
Tendencias del desarrollo tecnológico en mecatrónica Technological development trends in mechatronics

Miguel Andrés Simbaña Criollo ¹, Lina Verónica Méndez Regueiro ², Andrés Sebastián Rodríguez Jácome ³, Juan Gabriel Simbaña Criollo ⁴.

Resumen:

La mecatrónica es una disciplina que integra la mecánica, electrónica e informática con una evolución que inició hace más de 50 años. La investigación tuvo el objetivo determinar el estado de las tendencias de desarrollo de la mecatrónica en el Ecuador en relación a la proyección mundial. La metodología tuvo un diseño observacional de tipo documental bajo un nivel descriptivo, con una revisión en bases de datos y organizaciones de interés de acuerdo a la experticia de los investigadores. La búsqueda tuvo un corte transversal que abarcó el periodo de 2017 al 2022. En tal efecto, se identifican cuatro principales tendencias de desarrollo en la mecatrónica, como lo son la automatización de procesos industriales, actualización en mecánica de precisión y sistemas de control, la formación profesional en tecnología y la innovación en dispositivos médicos, prototipos biomecánicos y robóticos. Esta disciplina evidencia posicionarse entre las más avanzadas en el mundo.

Palabras clave: mecatrónica, tendencias, desarrollo tecnológico.

Abstract:

Mechatronics is a discipline that integrates mechanics, electronics, and computing with an evolution that began more than 50 years ago. The objective of the investigation was to determine the state of the development trends of mechatronics in Ecuador concerning world projection. The methodology had a documentary-type observational design at a descriptive level, with a review of databases and organizations of interest according to the expertise of the researchers. The search had a cross-section that covered the period from 2017 to 2022. For this purpose, four main development trends in mechatronics are identified: the automation of industrial processes, updating precision mechanics and control systems, professional training in technology and innovation in medical devices, and biomechanical and robotic prototypes. This discipline is positioned among the most advanced in the world.

Keywords: mechatronics, trends, technological development.

¹ Instituto Superior Tecnológico Libertad, Ingeniero Mecatrónico, <https://orcid.org/0000-0001-9721-036X>

² Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Médica Cirujana, Pediatra. <https://orcid.org/0000-0001-7640-0076>

³ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ingeniero Comercial, <https://orcid.org/0000-0001-9935-3276>

⁴ AYI S.A. Master Oficial en Dirección y Gestión de TI. <https://orcid.org/0000-0002-1790-8627>

Autor de correspondencia: masimbana4@itslibertad.edu.ec

Historial del artículo

Recibido para evaluación: 15 agosto 2022.

Aprobado para publicación: 01 noviembre 2022

Introducción

En un mundo cada vez más complejo, volátil y con alta incertidumbre como el actual, donde lo único seguro es el cambio continuo, las sociedades se transforman a un ritmo menor que las innovaciones (de la Vega, 2018). No obstante, la imparable expansión de las nuevas tecnologías, ha generado el uso de los más variados productos de comunicación, biomédicos, biomecánicos, automotrices, domésticos, entre otros (Naciones Unidas, 2018).

Varios sectores de la industria, se han insertado a profesionales con conocimiento en electrónica y control para desempeñarse en la implementación y manipulación de mecanismos, sistemas biomecánicos, biomédicos, y que poseen conocimientos, además, para la implementación de sistemas electrónicos de potencia, instrumentación, sistemas automáticos de control aplicados en la industria, electro-medicina, el comercio, entre otros servicios (Universidad de Antioquia, 2018).

La interacción funcional entre tecnologías mecánica, electrónica y de la información de forma sinérgica, aplicando inteligencia para el mejor desempeño de un dispositivo, es esencialmente la utilidad de la mecatrónica. En este sentido, la automatización en esta área constituye un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos (Aquino, Trujillo, & González, 2015). Esencialmente es, la convergencia de tres tecnologías: mecánica, electrónica e informática, que paulatinamente han venido tejiendo una convergencia, como es el universo específico de la mecatrónica (Naranjo, 2006).

A lo largo de la historia, la evolución de las revoluciones industriales, han generado un impacto importante en los sistemas de manufactura, primero con la máquina de vapor y la mecanización de los procesos, luego con la producción en masa, la automatización y robótica; y más recientemente, con la que ha sido llamada industria 4.0, considerada ya como la cuarta revolución industrial, debido a su potencial y beneficios relacionados con la integración, innovación y automatización de los procesos (Ynzunza, Izar, Aguilar, & Larios, 2017).

En el mercado globalizado, la innovación tecnológica ha venido adquiriendo un importante papel en la lucha por la supervivencia y el éxito empresarial, siendo un aspecto clave para cualquier empresa que trate de conseguir una ventaja competitiva, ya que tales objetivos, dependerán de la renovación continua de la empresa y de su adecuación a los cambios del mercado. En este contexto, existe la necesidad de que las empresas apoyen sus procesos con las bondades tecnológicas de modo que, les permita proponer cambios sustanciales en su modelo de negocio, sistemas de producción, procesos, costos, calidad, y el uso eficiente de recursos en todas sus áreas (Flores, Ramos, Ramos, & Ramos, 2019).

En este sentido, es posible afirmar que existe una transformación en los sectores de desarrollo con un aporte significativo por parte de las ciencias de la ingeniería, a partir de esta realidad surge la necesidad de determinar el estado de las tendencias de desarrollo de la mecatrónica en el Ecuador en relación a la proyección mundial.

Metodología

La investigación tuvo un enfoque cualitativo, bajo un diseño observacional de tipología documental, mediante el cual se realizó un análisis empírico de la información seleccionada a partir de la búsqueda científica en las siguientes bases de datos: Google Académico, Redalyc, Scielo y Dialnet; bajo el enfoque de construir el estado del arte de la temática de acuerdo a una revisión descriptiva dentro de una temporalidad en el rango 2017-2022.

Adicionalmente, se realizó la revisión de informes emitidos por instituciones y organizaciones con base en la aplicación de la mecatrónica en el país y el mundo, destacando documentos emitidos por: American Society of Mechanical Engineers (ASME), Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), American National Standards Institute (ANSI), Electronic Industries Alliance (EIA), Telecommunications Industry Association (TIA), Food and Drug Administration (FDA). La información seleccionada fue analizada e interpretada aplicando los métodos histórico-lógico, analítico-sintético y hermenéutico-dialéctico, lo que permitió estructurar la información con base a cuatro grandes dimensiones que concentran las principales tendencias de desarrollo de la mecatrónica destacando sus campos de acción.

Resultados

1-Automatización de procesos industriales, con avance tecnológico en el control de líneas de producción para optimizar la capacidad productiva de la empresa.

La tendencia de la automatización de los procesos industriales constituye uno de los objetivos más importantes de las empresas a nivel mundial, ya que les permite la toma de decisiones en tiempo real, la ejecución autónoma y mantenerse en competitivo de en un entorno cambiante y agresivo. En este sentido, los procedimientos lógicos humanos se encomiendan a máquinas automatizadas especiales, ordenadores, las cuales procesan información mucho más rápido que el hombre, con la ayuda de modelos matemáticos que describen tanto la propia tecnología como la actividad analítica y reguladora humana (Pinzón, Torres, Moreno, & Grimaldo, 2019).

En cuanto a las líneas de producción automatizadas, estas son muy variadas, consisten en el engranaje de múltiples estaciones que están enlazadas por un sistema de manejo de transferencia de partes de una estación a la siguiente (Cantos, 2019). En un sistema rítmico, la línea o cadena de montaje es la que mantiene una velocidad constante en el movimiento del producto. En estas estaciones los trabajadores se desplazan con el producto para poder ejecutar las operaciones, y si la operación no se ejecuta el producto pasa a la siguiente estación. En cambio, en un sistema de líneas sin ritmo, el producto no avanza hasta que no se le da autorización, de allí, la importancia de la posición en la que se colocan las estaciones y sus cargas de trabajo absoluta o relativa (García-Sabater, 2020).

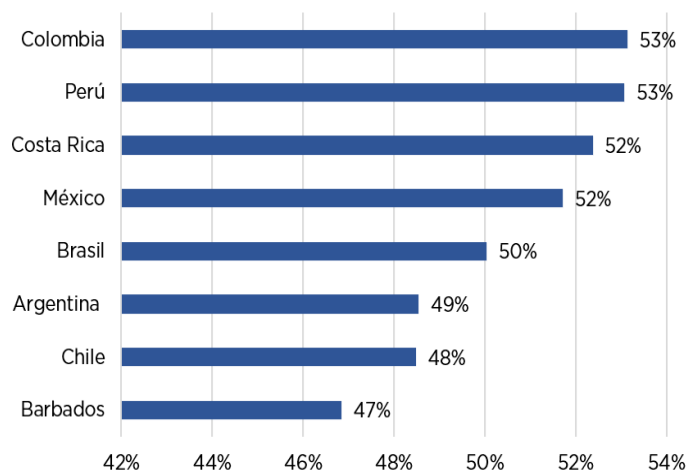
Otro aspecto relevante a destacar por García-Sabater (2020), es que las líneas de montaje y fabricación cuentan con un diseño de innovación automatizado que equilibra y controla las actividades manuales realizado por el operario (medición, control si y evaluación del rendimiento de cada proceso). En estas, suele existir un trabajo colaborativo entre mano de obra y robots, ejemplo de ello, son los robots Pick and Place, encargados de identificar un elemento, seleccionarlo y clasificarlo según los requerimientos del operario y los brazos robóticos Yueda CNC 6 Axis (YDR6 - 1441), que permiten realizar soldadura en líneas rectas y curvas.

Así también existen escáneres 3D portátiles HandySCAN 3D y MetraSCAN 3D, con los que Creafom facilita el acceso al escaneo de geometrías complejas y el control de calidad, ofreciendo resultados fiables, precisos y rápidos con el plus del desalojo del material sobrante (Argueles, De la Rosa, & Lázaro, 2020). Hoy día, el rango de precisión para el escaneo 3D es más alto que el umbral requerido para el control.

En función de la variedad de productos que se pueden fabricar, en una línea se distingue entre líneas monomodelo, multimodelo y con mezcla de modelos. Las líneas monomodelo sólo pueden fabricar un producto; las multimodelo permiten transformar varios tipos de producto y las líneas con mezcla de modelos eliminan el tiempo de setup o lo reducen tanto que lo incorporan en el tiempo de ciclo de la tarea para que el flujo de materiales se alinee y las operaciones se balanceen siendo capaces de producir de acuerdo al tiempo de takt (Garcia-Sabater, 2020).

En todo caso, es importante reconocer que existen múltiples variantes en el proceso de fabricación industrial y las líneas automatizadas que se utilizan, así que es muy posible que algunas estaciones varíen de acuerdo a las necesidades de la empresa, avances tecnológicos, de la naturaleza de sus actividades, habilidades requeridas de los trabajadores y de la complejidad tecnológica de las manufacturas (Erbes et al., 2019). En cualquiera de los casos, la programación de las actividades ha de ser cuidadosa para no desbalancear las actividades (Cantos, 2019).

Figura 1
Potencial de automatización (en % de empleados)



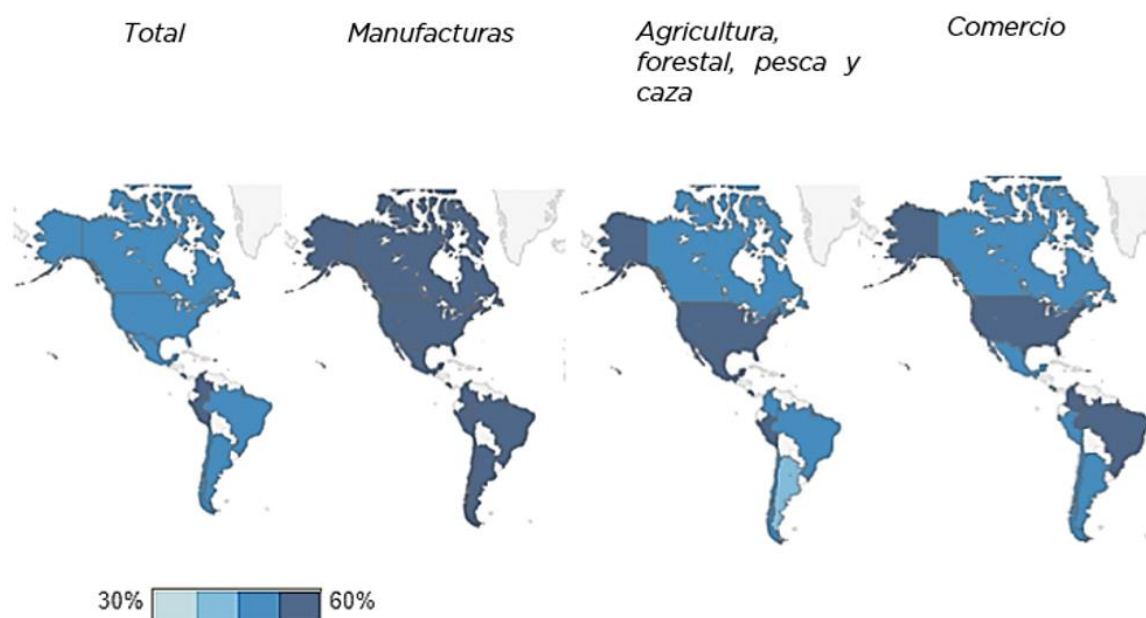
Fuente: BID-INTAL en base a McKinsey Global Institute, (2017).

De acuerdo con el indicador de automatización de McKinsey, solo 5% de las ocupaciones del mundo son totalmente automatizables mientras que, la mitad de las actividades tienen potencial para ser automatizadas (McKinsey Global Institute, 2017). La estimación se basa en datos de 46 países y se realiza una descomposición de las actividades (2000) y capacidades (18) que se necesitan dentro de cada ocupación (800). A partir de lo anterior, se puede observar en la figura 1, el potencial de automatización relacionado con el porcentaje de empleados presente en Latinoamérica.

Cabe destacar que el potencial para el sector manufacturero está representado por un 60%. Esto abarca las actividades físicas más predecibles como la pintura, soldadura, etiquetado. En el caso de las actividades comerciales, el potencial de automatización es mayor en Brasil y Estados Unidos, mientras que, en el sector primario, Perú es uno de los más destacados (Figura 2).

Figura 2

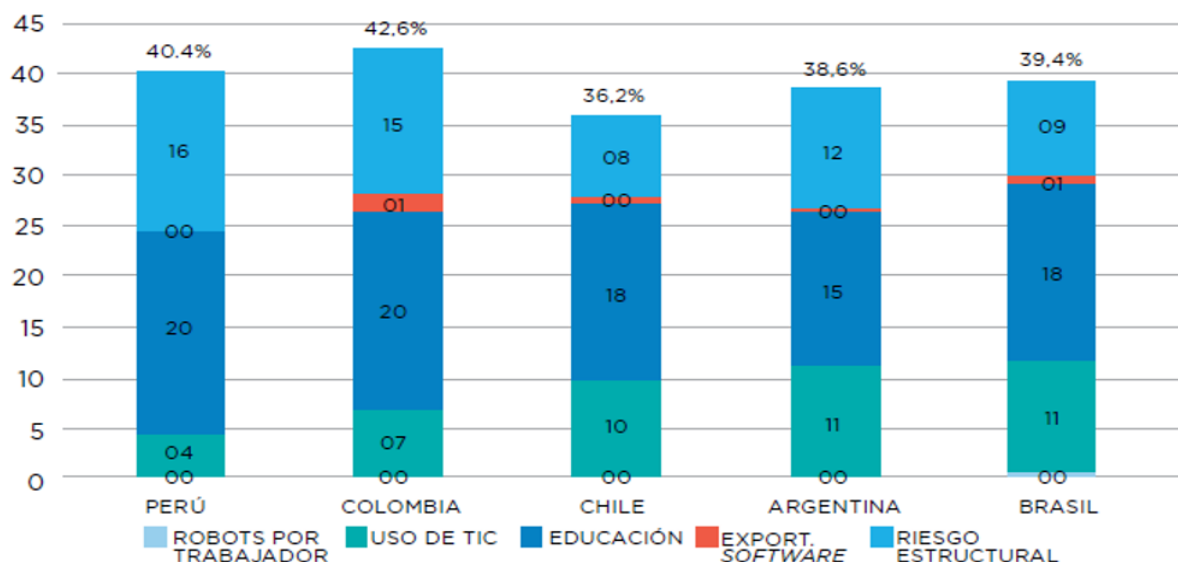
Potencial de automatización según sectores seleccionados (% de automatización posible estimado).



Fuente: BID-INTAL en base a McKinsey Global Institute (2017).

En un estudio reciente, realizado por Estevadeordal et al. (2018), se pudo observar el Indicador Sintético del Riesgo de Automatización entre los principales países industrializados de América del Sur. Este incluye el uso de robots por trabajador, uso de TIC, nivel educativo, participación de exportaciones de software en las exportaciones totales, y sectores más susceptibles de ser automatizados, como se representa en la figura 3.

Figura 3.
 Indicador Sintético de Automatización, según variable explicativa y país.



Fuente: Estevadeordal et al. (2018).

Es de importancia mencionar que el Ecuador no se encuentra entre los países del mundo con potencial de automatización industrial. No obstante, Javier Wong, presidente del sector metalmeccánico de la Cámara de la Pequeña Industria de Pichincha, aseguró que viene innovando y renovando sus sistemas y maquinarias con el fin de tener más precisión y rapidez y de alcanzar los estándares de calidad internacionales (Olivares & Cejas, 2017).

Entre las implementaciones que se han hecho, se destacan la adquisición de tecnología CNC (Control Numérico Computarizado), la cual es una herramienta automatizada y controlada por un ordenador que permite realizar múltiples operaciones e incrementar la producción haciéndola más flexible y precisa; estas engloban sistemas robotizados y máquinas con tecnología digital (impresión 3D), capaces de programar procesos de conformado, corte, soldado y doblado, garantizando una productividad de 5 a 1 o de 8 a 1 (Sabel, 2021).

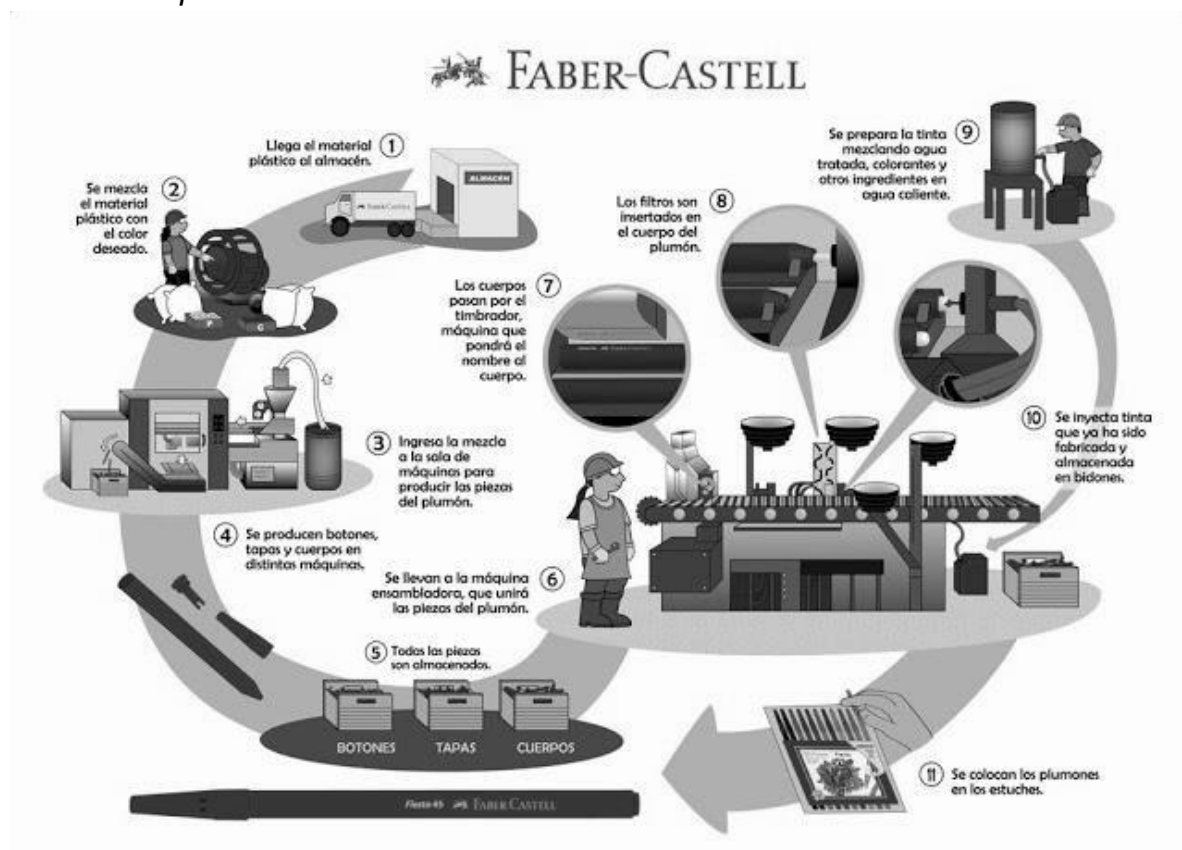
2-Actualización e innovación de la tecnología desarrollada en mecánica de precisión, y sistemas de control electrónicos en la industria manufacturera para optimización de recursos.

La entrada de la revolución 3.0 dio inicio a la automatización de procesos industriales gracias a los avances en la electrónica y la computación. Básicamente el principio de operación de los sistemas CAD los cuales, aseguran la interacción del usuario (diseñador) con el software en un lenguaje informático a través de los dispositivos periféricos de entrada, procesamiento y salida de datos (hardware), provistos por el ordenador. A su vez, el CAD combinado a otras tecnologías (CAM, CAE) han permitido el desarrollo integral de un proyecto desde su fase de diseño hasta su producción en línea, con lo que se consigue un importante ahorro de tiempo, mínima intervención humana y mayor precisión de diseño.

En la actualidad ha tomado cada vez mayor auge la combinación de las tecnologías CAD/CAM y CAD/CAM, fabricación flexible CIM, Robótica y otras que son agrupadas en la mecatrónica, y que en la actualidad tienen una aplicación amplia e intensiva en diferentes campos del quehacer humano (Márquez, 2017) y en particular en los procesos industriales de manufactura (Pérez-Rodríguez, Simeón-Monet, & Trinchet-Varela, 2019).

La intencionalidad de todos estos avances es impulsar escenarios y procesos que inserte a estos elementos para la optimización de productos y sistemas técnicos de complejidad creciente. Sólo las empresas capaces de ofrecer los productos de mejor calidad en precio adecuado y en un tiempo más corto, sobrevivirán a la globalización de los mercados que implica una competencia cada vez más feroz, tal como se representa en la figura 4 (Macas, 2017). Así se demuestra en estudio sobre innovación y su incidencia en el crecimiento y desarrollo de las empresas del sector alimentos y bebidas del Distrito Metropolitano de Quito, de 148 empresas analizadas, 94% optaron por el uso de la tecnología, la innovación y por realizar cambios y crear productos novedosos, adaptándose al entorno en el que se desenvuelven y a las exigencias de los clientes (Carrera-Navarrete, 2019).

Figura 4
Sistema de producción de Fabel Castell



Fuente: Macas (2017).

En este sentido, la innovación ha sido considerada un medio que aporta soluciones y facilita la solución de problemas sociales, por lo que es de interés macroeconómico

a nivel país y microeconómico a nivel empresario, disponer de indicadores que midan el efecto de la innovación en el crecimiento y desarrollo tales como: la rentabilidad, cuota de mercado y crecimiento de ventas (García-Sabater, 2020). Sobre este particular, el sector de alimentos y bebidas provee alimentos saludables, de calidad, aptos y disponibles para el consumo de las personas, este sector se considera una importante fuente de producción y empleo, principalmente en aquellos países en desarrollo donde ha existido un rápido crecimiento de la industria (Cadena, Pereira, & Pérez, 2019). Este sector para el 2016 tuvo una participación del 4,7% del total del PIB y un 38% dentro de todo el sector manufacturero, del mismo modo, representó el 19,2% de todas las exportaciones del Ecuador (Cadena, Pereira, & Pérez, 2019).

Particularmente la industria textil en el Ecuador, ha invertido en la incorporación de maquinaria y tecnología con el objetivo de elevar el nivel de eficiencia en los procesos productivos; con resultados significativos en el mejoramiento de la eficiencia operativa, el desempeño organizacional y el soporte al cliente, entre otros (Chacón & Rugel, 2018). Sin embargo, pese a la importancia de este sector para la economía ecuatoriana, su crecimiento se ha visto limitado por los bajos niveles de industrialización, escasa innovación y diversificación de los productos ofertados, bajos niveles de competitividad de la materia prima nacional y la poca implementación de sistemas de gestión de calidad, provocando que la oferta exportable del Ecuador sea vulnerable en los mercados extranjeros (Ministerio de Industrias y Productividad, 2017).

A lo anterior, se suma que gran número de las empresas se encuentran ubicadas en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), ejemplo de ello, las industrias textiles, con bajos niveles de tecnología e innovación en las áreas de: producción, talento humano, financiera y publicidad. Provocando que pierdan ventaja competitiva, afectando la satisfacción del cliente, la rentabilidad, sus resultados empresariales y poniendo en riesgo su supervivencia en el mercado (Cadena, Pereira, & Pérez, 2019).

Otra limitante para innovar, fue el acceso al crédito por las altas tasas de interés por lo que los empresarios se abstienen de solicitarlos. Inclusive, existen empresas con gran capacidad financiera, sin embargo, ven a la innovación como gasto y no como inversión (Universidad Andina Simón Bolívar y la Alianza para el Emprendimiento y la Innovación, 2017). La incertidumbre de los proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) también ha sido considerada como una barrera para la actividad innovadora, ya que los empresarios no se arriesgan a tener bajas probabilidades de éxito (Cadena, Pereira, & Pérez, 2019; Tello, 2017).

3-Formación de profesionales que generen cambios innovadores en los procesos mecatrónicos, incorporando tecnología de punta para fortalecer el ejercicio de la profesión

Dentro del país, existen varias empresas que se dedican al desarrollo de proyectos innovadores, creadas por ingenieros mecatrónicos como, por ejemplo:

Tabla 1

Empresas Mecatrónicas en el Ecuador

Empresa	Descripción
Handeyes https://handeyes.org/	fundada por Diego Aguinsaca Ingeniero Mecatrónico, ganador del premio "Una idea para cambiar la Historia".
HC Technology Empresa	fundada por Hernán Caicedo Ingeniero Mecatrónico, ayudando a la comunidad con proyectos de seguridad digital, SMART HANDWASH
ATMIA CIA. LTDA	Empresa encargada de prestar servicios de automatización, sistemas y equipos electro-neumáticos cofundada por Edwin Haro, Ingeniero Mecatrónico

Fuente: Elaboración propia de los autores (2021).

Cabe destacar que la mayoría de estas tecnologías son producto de la convergencia de la mecánica, electrónica, óptica e informática (la mecatrónica), las cuales están direccionadas para crear sistemas más baratos, más simples, más fiables. Estos productos hechos con ingeniería mecatrónica, poseen mecanismos de alta precisión, y son controlados por dispositivos electrónicos reprogramables que funcionan en diferentes condiciones, hacen uso óptimo de los materiales y energía que consumen, tienen diseños más estéticos y ergonómicos, y tienen lo que se podría llamar una relación "inteligente" con el medio ambiente (Zaldívar-Colado, 2019).

Como ejemplos palpables de esta afirmación, se pueden mencionar la realización de intervenciones quirúrgicas a distancia, por medio de robots servo-asistentes, asistentes-coordinadores, efectores semiautónomos y los robots tele manejados, que evidencian una disminución de la tasa de complicaciones, menor pérdida de sangre, menor dolor y tiempo de postoperatorio, fácil recuperación y reinserción a la cotidianidad (Cedeño, Pazmiño, D'Illo, & Aguirre, 2022). Asimismo, se presenta el uso de dosificadores de pastillas o de gel antibacterial, el manejo de maquinarias a distancia con el uso de sistemas automatizados, la creación de automóviles equipados con sistemas de encendido electrónico o con sistemas ingenieriles adecuados que garantizan alcanzar la velocidad asignada en un tiempo adecuado (fórmula 1) (Noroña & Gómez, 2019), y el monitoreo de juegos deportivos a través Video Assistant Referee, las máquinas de control numérico, prensas hidráulicas, medidores de gases, marcapasos, prótesis, entre otros (Spitz, Wagemans, Memmert, Williams, & Helsen, 2021).

Es de importancia mencionar que el desarrollo tecnológico, impacta a los individuos fundamentalmente en tres dimensiones: 1. Mejora la capacidad de hacer más cosas; 2. Optimiza la posibilidad de lograr más y mejores resultados; y 3. Incrementa la facultad de las personas para hacer más en organizaciones formales (CEPAL, 2022).

Adicionalmente, incrementa la comercialización de nuevos productos, procesos, aplicaciones, materiales o servicios que generan confort (Larrondo, Cervantes, & Sánchez, 2018). No obstante, para el desarrollo óptimo de estas tecnologías, se necesita talento humano calificado, capaz de trabajar con nuevos materiales, máquinas y especialmente sistemas de información, que facilite la implementación de una manufactura orientada al servicio, sustentable (Hualde, 2020).

Por consiguiente, las innovaciones en la Industria, se dan de manera simultánea en los ámbitos de la tecnología, la organización de los procesos (especialmente la orientación hacia el cliente), la organización del trabajo y la formación de talento humano calificado en el área de mecatrónica (Pinzón, Torres, Moreno, & Grimaldo, 2019). Esto implica un trabajo simultáneo para poder lograr cambios innovadores, mejoras en la productividad y un impacto global en la organización. Aplicando a las ideas de Six Sigma, que es una metodología de mejora continua de procesos (Navarro, Gisbert, & Pérez, 2018).

Todo lo anterior implica que se ha revertido la antigua concepción de los trabajadores operarios y se precisa que los empresarios empleen talento humano creativo e innovador, capaz de manipular símbolos, artefactos conceptuales, equipos mecatrónicos y algoritmos de monitoreo y control, además de generar productos de alta calidad con la respectiva reducción de los errores de producción, y disminución de los riesgos laborales inherentes al área de trabajo (Gómez, 2019).

4-Innovación, perfeccionamiento e implementación de dispositivos médicos, prototipos biomecánicos y robóticos, para satisfacer la atención y calidad de vida de las personas, bajo estándares de calidad establecidos en reglamentos internacionales y locales.

Ecuador ha incursionado en la tendencia mundial de investigación biomédica de punta, así como el desarrollo endógeno y/o adquisición (exportación) de dispositivos médicos para la atención y mejora de la calidad de vida de su población (Caicedo, 2020).

Los dispositivos médicos de uso humano abarcan los artículos, instrumentos, aparatos, artefactos o invenciones mecánicas, incluyendo sus componentes, accesorios, fabricado, vendido o recomendado para uso en diagnóstico, tratamiento curativo o paliativo, prevención de una enfermedad, trastorno o estado físico anormal o sus síntomas, para reemplazar o modificar la anatomía o controlar un proceso fisiológico (como un marcapaso cardíaco) y también incluye cualquier instrumento, aparato, implemento, máquina, aplicación, implante, software destinado por el fabricante a ser utilizado solo o en combinación, para seres humanos con propósitos médicos específicos (Ministerio de Salud Pública, 2017). La tendencia global del desarrollo de dispositivos médicos va de la mano con estándares de calidad para su funcionamiento, monitoreo y control, incorporados en contratos, códigos, leyes, y reglamentos internacionales que se aplican a nivel local en los distintos países.

La importancia creciente de la tecnología en el mundo de hoy, ha incursionado en la biomedicina y biomédica, con continuo desarrollo, como parte integral del proceso de mejoría de la calidad de vida de las personas, particularmente aquellas con discapacidad. Por esta razón surge la necesidad del desarrollo de propuestas con las nuevas tecnologías, como: dispositivos protésicos que contribuyan a la movilidad corporal, bioimpresoras en 3D para fabricar tejido estable a escala humana de cualquier forma y tamaño, prototipos robóticos en la cirugía (quirófanos 4.0 y cirugía digital), programas especializados con fines diagnósticos y/o terapéuticos, entre otros (Cedeño, Pazmiño, D'Ilio, & Aguirre, 2022).

La inteligencia artificial se incorpora al campo de la medicina en un escenario prometedor en el futuro de varias industrias sanitarias, particularmente en el área quirúrgica, donde los médicos usan robots para ayudarlos en cirugías, con habilidades excepcionales para mejorar el campo visual, cerrar lesiones y crear incisiones precisas durante la cirugía (Matheny, Thadaney, Ahmed, & Whicher, 2022).

La Biomédica resulta de una combinación de Ciencias de la Salud y las Ciencias Exactas aplicada a las ciencias médicas para satisfacer y contribuir a mejorar la calidad de vida del ser humano y amerita la profesionalización de personal técnico, tecnológico y de ingeniería (Flores, Trujillo, Martínez, González, & Sánchez, 2020).

Parte de los estándares de calidad reconocidos a nivel mundial, están acoplados a la American Society for Testing and Materials (ASTM Internacional, 2020) y a la Federal Drugs and Administration (FDA), que regula los dispositivos médicos vendidos en los Estados Unidos y también participa a nivel internacional cuando estos equipos se exportan a otros países, dada su intervención en la evaluación y toma de decisiones sobre la autorización y monitoreo de la seguridad y efectividad de un dispositivo biomédico, biomecánico o robótico quirúrgico postcomercialización de los mismos (Van Norman, 2020).

Más del 90% de los profesionales a nivel mundial participan en el sistema de ASTM que reconoce la pericia técnica, independiente al país de origen. Expertos, organizaciones y personas que representan la industria, el mundo académico, los gobiernos, asociaciones comerciales, consultores y consumidores, todos tienen una participación igualitaria a la hora de determinar el contenido de los estándares (ASTM Internacional, 2020).

En Ecuador, la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), dependiente del Ministerio de Salud Pública, a través de la Dirección Técnica de Elaboración, Evaluación y Mejora Continua de Normativas, Protocolos y Procedimientos, estableció la Normativa Técnica Sanitaria para el Control y Funcionamiento del Sistema Nacional de Tecnovigilancia (SNTV), cuyo objetivo es la identificación, recolección, evaluación, gestión y divulgación de eventos o incidentes adversos consecuencia del uso de dispositivos médicos de uso humano; así como, la identificación de los factores de riesgo asociados a éstos, para prevenir su aparición y minimizar sus riesgos (Ministerio de Salud Pública, 2017). La ARCSA de esta manera vela por la incorporación de los estándares de calidad de los dispositivos médicos, biomecánicos y robóticos como es la tendencia mundial.

Además, en Ecuador, se cuenta con el Acuerdo Ministerial No. 0224 – 2018 donde se aprobó y autorizó el Manual “Gestión de Mantenimiento de Equipos Biomédicos” (Ministerio de Salud Pública, 2018), como un instrumento que permite implementar metodologías y procedimientos técnicos para garantizar la calidad del equipamiento sanitario de los servicios de salud del Ministerio de Salud Pública, estableciendo niveles de prioridad para el inventario de mantenimiento; frecuencia de mantenimiento según el nivel de riesgo físico, definido como el daño potencial para los usuarios internos y externos, de acuerdo a su uso previsto; frecuencia de mantenimiento en base al uso del dispositivo médico de uso humano y, antecedentes de problemas del equipo.

Discusión

Hoy día, la automatización de los procesos es fundamental en todas aquellas organizaciones que desean aumentar su productividad. Dado que, permite a las empresas, ofrecer productos de alta calidad, a un menor costo, en menor tiempo y con menos pérdida en la materia prima y menos residuos (Cantos, 2019). Según Ingeteam separan las líneas de procesos en las siguientes:

- ETL (Líneas de Electro-estaño)
- EGL (Línea de electro-galvanizado)
- CGL (Líneas de Galvanizado en caliente y otros procesos por inmersión)
- PL (Línea de Decapado y otros procesos químicos)
- CL (Línea de Pintura y Recubrimiento Orgánico)
- AL (Líneas de Recocido Continuo y otros procesos térmicos)
- FL (Línea de Acabado, en genera: pulid, esmerilado, inspección, corte en longitud, cizallado de bordes, rebobinado, etc.) (INGETTEAM S.A., 2020).

En este sentido, Oehninger (2018), indicó que el proceso de automatización está conformado por tareas y/o actividades que automatizan las actividades repetitivas y operativas lo que produce un impacto positivo a en los siguientes aspectos:

- Reducción de costos
- Ahorro de tiempo
- Resultados siempre actualizados
- Mejora del control de las operaciones
- Mejora en la comunicación
- Mayor seguridad del personal
- Producción más flexible
- Mejora del flujo de datos
- Ventaja competitiva.
- Aumento de la producción

En el caso de Ecuador, según la Ficha Técnica del Ecuador publicada en mayo (2020), se presentó una balanza negativa en materia de producción y comercialización del país en el exterior, observándose un alto porcentaje de importación de productos para satisfacer la demanda interna. Lo que se traduce en poca inversión en tecnología de sistemas automatizados, baja producción, baja rentabilidad, y poca participación en el mercado competitivo globalizado (Banco Central del Ecuador, 2020).

Por otro lado, ante la tendencia de desarrollo e implantación de nuevas tecnologías en la industria manufacturera está directamente relacionada con el aumento de la productividad y la competitividad de las industrias. En este sentido, sólo las empresas con capacidad de incorporar tecnología innovadora en sus procesos de producción, podrán sobrevivir a la competitividad de los mercados nacionales e internacionales, y a la capacidad de ofertar de productos de mejor calidad, a un bajo costo y en un tiempo más corto de (Erbes et al., 2019). En el caso de Ecuador, Cadena y otros investigadores (2019), indicaron que diversas industrias pertenecientes al DMQ, están

prestos a implementar el uso de tecnologías innovadoras, que se adapten a las exigencias de los clientes y compitan con los productos de corte nacional e internacional.

Otro elemento que limita el desarrollo tecnológico de la industria ecuatoriana, es el déficit de personal cualificado. ya que, al no contar con un personal formado en esta área, se producen retrasos en la elaboración, distribución y comercialización de los productos, además de afectar la calidad de los mismos (Gómez, 2019).

En el ámbito de los negocios biotecnológicos, particularmente en la biomedicina, existen en el Ecuador, varias empresas sólidas relacionadas con diferentes áreas de la biotecnología, su mayoría multinacionales (como Siemens) y/o empresas nacionales, cuyo personal tiene un alto porcentaje de trabajadores que se han preparado en otros países (Carrera-Navarrete E. , 2019).

De acuerdo a la experticia de los investigadores, en los últimos 20 años, han venido en ascenso las empresas dedicadas al mercado de equipos biomédicos y biomecánicos, entre ellas: BioMol Ecuador Cia Ltda, Protéus Cía. Ltda., Robitz, Orthosa Lab, Coworking Cuenca (empresa SID). Además se suma el aporte creciente de Universidades ecuatorianas que participan en el desarrollo de prótesis, prototipos y dispositivos biomédicos que son comercializados a bajo costo (Caicedo, 2020).

El último informe de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), que mide el nivel de innovación de los países, resalta aspectos positivos de Ecuador que ha mejorado su infraestructura, pero indica también, como factor negativo, el reducido número de patentes que se registran y la nula inversión en capitales de riesgo (Cornell University, INSEAD, WIPO., 2019).

Suiza es el país más innovador del mundo, seguido de Suecia, los Estados Unidos de América, los Países Bajos y el Reino Unido, ocupando Ecuador el puesto 99 de 129 países en el ranking del Índice de Innovación global 2019, donde uno de los 80 indicadores, corresponde al papel y la dinámica de la innovación médica, su distribución y accesibilidad, y, la influencia potencial que esto puede tener en el crecimiento económico, así como, en la formación de personal calificado y especializado, que contribuye al círculo del desarrollo de una nación (Cornell University, INSEAD, WIPO., 2019).

Conclusiones

En Ecuador existen las carreras de Ingeniería en Mecatrónica, Electrónica, Eléctrica que contribuyen al desarrollo, innovación, implementación y perfeccionamiento de dispositivos y procesos industriales. Particularmente, la mecatrónica cuenta con un campo de aplicación muy amplio, permite la inserción de nuevas tecnologías en las empresas, y favorece el posicionamiento competitivo dentro del mercado.

Asimismo, existe la incorporación de la mecatrónica en otras áreas, como equipos de control numérico, prensas hidráulicas, medidores de gases, marcapasos, prótesis biomédicas, automóviles equipados con sistemas de encendido electrónico, control

de ruido, entre otras; siendo estas tecnologías efectivas, de mayor calidad y de costo adecuado, lo cual la ha posicionado favorablemente entre las 10 principales tecnologías emergentes a nivel nacional e internacional.

Referencias

- Aquino, J. A., Trujillo, J., & González, J. F. (2015). *Las sinergias que evidencian la evolución de la enseñanza de la Ingeniería Mecatrónica*. REVISTA DE CIENCIA E INGENIERÍA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE COATZACOALCOS. Año 2, No. 2, pp. 37-42. ISSN: 2395-907X. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/291167078_Las_sinergias_que_evidencian_la_evolucion_de_la_ensenanza_de_la_Ingenieria_Mecatronica
- Argueles, C., De la Rosa, J., & Lázaro, J. (2020). *Scanner 3D para la fabricación de componentes mecánicos mediante ingeniería inversa*. Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre (Tesis de Grado). Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/4636/1/SCANNER%203D%20PARA%20LA%20FABRICACI%C3%93N%20DE%20COMPONENTES%20MEC%C3%81NICOS%20MEDIANTE%20INGENIER%C3%8DA%20INVERSA%20IMT%202022.pdf>
- ASTM Internacional. (2020). *American Society for Testing and Materials*. Obtenido de <https://la.astm.org/la/standards/>
- Banco Central del Ecuador. (2020). *EL COVID-19 PASA FACTURA A LA ECONOMÍA ECUATORIANA: DECRECERÁ ENTRE 7,3% Y 9,6% EN 2020*. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1369-el-covid-19-pasa-factura-a-la-economia-ecuatoriana-decrecera-entre-7-3-y-9-6-en-2020>
- Cadena, J., Pereira, N., & Pérez, Z. (2019). *La innovación y su incidencia en el crecimiento y desarrollo de las empresas del sector alimentos y bebidas del Distrito Metropolitano de Quito (Ecuador) durante el 2017*. Revista Espacios. Vol. 40 (Nº 22). Pág. 17. Obtenido de <http://www.revistaespacios.com/a19v40n22/a19v40n22p17.pdf>
- Caicedo, A. (2020). *Biomedicina en Ecuador, contexto a futuro y memorias del segundo congreso en Loja*. Archivos Académicos USFQ, Número 22. Obtenido de <https://doi.org/10.18272/archivosacademicos.vi22.1651>
- Cantos, G. F. (2019). *La Automatización y su Efecto en La Producción de la Empresa Sika ecuatoriana*. Retrieved from UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/reduq/40488/1/T-GOMEZ%20CANTOS%20GARY%20FERNANDO.pdf>
- Carrera-Navarrete, E. (2019). *Breve perspectiva de la situación actual de la Biotecnología en Ecuador*. Obtenido de <https://enfoquecientifico.com/2019/05/28/breve-perspectiva-de-la-situacion-actual-de-la-biotecnologia-en-el-ecuador/>
- Carrera-Navarrete, E. (2019). *Breve perspectiva de la situación actual de la Biotecnología en Ecuador*. Enfoque científico. Obtenido de <https://enfoquecientifico.com/2019/05/28/breve-perspectiva-de-la-situacion-actual-de-la-biotecnologia-en-el-ecuador/>
- Cedeño, Y. M., Pazmiño, M., D'Illo, H., & Aguirre, A. (2022). *Cirugía robótica, la transición de la cirugía en la actualidad*. Revista RECIAMUC. ISSN: 2588-0748. Editorial Saberes del Conocimiento, pp. 269-279. Obtenido de <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/862>



- CEPAL. (2022). *Tecnologías digitales para un nuevo futuro*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46816/1/S2000961_es.pdf
- Chacón, J., & Rugel, S. (2018). *Artículo de Revisión. Teorías, Modelos y Sistemas de Gestión de Calidad*. *Revista Espacios*. Vol. 39 (Nº 50) Pág. 14. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n50/18395014.html>
- Cornell University, INSEAD, WIPO. (2019). *Global Innovation Index 2019. Creating Healthy Lives — The Future of Medical Innovation*. Obtenido de <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4434>
- de la Vega, I. (2018). *Innovación, tecnologías emergentes y cambio organizacional. El caso de la Fórmula 1*. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, vol. XXIV, núm. 1, pp. 311-342. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/364/36457129015/html/>
- Erbes et al. (2019). *Industria 4.0: oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe*, *Documentos de Proyectos (LC/TS.2019/80)*, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44954/1/S1901011_es.pdf
- Estevadeordal et al. (2018). *Planet Algorithm: Artificial Intelligence for a Predictive and Inclusive Integration in Latin America*. *Integration and Trade Journal: Volume 22: No. 44*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/handle/11319/9080>
- Flores, F., Ramos, R., Ramos, F., & Ramos, A. (2019). *Gestión de Innovación tecnológica y globalización como factores impulsores de la calidad de servicio y competitividad*. *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 24, núm. 88. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/290/29062051014/html/>
- Flores, J., Trujillo, C., Martínez, R., González, B., & Sánchez, I. (2020). *Desarrollo y tendencias de la ingeniería biomédica en México*. *Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, vol. 9, núm. 1, pp. 1-11. Universidad de Guadalajara. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5122/512267930008/html/>
- García-Sabater, J. P. (2020). *LÍNEAS DE PRODUCCIÓN. NOTA TÉCNICA*. RIUNET Repositorio UPV. Obtenido de <https://riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/138801/L%C3%ADneas%20de%20Producci%C3%B3n.pdf>
- Gómez, G. (2019). *La Automatización y su Efecto en La Producción de la Empresa Sika ecuatoriana*. Retrieved from UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40488/1/T-GOMEZ%20CANTOS%20GARY%20FERNANDO.pdf>
- Hualde, A. (2020). *Industria 4.0 en México. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas*. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 31-49. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Adriana-Martinez-Martinez-2/publication/343322251_Industria_40_en_Mexico_Elementos_diagnosticos_y_puesta_en_practica_en_sectores_y_empresas/links/5f2c9e3d458515b7290acee5/Industria-40-en-Mexico-Elementos-diagnosticos-y
- INGETEA S.A. (2020). *Sistemas Industriales y líneas de proceso*. Obtenido de https://www.ingeteam.com/es-es/sistemas-industriales/siderurgia/pc38_60_503/lineas-de-proceso.aspx
- Larrondo, E., Cervantes, G., & Sánchez, A. (2018). *Impacto de la mecatrónica en la medicina*. *MEDISAN*, 22(4). Obtenido de <http://www.medisan.sld.cu/index.php/san/article/view/2059>

- Macas, E. M. (2017). *Definición y Estado del Arte de la Ingeniería Concurrente la Manufactura*. *INNOVA Research Journal*, Vol 2, No. 10, 44-60.
- Márquez, J. (2017). *Uso de softwares de CAD y CAM como apoyo didáctico para la generación de prototipos de forma manual*. Conference: 4° Congreso Internacional de Innovación EducativaAt: Tecnológico de Monterrey, Monterrey, México. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/322555650_Uso_de_softwares_de_CAD_y_CAM_como_apoyo_didactico_para_la_generacion_de_prototipos_de_forma_manual
- Matheny, M., Thadane, S., Ahmed, M., & Whicher, D. (2022). *Artificial Intelligence in Health Care: The Hope, the Hype, the Promise, the Peril*. Washington, DC: National Academy of Medicine. Obtenido de <https://nam.edu/wp-content/uploads/2019/12/AI-in-Health-Care-PREPUB-FINAL.pdf>
- McKinsey Global Institute. (2017). *Un futuro que funciona: automatización, empleo y productividad*. Resumen Ejecutivo. Obtenido de <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/digital%20disruption/harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/a-future-that-works-executive-summary-spanish-mgi-march-24-2017.pdf>
- Ministerio de Industrias y Productividad. (2017). *Industrias*. Obtenido de <http://www.industrias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/01/politicalIndustrialweb-16-dic-16-baja.pdf>
- Ministerio de Salud Pública. (2017). *NORMATIVA TÉCNICA SANITARIA PARA EL CONTROL Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA NACIONAL DE TECNOVIGILANCIA*. (C. y. Agencia Nacional de Regulación, Ed.) . Obtenido de <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/05/Tecnovigilancia.pdf>
- Ministerio de Salud Pública. (2018). *Manual de gestión de mantenimiento de equipos biomedicos*. Obtenido de http://instituciones.msp.gob.ec/images/Documentos/Manuales/manual_de_gestion_de_mantenimiento_de_equipos_biomedicos.pdf
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3)*, Santiago. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Naciones Unidas. (2018). *Una mirada regional al acceso y tenencia de tecnologías de la información y comunicaciones – TIC, a partir de los censos*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/enfoques/mirada-regional-al-acceso-tenencia-tecnologias-la-informacion-comunicaciones-tic-partir>
- Naranjo, F. (2006). *La Mecatrónica: Orígenes y Perspectivas*. Conference: VI Congreso Internacional de Electrónica y Tecnologías de Avanzada - CIETA 2006At: Pamplona, N. de S., Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/337403961_La_Mecatronica_Origenes_y_Perspectivas
- Navarro, E., Gisbert, V., & Pérez, A. (2018). *Metodología e implementación del modelo Six Sigma*. *3C Empresa (Edición Especial)*, pp 73-80. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.73-80>
- Noroña, M. V., & Gómez, M. F. (2019). *Desarrollo e innovación de los sistemas mecatrónicos en un automóvil: una revisión*. *Enfoque UTE*, vol. 10, núm. 1, Enero-Marzo, pp. 117-127. Obtenido de <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.350>
- Oehninger, C. (2018). *El Impacto de la Robótica y la Automatización del Empleo en Uruguay*. Universidad de San Andrés (Tesis de Máster). Obtenido de



- <https://repositorio.udes.edu.ar/jspui/bitstream/10908/16154/1/%5BP%5D%5BW%5D%20T.%20M.%20Ges.%20Oehninger%2C%20Carlos.pdf>
- Olivares, M., & Cejas, M. (2017). *Debates y Escenarios en Ciencias Administrativas*. Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador. ISBN: 978-0042-749-24-5. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Fabiola-Duran/publication/319879323_Comercio_exterior/links/59bfd531aca272aff2e1f1af/Comercio-exterior.pdf
- Pérez-Rodríguez, R., Simeón-Monet, R. E., & Trinchet-Varela, C. A. (2019). *La gestión de la innovación en el centro de estudios cad/cam*. *Ciencias Holguín*, vol.25, núm. 4. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1815/181562362003/181562362003.pdf>
- Pinzón, A., Torres, N., Moreno, D., & Grimaldo, G. (2019). *La vigilancia tecnológica como herramienta para el análisis de tendencias de la Educación Superior. Caso estudio: programas de ingeniería*. *Revista Espacios*. Vol. 40 (Nº 25) Año 2019. Pág. 2. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Denis-Moreno-Castillo/publication/339314615_La_vigilancia_tecnologica_como_herramienta_para_el_analisis_de_tendencias_de_la_Educacion_Superior_Caso_estudio_programas_de_ingenieria_Technological_monitoring_as_a_tool_for
- Sabel, E. (2021). *Desarrollo de un sistema de rotación de piezas cilíndricas de bajo coste para su mecanizado mediante laser de femtosegundo*. Universidad Da Coruña (Tesis de grado). España. Obtenido de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/30519/SabelRodriguez_Edgar_TFG_2021.pdf?sequence=2
- Secretaría Técnica Planifica Ecuador. (2019). *Avance del Cumplimiento de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/07/Informe-Avance-Agenda-2030-Ecuador-2019.pdf>
- Spitz, J., Wagemans, J., Memmert, D., Williams, A. M., & Helsen, W. F. (2021). *Video assistant referees (VAR): The impact of technology on decision making in association football referees*. *Journal of sports sciences*, 39(2), 147–153. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1809163>
- Tello, M. (2017). *Innovación y productividad en las empresas de servicios y manufactureras: El caso del Perú*. *CEPAL review* 2017(121):73-92. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/317163528_Innovacion_y_productividad_en_las_empresas_de_servicios_y_manufactureras_El_caso_del_Peru
- Universidad Andina Simón Bolívar y la Alianza para el Emprendimiento y la Innovación. (2017). *AEI INDEX 2017*. Obtenido de Academia para el Emprendimiento e Innovación[AEI]. (2017). Índice global de innovación Ecuador 2017.
- Universidad de Antioquia. (2018). *Ingeniería Mecánica y Mecatrónica: Innovación para un nuevo país*. Departamento de Ingeniería Mecánica. ISBN: 978-9585413-78-8. Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Anderson-Pena-Sabogal/publication/338052620_INGENIERIA_MECANICA_Y_MECATRONICA_Innovacion_para_un_nuevo_pais/links/5dfbeea492851c83648b0187/INGENIERIA-MECANICA-Y-MECATRONICA-Innovacion-para-un-nuevo-pais.pdf
- Van Norman, G. (2020). *Update to Drugs, Devices, and the FDA*. *JACC Basic Transl Sci*; 5(8): 831–839. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7444905/>
- Ynzunza, C., Izar, J. B., Aguilar, F., & Larios, M. (2017). *El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras*. *Conciencia Tecnológica*, núm. 54. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/html/>

Zaldívar-Colado, A. (2019). *Laboratorios reales versus laboratorios virtuales en las carreras de ciencias de la computación. IE Rev. investig. educ. REDIECH vol.10 no.18 Chihuahua.* Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-85502019000100009&lang=es