

## RETO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y LA ROBÓTICA PARA LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Recibido: 07 septiembre de 2020  
Aceptado: 29 de septiembre de 2020

F. Orduña Correa<sup>1</sup>  
M.C. Rosas Rivera<sup>2</sup>  
F. Orduña González<sup>3</sup>  
M.G. Galván Hernández<sup>4</sup>

### RESUMEN

La Ingeniería Industrial es una de las carreras con mayor demanda en nuestro país, uno de sus principales objetivos es la optimización de los procesos, actualmente la industria transita por la cuarta revolución industrial con cambios trascendentales en los conceptos de manufactura, predominando la implementación de sistemas automatizados y la robótica, lo que implica que los egresados deben conocer y saber implementar las últimas actualizaciones de los equipamientos y tecnologías aplicadas en los sistemas productivos. Partiendo de estos hechos, se decidió realizar un estudio preliminar para identificar la pertinencia de los programas educativos de algunas instituciones de educación superior que ofrecen la carrera en nuestro país, con el propósito de conocer que peso curricular le dan a los conceptos de automatización y robótica, encontrando que solo se ofrecen dos materias relativas a éstos conceptos. Esta circunstancia motivo a la realización de un experimento piloto mediante la estrategia de vinculación con una empresa de reconocido prestigio internacional, experta en soluciones de automatización como lo es FESTO cuya experiencia en temas de hidráulica, neumática, programación PLC entre otros, así como el uso de simuladores pudiera brindar a un grupo de estudiantes próximos a insertarse en la residencia profesional, capacitación de vanguardia para destacar en atributos de competitividad e implementación de soluciones como ingeniero industrial.

**PALABRAS CLAVE:** Automatización, Robótica, Ingeniería Industrial, Tecnología

### ABSTRACT

Industrial Engineering is one of the careers with the greatest demand in our country, one of its main objectives is the optimization of processes, currently the industry is going through the fourth industrial revolution with transcendental changes in manufacturing concepts, predominantly the implementation of systems automated systems and robotics, which implies that graduates must know and know how to implement the latest updates to the equipment and technologies applied in production systems. Based on these facts, it was decided to carry out a preliminary study to identify the relevance of the educational programs of some higher education institutions that offer the career in our country, in order to know what curricular weight they give to the concepts of automation and robotics, finding that only two subjects related to these concepts are offered. This circumstance led to the realization of a pilot experiment through the strategy of linking with a company of recognized international prestige, an expert in automation solutions such as FESTO whose experience in hydraulics, pneumatics, PLC programming among others, as well as the use of simulators could provide a group of students about to be inserted in the professional residence, cutting-edge training to stand out in attributes of competitiveness and implementation of solutions as an industrial engineer.

**KEY WORDS:** Automation, Robotics, Industrial Engineering, Technology

---

<sup>1</sup> Dr Francisco Orduña Correa Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, francisco.orduna@tecvalles.mx

<sup>2</sup> M.C. Ma. Del Carmen Rosas Rivera Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, carmen.rosas@tecvalles.mx

<sup>3</sup> Ing. Fernando Orduña González Supervisor de Producción IMI Norgren, fernando.orduna@imi-precision.com

<sup>4</sup> María Guadalupe Galván Hernández Estudiante de 9 semestre de Ingeniería Industrial Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles 16690171@tecvalles.mx

## INTRODUCCIÓN

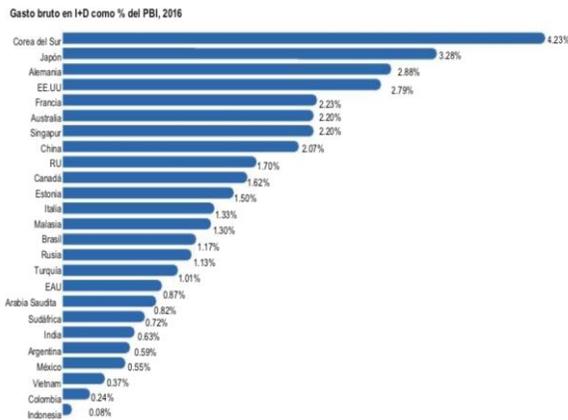
Una de las áreas de mayor crecimiento en la industria en los últimos diez años, ha sido la automatización y la robótica, donde se han reportado crecimientos sostenidos significativos, en instalaciones de robots, que van desde 112 mil robots instalados en el año 2008 hasta más de 400 mil unidades instaladas en el 2018, en base al informe de Steven Wyatt en su libro publicado en 2019, lo que representa un crecimiento más del 370% durante los diez años analizados en el reporte. Aun cuando el mayor crecimiento ha sido en Asia y Australia, también en América se ha presentado un crecimiento del 323% en los mismos diez años, pasando de 17 mil unidades instaladas en 2008 a 55 mil unidades instaladas en el 2018 (Wyatt 2019, págs. 1-14). En base al mismo documento, se observa que, el mayor crecimiento en inversiones de automatización y robótica ha sido para la industria automotriz, seguida de los electrodomésticos, metal mecánico, industria de los plásticos y por último la de los alimentos, principalmente.

La Federación Internacional de Robots (IFR) por sus siglas en inglés, menciona que en el 2018 se realizaron análisis en tres áreas de aplicación para robótica y automatización, resultó que los Robots para Servicio Profesional contaron con un crecimiento del 61%, los Robots para Servicio Doméstico con un crecimiento del 59%, y Robots para entretenimiento, con un crecimiento del 8%, destacando además que la perspectiva de crecimiento para los siguientes cuatro años se estima en 41%, 40% y 10% anual para esas mismas tres áreas de aplicación respectivamente.

La agencia de investigaciones en avances científicos y tecnológicos *The Economist Intelligence Unit*, en 2018 realizó un estudio global para identificar qué países estaban mejor preparados para enfrentarse a los cambios de la automatización y a la inteligencia artificial, inició analizando las inversiones en robots y automatización, que han realizado 25 países, y el reporte destaca que para México no es prioritaria la inversión en automatización y robótica ya que solamente representa un 0.55% de su producto interno bruto (PIB) mientras que, en otros países como Brasil, representa el 1.17% de su PIB, es decir, más del doble de la inversión que se realiza en México. Se acentúa también que los grandes inversionistas son países como Australia con el 2.20% del PIB, Japón con el 3.28% y Corea del Sur con el 4.23% de su PIB, es decir, que comparativamente, México solamente invierte el 13%, de lo que invierte Corea del Sur, lo que podría dejar obsoleto en productividad a México en los próximos años, ya que la diferencia de capacidad instalada cada vez sería más grande y más difícil de alcanzar, las condiciones productivas y competitivas de los países con mayores inversiones.

Aun así, en México las inversiones en Robótica en 2017 representaron cerca de los 209 millones de dólares, siendo uno de los principales países en Latinoamérica en la compra de robots y automatización. Empresas como Asea Brown Boveri (ABB) considerada la primera empresa en el mundo en abrir una planta para fabricar robots y *The Economist Intelligence Unit*, empresa dedicada a realizar investigaciones en desarrollos científicos y tecnológicos, reportan que México se encuentra en el lugar 23 de 25 países evaluados, los cuales son reportados en el índice “Automation Readiness Index”, que es un *rankin* mundial de la inteligencia artificial y la robótica, es decir, que dentro de este *rankin*, México está en los tres últimos lugares en preparación para enfrentar el reto de la automatización.

El crecimiento de los robots instalados en México, así como las técnicas de automatización cada vez más utilizadas, representan un reto para la preparación del capital humano, aún los países más desarrollados en programas de capacitación como lo son Corea del Sur, Alemania y Singapur, no alcanzan a estar al día, comparando los planes de estudio contra los requerimientos en innovaciones en los temas mencionados, y están invirtiendo fuertemente en capacitación para que la transición a los sistemas automatizados sea más suave, ya que además, consideran que los empleos para los seres humanos puedan ser mucho mejores y más significativos si están preparados para administrar, operar y mantener sistemas automatizados, no así para las personas o los países que no se encuentren debidamente preparados para este inminente cambio.



**Figura 1 Fuente The Economist Intelligence Unit**

**Figura 2 Robots industriales**

**Fuente: Festo**

Uno de los programas de estudio de Ingeniería que más aceptación tiene en México, es la Ingeniería Industrial desde su registro en 1960, y de acuerdo al reporte de Alianza Fiidem A.C. en 2018, se matricularon 230,220 estudiantes, siendo el programa académico de Ingenierías con mayor población estudiantil y con mayor crecimiento que se imparten en el país, de acuerdo con la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI 2019), lo que representa para las Instituciones de Educación Superior (IES) un reto en cuanto a la actualización y la pertinencia de los planes de estudio (CACEI 2018), por ello se considera que asignaturas como automatización, robótica y materias relacionadas, debieran tener mayor presencia en el mapa curricular del plan de estudios de ésta carrera.

En las aplicaciones prácticas del ejercicio de su profesión, los Ingenieros Industriales se centran en la optimización de los procesos de producción, para ello requieren conocer todos los equipos, maquinaria y dispositivos que se encuentran en la línea productiva de la planta. Actualmente el reto para los ingenieros, se eleva al introducir más sistemas de automatización y con mayor sofisticación tales como: robots, Controladores Lógicos Programables (PLC) y herramientas con algún grado de automatismo integrado, en adición o complemento de las máquinas convencionales y a los dispositivos tradicionalmente utilizados, lo que está obligando al Ingeniero Industrial a capacitarse y desarrollar conocimientos en temas, que en las retículas tradicionales no habían sido contemplados a profundidad, y en los cuales solamente se han manejado generalidades de conceptos. Estos temas requieren conocimientos de programación de Controlador Lógico Programable (PLC) que les permitan

administrar los enlaces con Robots, sistemas electrohidráulicos, electroneumáticos y herramientas automatizados para manipulación y fabricación de productos.

Al realizar un análisis de las mallas curriculares de veinticinco instituciones de educación superior que ofrecen la carrera de ingeniería industrial en el país, se encontró un gran rezago de actualización en los planes y programas de estudio, al identificar que solamente incluyen dos asignaturas relacionadas con la automatización y la robótica, lo que significa que se están enseñando metodologías con procedimientos obsoletos y que se requieren urgentes reformas en la enseñanza para dar respuesta a las necesidades que enfrenta el mercado actual.

ANÁLISIS DE ASIGNATURAS RELACIONADAS CON AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA EN LOS PLANES DE ESTUDIOS DE 25 ( IES ) EN MÉXICO			
	AUTOMATIZACION	ROBÓTICA	PLC
TecNM C. Cd Valles	x		x
TecNM C. Orizaba			
TecNM C. Querétaro	x	x	x
TecNM C. Durango		x	
TecNM C. Chihuahua	x	x	x
TecNM C. Nuevo León	x	x	
TecNM C. Madero	x	x	x
TecNM C. Saltillo			x
TecNM C. Reynosa			
TecNM C. Mante			
UNAM	x		
IPN	x	x	
UVM			
UAY			
ITESM	x	x	x
UABC			
UACJ			
UANL			
UAEM			
UBA			
UM	x		
UA			
IBERO	x		
UIC		x	
UT	x		

Tabla 1 Asignaturas de Automatización de las IES en México. Fuente: Propia

El concepto de automatización no es un concepto moderno o de acuñación contemporánea, desde hace miles de años los egipcios financiaron un proyecto al inventor egipcio-griego Herón, para que construyera una puerta en Alejandría, y un siglo antes de Cristo desarrolló un procedimiento hidroneumático para abrir de manera automática las puertas de un templo, (Pierroti, 2016), al paso de los siglos ha evolucionado y se ha seguido aplicando este concepto, ya en la era moderna se encuentra el antecedente de James Watt con la Máquina de vapor, primero de simple efecto en 1775 y luego de doble efecto en 1784 (García 1999).

Posteriormente vienen las tres revoluciones industriales, donde las aplicaciones de la automatización son ya evidentes; en la primera empiezan a aparecer mecanismos de control y la industria textil empieza a automatizar muchos de sus procesos. En la Segunda revolución Industrial, de finales del siglo XIX y hasta principios del siglo XX, se observa el surgimiento del motor de combustión interna y el uso cada vez más extendido de la electricidad, automatizando las operaciones repetitivas.

La tercera Revolución industrial está marcada por el cambio de la lógica cableada, al uso de controladores PLC, controles analógicos programables y aplicaciones de Inteligencia artificial, para finalmente llegar a la Cuarta revolución industrial, donde vemos el control remoto y personalización de dispositivos cotidianos y el uso de robots, tanto en el área industrial como doméstica y médica (William 2009).

### **Contribución de Festo**

Festo es una compañía que tiene presencia internacional en 176 países alrededor del mundo, en México desde hace un poco más de 40 años ejerce un liderazgo en innovación y tecnología automatizada para la industria en diversas áreas o ramos como procesos industriales, mecánica automotriz, industria química, farmacéutica, alimentaria, electrónica, del papel, textil, minera, del embalaje y en general cualquier negocio alrededor del mundo que requiera automatizar o digitalizar sus procesos o su maquinaria. Festo ejerce un liderazgo en automatización neumática, electroneumática y electromecánica (Festo 2008). También dedica el 1.5% de su presupuesto en formación profesional, y entre sus servicios de capacitación al sector industrial y comercial destacan sus cursos en línea, diplomados, seminarios y asesoramiento para garantizar la máxima optimización y productividad de los equipos que ha proporcionado a las empresas. Su división didáctica (FESTO DIDACTIC) destaca a nivel internacional y es considerada una de las mejores compañías en automatización y perfeccionamiento industrial. En el campo de la educación Festo ha contribuido con alianzas estratégicas para facilitar la capacitación y actualización del profesorado y abrir espacios para que los estudiantes se capaciten y realicen prácticas que complementen su formación profesional.

### **METODOLOGÍA**

Considerando que el octavo semestre es donde se concluye la etapa presencial del estudiante de ingeniería industrial en el TecNM campus Ciudad Valles para insertarse en un proceso vinculatorio con el sector productivo, denominado residencias profesionales, se contempló la posibilidad de realizar un proyecto piloto con un grupo de estudiantes que estuvieran en condiciones de participar en un proceso de capacitación en temas de automatización y robótica. Para ello se realizó el acercamiento con FESTO para llegar a un acuerdo de colaboración que facilitara la realización del proyecto mediante simuladores de aplicación práctica que son utilizados en la Industria para capacitación de personal.

Se analizaron diversas estrategias, una de las más viables fue la capacitación en línea, la cual representaba un desembolso económico considerable, que no estaba al alcance de los estudiantes, por lo cual Festo decidió contribuir solidariamente con la educación y otorgó veinte licencias para estudiantes y una para el docente que coordinara el evento.

Se eligió a los participantes considerando variables de desempeño y actitudinales, tales como promedio de calificaciones, responsabilidad, compromiso, dominio del inglés, y trayectoria académica regular, y que estuvieran en vísperas de iniciar sus residencias profesionales. El factor tiempo fue una variable muy importante para evaluar la decisión de la participación, ya que el curso estaba planificado con fechas específicas y tiempos de desarrollo fijos, lo que requería el compromiso de los participantes para aprovechar la oportunidad de capacitación. Otro elemento decisivo para elegir a los individuos fue que contaran con los medios electrónicos necesarios como computadora e internet disponibles y confiables.

Participaron 20 estudiantes con promedio de calificación en un rango entre 89 y 98, y que concluían el octavo semestre de la carrera de ingeniería industrial. El docente también cubrió ciertos requisitos: ingeniero industrial, docente de módulos de especialidad en la carrera, con conocimiento de máquinas, dispositivos y herramientas industriales, con experiencia práctica en la industria, con compromiso y responsabilidad para trabajar en periodo vacacional y que además se responsabilizara por el avance y resultado de todo el equipo participante.

### **Contribución de la empresa participante**

La empresa se comprometió a otorgar de manera gratuita 36 cursos en línea, agrupados en siete módulos, en un periodo de 45 días, estos módulos trataron la siguiente temática: electricidad, electrónica, neumática, hidráulica, actuadores, Industria 4.0 y técnicas de *lean manufacturing*.

### **Seguimiento de desempeño de los estudiantes**

Se dio seguimiento a los estudiantes mediante la gestión de una matriz de avance, considerando una holgura de tiempo de tres días, se monitoreó el desempeño del curso de cada estudiante y se logró contar con un avance total cuya calificación promedio fue del 91, resultado que sorprendió gratamente tanto a FESTO como al TecNM Campus Valles, ya que fue desarrollado en periodo vacacional. También se tuvo contacto semanal con los estudiantes por videollamada los lunes de cada semana, donde se comentaban las impresiones, se resolvían dudas y se les motivaba para seguir adelante, siendo este punto muy sencillo ya que conforme avanzaban se iban motivando más y más, lo que quedó de manifiesto en cada comunicación.

### **Entrevistas con egresados**

Paralelamente con el curso se realizaron 79 entrevistas con egresados que estuvieran laborando en empresas metal-mecánicas para conocer si en ellas había inversiones en automatización y si estaban teniendo capacitación al respecto, así como sus comentarios acerca de los temas que abordaron durante sus estudios y los retos en la práctica que estaban enfrentando relativos a la automatización de los procesos industriales.

## RESULTADOS

Los resultados del presente proyecto son tangibles y favorables, por una parte se establecieron las primeras negociaciones para que el TecNM Campus Valles y Festo establezcan un convenio de colaboración cuya intención es que exista un centro de capacitación continua en las instalaciones del tecnológico, tanto para apoyo a estudiantes como egresados y público en general, y en cuanto a los estudiantes que participaron en el curso, hubo resultados concretos de los aprendizajes logrados en cada uno de los módulos, los que se detallan a continuación:

MÓDULO FESTO	CURSO	APRENDIZAJE RELEVANTE
Electrotécnica	Electricidad 1	En ese módulo los estudiantes pudieron realizar simulaciones prácticas de los conceptos de electricidad y de electrónica y sus medidas de protección, en simuladores que permiten el error y que indican las consecuencias mediante datos, esquemas y videos interactivos
	Electricidad 2	
	Electrónica 1	
	Electrónica 2	
	Medidas de Protección Eléctrica	
Técnicas de Fluidos	Introducción a la Neumática	Pudieron comprender con proyectos prácticos en simulaciones con interacciones realistas el uso de pistones, válvulas y sistemas de detección con sus diferentes configuraciones donde podían realizar sus propias propuestas
	Electroneumática	
	Hidráulica	
	Electrohidráulica	
	Introducción a la Neumática 2	
	Sistemas de detección de carga	
Sensores	Detectores en la Neumática	Conocieron los diferentes tipos de sensores, inductivos, capacitivos, físicos, etc., con imágenes reales tanto de los dispositivos como de sus usos en las empresas y su aplicación óptima mediante proyectos de simulación
	Tipos de detectores para la detección	
Técnicas de Automatización	Actuadores Motores DC	Tomando en cuenta que ya se habían aprobado los cursos anteriores, aquí ya se centra de lleno a la programación, control y fundamentos prácticos de la automatización, utilizando en los proyectos de simulación, actuadores, motores, pistones, válvulas, con conceptos para PLC y el uso de GRAFCET con consideraciones de seguridad, control y regulación y aplicaciones de robótica
	Accionamientos Eléctricos	
	Accionamientos Eléctricos 2	
	MPS200	
	Técnica de Bus de Campo	
	GRAFCET	
	Capacitación Logo	
	Machine Visión	
	Control y Regulación	
	Técnicas de Seguridad	
	Fundamentos de la automatización de procesos continuos	

	Programación PLC	
Actualizaciones Técnicas	La Fascinación de la Tecnología	En este módulo se enfocaron plenamente a el futuro de la aplicación de la automatización describiendo la evolución hasta los alcances de la Ingeniería 4.0 con proyectos de simulación realista y práctico
	Energías Renovables	
Administración Esbelta	Las 5 S	Todas estas técnicas que ya habían sido abordadas de manera teórica por los estudiantes aquí fueron aplicadas en casos específicos mediante simulación y preguntas basadas en casos reales
	Poka Yoke	
	Análisis y diseño de Flujo de Valor	
	TPM	
Maquinado	Perforación	En esta parte se resolvieron casos prácticos donde se aplican los diversos maquinados en equipos con algún grado de automatización
	Torneado	
	Fresado	
	Materiales	

**Tabla 2 Aprendizajes logrados en Automatización y Robótica Fuente: Propia**

Tecnología Automatizada para la Industria que maneja Festo.



**Fig. 3 Brazo Robot con mordaza de succión Fuente: Festo**



**Fig. 4 Brazo Robot para manipulación de piezas Fuente: Festo**

De acuerdo al sondeo realizado para conocer el nivel de satisfacción de los estudiantes respecto a los aprendizajes obtenidos, manifiestan que hoy conocen conceptos con aplicación práctica que no habían sido abordados en el transcurso de su carrera como: Histéresis, Programación de PLC , Aplicación proactiva de VSM, Programación para Sistemas Hidráulicos, Aplicaciones prácticas Electro Hidráulicas y Electroneumáticas, el concepto de *Machine Vision*, Proyectos prácticos y sustentables reales de Energías Renovables, *Grafset*, Detección de Cargas, Procesamiento de Señales, Actualidad y futuro de las Tecnologías de la Industria 4.0.

Manifiestaron haber reforzado conocimientos teóricos relativos a *lean manufacturing*, CNC, electricidad, aplicaciones prácticas de física y lo relativo a la normatividad para seguridad e

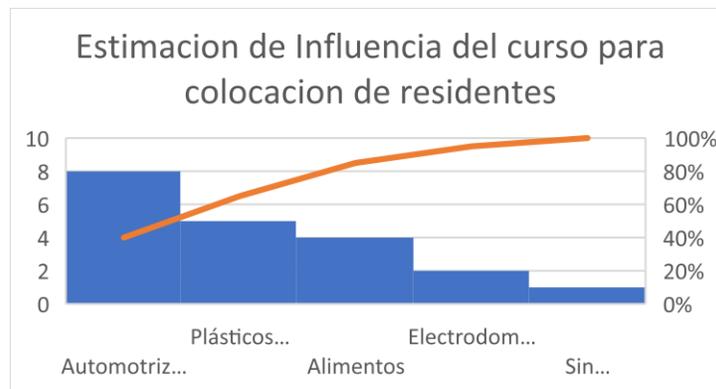
higiene que se utiliza en la comunidad europea y su equivalencia con las normatividades en México.

En la retroalimentación que se realizó a los estudiantes para conocer el beneficio que representó el Curso de Festo como complemento de aprendizajes de aplicación práctica, para generar oportunidades de plazas en donde desarrollar la residencia profesional, se obtuvo la siguiente información:

Tipo de empresa	Cantidad	Estimación del estudiante sobre la Influencia del curso en la contratación de Residencia				
		0%	10-20%	20-40%	40-60%	>60%
<b>Automotriz/Autopartes</b>	8	1		1	2	4
<b>Plásticos/Moldeado</b>	5		1	1	2	1
<b>Alimentos</b>	4	2		2		
<b>Electrodomésticos</b>	2			1		1
<b>Sin Colocación</b>	1					
<b>total</b>	20	3	1	5	4	6

**Tabla Núm.3 Estimación de éxito en curso de Festo fuente: Propia**

El 95% de los estudiantes logro colocarse en un periodo menor a treinta días después de haber concluido el curso y solo uno no había concretado su colocación lo que representa el 5%. La estimación que realizan en relación con el beneficio del curso para posicionamiento profesional oscila entre el 40 y el 60% en promedio.



**Figura 5 Gráfica de Estimación de influencia positiva Curso Festo Fuente: Propia**

## CONCLUSIONES

Desde la década de los 80, México ha presentado una marcada transformación industrial hacia las manufacturas, principalmente en el sector metalmecánico, convirtiéndose en el líder en tres grandes áreas de este sector, lo que se refiere a la fabricación de electrodomésticos, a

la fabricación de automóviles y de autopartes, y en la última década ha tenido inversiones decididas en el área aeroespacial, donde se puede observar el desarrollo industrial principalmente en el norte y centro del país.

Esto han propiciado la diversificación de la manufactura, manifestándose en cambios estratégicos al utilizar tecnologías avanzadas con el uso más frecuente de la automatización y la robótica. Estos cambios han alcanzado otros sectores como la industria de los alimentos, maquiladoras y textil, convirtiendo a México en un país con zonas de especialización, permitiendo el desarrollo de *cluster*, que además permiten el crecimiento en la complejidad logística de las diferentes regiones y la instalación de parques industriales con vocaciones específicas y diferenciadas.

Una de las consecuencias derivadas de esta transformación industrial, es el cambio en la complejidad de la manufactura, la cual ha adquirido nuevos conceptos y retos para los Ingenieros Industriales, necesitando desarrollar nuevas competencias profesionales. Ahora el medio ambiente organizacional exige un nuevo enfoque en la relación hombre máquina por la implementación de la automatización y la robótica.

Tanto las empresas como las Instituciones de Educación Superior deberán asumir el reto y el rediseño de sus procesos de enseñanza aprendizaje, que garantice el alcance de las competencias con las que deben contar los Ingenieros Industriales para que puedan soportar los nuevos retos de la manufactura, y así continuar generando la rentabilidad y sustentabilidad de la operación que ahora se exige.

Estas proyecciones coinciden con la retroalimentación que se obtuvo de los egresados entrevistados, que están inmersos en el campo laboral, donde el 90 % manifiestan que en la empresa donde laboran hay inversiones en automatización ya sea en su proceso productivo o en logística, acompañados de programas ambiciosos en capacitación, lo cual confirma que experimentos didácticos de vinculación con compañías especializadas como Festo son un gran acierto.

Haber desarrollado este experimento piloto ha representado un avance y un logro muy importante para resarcir en algo la obsolescencia que pudieran presentar las metodologías tradicionales que se abordaron en las aulas durante la formación de los estudiantes de ingeniería industrial, ya que lamentablemente la currícula no se actualiza con la frecuencia que debiera, ni se cuentan con los recursos necesarios para adquirir los prototipos didácticos de vanguardia para que los estudiantes conozcan las nuevas tendencias de la inteligencia artificial, robótica y automatización. Este curso Festo lo comercializa usualmente con un costo por curso unitario de \$ 1,100 a \$ 1,400 pesos por persona, considerando que fue patrocinado gratuitamente a 20 estudiantes y un docente y que se recibieron cada uno 36 cursos, representa una inversión superior a los 831 mil pesos, que no desembolsó ni el TecNm Campus Valles, ni los participantes y que además abrió los canales de comunicación para que ambas instituciones desarrollen convenio de colaboración a largo plazo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

CACEI. (2018). *Marco de Referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional*. Ciudad de México: CACEI-COPAES.

ANFEI. (2019). *Ingeniería Industrial en México 2030 Escenarios de Futuro*. Ciudad de México: Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería.

- ANUIES. (2018). *VISION Y ACCION 2030 Propuesta de la ANUIES para renovar la educación superior en México*. Ciudad de México: ANUIES.
- FESTO. (2014). *Tecnología para la Formación y Ciencias*. Esslingen Alemania: Festo Didactic GmbH & Co KG.
- FESTO. (2016). *Sistemas de Aprendizaje*. Hanover: Festo-Didactic GmbH & Co KG.
- CACEI. (2018). *Marco de Referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional*. Ciudad de México: CACEI-COPAES.
- ANFEI. (2019). *Ingeniería Industrial en México 2030 Escenarios de Futuro*. Ciudad de México: Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería.
- ANUIES. (2018). *VISION Y ACCION 2030 Propuesta de la ANUIES para renovar la educación superior en México*. Ciudad de México: ANUIES.
- FESTO. (2014). *Tecnología para la Formación y Ciencias*. Esslingen Alemania: Festo Didactic GmbH & Co KG.
- FESTO. (2016). *Sistemas de Aprendizaje*. Hanover: Festo-Didactic GmbH & Co KG.
- FIIDEM A.C. (2018). *Estudio Regionalizado de Oferta Demanda de las Carreras de Ingeniería*. Ciudad de México: Alianza Fiidem.
- The Economist Intelligence Unit. (2018). *Índice de Preparación para la Automatización*. Wales England: The Economist Intelligence Unit Limited.
- Wyatt, S. (2019). Anual Installations of Industrial Robots 2013 -2018 y 2019-2022. *World Robotics Industrial Robots 2019 Statistics, Market Analysis, Forecast and Case Studies*, 6-7.
- FESTO (2008) Festo México obtenido el 11 de septiembre del 2020 de [https://www.festo.com/cms/es-mx\\_mx/9465.htm](https://www.festo.com/cms/es-mx_mx/9465.htm)
- Pierroti Nelson (2016) *Puertas automáticas para los Templos Egipcios* <http://www.egiptomania.com/ciencia/puertas>
- García Moreno Emilio, (1999) *Automatización de Procesos Industriales*, Universidad Politécnica de Valencia, Byprint percom, sl
- William O. Rey S. (2009) *Automatización Industrial Evolución y Retos de una Economía Globalizada* Revista Opinión, Inventum no 6, Facultad de Ingeniería Uniminuto, Colombia