudio exhaustivo de la implementación de esta tecnología y su combinación con otras como *big data*, *cloud computing* y *ciencia de datos* (Lampropoulos *et al.*, 2019). Con ello se puede concluir que para lograr completar proyectos exitosos de Industria 4.0, se requiere de un grupo de personas expertas en varias áreas del conocimiento, además de analíticos, administradores y otros colaboradores que trabajen en distintas áreas para analizar todas las variables y áreas de oportunidad existentes.

Metodología

En la actualidad la competencia global, reflejada en el desarrollo basado en tecnología e innovación de las empresas, sobre todo de manufactura, exige una reconfiguración de procesos. En México se observa que para poder avanzar hacia la llamada Cuarta Revolución Industrial, la economía del conocimiento y del valor agregado, es necesario trabajar en cuatro pilares fundamentales: Desarrollo de capital Humano, Innovación, Clúster y Adopción tecnológica (Secretaría de Economía, 2019).

Encuestas

Para definir el nivel de implementación de estas características en las empresas, se desarrolló e implementó una encuesta a 100 empresarios mexicanos, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- El 60% conoce a que se refiere el término Industria 4.0 (I4.0).
- Después de una breve explicación sobre terminología de I4.0, el 95% acepta no tener nada en su empresa bajo este paradigma. Sin embargo, y pesar de su falta de conocimiento, el 77% están dispuestos a invertir e implementar estas tecnologías en sus procesos.

Con estos resultados se justifica la importancia de generar una estructura que permita a la industria en México crecer con la implementación de tecnología basada en I4.0.

Si bien se sabe de la importancia de hacer crecer el sector manufacturero en México, también se sabe del nivel de inversión que esto requiere pues, aunque muchos procesos de manufactura son parecidos, cada uno significa un estudio diferente para poderlo eficientar bajo I4.0.

Una de las oportunidades que se presentan en el presente artículo es generar el interés de que las universidades inviertan en investigación y desarrollo de soluciones I4.0. Para verificar la pertinencia de esta propuesta se aplicó una encuesta a 100 universidades, 30% del sector privado y 70% del sector público, sobre su interés en estos temas. Los resultados se describen a continuación.

- El 100% respondió que designan recurso para generar investigación.
- 92% están interesadas en generar proyectos que tengan que ver I4.0.
- 98% respondieron estar interesados en apoyar el crecimiento económico del país, con este tipo de estrategias.

Con estos resultados se comprueba que la estructura planteada en el presente artículo es pertinente, y se puede aplicar de manera inmediata.

Investigación documental

Metodologías de desarrollo de proyectos:

En (Mon *et al.*, 2018) se define que para poder generar estudios basados en I4.0 se requiere:

- Tecnología para poder diseñar, desarrollar y probar prototipos con tecnología de monitoreo, automatización e inteligencia artificial.
- Acceso a internet, servidores y sistemas de almacenamiento.
- Expertos en electrónica, desarrollo de software y bases de datos.

De los puntos anteriores existen algunos criterios que no se han contemplado y que suelen ser de gran ayuda cuando se buscan soluciones innovadoras. En este rubro entran conceptos como realidad aumentada, virtual y mixta. En ellas es indispensable contar con algún tipo de hardware para poder explotar las propuestas realizadas, para ello se sugiere lo siguiente:

- Licencias de desarrollo de software 3D de manejo de imágenes 3D y animación.
- Visores de ambientes virtuales.
- Dispositivos de cómputo inteligente para pruebas.
- Analistas expertos.

En (Mon *et al.*, 2018), (Mallol *et al.*, 2018) y (Martínez *et al.*, 2019) se describen proyectos basados en I4.0, todos ellos aplicados a diferentes problemas en la industria. De estos trabajos se definen los requerimientos que debe tener una empresa para aplicar soluciones de esta índole.

- Disposición de tiempo del personal como administrativos, obreros y dueños.
- Disposición a invertir.
- Necesidad de eficientar procesos.
- Interés de implementar sistemas autónomos.
- Disposición de tomar capacitación.

Propuesta de estructura

La estructura aquí expuesta contempla tres áreas fundamentales para que una universidad pueda desarrollar y proponer soluciones que incluyan tecnología I4.0: organizacional, tecnológica y metodológica.

Estas tres áreas deben trabajar en conjunto para lograr un proceso de consultoría cuyas fases son Inicialización, Diagnóstico, Planificación de Medidas, Aplicación y Terminación.

Para lograr una consultoría exitosa la distribución de tareas en distintos departamentos es fundamental. La estructura universitaria debe contar con divisiones donde en cada una se cuente con personal especializado. Por ejemplo, en la fase de Inicialización se debe contar con áreas de marketing, vinculación y comunicación social, donde se genere demanda, se realicen campañas de publicidad y se generen relaciones con clientes potenciales.

A continuación, se definen las fases de desarrollo de un proyecto, las metodologías empleadas en ellas, así como la tecnología sugerida basados en una consultoría universitaria. Estas fases son:

Generación de demanda. De acuerdo con los resultados de las encuestas de la sección 3 de este trabajo, en la industria y de forma general, existe un desconocimiento del uso de tecnologías emergentes orientadas a digitalización e inteligencia de procesos. Por lo tanto, se requieren de campañas de difusión para impulsar el desarrollo y la concientización de esta era tecnológica.

En el contexto universitario resulta difícil pensar en atraer clientes industriales que deseen sumarse a estos cambios, sobre todo cuando en los procesos de éstos se cree que no existe ninguna necesidad de mejora. Por estas razones, es necesario utilizar metodologías de campañas de marketing inbound y outbound, donde se aproveche cualquier espacio de difusión de información. Dentro de las estrategias planteadas se propone:

- Participación y/o organización de congresos, simposiums o conferencias. Es importante buscar que en estos eventos no solo participe la comunidad de investigación universitaria, sino también el sector industrial. Es importante aprovechar los foros abiertos para exponer y presentar tecnologías vanguardistas.
- Organización de Hackathon. Este concepto ha ayudado mucho a las grandes empresas para acercarse a la comunidad en busca de talento y soluciones viables para sus problemas actuales. Los retos planteados bien podrían estar condicionados en soluciones de I4.0.

- Portales inteligentes. Si bien un sitio web con información sobre algún tema de interés es algo común como estrategia de marketing, un sitio inteligente puede tener mayores beneficios cuando se trata de buscar posibles clientes. La web 4.0 abarca estos conceptos ya que implica que existan respuestas dinámicas y personalizadas para cada usuario. Para lograrlo, existen herramientas como; generación de bots, donde se tiene una mayor comprensión del lenguaje natural; uso de información de contexto, como mapas de ubicación; en el sentido de análisis de datos se pueden usar herramientas de machine o deep learning para encontrar patrones y definir el tipo de usuarios que consultan el portal.

Estudio de problemáticas. Una vez visualizados los posibles clientes es necesario hacer un estudio de viabilidad de implementación de I4.0 en sus procesos. El estudio debe comprender:

- Modelo de madurez. Esto con el fin de tener un diagnóstico actual de la empresa tanto económicamente como tecnológicamente.
- Identificar áreas de oportunidad. Implica detectar que variables en un proceso pueden ser manipuladas de manera que exista un valor agregado en los resultados, esto puede reflejarse en tiempos, desempeño, costos, etc.
- Conocer condiciones o políticas de trabajo. En un ámbito empresarial pueden existir políticas laborales que impidan o favorezcan la implementación de nuevas estrategias. Se debe tomar en cuenta que la visión de que todo cambio implica un riesgo puede detener la innovación, y cambiar paradigmas suele ser un reto para la transformación digital.

Prototipado. Una vez detectada un área de oportunidad, resultaría inconveniente implementar un cambio sin antes haber hecho pruebas con algún prototipo.

En las universidades los laboratorios de tecnología y cómputo son los espacios adecuados para desarrollar prototipos. Los aspectos tecnológicos básicos para cubrir son:

- Sensado. Captura de datos de variables físicas o biológicas de carácter analógico y/o digital. Esto se logra con sensores comerciales o de uso específico.
- Automatización. Aplicación de electrónica y mecánica como respuesta a una condición. Las plataformas de desarrollo conocidas como microcontroladores o controlador lógico programable (PCL, por sus siglas en ingles), son adecuadas para producir una respuesta física de un proceso.
- Cómputo en la nube. En la actualidad resulta inusual tener el manejo de datos en un sitio local.
- Las necesidades de movilidad, disponibilidad y almacenamiento hacen indispensable el uso de infraestructura en la nube como servidores, este concepto se conoce como Infraestructura como Servicio (IaaS, por sus siglas en ingles). Entre los proveedores más importantes de esto están Microsoft Azure, AWS de Amazon y Google Cloud.
- Inteligencia Artificial (IA). La IA es un elemento clave en el desarrollo de un prototipo vanguardista. En el ámbito universitario es posible trabajar con algunas herramientas de uso libre para crear ChatBot, redes neuronales, reconocimiento de voz, entre otras.

Tanto para el área de *estudio de problemáticas* como para *prototipado* se requiere la aplicación de metodologías basadas en hardware, software, algoritmos y algunas otras características. Para la definición de estos prototipos se propone la metodología Design Thinking (DT). DT es un método para generar ideas innovadoras que centra su eficacia en entender y dar solución a las necesidades reales de los usuarios, una de sus principales características es el trabajo en equipo, este se reúne a generar ideas que resuelvan las necesidades de un conjunto de usuarios de la manera más conveniente, esta metodología es la ideal para el desarrollo de un proyecto ya que promueve la creatividad y se aplican diferentes puntos de vista con diferentes perspectivas.

Gestión de proyecto. Un área indispensable en cualquier desarrollo de proyectos es su gestión. Resulta indispensable la planeación de tareas, revisión de avances, gestión de recursos y planeación de actividades.

Para la gestión de proyectos se requiere la aplicación de metodologías ágiles. Estas son la mejor opción dentro de un contexto único caracterizado por equipos medianos o pequeños de desarrollo, con clientes capaces de tomar decisiones acerca de los requerimientos y su evolución, y principalmente con requerimientos que cambian con frecuencia. Estas metodologías toman en cuenta inversiones variables y con pocas restricciones en el proceso de desarrollo. Por estas razones, para el seguimiento de un proyecto, se propone utilizar Scrum, de rápido desarrollo que permite dar un monitoreo puntual de las actividades, plantear objetivos a cumplir diariamente. Es capaz de detectar problemas en el desarrollo del proyecto de manera rápida y concentrarse en resolverlos, de esta manera es muy poco probable que haya postergación de tiempos de entrega o choques entre las actividades de desarrollo.

La estructura de áreas, tecnologías y metodología para inclusión de universidades en proyectos de I4.0 se puede apreciar en el esquema de la figura 1. En ella se puede ver que sus alcances y objetivos abarcan desde procesos internos hasta la implementación con el cliente. Los vínculos más fuertes entre niveles se dan con la generación de propuestas y la aplicación de prototipos.

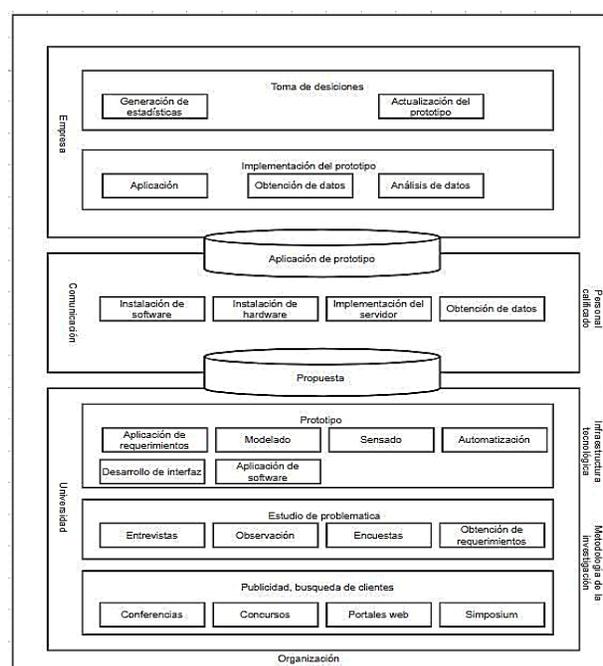


Figura 1 Estructura de propuesta de inclusión a I4.0

Conclusiones

La incorporación de tecnologías relacionadas a la Industria 4.0 representa un gran reto para todas aquellas instituciones que están siendo afectadas en sus procesos. Para su implementación, se requiere de un conjunto de elementos tecnológicos, humanos y organizacionales que permitan estudiar todas aquellas variables donde exista oportunidad de mejora.

Las universidades son un ente adecuado para implementar estructuras que brinden soluciones de Industria 4.0. En ellas se encuentran líneas de investigación multidisciplinarias, profesionales expertos en diversas áreas, espacios de trabajo donde existe tecnología aplicada y foros de difusión científica.

El tipo de estructura deseable para abordar proyectos de Industria 4.0 se visualiza con tres grandes áreas; organizacional con personal calificado por sección, infraestructura tecnológica y metodologías de investigación.

Recomendaciones

La propuesta estructural aquí expuesta, cuyo objetivo es ser base para que universidades puedan proponer soluciones de Industria 4.0, podría sugerir elementos tecnológicos y humanos difíciles de adquirir en un tiempo inmediato. Por lo tanto, una alternativa es la asociación, en una etapa inicial, con instituciones que ya tengan experiencia y recursos en el tema. Las alianzas no solo permiten replicar y aprender nuevas técnicas, sino que expanden las áreas de oportunidad de aplicación tecnológica.

Agradecimientos

Gracias al proyecto de Centro de Innovación Industrial LANIB 2020, apoyado por la Secretaría de Economía y a la empresa Megahabilidades S.A., por el apoyo de investigación, documentación y realización de este trabajo.

Referencias

- Alcacer V. y Cruz-Machado V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *International Journal of Engineering Science and Technology*. Vol. 22. No. 3, Junio 2019. pp. 899-919.
- Barnes T, Pashby I, Gibbons A (2002) Effective university–industry interaction: a multi-case evaluation of collaborative R&D projects. *Eur Manag J* 20:272–285. doi.org/10.1016/s0263-2373(02)00044-0
- Chaguaro V. D. S. y Lema A. M. F. (2020). Desarrollo de aplicación multiplataforma para supervisión y control eléctrico en industria 4.0 con equipos PLC Siemens. S7-1200 Universidad de las Américas, Quito.
- Dezhina I. (2015). Intersectoral mobility of researchers in Russia: trends and policy measures. *Triple Helix*. Vol 2. No. 6. (2015). doi.org/10.1186/s40604-015-0020-7
- Figueredo R.C. (2019). Startup and the Innovation Ecosystem in Industry 4.0. *Journal of Technology Analysis and Strategic Management*. Vol. 3. No. 12. 2019. pp. 1474-1487. doi.org/10.1080/09537325.2019.1628938.
- Kong X.T.R., Yang X., Huang G.Q. y Luo H. (2018). The impact of industrial wearable system on industry 4.0. *IEEE 15th International Conference on Networkin, Sensing and Control (ICNSC)*. Marzo 2018, Zhuhai, China.
- Lampropoulos G., Siakas K. y Anastasiadis T. (2019). Internet of Things in the Context of Industry 4.0: An Overview. *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*. Vol 7. No. 1, 2019.
- Lazarova-Molnar S., Mohamed N. y Al-Jaroobi J. (2018). Collaborative Data Analytics for Industry 4.0: Challenges, Oportunities and Models. *Sixth International Enterprise Systems Conference*. 1-2 Octubre 2018, Limassol, Chipre.
- Mallol J., Boix J., Llorens D., Clausell J.J., Cantero J.I, Debón R., Ureña J.A., Vallejo C.S. y Alcoriza H.P. (2018). Industria Cerámica 4.0, Un Caso Real. *i 4.0. Qualicer*, 1, 650-657.
- Martínez A.G.E., Cuellar L.I.P., Lozano L. J. D. y Sanchez A. K. J. (2019). Desarrollo de la metodología Lean Manufacturing - Industria 4.0 para digitalizar y mejorar los procesos productivos en la empresa Cilindros. <http://hdl.handle.net/20.500.12494/13961>. Consultado el 05 de Enero de 2020.
- Mon. A., Del Giorgio H., De María E., Figuerola C. y Querel M. (2018). Evaluación del desarrollo tecnológico para la definición de Industrias 4.0. *Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, Vol. 1, 794-798.
- Nelson R.R. (2011). Co–evolution of Industry Structure, Technology and Supporting Institutions, and the Making of Comparative Advantage. *International Journal of the Economics of Business*, Vol 2, Num. 2, 2011, pp. 171-184.
- OECD. (2007). *La Educación Superior y las Regiones: Globalmente Competitivas, Localmente Comprometidas*, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264064690-es>.
- Sarabia A.G. (2016). La vinculación universidad-empresa y sus canales de interacción desde la perspectiva de la academia, de la empresa y de las políticas públicas. *Ciencia UAT*. IO 2 pp. 13-22.