

LA ROBÓTICA EN EL ÁMBITO LABORAL: UN ESTUDIO DE REVISIÓN

Robotics in the workplace: a review study

Pedraza Guevara, Santos¹

spedraza.isperu@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6913-4643>

Chamba Flores, Yessenia²

chamba.yessenia@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1438-4215>

Recibido: 22/04/2021 Aceptado: 31/05/2021 Publicado: 30/06/2021

Pág 26-51

RESUMEN

El presente artículo es una revisión bibliométrica. Se recopilaron datos de información utilizando la metodología Methodi Ordinatio, que consiste en buscar el tema de investigación, selección de palabras claves, buscar datos en Scopus, ScienceDirect y Web of Science, filtro y análisis, extracción al referenciador Zotero y, finalmente, lectura y escritura. Una línea de tiempo de la industria 1.0 hasta la industria 5.0, muestra el trabajo en conjunto humano-robots, así como la evolución industrial y tecnológica de robots desde los años 60 al 2020. En Alemania, la automatización robótica ha disminuido los puestos de trabajo con calificaciones medias en ocupaciones de operación de máquinas en un 23 %. El recojo de frutas cítricas en Florida tiene una eficiencia del 85 %, y se estima al 2025 que pueda duplicarse el lucro para las empresas en un 1,5

¹ Doctora en Ingeniería de Producción. Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Brasil.

² Investigadora en Innova Scientific SAC.

%. En Nueva Zelanda, la producción de kiwis debe aumentar el doble para el 2022. Esta aplicación de modelado de procesos no solo fomenta iniciativas de cadenas de suministro sostenibles, que pueden maximizar las ganancias económicas, sino que reducen los impactos ambientales. El McKinsey Global Institute prevé del 2020 al 2030, el aumento de la automatización de empleos del 30 % al 47 %. En conclusión, es posible que un robot afecte los puestos de trabajo para ciudadanos de bajo nivel educativo. El plan de diseño robótico a la vanguardia de nuevos avances en ciencia, tecnología, ingeniería y modelos predictivos debe mejorar, adaptándose a las necesidades del hombre y del desarrollo del país, y así ser capaces de detectar, incluso, ciertas emociones.

PALABRAS CLAVE:

Cadena de Suministros,
Espacio de Trabajo, Robots,
Trabajo Colaborativo,
Industria 4.0

ABSTRACT

This article is a bibliometric review. Information data were collected using the Methodi Ordinatio methodology, which consists of searching for the research topic, keyword selection, searching for data in Scopus, ScienceDirect and Web of Science, filtering and analysis, extraction to the Zotero referencer and, finally, reading and writing. A timeline from industry 1.0 to industry 5.0 shows the human-robot partnership as well as the industrial and technological evolution of robots from the 1960s to 2020. In Germany, robotic automation has decreased jobs with average qualifications in machine operation occupations by 23 %. Citrus fruit picking in Florida has an efficiency of 85 %, and it is estimated that by 2025 the profit for companies could double by 1.5 %. In New Zealand, kiwifruit production should double by 2022. This application of process

modeling not only encourages sustainable supply chain initiatives, which can maximize economic gains, but also reduce environmental impacts. The McKinsey Global Institute forecasts from 2020 to 2030, job automation will increase from 30% to 47%. In conclusion, it is possible that a robot will affect jobs for citizens of low educational level. The robotic design plan at the forefront of new advances in science, technology, engineering and predictive modeling must improve, adapting to the needs of man and the development of the country, and thus be able to detect even certain emotions.

KEYWORDS:

Supply Chain,
Workspace, Robots,
Collaborative Work,
Industry 4.0.

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la humanidad, se han desarrollado una gran cantidad de revoluciones, como la neolítica y el paso de cazar a sembrar y producir sus propios alimentos; luego surgió la Revolución industrial y, posteriormente, hacia el siglo XXI surge una nueva revolución debido a los avances de la ciencia. Esta revolución trae consigo ventajas y desventajas para el mundo, dando como resul-

tado la Revolución artificial. Esta representa el siguiente paso que la humanidad debe dar, que es tener el poder de crear máquinas conscientes y robots. La presencia de la robótica está a la vanguardia de la ciencia, la tecnología y la innovación. Durante la última década, el *stock* mundial de robots industriales ha aumentado, y se proyecta un crecimiento aún mayor en los próximos 10 años, liderado por el ritmo récord de instalación de China. No cabe duda de que la

robótica en la industria ha experimentado un crecimiento exponencial de inversión.

Lo anterior se explica por la convergencia de innovaciones en tecnologías digitales, por ejemplo, inteligencia artificial y aprendizaje de las máquinas, que junto con los avances en ingeniería robótica y almacenamiento de energía están transformando dramáticamente las capacidades de los robots. En 2018 surgieron los *cobots*: máquinas pequeñas, muy móviles y diestras, que pueden colaborar con humanos; estos han entrado en la fabricación y logística, y pueden ser fácilmente capacitados para trabajar con humanos, con el fin de optimizar la productividad (International Federation of Robotics).

Este trabajo pretende mostrar avances sobre la robótica en el ámbito laboral. Para ello, se realizó un análisis bibliométrico, usando la metodología Methodi Ordinatio, las bases de datos Scopus, ScienceDirect y Web of Science. Además, se clasificaron alrededor de 10 artículos principales por factor de impacto, número de citaciones

y los más novedosos en el tema de robótica y el trabajo. A lo largo del documento se puede encontrar una introducción a la industria desde la 1.0 hasta la 5.0, la evolución de la robótica, aplicaciones de la robótica con estudios de casos en diferentes países y, finalmente, se podrá comprender qué es lo que nos espera en los próximos años respecto a los robots y la interacción entre humanos.

METODOLOGÍA

Se realizó una bibliometría recopilando datos de información por Methodi Ordinatio. La metodología consiste en 7 pasos: 1) título de la investigación, 2) usar palabras claves, como *Supply chains*, *Workspace*, *Robots*, *Co-working*, *Supply Chain Management*, 3) buscar en las bases de datos Scopus, ScienceDirect y Web of Science, 4) análisis de la información, 5) extraer los referenciadores, 6) análisis de la información y 7) lectura, análisis y escritura del artículo.

MARCO TEÓRICO

Industria 4.0

El concepto de Industria 4.0 floreció en Alemania para incrementar la productividad utilizando tecnología innovadora (Gao *et al.*, 2020), como el internet de las cosas, la robótica e inteligencia artificial (IA), *big data* y la nube informática; otras tecnologías que ayudan también son la

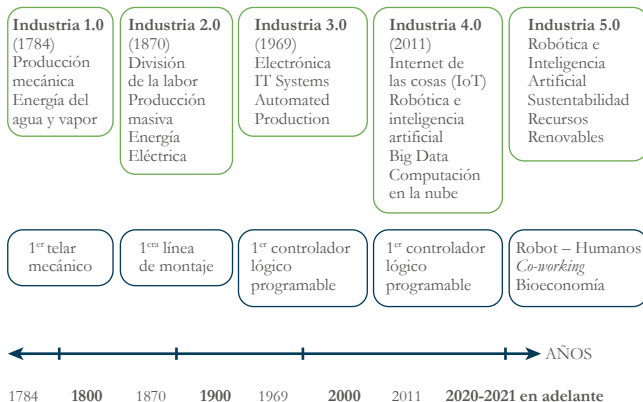
impresión 3D, realidad virtual y aumentada, fábricas inteligentes, logística inteligente, inteligencia ambiental (Cavata *et al.*, 2020; Demir *et al.*, 2019).

Industria 5.0

Para comenzar el estudio sobre los robots en el ámbito laboral, en la siguiente figura mostramos una línea de tiempo desde el inicio de la industria 1.0 hasta la industria 5.0:

Figura 1.

De la industria 1.0 a la industria 5.0



Nota. Elaboración propia

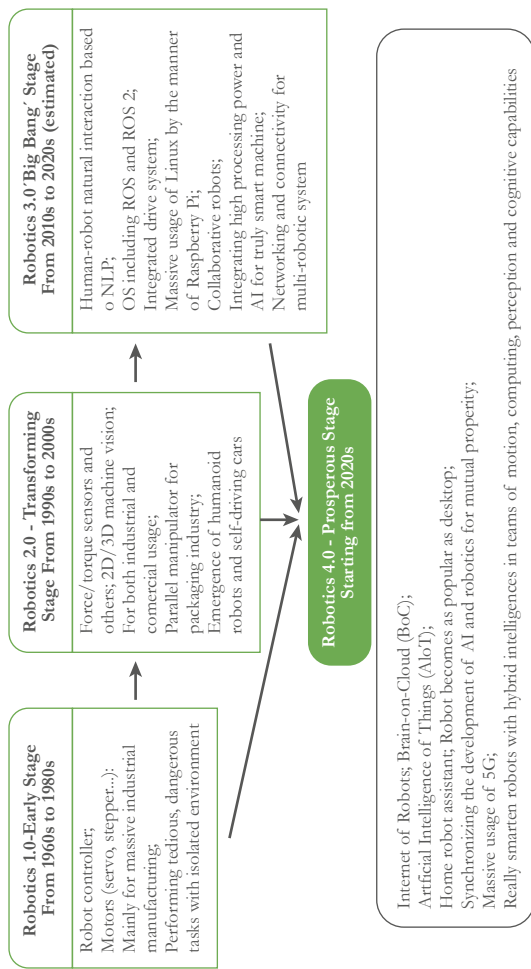
Actualmente, surgen dos visiones para la industria 5.0. La primera es el trabajo conjunto entre humanos y robots. En esta visión, los robots y los humanos trabajan juntos, siempre que sea posible la “inteligencia emocional” (Chuah y Yu, 2021).

Para que la empresa contenga robots más inteligentes se necesita comprender mejor cómo los robots sociales impactan en la calidad y cantidad de la atención (Barnett *et al.*, 2020). Hoy en día, en comparación con los robots industriales tradicionales, los robots colaborativos poseen mayor destreza y sensibilidad (Cavata *et al.*,

2020; Zacharaki *et al.*, 2020). Por otro lado, el uso inteligente de recursos biológicos para los propósitos industriales ayudará a lograr un equilibrio entre la ecología, la industria y la economía.

Robótica

La idea de autómatas mecánicos se remonta a 2000 años atrás. Aproximadamente, por el 60 a. C., Herón de Alejandría construyó un carro de tres ruedas que podía seguir una ruta reprogramada. La Figura 2 muestra la hoja de ruta de las evoluciones del robot desde el pasado hasta el presente (Gao *et al.*, 2020).

Figura 2.*Evolución del robot**Nota.* Tomado de Gao *et al.* (2020)

La revolución industrial y tecnológica es una interacción continua con la persona (García y Landeros, 2020). Al igual que otras regiones de Norteamérica y Europa, en Latinoamérica las producciones tecnológicas están creciendo (Barnett *et al.*, 2020). El impacto de la industria 4.0 y la sustentabilidad se basa en los aspectos económicos, ambientales y sociales. El internet de las cosas, sistemas ciberfísicos, sensores e implementación del *big data* son modelos por multicriterio Típsis de desarrollo sostenible, que ayudan al proceso de la toma de decisiones a gerentes o ingenieros de procesos, de modo que lleguen a comprender y estimar los impactos en Brasil, por ejemplo (CNI, 2016; Nara *et al.*, 2021).

Inteligencia artificial aplicada en robótica

La inteligencia artificial (IA) va en desarrollo con robots que impactan incluso ayudando a predecir el desempeño de los individuos en la toma de decisiones, en la industria manufacturera, de servicio financiero, agricultura, educación; por ejemplo, ayuda a analizar los efectos utilizando lente de justi-

cia social sobre la base de experiencias de personas que pasaron por discriminación (Dhanabalan y Sathish, 2018; Krupiy, 2020). La revolución industrial se combina con la robótica y el *internet of things*. Hoy en día, la IA, a través de tratamientos faciales sensibles, es capaz de detectar sus emociones (Haenlein y Kaplan, 2020).

Fábrica inteligente y robótica

La automatización se define como la ejecución por parte de una máquina de una función que antes era realizada por humanos. La capacidad de la automatización actual para automatizar el conocimiento y las tareas de servicio lo distingue de la automatización tradicional de tareas manuales repetitivas en sectores como la fabricación (Coombs *et al.*, 2020).

Impacto de la automatización en el ámbito global

El 23 % de la disminución del empleo manufacturero en Alemania se debe a la exposición de los robots; sin embargo, la pérdida de puestos de trabajo es compensada

por más trabajadores expuestos a robots; el declive global genera impacto, principalmente, para los trabajadores con calificaciones medias en ocupaciones de operación de máquinas. Los robots aumentan la productividad laboral, pero no los salarios; por otro lado, la automatización en el desempeño organizacional produce cambios, rentabilidad o ventajas competitivas (Coombs *et al.*, 2020).

En 1987, analizando la economía de recojo por robots de frutas cítricas en Florida, se descubrió que el recojo de un brazo multiplicado es capaz de dar una eficiencia del 85 %, pero esto elevaría el precio comparado al trabajo manual (Barnett *et al.*, 2020; Harrell, 1987); debido al desarrollo tecnológico en el 2018 el lucro fue de 1.5 %, estimándose al 2025 duplicarse, permitiendo ampliar su producción en campo.

Estudios en Nueva Zelanda desde el 2010 estimaron el aumento en dos veces la producción en kiwis; entonces, las instalaciones se autogestionan de forma más autónoma, adaptándose a los re-

quisitos del mercado, que se analiza como un estudio de caso para demostrar la formulación de un plan adaptativo. Esta aplicación de modelado de procesos no solo fomenta iniciativas de cadenas de suministro sostenibles que pueden maximizar las ganancias económicas, sino que también reduce los impactos ambientales (Barnett *et al.*, 2020).

Según McKinsey Global Institute, se preve para 2020 el aumento de la automatización en un 30 % de los empleos (Chui *et al.*, 2016); así, al 2030, probablemente, aumentará en un 47 % (Frey y Osborne, 2017). Para Gnambs y Appel, (2019) es posible que un robot afecte los puestos de trabajo para ciudadanos de bajo nivel educativo (García-Murillo *et al.*, 2018). Los seres humanos no pueden ser rediseñados, por lo que los diseños deben hacerse para adaptarse a ellos (Neumann *et al.*, 2021).

Algunos estudios realizados en los últimos años se muestran en la Tabla 1, en la que se detalla la situación por país, revista, factor de impacto y número de citas

Tabla 1.

Investigaciones de los últimos años, según país, revista, factor de impacto, citas, propósito y mecanismos obtenidos de las bases de datos

Autor	País del estudio	Journal	*FI	Nº de citas	Fin de la investigación	Mecanismo de trabajo/operación
(Mateus <i>et al.</i> , 2019)	Belgium	<i>IFAC-PapersOnLine</i>			Trabajo colaborativo entre robots y humanos para reducir las tareas jerárquicas a base de una evaluación ergonómica predictiva.	Usando fórmulas matemáticas predictivas en plano de un paralelepípedo
(Brisan y Ciszart, 2011)	Romania	<i>Mechanism and Machine Theory</i>	3.312	59	A través de diferentes configuraciones de un sistema robótico paralelo PARTER son analizados desde el punto de vista del espacio de trabajo.	Basado en un modelo de desarrollo modular de los problemas cinemáticos, el cálculo del espacio de trabajo de un sistema robótico Φx
(Huh <i>et al.</i> , 2011)	South Korea	<i>11th International Conference on Control, Automation and Systems</i>	2.733	23	Robots autónomos para trabajos locales y peligrosos para humanos como en minas	Usando algoritmos de detección para mapeamiento de localización y elevación
(Tü <i>et al.</i> , 2021)	Chinese	<i>Chinese Journal of Mechanical Engineering</i>	0.543	3	Robots para inspeccionar tanques esféricos, cámaras o equipos de pruebas no destructivas	A través de mecanismos de posicionamiento por modelos matemáticos puede ser localizados dentro

(Zhang y Wang, 2021)	China	<i>J Wireless Com Network</i>			Como dispositivo de control remoto para monitorear y obtener información de las tierras agrícolas	Usando redes de sensores inalámbricos
(Maculan y Lopes, 2016)	Brazil	Semina: Ciências Agrárias	0.464	1	Ordeño en vacas lecheras para reducir costos de operación	El mecanismo de operación es mediante robots
(Waldherr et al., 2000)	USA		3.602	462	Limpieza interactiva, donde una persona guía al robot a lugares específicos que deben limpiarse e indica al robot que recoja la basura	Usando algoritmos de Viterbi
(Alsamhi et al., 2019)	India y China	Journal of Intelligent & Robotic Systems	2.020	17	Tecnologías de comunicación inalámbrica efectivas para permitir que los robots seguros y confiables trabajen colectivamente y compartan datos y señales de control entre ellos.	Por técnicas de ML aplicado para mejorar la movilidad, la conectividad, la Calidad de Servicio (QoS)
(Ballestar et al., 2021)	Spain	Technological Forecasting and Social Change	5.846	2	Modelado longitudinal aplicado a empresas basado en el aprendizaje automático. El índice de productividad en pymes y grandes empresas.	Las empresas que adoptan la automatización mejoran la productividad y los costos laborales por tiempo.

(Chuah y Yu, 2021)	Taiwan	<i>Journal of Retailing and Consumer Services</i>	4.219	3	Datos de Instagram para descubrir como los robots emocionales influyen en los sentimientos afectivos de los consumidores potenciales.	Basándose en el algoritmo de optimización
(Alhasan y Hamsan, 2021)	United Arab Emirates	<i>Computerized Medical Imaging and Graphics</i>	3.750	4	Robot funciona como un canal de comunicación entre los médicos y los pacientes con COVID-19	Robot asistente capaz de adquirir signos vitales a distancia a través de un estetoscopio incorporado

Nota. Elaboración propia

*FI: Factor de impacto

Desde el punto de vista legal, la distinción entre una máquina automatizada y un robot debe quedar clara (Demir *et al.*, 2019). Sin embargo, este parece no ser un obstáculo en el fenómeno de robotización actual en los Estados Unidos. Según Zacharaki *et al.* (2020), los salarios de los licenciados jóvenes se han reducido en un 15 % entre 2000 y 2010. Esto debido a que las nuevas tecnologías de la información han reducido la necesidad de los trabajadores menos cualificados. El plan de estudios de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas debe mejorar para adaptarse a las necesidades de desarrollo de los países en desarrollo (Nara *et al.*, 2021; Ogbemhe *et al.*, 2017).

Se ha avanzado en el estudio de la aceptación de los robots por parte de las personas en el trabajo doméstico (Leite *et al.*, 2013). Así, un sistema de producción es flexible cuando puede cambiar a diferentes estados tomando en cuenta el tiempo, costo y rendimiento (Faccio *et al.*, 2020). A pesar de ello, existen pocos robots colaborativos en aplicaciones industriales en comparación con las aplicacio-

nes estándar como la ISO 10218-1 e ISO 10218-2; aún no se ha explorado todo su potencial (Saenz *et al.*, 2018; Zacharaki *et al.*, 2020). Además, es posible beneficiarse de las técnicas de aprendizaje automático; a su vez, la eficacia de dispositivos de asistencia y advertencia pueden mejorarse dotándolos de un grado de conciencia del estado humano y la condición ergonómica (Yovi y Nurrochmat, 2018).

Ergonomía

La ergonomía es el estudio de la adecuación del trabajo al hombre y entorno circundante (en términos de su seguridad, salud y productividad), considerando que las personas poseen necesidades y capacidades, pero al mismo tiempo también tienen limitaciones (Golabchi *et al.*, 2018; Sosa *et al.*, 2018; Yovi y Nurrochmat, 2018). De acuerdo con Kim *et al.* (2019), la mayoría de robots se basan en el concepto de “evitación humana”, para garantizar la seguridad, que es evitar colisiones entre humanos y robots que transportan objetos industriales pesados o afilados.

Un estudio sobre la implementación de las tecnologías digitales (robots) de la empresa a sus trabajadores antes, du-

rante y después, revela la incertidumbre, frustración y estrés que afecta su salud (ser despedido), pero también la necesidad de desarrollar habilidades y competencias; sin embargo, las personas son reacias al cambio y necesitan información y capacitación (Kadir & Broberg, 2020).

Actual convivencia con la robótica en el trabajo

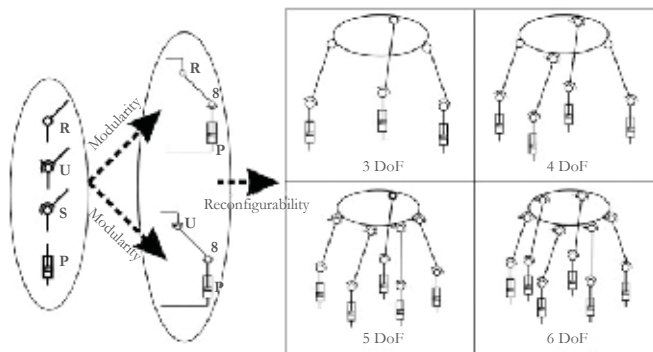
Las funciones centrales de los robots colaborativos, al realizar

procesos específicos, como la seguridad psicológica durante la colaboración humano-robot y su impacto en el comportamiento del robot, mientras que también analiza en profundidad los parámetros psicológicos de la incorporación de robots en entornos industriales y sociales (Zacharaki *et al.*, 2020).

La Figura 3 muestra las propiedades de modelación y reconfiguración del robot Partner:

Figura 3.

Modelación y reconfiguración de robot Partner



Nota. Brisan y Csiszar (2011)

Así, se presentan singularidades en el espacio de trabajo para diferentes configuraciones, con diferentes grados de libertad, de un sistema robótico reconfigurable. El cálculo del espacio de trabajo se basa en la propiedad de modularidad del sistema. Los resultados presentados están validados experimentalmente (Brisan & Csiszar, 2011; Zacharaki *et al.*, 2020).

Robótica y productividad

Varias industrias se enfrentan a diferentes condiciones de innovación, incluyendo la industria automotriz, la industria aeroespacial y la industria de la robótica, que actualmente está emergiendo (Yun *et al.*, 2018).

En el sector obrero se encontró que la productividad es mayor cuando el método de construcción robótica se utiliza para muros complejos, indicando el posible beneficio económico significativo del uso de *digital fabrication* (DFAB), aditivo para construir estructuras complejas (de Soto *et al.*, 2018). La aplicación de la robótica en los restaurantes también está dando resultados; estudios en un restau-

rante japonés demuestran que la introducción del *Automatic Guided Vehicle* (AGV) redujo las horas de trabajo del personal de servicio de 292,1 a 270,5 horas, mejorando la productividad laboral (Shimmura *et al.*, 2020).

La pandemia por la COVID-19 ha llevado al distanciamiento social físico por prevención. Los robots son una propuesta de solución que garantiza la ejecución de trabajos esenciales, de manera que reduce el riesgo de exposición al virus; sin embargo, gran parte de la discusión está en la necesidad de desarrollar técnicas en robótica, para la colaboración del trabajo entre humanos y robots (Esterwood & Robert, 2021; Murphy *et al.*, 2020; Shen *et al.*, 2020). Así, la robótica sanitaria, como drones aéreos e internet de las cosas, son ejemplos probatorios. Las pruebas de PCR y las imágenes médicas son los diagnósticos de frontera de COVID-19. La tomografía computarizada ayudó a corregir la variación de precisión de las pruebas de PCR a una sensibilidad clínica del 98 % (Alhasan & Hasaneen, 2021).

Regiones vulnerables ante la inserción de robótica

Según Dekker *et al.* (2017) existe un debate sobre los efectos de la introducción de robots en el sector laboral, en el que muchas personas se preocupan por la desigualdad y la posible pérdida de trabajo que puede generar la tecnología robótica. Un estudio realizado en Alemania señala que la implementación de la robótica no causa pérdidas de puestos de trabajo, pero sí afecta la composición del empleo agregado. Se estimó que cada robot sustituye aproximadamente dos trabajos de fabricación, pero esta pérdida fue totalmente compensada por trabajos adicionales en el sector de servicios.

En otro aspecto, se espera que las granjas modernas produzcan más con mayor calidad a menor costo de manera sostenible y menos dependiente de la fuerza laboral, siendo la implementación de agricultura digital y la gestión de precisión específica del sitio, algunas de las posibles respuestas a esta expectativa (Shamshiri *et al.*, 2018). Así lo indican Anil *et al.*, (2015), ya que señalan que el sistema *swarm*

robotics se implementa reduciendo las limitaciones de costo y consumo de energía, cumpliendo las funciones de exploración, arado, suministro de agua, recolección, etc. Por último, arroja luz sobre los retos futuros a afrontar y su aplicación de la misma estructura en diversos campos.

Adicionalmente, la robótica también tiene un gran impacto en el sector salud, el cual se hizo presente durante la pandemia de la COVID-19. Así, las aplicaciones de la robótica y la automatización en la salud y áreas afines ayudando a los médicos y su personal (Esterwood & Robert, 2021). Además, la Federación Internacional de Robots (IFR) predice una tendencia mayor en la demanda de robots-médicos en los próximos años con una estimación de mercado de 9100 millones de dólares para 2022.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se encontró posibles problemas que se relacionan entre el trabajo conjunto humano-robots desde la perspectiva de la organización y del

empleado humano. Se cree que las investigaciones encontradas en este estudio serán el foco de muchos otros estudios de revisión e investigación en robótica y ámbito laboral.

La industria 4.0 es la cuarta revolución industrial que se caracteriza por automatizar y digitalizar los procesos industriales, fundamentándose en la introducción de tecnologías como IoT (*internet of things*), *big data* o inteligencia artificial; de modo que existen los robots colaborativos en la empresa de trabajo (Cavata *et al.*, 2020), pero hace falta comprender mejor el impacto entre robots y humanos (Barnett *et al.*, 2020; Zacharaki *et al.*, 2020).

Aquellas empresas manufactureras que adoptan la robótica en sus procesos productivos, independientemente del tamaño, mejora en todos los indicadores comerciales de desempeño y productividad (Ballestar *et al.*, 2021; de Soto *et al.*, 2018). Los hallazgos se centran en la interacción entre la exhibición emocional de un robot y las reacciones potenciales de un consumidor durante los encuen-

tros de servicio en el futuro cercano (Chuah & Yu, 2021; Grundner & Neuhofer, 2021).

Faccio *et al.* (2020) aseguran que los asistentes robóticos aumentan el rendimiento del operador humano y reducen costos de sistemas. Estas ventajas son bien recibidas por las industrias; sin embargo, el entorno de trabajo humano-robot presenta desafíos para los sistemas robóticos. Los más relevantes son el espacio no estructurado a condiciones climáticas, la áspera tolerancia de operación y los trabajadores no acostumbrados a sistemas robóticos (Follini *et al.*, 2021; Neumann *et al.*, 2021).

El trabajo conjunto entre humanos y robots seguirá siendo un gran cambio para las organizaciones. De hecho, es probable que los robots en nuestras vidas supongan un cambio significativo para la humanidad (Demir *et al.*, 2019; Veronesi Junior & Aquino, 2020).

Con base en estudios realizados usando Instagram, las perspectivas para estudios futuros sería realizar un diseño experimental

(algoritmos de reconocimiento facial) e incorporar otros datos biométricos, como el sentimiento ocular, la electroencefalografía o la respuesta galvánica de la piel (Chuah & Yu, 2021).

Así, en Corea, por ejemplo, han empleado robots para un ambiente extremadamente hostil para los trabajadores, debido a las altas temperaturas, humedad o polvos perjudiciales (Huh *et al.*, 2011). Asimismo, el uso en tierras agrícolas para obtener información (Barnett *et al.*, 2020; Zhang & Wang, 2021), en Brasil también es muy usado tanto para el ordeño robótico de vacas lecheras, mejorando así la calidad de la leche y productividad de las vacas (Maculan & Lopes, 2016).

Muchas personas y empresas han recurrido a los robots para superar desafíos de la pandemia por la COVID-19. Comparando con el trabajo tradicional los sistemas robóticos y autónomos traen ventajas (Leite *et al.*, 2013; Shen *et al.*, 2020).

Las instalaciones dedicadas al tratamiento de la COVID-19 recurrieron a la robótica sanitaria

para establecer protocolos de tratamiento remoto y control de infecciones virales (Alhasan & Hasaneen, 2021).

CONCLUSIONES

Varias industrias se enfrentan a diferentes condiciones de innovación, como la industria de la robótica, que actualmente está emergiendo. Se puede ver el trabajo colaborativo entre humanos-robots, reduce las tareas domésticas con base en evaluación ergonómica por modelos predictivos, modular usando algoritmos de optimización y redes de sensores; como en la agricultura digital y la gestión de precisión, aumentan la productividad de manera sostenible, reduce costos y consumo de energía y, por ende, rendimiento económico, cumpliendo las funciones de exploración, arado, suministro de agua o recolección en los procesos específicos, como la seguridad psicológica en entornos sociales e industriales.

La aplicación de la robótica en los restaurantes también está dando resultados, como reducir las horas

de trabajo del personal de servicio alrededor del 8 % en horas, mejorando la productividad laboral.

Adicionalmente, la robótica también tiene un gran impacto en el sector salud, el cual se hizo presente durante la pandemia de la COVID-19, que sirve como canal de comunicación entre médicos, personal y pacientes. La Federación Internacional de Robots (IFR) predice una tendencia mayor en la demanda de robots-médicos en los próximos años, con una estimación de mercado de 9100 millones de dólares para 2022.

Una de las desventajas sería que, 20 millones de trabajos de fabricación podrían ser desplazados por robots industriales para el 2030, lo que significa el 8,5 % de la fuerza laboral de fabricación mundial.

Por último, arroja luz sobre los retos futuros a afrontar y su aplicación de la misma estructura en diversos campos. Así, al 2025, con la aplicación de la automatización, se prevé lucro para las empresas alrededor de 1,5 %. El McKinsey Global Institute prevé del 2020 al 2030 el aumento de la automatización de empleos en un 25 %.

REFERENCIAS

Alhasan, M. & Hasaneen, M. (2021). Digital Imaging, Technologies and Artificial Intelligence Applications during COVID-19 pandemic. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 91. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895611121000823>

Alsamhi, S., Ma, O. & Ansari, M. (2019). Convergence of machine learning and robotics communi-

cation in collaborative assembly: Mobility, connectivity and future perspectives. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 98, 1-26. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10846-019-01079-x>

Anil, H., Nikhil, K., Chaitra, V. & Sharan, B. G. (2015). Revolutionizing farming using swarm robotics. *6th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation*. <https://ijssst.info/Vol-16/No-4/data/8258a141.pdf>

Ballestar, M. T., Díaz-Chao, Á., Sainz, J. & Torrent-Sellens, J. (2021). Impact of robotics on manufacturing: A longitudinal machine learning perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120348>

Barnett, J., Duke, M., Au, C. K. & Lim, S. H. (2020). Work distribution of multiple Cartesian robot arms for kiwifruit harvesting. *Computers and Electronics in Agriculture*, 169, 105202. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016816991931258X>

Brisan, C. & Csiszar, A. (2011). Computation and analysis of the workspace of a reconfigurable parallel robotic system. *Mechanism and Machine Theory*, 46(11), 1647-1668. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094114X1100125X>

Cavata, J., Massote, A., Maia, R. & Lima, F. (2020). Highlighting the benefits of Industry 4.0 for production: An agent-based simulation approach. *Gestão & Produção*, 27(3). <https://www.scielo.br/j/>

[gp/a/H9r8h3vZcWt5pMhJLv-DRkmx/?lang=en](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120348)

Chuah, S. & Yu, J. (2021). The future of service: The power of emotion in human-robot interaction. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 61, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096969892100117X>

Chui, M., Manyika, J., & Miremadi, M. (2016). Where machines could replace humans-and where they can't (yet). *McKinsey Digital*. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/where-machines-could-replace-humans-and-where-they-cant-yet#>

CNI, C. da I. (2016). *Indústria 4.0: Novo Desafio para a indústria Brasileira*. Indicadores CNI, 17, 13.

Coombs, C., Hislop, D., Taneva, S. K. & Barnard, S. (2020). The strategic impacts of Intelligent Automation for knowledge and service work: An interdisciplinary review. *The Journal of Strategic Information Systems*, 29(4). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963868720300081>

de Soto, B. G., Agustí-Juan, I., Hunhevicz, J., Joss, S., Graser, K., Habert, G. & Adey, B. T. (2018). Productivity of digital fabrication in construction: Cost and time analysis of a robotically built wall. *Automation in Construction*, 92, 297-311. <https://nyuscholars.nyu.edu/en/publications/productivity-of-digital-fabrication-in-construction-cost-and-time>

Dekker, F., Salomons, A. & Waal, J. van der. (2017). Fear of robots at work: The role of economic self-interest. *Socio-Economic Review*, 15(3), 539-562. https://www.researchgate.net/publication/313768794_Fear_of_robots_at_work_The_role_of_economic_self-interest

Demir, K. A., Döven, G. & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and human-robot co-working. *Procedia computer science*, 158, 688-695. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050919312748>

Dhanabalan, T. & Sathish, A. (2018). Transforming Indian industries through artificial intelligence and robotics in industry 4.0.

International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 9(10), 835-845. https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJMET/VOLUME_9_ISSUE_10/IJMET_09_10_087.pdf

Esterwood, C. & Robert, L. (2021). *Robots and COVID-19: Re-imagining Human-Robot Collaborative Work in Terms of Reducing Risks to Essential Workers*. SSRN. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3767609

Faccio, M., Minto, R., Rosati, G. & Bottin, M. (2020). The influence of the product characteristics on human-robot collaboration: A model for the performance of collaborative robotic assembly. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 106(5), 2317-2331. <https://bit.ly/3dn1IrX>

Follini, C., Magnago, V., Freitag, K., Terzer, M., Marcher, C., Riedl, M., Giusti, A. & Matt, D. T. (2021). BIM-Integrated Collaborative Robotics for Application in Building Construction and Maintenance. *Robotics*, 10(1), 2. <https://www.mdpi.com/2218-6581/10/1/2>

Frey, C. & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological forecasting and social change*, 114, 254-280. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162516302244>

Gao, Z., Wanyama, T., Singh, I., Gadhri, A. & Schmidt, R. (2020). From industry 4.0 to robotics 4.0: a conceptual framework for collaborative and intelligent robotic systems. *Procedia Manufacturing*, 46, 591-599. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235197892030963X>

García, O. & Landeros, E. (2020). An analysis of IT and industry 4.0 technologies as facilitators of internationalization and business performance. *Ingeniería e Investigación*, 40(3), 8. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingenv/article/view/81696>

García-Murillo, M., MacInnes, I. & Bauer, J. (2018). Techno-unemployment: A framework for assessing the effects of information and communication technologies

on work. *Telematics and Informatics*, 35(7). <https://bit.ly/2Td32GI>

Gnambs, T. & Appel, M. (2019). Are robots becoming unpopular? Changes in attitudes towards autonomous robotic systems in Europe. *Computers in Human Behavior*, 93, 53-61. https://www.researchgate.net/publication/329240773_Are_robots_becoming_unpopular_Changes_in_attitudes_towards_autonomous_robotic_systems_in_Europe

Golabchi, A., Guo, X., Liu, M., Han, S., Lee, S. & AbouRizk, S. (2018). An integrated ergonomics framework for evaluation and design of construction operations. *Automation in Construction*, 95, 72-85. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580518301766>

Grundner, L. & Neuhofer, B. (2021). The bright and dark sides of artificial intelligence: A futures perspective on tourist destination experiences. *Journal of Destination Marketing & Management*, 19, 100511. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212571X20301335>

Haenlein, M. & Kaplan, A. (2020). Artificial intelligence and robotics: Shaking up the business world and society at large. *Journal of Business Research*. <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-business-research/special-issue/10H321F8PFK>

Harrell, R. (1987). Economic analysis of robotic citrus harvesting in Florida. *Transactions of the ASAE*, 30(2), 298-0304. <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=31943>

Huh, S., Lee, U., Shim, H., Park, J.-B. & Noh, J.-H. (2011). Development of an unmanned coal mining robot and a tele-operation system. *11th International Conference on Control, Automation and Systems*, 31-35.

Kadir, B. & Broberg, O. (2020). Human well-being and system performance in the transition to industry 4.0. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 76. https://www.researchgate.net/publication/339721532_Human_well-being_and_system_performance_in_the_transition_to_industry_40

Kim, W., Lorenzini, M., Balatti, P., Nguyen, P. D., Pattacini, U., Tikhonoff, V., Peternel, L., Fantacci, C., Natale, L. & Metta, G. (2019). Adaptable workstations for human-robot collaboration: A reconfigurable framework for improving worker ergonomics and productivity. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 26(3), 14-26. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8664488>

Krupiy, T. T. (2020). A vulnerability analysis: Theorising the impact of artificial intelligence decision-making processes on individuals, society and human diversity from a social justice perspective. *Computer Law & Security Review*, 38, 105429. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267364920300340>

Leite, I., Martinho, C. & Paiva, A. (2013). Social robots for long-term interaction: A survey. *International Journal of Social Robotics*, 5(2), 291-308. <https://www.semanticscholar.org/paper/Social-Robots-for-Long-Term-Interaction%3A-A-Survey-Leite-Martinho/8386839cf792836efe9e3ff0e9e7891d8a479c00>

- Maculan, R. & Lopes, M. (2016). Robotic milking of dairy cows: A review. *Boletim De Industria Animal*, 73(1), 80-87.
- Mateus, J. E. C., Claeys, D., Limère, V., Cottyn, J., & Aghezzaf, E.-H. (2019). Ergonomic and performance factors for Human-robot collaborative workplace design and evaluation. *IFAC-PapersOn-Line*, 52(13), 2550-2555. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896319315770>
- Murphy, R., Adams, J. & Gandudi, V. (2020). Robots are playing many roles in the coronavirus crisis—and offering lessons for future disasters. *The Conversation*, 22. <https://theconversation.com/robots-are-playing-many-roles-in-the-coronavirus-crisis-and-offering-lessons-for-future-disasters-135527>
- Nara, E., da Costa, M., Baierle, I., Schaefer, J., Benitez, G., do Santos, L. & Benitez, L. (2021). Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry. *Sustainable Production and Consumption*, 25, 102-122.
- Neumann, W., Winkelhaus, S., Grosse, E. & Glock, C. H. (2021). Industry 4.0 and the human factor—A systems framework and analysis methodology for successful development. *International Journal of Production Economics*, 233.
- Ogbemhe, J., Mpofo, K., & Tlale, N. (2017). Achieving sustainability in manufacturing using robotic methodologies. *Procedia Manufacturing*, 8, 440-446. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917300628>
- Shamshiri, R., Weltzien, C., Hameed, I. A., J Yule, I., E Grift, T., Balasundram, S. K., Pitonakova, L., Ahmad, D., & Chowdhary, G. (2018). Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming. *Ijabe*, 11(4). <https://ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/4278/0>
- Saenz, J., Elkmann, N., Gibaru, O., & Neto, P. (2018). Survey of methods for design of collaborative robotics applications-why safety is a barrier to more widespread robotics uptake. *4th International Conference*, 95-101. <https://bit.ly/2U7dL5U>

Shen, Y., Guo, D., Long, F., Mateos, L. A., Ding, H., Xiu, Z., Hellman, R. B., King, A., Chen, S. & Zhang, C. (2020). *Robots under COVID-19 Pandemic: A Comprehensive Survey*. IEEE Access.

Shimmura, T., Ichikari, R., Okuma, T., Ito, H., Okada, K., & Nonaka, T. (2020). Service robot introduction to a restaurant enhances both labor productivity and service quality. *Procedia CIRP*, 88, 589-594. <https://bit.ly/2TdQTBv>

Sosa, R., Montiel, M., Sandoval, E. & Mohan, R. E. (2018). Robot ergonomics: Towards human-centred and robot-inclusive design. *Design Society*, 2323-2334. <https://bit.ly/3dntDb5>

Tu, C., Jin, S., Zheng, K., Wang, X., & Sun, S. (2021). Support and Positioning Mechanism of a Detection Robot inside a Spherical Tank. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 34(1), 1-10. <https://cjme.springeropen.com/articles/10.1186/s10033-020-00522-7>

Veronesi Junior, J. R., & Aquino, H. (2020). Análise da confiabili-

dade e eficiência de exoesqueletos em linha de produção na manufatura. *Fisioterapia Brasil*, 21. <https://portalatlanticaeditora.com.br/index.php/fisioterapiabrasil/article/view/3939>

Waldherr, S., Romero, R. & Thrun, S. (2000). A gesture based interface for human-robot interaction. *Autonomous Robots*, 9(2), 151-173. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008918401478>

Yovi, E. & Nurrochmat, D. (2018). An occupational ergonomics in the Indonesian state mandatory sustainable forest management instrument: A review. *Forest Policy and Economics*, 91, 27-35. <https://bit.ly/35Vtlxn>

Yun, J. J., Jeong, E., Lee, Y. & Kim, K. (2018). The effect of open innovation on technology value and technology transfer: A comparative analysis of the automotive, robotics, and aviation industries of Korea. *Sustainability*, 10(7), 2459. https://econpapers.repec.org/article/gamjsusta/v_3a10_3ay_3a2018_3ai_3a7_3ap_3a2459_3ad_3a157895.htm

Zacharaki, A., Kostavelis, I., Gasteratos, A. & Dokas, I. (2020). Safety bounds in human robot interaction: A survey. *Safety Science*, 127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104667>

Zhang, J. & Wang, Y. (2021). Design of remote control device using wi-

reless sensor network and its use in intelligent monitoring of farmland information. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2021(1), 1-13. <https://jwcn-urasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/s13638-021-01997-1>