

PLATAFORMAS EDUCATIVAS PARA TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0: SUPERANDO LAS BARRERAS DE ENTRADA EN MÉXICO

EDUCATIONAL PLATFORMS FOR INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES: OVERCOMING THE ENTRY BARRIERS IN MEXICO

M. F. Esparza Posadas¹
E. Ramirez Lazos²
N. Ávila Esquivel³
A. Zamora Díaz⁴

RESUMEN

La tendencia a nivel mundial impulsada por la industria 4.0 provoca que las empresas reconfiguren sus cadenas de valor mediante la integración de tecnologías de vanguardia. Por lo anterior, es importante que las nuevas generaciones de estudiantes STEM se involucren en el desarrollo e implementación de estas tecnologías a través de nuevos métodos de aprendizaje que les permitan desarrollar y ofrecer soluciones competitivas tanto en el ámbito nacional como internacional. Entre las principales tecnologías que impulsan la transformación digital a nivel global se encuentran; *cloud computing*, inteligencia artificial, *big data*, robótica e internet de las cosas (IoT). Sin embargo, México muestra un lento avance en la adopción e implementación de éstas, debido a la falta de cultura y formación educativa que se tiene respecto a estos temas. Además, muchos estudiantes enfrentan barreras de entrada como: acceso limitado a equipos, pérdida de motivación debido a la larga curva de aprendizaje y desafíos para trabajar en equipo. Por lo que, en el presente documento se abordan varias plataformas que permiten la enseñanza a nivel introductorio de las principales tecnologías de vanguardia de la industria 4.0, sorteando las principales dificultades que los estudiantes enfrentan.

ABSTRACT

The global trend driven by Industry 4.0 is causing companies to reconfigure their value chains through the integration of cutting-edge technologies. Therefore, it is important to the new generations of STEM students get involved in the development and implementation of these technologies through new learning methods that allow them to develop and offer competitive solutions both nationally and internationally. Among the main technologies driving digital transformation globally are cloud computing, artificial intelligence, big data, robotics, and internet of things (IoT). However, Mexico shows slow progress in the adoption and implementation of these technologies, due to the lack of culture and educational training on these topics. In addition, many students face entry barriers such as: limited access to equipment, loss of motivation due to the long learning curve and challenges to work in teams. Therefore, this paper shows several platforms that allow teaching at an introductory level of the main cutting-edge technologies of Industry 4.0, overcoming the main difficulties that students face.

ANTECEDENTES

Ante el inminente avance tecnológico a nivel global, empresas de todo el mundo reconfiguran sus cadenas de valor mediante la integración de nuevas tecnologías en lo que se conoce como

¹ Profesor de Asignatura. Facultad de Estudios Superiores Aragón, Universidad Nacional Autónoma de México. franciscoesparzae4@aragon.unam.mx

² Profesor de Asignatura. Facultad de Estudios Superiores Aragón, Universidad Nacional Autónoma de México. estebanlazosz8@aragon.unam.mx

³ Jefe de Carrera de Ingeniería Industrial. Facultad de Estudios Superiores Aragón, Universidad Nacional Autónoma de México. noeavila6g2@aragon.unam.mx

⁴ Ayudante de Profesor de Asignatura. Facultad de Estudios Superiores Aragón, Universidad Nacional Autónoma de México. angelazamora35@aragon.unam.mx

la industria 4.0. Por ello, es necesario que las compañías de México, principalmente las pequeñas y medianas empresas conocidas como PyMES, tomen acciones para asegurar su competitividad y supervivencia (Ynzunza et al., 2020).

A nivel global, existe una marcada tendencia hacia la industria 4.0. Sin embargo, no todos los países muestran el mismo avance respecto a esta transformación. La revista Forbes (Portella, 2018a), indica el lento avance que tiene México frente a otros países. Por otro lado, el estudio realizado por Price Waterhouse Coopers (PWC, 2016), muestra como principal obstáculo de la industria 4.0 la falta de cultura y de formación educativa en las nuevas tecnologías. Así mismo, el desconocimiento de los beneficios que puede traer la industria 4.0 provoca que las empresas mexicanas queden rezagadas (Portella, 2018b). De acuerdo con el estudio de la revista Forbes, tan solo, cerca del 5% de las empresas conocen acerca del tema de la industria 4.0 (Portella, 2018c), lo cual refleja un claro desconocimiento por parte de la mayoría de las empresas mexicanas.

En México, esta tendencia global es contemplada dentro de los Planes Nacionales de Desarrollo 2013–2018 y 2019–2024. En ellos, se reitera la importancia de fortalecer el sector productivo y fomentar el desarrollo tecnológico, con el objetivo de formar capital humano de calidad que propicie la innovación en el país (PND, 2013-2018). Finalmente, existen documentos académicos en los cuales se abordan políticas de planeación de educación superior en México para dar respuesta a los retos de la industria 4.0 (Cárdenas, 2020).

Entre las tecnologías que impulsarán la transformación digital en los próximos años, se encuentran; *cloud computing*, inteligencia artificial, *big data*, internet de las cosas (IoT), robótica, entre otras (Gonçalves et al., 2020). En este sentido, es fundamental que la nueva generación de estudiantes STEM se involucre en estos temas. Más que volverse expertos, se requiere que conozcan al menos de forma general las posibilidades y limitaciones que ofrece cada una de estas tecnologías.

Por lo anterior, surge la necesidad de aplicar nuevos métodos de aprendizaje que logren capacitar a las nuevas generaciones STEM en las tendencias que marcarán la pauta en los próximos años. Sin embargo, la mayoría de los estudiantes se enfrenta a barreras de entrada que dificultan su inmersión en estas tecnologías de vanguardia. Entre las principales dificultades se encuentran:

- Acceso limitado a tecnología y equipos.

Muchos estudiantes no tienen acceso a la tecnología y a los equipos necesarios para aprender de manera eficiente el manejo de algoritmos que requieren mucha potencia computacional, o el uso de gran cantidad de información (por ejemplo, algoritmos de inteligencia artificial o *big data*). Por otro lado, para desarrollar proyectos de robótica o internet de las cosas se requieren elementos de software y hardware (computadoras, programas especializados, material electrónico y equipo de laboratorio) que no son asequibles para todas las personas, lo que resulta especialmente problemático en materias como electrónica que requieren prácticas *hands-on*.

- Pérdida de motivación debido a la larga curva de aprendizaje.

La falta de interacción mediante ejemplos prácticos y la monotonía de algunas actividades de enseñanza (tanto en línea como presencial) pueden desmotivar a los estudiantes. Además, el uso extendido de sesiones teóricas sin actividades prácticas

disminuye el interés de las personas al visualizar las tecnologías de vanguardia como un camino demasiado largo que prefieren evitar.

- Desafíos para trabajar en equipo.

El aprendizaje de distintas tecnologías puede llegar a ser desigual debido a la accesibilidad y disponibilidad de equipo con los que cuenta cada persona. Lo anterior dificulta el trabajo en equipo en tareas o proyectos debido a la disparidad de posibilidades.

Ante las distintas problemáticas que enfrentan los estudiantes, especialmente en el regreso a clases después de la pandemia, es importante que las escuelas y universidades aborden estas dificultades proponiendo nuevos métodos de aprendizaje que proporcionen una educación de calidad para todas las personas, buscando acoplar a las nuevas generaciones a los estándares de competitividad que presenta la industria 4.0, con el fin de abordar con soltura los cambios que liderarán las tendencias empresariales en los años venideros. Ya sea a nivel internacional, o para evitar que las empresas del territorio nacional, especialmente, las PyMES, queden rezagadas en comparación con compañías multinacionales.

Desde el punto de vista económico, existen estudios como el de Siemens que sugieren que, de adoptar las tecnologías de la industria 4.0, México podría aumentar los ingresos de su industria cerca de tres mil quinientos millones de pesos para el 2025 (El Economista, 2016), esto podría llevar a México a convertirse en la quinta economía más influyente del mundo.

Por supuesto, las nuevas generaciones de estudiantes resultan determinantes para alcanzar esas metas. Debido a lo anterior surgió el siguiente cuestionamiento:

- ¿Qué herramientas o plataformas existen que sean accesibles a los estudiantes para que estos comiencen a involucrarse en las tecnologías de vanguardia que marcan la tendencia a nivel mundial?

Para responder lo anterior, se buscaron herramientas que tengan el menor número de barreras de entrada (costo, curva de aprendizaje, requerimientos computacionales, etc.) para que los estudiantes accedan de forma sencilla y comiencen a realizar proyectos donde usen tecnologías de vanguardia.

Con el fin de testear nuevos modelos de aprendizaje, se implementaron siete plataformas que permiten la inmersión de los estudiantes en tecnologías propias de la industria 4.0, como son: *cloud computing*, inteligencia artificial, *big data*, internet de las cosas, y robótica. Estas herramientas se utilizaron para los cursos de Fundamentos de Computación y Electrónica Digital de la carrera de Ingeniería Industrial, impartida dentro de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, entidad perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM.

Se eligió implementar estas herramientas específicamente en estas asignaturas debido a que el plan de estudios de éstas abarca conceptos de computación y electrónica que pueden ser hilados con el uso básico de tecnologías de vanguardia. También es importante resaltar que, para los estudiantes de Ingeniería Industrial, el semestre realizado de agosto a diciembre de 2022 fue el primer semestre que cursaron completamente presencial en la universidad. Lo anterior representó un reto adicional, pues además de mostrar los conocimientos técnicos de las asignaturas y relacionarlos con las nuevas tecnologías, se requirió impulsar el desarrollo

de habilidades interpersonales en los estudiantes (trabajo en equipo, comunicación efectiva, liderazgo, etc.) mediante un modelo de aprendizaje enfocado en proyectos y actividades prácticas que complementen los conceptos teóricos del plan de estudios de cada asignatura.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de los cursos de Fundamentos de Computación y Electrónica Digital de la FES Aragón se optó por un método de aprendizaje basado en el uso de plataformas y herramientas gratuitas y accesibles para los estudiantes sin importar el equipo de cómputo con el que cuenten. Incluso algunas de las plataformas que se utilizaron funcionan en dispositivos móviles como tabletas o celulares. Lo único necesario para el uso de algunas plataformas fue conectividad a internet. Requerimiento que se cubrió con la red Wifi abierta con la que cuenta la Facultad de Estudios Superiores Aragón.

Otro punto que se buscó al seleccionar las plataformas a utilizar durante el curso fue la facilidad con la que un nuevo usuario, con cero conocimientos puede aprender el funcionamiento básico de estas herramientas y comenzar a realizar actividades prácticas. Lo anterior con el fin de evitar la pérdida de motivación en los estudiantes debido a la larga curva de aprendizaje. A continuación, en la Tabla 1 se enlistan las plataformas seleccionadas para inmiscuir a los estudiantes en las distintas tecnologías de vanguardia de la industria 4.0.

Tabla 1. Plataformas educativas para tecnologías de la industria 4.0.

Plataforma propuesta	Tecnología de vanguardia que abarca
Google Sites	Cloud computing
MIT App Inventor	Cloud computing
Personal Image Classifier	Cloud computing e inteligencia artificial
Google Colab	Inteligencia artificial y <i>big data</i>
MATLAB	Inteligencia artificial y <i>big data</i>
Arduino	Robótica e internet de las cosas
Wokwi	Robótica e internet de las cosas

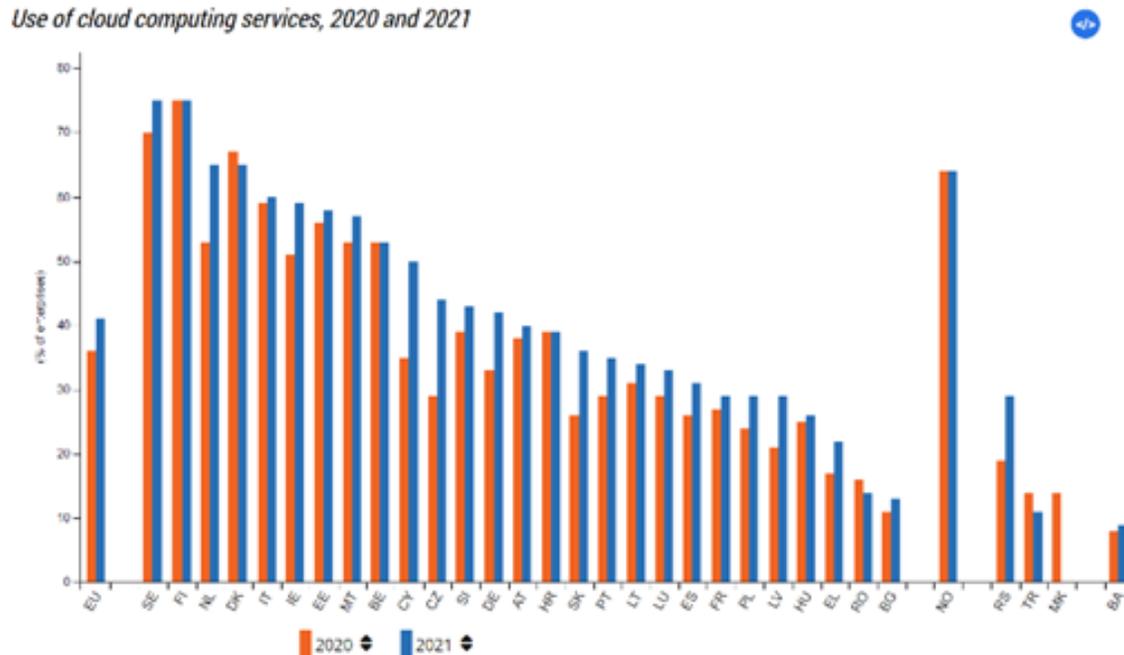
La mayoría de las plataformas de la Tabla 1 funcionan mediante *cloud computing*. Es decir, basan su funcionamiento en servicios alojados en la nube. Utilizar este tipo de soporte tiene ventajas como: acceder a la información requerida desde cualquier parte del mundo con conexión a internet, o crear copias de seguridad de manera expedita. Otro aspecto importante de usar servicios basados en *cloud computing* es la posibilidad de realizar trabajo colaborativo en tiempo real, lo que fomenta el trabajo en equipo de los estudiantes.

Finalmente, al usar plataformas alojadas en la nube, la mayor parte del procesamiento se realiza a través de los servidores de las compañías que ofrecen estos servicios, por lo que los estudiantes no tienen la barrera de entrada de contar con un equipo de cómputo de alta gama para trabajar con tecnologías de vanguardia.

Es importante dar a conocer a los estudiantes este tipo de servicios, pues de acuerdo con la oficina europea de estadística, Eurostat, en 2021 el 41% de las empresas europeas usó *cloud computing* en algún punto de sus operaciones, esto representó un incremento con respecto a lo registrado durante 2020. A continuación, en la Figura 1, se muestra la comparación del

uso de *cloud computing* en las empresas de los países de la Unión Europea, durante 2020 y 2021.

Figura 1. *Uso de cloud computing en las empresas europeas durante 2020-2021*



Fuente: Eurostat (2022)

Para adentrar a los estudiantes a servicios basados en la nube, donde pongan en práctica los conocimientos teóricos adquiridos, se utilizaron las siguientes plataformas:

Google Sites

Esta plataforma sirve para crear y publicar sitios web de forma fácil y accesible, sin la necesidad de conocer lenguajes de programación o tener habilidades de diseño avanzadas. Lo anterior gracias a que este portal funciona con una interfaz gráfica, intuitiva y fácil de usar, donde se pueden integrar otros productos de Google, como Google Maps, por ejemplo, permitiendo así generar y publicar sitios web para una amplia gama de usos, desde sitios personales hasta proyectos empresariales.

Para la asignatura de Fundamentos de Computación se utilizó esta plataforma con el objetivo de trabajar con una herramienta práctica en la generación de un sitio web del tema de interés de cada estudiante. Los sitios webs creados por los estudiantes iban desde blogs de noticias, hasta páginas de emprendimientos personales, o negocios familiares.

MIT App Inventor

MIT App Inventor es una plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles gratuita, y accesible desde internet que permite a cualquier persona, independientemente de su nivel de experiencia en programación, crear aplicaciones para dispositivos móviles de manera intuitiva mediante bloques predefinidos.

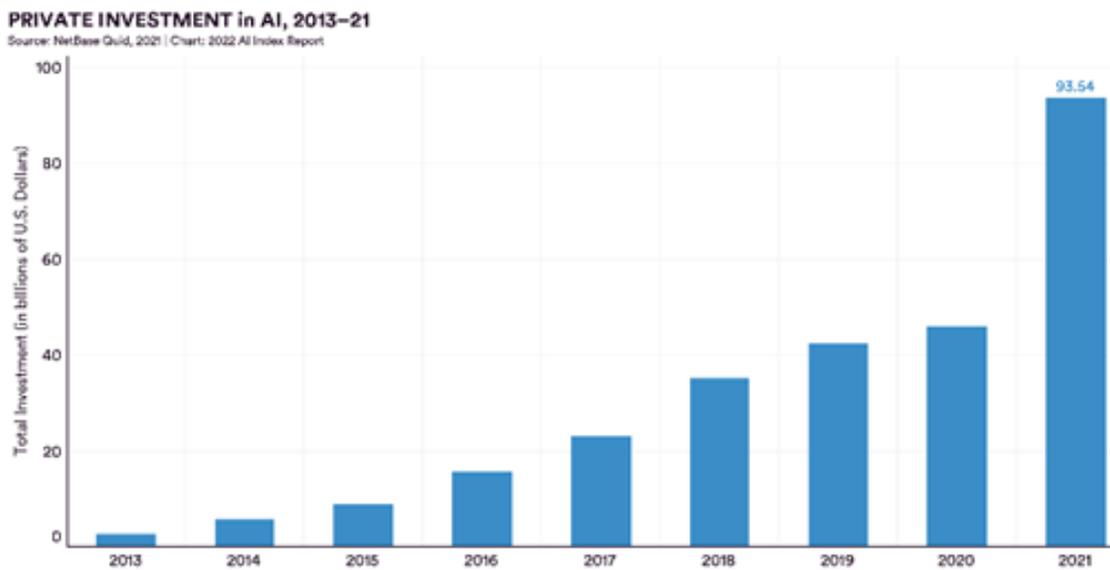
Personal Image Classifier

Esta plataforma crea modelos de clasificación de imágenes basados en algoritmos de inteligencia artificial, para ello se emplea una interfaz sencilla donde se establecen las categorías de clasificación y se cargan las imágenes que servirán como entrenamiento para los algoritmos. Todo el procesamiento se realiza en los servidores del MIT.

Para la materia de fundamentos de computación, la plataforma Personal Image Classifier se utilizó para que los estudiantes desarrollaran en equipo algoritmos de clasificación que posteriormente instalaron en aplicaciones móviles creadas por ellos mismos a través de la herramienta MIT App Inventor. Algunos de los algoritmos de clasificación que realizaron los estudiantes fueron: diferenciar entre dos tipos de plantas o de animales, identificar dos personas con el fin de activar un sistema de seguridad o determinar si traes o no cubrebocas.

En este punto del curso, fue importante mencionar a los estudiantes que además de utilizar *cloud computing*, la plataforma Personal Image Classifier está diseñada para trabajar con algoritmos de inteligencia artificial y *big data*. Estas dos áreas son sumamente importantes pues a nivel global existe una tendencia hacia el uso de algoritmos de este tipo para resolver problemas de diferentes sectores. De acuerdo con el Artificial Intelligence Index Report 2022, realizado por la Universidad de Stanford, la inversión privada en inteligencia artificial ha crecido notablemente a lo largo de la última década. Tan solo en el año 2021, la inversión privada a nivel global se duplicó respecto de lo invertido en 2020. En la Figura 2, se muestra la inversión privada global en aplicaciones de inteligencia artificial, correspondiente a cada año, desde 2013.

Figura 2. Inversión privada en inteligencia artificial durante el periodo 2013-21



Fuente: Zhang et al. (2022)

En cuanto al *big data*, de acuerdo con el portal alemán de estadística en línea, Statista, los ingresos a nivel global relacionados con el uso del *big data* se incrementarán de 28 billones de dólares generados en 2016, a 103 billones de dólares esperados para 2027. En la Tabla 2

se desglosa el ingreso a nivel global relacionado con el *big data* esperado para cada año, durante el periodo 2016 – 2027.

Tabla 2. Ingresos relacionados con el uso del *big data* en todo el mundo de 2016 a 2027

<i>Cifras en billones de dólares</i>	
Año	Ingresos (billones de dólares)
2016	28
2017	35
2018	42
2019	50
2020	56
2021	64
2022	71
2023	77
2024	83
2025	91
2026	97
2027	103

Fuente: Statista (2021).

Por lo anterior, resulta fundamental que los estudiantes STEM se capaciten en el entendimiento y uso de estas tecnologías, para ello se mostró a los estudiantes dos opciones (una de uso libre y otra de pago) para crear algoritmos de inteligencia artificial y de *big data*.

Google Colab

Google Colab es una plataforma en línea que permite a los programadores escribir, ejecutar y compartir código de manera colaborativa, fácil y eficiente usando la infraestructura de Google para ejecutar algoritmos de inteligencia artificial y *big data*. La plataforma cuenta con una interfaz intuitiva y una amplia gama de herramientas para escribir y ejecutar código en lenguajes como Python.

MATLAB

MATLAB es una plataforma de programación numérica de clase mundial que permite a los usuarios realizar análisis y visualizaciones complejas, desarrollar algoritmos y crear aplicaciones en un entorno intuitivo y fácil de usar. Pese a que este software es de pago, muchas instituciones educativas alrededor del mundo cuentan con convenios que les permiten a los estudiantes acceder a este programa de manera gratuita.

Ambas plataformas se utilizaron en la materia de Fundamentos de Computación para adentrar a los estudiantes en algoritmos de inteligencia artificial basados en redes neuronales. En el caso de Google Colab se revisó uno de los ejemplos de la plataforma acerca de una inteligencia artificial que genera texto a partir de audio, y viceversa. Por otro lado, en MATLAB se implementó un algoritmo de clasificación en tiempo real mediante la *webcam* de una computadora.

Una vez que se permeó a los estudiantes con conocimientos básicos de tecnologías como *cloud computing*, inteligencia artificial o *big data*. El siguiente paso fue mostrarles conceptos básicos de robótica e internet de las cosas (IoT), lo anterior para desarrollar habilidades de software y hardware y de esta manera brindar una formación más completa que muestre a las nuevas generaciones las posibilidades de estas tecnologías. Para esto, en la clase de Electrónica Digital se utilizaron las siguientes plataformas.

Arduino

Arduino es una plataforma gratuita y *open source* de electrónica y programación, fácil de usar y diseñada para que cualquier persona, sin importar su nivel de experiencia pueda crear proyectos electrónicos. Arduino se basa en una placa de desarrollo, compatible con una amplia variedad de componentes electrónicos. La programación se realiza mediante el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino.

Wokwi

Wokwi es una plataforma en línea (basada en servicios *cloud*) destinada a aprender sobre electrónica y programación. En ésta los usuarios pueden diseñar y simular componentes electrónicos en un ambiente virtual antes de construirlos en el mundo real.

Las plataformas antes mencionadas se utilizaron en la clase de Electrónica Digital para simular y crear proyectos donde se aplicaron conceptos básicos de robótica e internet de las cosas. Se mostró a los estudiantes como utilizar diferentes componentes como: sensores de temperatura, relevadores, unidades de medición inercial, motores a pasos, etc.

RESULTADOS

Durante el curso los estudiantes desarrollaron (principalmente en equipo) actividades prácticas donde utilizaron las plataformas mencionadas durante este documento. Estas actividades complementan la formación teórica del temario de las asignaturas. Algunos de los proyectos realizados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. *Proyectos realizados en las materias de Fundamentos de Computación y Electrónica Digital*

Proyecto realizado	Aplicación	Plataforma utilizada
Sitios web	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Blogs personales. ➤ Portales de noticias. ➤ Posicionamiento de negocios. 	Google Sites
Algoritmos de inteligencia artificial	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diferenciar entre dos tipos de plantas. ➤ Identificar rostros para sistemas de seguridad. ➤ Determinar si traes o no cubrebocas. 	MATLAB Google Colab Personal Image Classifier
Aplicaciones móviles	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Juegos de plataformas. ➤ Reconocimiento de rostros. 	MIT App Inventor
Proyectos de domótica	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Control de luces en el hogar. ➤ Acondicionamiento de ambientes para mascotas. 	Arduino Wokwi

CONCLUSIONES

La tendencia a nivel global indica que los ingresos generados por el uso de tecnologías como; inteligencia artificial, robótica, internet de las cosas (IoT), *big data* y *cloud computing*, seguirán creciendo durante los siguientes años. Por lo que es necesario que los estudiantes mexicanos de áreas STEM se involucren en este tipo de temas, con el fin de adaptarse a los nuevos estándares de competitividad, y a las nuevas profesiones que presenta la industria 4.0. En este sentido, es fundamental que en las escuelas se desarrollen nuevos métodos de aprendizaje que sorteen las barreras de entrada que enfrentan los estudiantes hacia este tipo de tecnologías.

Uno de los problemas más grandes que enfrentan las nuevas generaciones para adentrarse en tecnologías de la industria 4.0 son los requerimientos computacionales. Una posible solución es el uso de *cloud computing*, de esta manera se puede impulsar a los estudiantes a realizar actividades prácticas que les rebelen las posibilidades de estas nuevas tecnologías. Mediante este tipo de enseñanza a través de proyectos se desarrollan habilidades en los estudiantes que después podrán implementar en empresas internacionales, y sobre todo en empresas nacionales, pues una de las razones principales del rezago que presentan las empresas mexicanas en la adopción de estas tecnologías es el desconocimiento de las ventajas y desventajas que traen consigo este tipo de herramientas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arduino (2023). *Arduino IDE 1.8.19*. <https://www.arduino.cc/en/software>
- Cárdenas, F. (2020). Higher education planning policy on México and industry 4.0: 2013-2024. *Política, Globalidad y Ciudadanía*, 6(12), 49. <https://doi.org/10.29105/pgc6.12-3>
- Diario Oficial de la Federación (20 de mayo de 2013). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013
- Diario Oficial de la Federación (12 de julio de 2019). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019
- Eurostat (2021). Cloud computing - statistics on the use by enterprises. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Cloud_computing_-_statistics_on_the_use_by_enterprises
- Gonçalves, C., Winroth, M., & Dener, E. (2020). Sustainable manufacturing in Industry 4.0: an emerging research agenda. *International Journal of Production Research*, 58(5), pp. 1462-1484. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2019.1652777>
- Google (2023a). *Google Sites: Sign-in*. <https://sites.google.com/>
- Google (2023b). *Te damos la bienvenida a Colaboratory*. <https://colab.research.google.com/>
- Massachusetts Institute of Technology (2023a). *MIT App Inventor*. <https://appinventor.mit.edu/>

- Massachusetts Institute of Technology (2023b). *Training Page. Personal Image Classifier*.
<https://classifier.appinventor.mit.edu/>
- MathWorks (2023). *Designed for the way you think and the work you do. MATLAB*.
<https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
- Notimex (21 de noviembre de 2016). Digitalización puede incrementar industria mexicana en 3,500 mdp. *El Economista*.
<https://www.economista.com.mx/empresas/Digitalizacion-puede-incrementar-industria-mexicana-en-3500-mdp-20161121-0084.html>
- Portella, A. (2 de mayo de 2018a). Industria 4.0, una revolución que se retrasa en México. *Forbes*. <https://www.forbes.com.mx/industria-4-0-una-revolucion-que-se-retrasa-en-mexico/>
- Portella, A. (9 de agosto de 2018b). Empresarias buscan que mujeres lideren la industria 4.0. *Forbes*. <https://www.forbes.com.mx/empresarias-buscan-que-mujeres-lideren-la-industria-4-0/>
- Portella, A. (10 de agosto de 2018c). México no tiene rezago, sino ignorancia hacia la revolución industrial 4.0. *Forbes*. <https://www.forbes.com.mx/mexico-no-tiene-rezago-sino-ignorancia-hacia-la-revolucion-industrial-4-0/>
- Price Waterhouse Coopers [PwC] (2016). *Industry 4.0: Building the digital Enterprise*.
<https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Statista (2021). *Big data revenue worldwide from 2016 to 2027, by major segment*.
<https://www.statista.com/statistics/301566/big-data-factory-revenue-by-type/#statisticContainer>
- Wokwi (2023). *Wokwi - Online Arduino and ESP32 Simulator*. <https://wokwi.com/>
- Ynzunza, C., Izar, J., y Bocarando, J. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *ConCiencia Tecnológica* (54), pp. 33–45.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6405835>
- Zhang, D., Maslej, N., Brynjolfsson, E., Etchemendy, J., Lyons, T., Manyika, J., Ngo, H., Niebles, J., Sellitto, M., Sakhaee, E., Shoham, Y., Clark, J., & Perrault, R. (2022). *The Artificial Intelligence Index 2022 Annual Report*. AI Index Steering Committee, Stanford Institute for Human-Centered AI, Stanford University.
https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2022/03/2022-AI-Index-Report_Master.pdf