


Implicancias transformadoras de la Cuarta Revolución Industrial en el mercado laboral

The Transformative Impact of the Fourth Industrial Revolution on the Labor Market

Fernando Antonio Ramos Zaga ¹

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú (fernando.ramos9@unmsm.edu.pe) 

RESUMEN

La introducción de la automatización en la producción durante la Primera Revolución Industrial marcó un antes y un después en la historia. En este marco, la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT) son los motores de la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0), como avance tecnológico que promete aún más automatización. El objetivo es comprender el alcance de la Industria 4.0 y su impacto en el empleo y la economía. Para recopilar información pertinente sobre la Cuarta Revolución Industrial y su impacto en el empleo, se realizó una revisión de la literatura. Tras la investigación realizada se puede afirmar que la Industria 4.0 pretende automatizar la producción para aumentar la precisión y la eficiencia, aunque también trae consigo problemas como el desempleo y la desaparición de puestos de trabajo. En ese sentido, políticas que incluyen la redistribución de la renta, la renta básica universal y la formación en nuevas competencias son alternativas para hacer frente a este fenómeno.

Recibido: 21 de octubre del 2023. Aceptado: 23 de octubre del 2023. Publicado: 29 de diciembre 2023

Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución - No Comercial_Compartir Igual 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada

Descripción del autor:

Fernando Antonio Ramos Zaga:

Doctorando en Gestión de Empresas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Maestro en Derecho de la Empresa por la Escuela de Postgrado Neumann. Bachiller en Derecho por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

Palabra clave: inteligencia artificial generativa, automatización, empleo, mercado laboral, desempleo, ingreso básico universal.

ABSTRACT

The introduction of automation in production during the First Industrial Revolution marked a before and after in history. In this framework, artificial intelligence and the Internet of Things (IoT) are the drivers of the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0), as a technological breakthrough that promises even more automation. The goal is to understand the scope of Industry 4.0 and its impact on employment and the economy. To gather relevant information on the Fourth Industrial Revolution and its impact on employment, a literature review was conducted. After the research conducted, it can be stated that Industry 4.0 aims to automate production to increase precision and efficiency, although it also brings with it problems such as unemployment and the disappearance of jobs. In this sense, policies such as income redistribution, universal basic income and training in new skills are alternatives to deal with this phenomenon.

Keywords: Generative artificial intelligence, automation, employment, labor market, unemployment, universal basic income.

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la productividad, la idea de sustituir el trabajo humano por maquinaria es antigua y se remonta al siglo XVIII, cuando surgió la Primera Revolución Industrial (Campa, 2019). Importantes avances científicos permitieron la transición de un proceso de fabricación intensivo en mano de obra a otro más automatizado y mecanizado, lo que impulsó este punto de inflexión en la historia. La estructura socioeconómica de las sociedades sufrió una tremenda convulsión como resultado de esta transición, que también alteró significativamente el curso de la historia de la humanidad. La distribución de la riqueza no fue lo único que cambió; también se reevaluó la dinámica laboral, y la interacción entre los seres humanos y las máquinas surgió como tema principal en el cambiante panorama industrial y laboral.

Los avances de la ciencia han dado a los seres humanos acceso a una gran cantidad de herramientas y equipos que han hecho que las tareas cotidianas sean más eficientes y sencillas. La progresión del conocimiento científico ha dado lugar a un cambio significativo en los procedimientos de producción, ya que la incorporación de tecnologías de vanguardia ha permitido una fabricación más rápida, precisa y eficaz (Dwivedi et al., 2021). Esta transformación ha afectado a todos los aspectos de nuestras vidas y ya no se limita al ámbito industrial. Ha cambiado por completo nuestra forma de interactuar con el mundo exterior. Dado que nos permite lograr más con menos esfuerzo, tiempo y recursos, mejorando nuestro bienestar y prosperidad económica, actúa como prueba concreta del impacto tangible que los avances científicos tienen en la eficiencia de la producción y, en consecuencia, en la calidad de vida en general.

Examinar cómo ha afectado la cuarta revolución industrial al mercado laboral es el objetivo de este documento. Para ello, se explicarán las etapas anteriores de la revolución industrial que sirvieron de modelo para la actual. Pretendemos comprender el alcance de esta nueva era, conocida como la "cuarta revolución industrial", que se espera represente el punto más alto de los avances tecnológicos hasta la fecha. En este sentido, los avances en robótica, inteligencia artificial e Internet de las Cosas (IoT) se considerarán marcadores de esta nueva fase.

II. METODOLOGÍA

La metodología del estudio, centrada en una exhaustiva búsqueda bibliográfica, se diseñó para recopilar datos pertinentes sobre los efectos de la cuarta revolución industrial en el mercado laboral. Búsqueda bibliográfica: Se realizaron búsquedas de bibliografía pertinente en bases de datos académicas de prestigio, como PubMed, IEEE Xplore, Scopus y Google Scholar. Los estudios pertinentes se encontraron utilizando palabras clave específicas como "robótica", "inteligencia artificial", "mercado laboral", "Cuarta Revolución Industrial" e "Industria 4.0".

Los investigadores establecieron criterios específicos para seleccionar los documentos pertinentes. Los criterios de inclusión abarcaron estudios centrados en el impacto de la Cuarta Revolución Industrial en el mercado laboral. Los criterios de exclusión, excluyeron las investigaciones científicamente no relacionadas. Para garantizar el rigor, las revisiones sistemáticas, los metaanálisis y los estudios científicos tuvieron prioridad en cuanto a los criterios de selección.

Se realizó una evaluación de la calidad de los artículos seleccionados para garantizar la exactitud de los datos. Se examinó detenidamente la validez de los datos presentados, así como la fuente y la metodología. Posteriormente, se realizó un análisis de los datos para identificar patrones y tendencias en la forma en que la Industria 4.0 está afectando al mercado laboral. Se prestó especial atención a contramedidas como las iniciativas de formación profesional y las políticas de redistribución de la renta.

III. DESARROLLO

Antecedentes históricos

El paso de las sociedades cazadoras-recolectoras a las agrarias fue uno de los cambios más significativos de la historia de la humanidad. Este cambio drástico fue posible gracias al increíble proceso de domesticación de los animales, que influyó notablemente en las pautas alimentarias y en el complejo entramado de estructuras sociales y laborales (Alt et al., 2022). Los animales domesticados aportaron un doble beneficio: eran una fuente fiable de alimentos y proporcionaban una inestimable fuente de mano de obra que podía combinarse con el esfuerzo humano para impulsar diversas actividades como la agricultura, el transporte y la comunicación. El resultado

fue un aumento significativo de la eficiencia en la producción de alimentos, lo que a su vez provocó un aumento de la población y la expansión geográfica de los asentamientos humanos y la civilización. Esto ilustra cómo este cambio repercutió en la naturaleza fundamental de la existencia humana.

El auge de la urbanización condujo al rápido desarrollo de las ciudades, que se convirtieron en vibrantes centros de comercio, cultura y gobierno. Estas ciudades ofrecían un entorno ideal para el trabajo especializado y el crecimiento de diversos campos de estudio. La concentración de recursos y personas en un espacio reducido creó un entorno propicio para la creatividad y el intercambio de ideas, sentando las bases para las revoluciones sociales y tecnológicas. Es crucial destacar que la urbanización no sólo fue el resultado de cambios revolucionarios en las técnicas de producción y las estructuras sociales, sino que también los impulsó (Achmad, 2021). Este bucle de retroalimentación continua alimentó el desarrollo en curso, impulsando la civilización humana hacia adelante.

La revolución agrícola del pasado dio paso a una serie de revoluciones industriales, la primera de las cuales comenzó en la segunda mitad del siglo XVIII. Esta primera revolución industrial puede definirse como una época en la que los descubrimientos científicos se aplicaron sistemáticamente para mejorar los métodos de producción. A la cabeza, Gran Bretaña vio surgir una industria mecanizada impulsada por la poderosa fuerza del vapor durante este periodo revolucionario (Mohajan, 2019). Uno de sus efectos más significativos y duraderos fue más allá de la mecanización e implicó la acumulación de un importante capital, que se convertiría en la base de posteriores inversiones y avances tecnológicos. Durante este periodo, la energía mecánica sustituyó al trabajo humano en numerosos campos y alteró drásticamente el tejido social y económico de las sociedades, propiciando un periodo de desarrollo y progreso sin parangón.

En la era actual, nos encontramos inmersos en lo que se ha dado en llamar la cuarta revolución industrial. Esta notable fase de la historia se define por el predominio de las capacidades cognitivas en el ámbito de la producción, lo que significa que tecnologías digitales avanzadas como la robótica, el Internet de las cosas y la inteligencia artificial se han convertido en parte integrante de casi todos los aspectos

de nuestra vida cotidiana (Borowiecki et al., 2021). La extraordinaria progresión presenciada va más allá de la dependencia de la fuerza física derivada de animales o maquinaria. En su lugar, pone un marcado énfasis en el conocimiento y el procesamiento de la información como catalizadores principales tanto de la producción como del progreso de la sociedad. Esta ola revolucionaria pone de manifiesto el ingenio de la humanidad para aprovechar eficazmente el ilimitado potencial de la tecnología. En consecuencia, allana el camino para un futuro caracterizado por niveles sin precedentes de automatización, eficiencia e interconexión en diversos ámbitos.

IV. LA EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES

Primera Revolución Industrial

Cuando la primera revolución industrial comenzó en Gran Bretaña a finales del siglo XVIII, marcó un punto de inflexión en la historia de la humanidad. Se caracterizó por una asombrosa serie de avances científicos y tecnológicos, el principal de los cuales fue el uso del vapor y la energía hidráulica para mover la maquinaria. Fundamentalmente, la revolución industrial supuso un aumento significativo de los niveles de producción. El aumento de insumos, productos, fuerzas mecánicas y, finalmente, compradores y vendedores, cambió por completo la dinámica de la economía (Bruner y Miller, 2020). Los métodos de producción convencionales fueron rápidamente sustituidos por la fabricación basada en fábricas, que producían bienes que no sólo eran más asequibles, sino también, con frecuencia, de mayor calidad. El aumento de la productividad y la eficiencia marcó el inicio de un período fundamental en la historia social y económica, influyendo en el curso de las generaciones posteriores y creando los cimientos del mundo industrializado contemporáneo.

El más importante de estos inventos revolucionarios fue la máquina de vapor de James Watt, que se presentó en 1765 y se convirtió en un importante punto de inflexión. El ingenioso invento de Watt cambió por completo la forma de producir y transportar, convirtiéndolo en algo revolucionario. Fue capaz de proporcionar una fuente inigualable y fiable de energía mecánica utilizando la fuerza del vapor, lo que abrió un sinnúmero de oportunidades para diversas industrias (Kelly et al., 2023). Pero la profunda influencia no terminó ahí. Las máquinas de vapor de alta presión de Richard

Trevithick, que inventó en 1802, revolucionaron el uso de la energía del vapor al permitir su utilización en trenes y barcos, así como en fábricas (Cunha, 2020). Este avance tecnológico no sólo transformó la producción industrial, sino que también provocó un cambio radical en el transporte, facilitando más que nunca el traslado de personas y productos.

La revolución industrial trajo consigo enormes avances económicos y tecnológicos, pero también importantes retos sociales. El nacimiento del movimiento ludita en la industria textil de Nottingham en 1811 es un buen ejemplo de ello. Este movimiento sirvió como poderosa protesta contra el avance implacable de la revolución industrial (Steedman, 2020). Los obreros que sufrían la pérdida de su empleo o la reducción de sus ingresos como consecuencia de la nueva maquinaria se vieron obligados a participar en actos de sabotaje de la maquinaria industrial. Aunque violentamente reprimido, el movimiento ludita es un conmovedor recordatorio de las tensiones sociales subyacentes que acompañaron a la rápida transformación de los métodos de producción en este periodo histórico. Puso de relieve el importante trastorno que muchos sufrieron cuando las máquinas sustituyeron a las formas tradicionales de trabajo, iluminando la intrincada relación entre el avance de la tecnología y sus ramificaciones sociales.

La revolución industrial es posiblemente el segundo acontecimiento histórico más importante de la historia de la humanidad, después de la revolución agrícola, si se considera su impacto global. Esta transición tuvo efectos profundos y de largo alcance que resonaron a lo largo del tiempo y trascendieron las fronteras regionales. Al igual que la revolución agrícola, la revolución industrial alteró drásticamente los estilos de vida. Marcó el comienzo de una era caracterizada por una confluencia de factores demográficos y económicos que contrastaban con épocas históricas anteriores, a saber, un aumento simultáneo de la población y una notable mejora del nivel de vida. En particular, esta era ofrece un modelo único de crecimiento sostenible que desafió las limitaciones observadas en períodos anteriores de la historia de la humanidad, marcando un caso raro y excepcional en el que el crecimiento de la población no actuó como un obstáculo, sino como un catalizador para el desarrollo económico (Koc & Teker, 2019). Por lo tanto, la revolución industrial se considera un punto de inflexión crucial que no solo transformó los negocios y la industria, sino que también cambió

drásticamente la naturaleza de la existencia humana, estableciendo un estándar de avance que tendría un impacto continuo en las economías y las sociedades durante muchos años en el futuro.

Segunda Revolución Industrial

Punto de inflexión en la historia de los avances económicos y tecnológicos, la Segunda Revolución Industrial se produjo sobre todo en Estados Unidos en la segunda mitad del siglo XIX y tuvo un profundo impacto en el desarrollo de la humanidad. Durante este periodo revolucionario se produjeron una serie de avances tecnológicos revolucionarios que cambiaron por completo la faz de la economía mundial. El motor de combustión interna, que desencadenó la era del automóvil y revolucionó el transporte, y el motor eléctrico, que utilizaba la electricidad para accionar maquinaria con una eficacia hasta entonces inaudita, fueron dos de los inventos clave que dieron forma a este periodo (Leach et al., 2020). Con la invención de la bombilla eléctrica, salieron a la luz las ciudades y la posibilidad de aumentar la productividad hasta entonces inaudita. Al mismo tiempo, avances tecnológicos como el teléfono, la radio y el telégrafo transformaron la comunicación, eliminando las barreras regionales y fomentando una conectividad global sin precedentes.

La Segunda Revolución Industrial supuso un periodo de expansión industrial sin precedentes gracias a innovaciones que alteraron profundamente los sistemas sociales y económicos. De estos inventos, la electricidad fue el único que en realidad despegó, especialmente a partir de la década de 1870. El uso extensivo de la energía eléctrica condujo a una revolución significativa en una variedad de campos, incluyendo la fabricación, la iluminación, la telegrafía y el transporte (Mohajan, 2019). Esencialmente, la electrificación hizo que la distribución de energía fuera más accesible para todos. El desarrollo de los motores eléctricos, que cambiaron la dinámica industrial y permitieron niveles de eficiencia nunca vistos, fue el motor de esta revolución. Los tiempos de producción se redujeron significativamente, las cadenas de suministro se hicieron más eficientes y la introducción de la iluminación eléctrica mejoró el nivel de vida al ampliar la jornada laboral.

La producción en masa, una idea revolucionaria introducida por Henry Ford, transformó la industria del automóvil y configuró el paisaje industrial para siempre. La

visionaria estrategia de Ford tomó forma en la fábrica de Detroit Highland, donde implantó el innovador concepto de la cadena de montaje móvil. Denominada posteriormente "fordismo", esta innovadora técnica de fabricación revolucionó los métodos de producción mediante procesos estandarizados y equipos especializados adaptados a piezas específicas (Watson, 2019). Al asignar claramente las tareas a los trabajadores de la cadena de montaje, la productividad se disparó mientras que los costes de producción disminuyeron significativamente. Además, el fordismo no solo remodeló el sector automovilístico, sino que también allanó el camino para las prácticas de fabricación modernas. Sin embargo, con sus niveles de productividad sin precedentes surgió la preocupación por la deshumanización laboral, lo que desencadenó debates cruciales sobre el equilibrio entre la eficiencia y el bienestar de los trabajadores, un discurso que sigue influyendo en la filosofía industrial contemporánea y en las normas laborales.

"Tiempos modernos", un clásico del cine de Charles Chaplin, es una crítica social atemporal y conmovedora de la dinámica laboral que dio forma a la era industrial. En esta película clásica, Chaplin interpreta a un trabajador cuya monótona jornada laboral consiste en la alucinante tarea de apretar tornillos en una cadena de montaje que nunca deja de moverse. A medida que avanza la historia, su salud mental se resiente debido a la naturaleza exigente y repetitiva de su trabajo, que le obliga a imitar involuntariamente sus movimientos laborales robóticos en situaciones sociales, lo cual representa los efectos deshumanizadores de la industrialización en las personas (Furendal & Jebari, 2023). La representación de Chaplin pone de relieve el marcado contraste entre el lugar de trabajo dirigido por máquinas y la experiencia humana fundamental, y resuena como un poderoso comentario sobre los efectos perjudiciales de la producción en masa y el trabajo mecanizado en el bienestar humano. "Tiempos modernos" es una obra de arte atemporal que retrata las duras condiciones de trabajo de la época, al tiempo que subraya la necesidad de una respuesta más humana y compasiva al cambiante paisaje industrial. Este mensaje sigue siendo relevante en las conversaciones sobre cómo interactúan la tecnología y la humanidad en el mundo moderno.

Tercera Revolución Industrial

Durante la década de 1950, surgió un periodo transformador conocido como la tercera revolución industrial, o la "revolución informática". Supuso cambios significativos en la forma en que se entrecruzaban la tecnología y el trabajo. Los avances clave en la tecnología de semiconductores, la introducción de ordenadores centrales, la proliferación de dispositivos informáticos personales y el establecimiento de Internet sirvieron como catalizadores principales de esta era innovadora. En consecuencia, estos avances tecnológicos reestructuraron profundamente la interacción humana y los métodos de comunicación y revolucionaron las operaciones empresariales (van der Kooij, 2023). Las profundas alteraciones dieron lugar a multitud de complejos problemas sociales y económicos que aún hoy repercuten en nuestra sociedad moderna. La tercera revolución industrial ejerce una influencia duradera en nuestra vida cotidiana a través de los avances tecnológicos, lo que subraya tanto la necesidad constante de adaptación como la consideración vigilante de sus ramificaciones.

En las economías contemporáneas persiste el reto del desempleo estructural, ya que los avances tecnológicos hacen obsoletas determinadas categorías laborales. Este problema obstaculiza el antiguo objetivo de alcanzar el pleno empleo, ya que las máquinas y los algoritmos siguen sustituyendo rápidamente a la mano de obra humana en diversas tareas. El parecido con las primeras fases de la revolución industrial, cuando la maquinaria desplazó a los trabajadores de determinadas industrias, pone de relieve el carácter cíclico de las perturbaciones del mercado laboral (İşcan, 2021). El desempleo estructural es actualmente un aspecto inherente y frustrante de las economías desarrolladas de la sociedad moderna. El enigma que rodea a este tipo de desempleo subraya la importancia del reciclaje y la adaptación continuos en respuesta al rápido progreso tecnológico, reduciendo en última instancia las desigualdades económicas a largo plazo.

Hoy en día, la automatización y las tecnologías de la información son tan avanzadas y capaces que pueden realizar una amplia gama de tareas que antes hacían los humanos, y pueden hacerlas con mayor precisión y eficacia. Este fenómeno omnipresente está presente en una amplia gama de industrias, incluidos los sectores orientados a los servicios y la fabricación tradicional. En consecuencia, ha surgido un

patrón perceptible, que es la sustitución progresiva de trabajadores humanos en una amplia gama de trabajos por homólogos automatizados (Maddikunta et al., 2022). Este cambio revolucionario en el funcionamiento del mercado laboral ha dado lugar a un complejo debate sobre la naturaleza del trabajo en el futuro, la viabilidad de determinados grupos profesionales y el valor cambiante de determinados conjuntos de competencias. La automatización y las tecnologías de la información suponen una importante amenaza para el panorama socioeconómico moderno. Para navegar eficazmente por el complejo terreno de la dinámica del mercado laboral, el desplazamiento de puestos de trabajo y el desarrollo de competencias resistentes al avance tecnológico, se requieren análisis exhaustivos y consideraciones estratégicas.

La automatización ha provocado el desplazamiento de algunos puestos de trabajo, pero también ha creado un nuevo mercado laboral con oportunidades antes inexistentes. Esta ola revolucionaria es especialmente notable en ámbitos emergentes como la ciberseguridad, donde se requieren conjuntos de competencias altamente especializadas para diseñar, gestionar y desarrollar estos complejos sistemas. El inicio de la tercera revolución industrial ha dado lugar a la aparición de la economía del conocimiento, en la que el conocimiento y la capacidad de utilizarlo se han convertido en productos valiosos en sí mismos (Kurt, 2019). La confluencia de la automatización, los nuevos sectores laborales y la economía del conocimiento requiere una reevaluación exhaustiva de los modelos educativos y los enfoques de desarrollo de la mano de obra en este entorno dinámico. Esto allanará el camino para el desarrollo de profesionales flexibles, expertos en tecnología y con visión de futuro, capaces de navegar por las complejidades del lugar de trabajo moderno.

Cuarta Revolución Industrial

La cuarta revolución industrial, también conocida como Industria 4.0, está actualmente en marcha y está afectando enormemente a diversos sectores de la economía mundial. A diferencia de las revoluciones industriales anteriores, que seguían una progresión lineal, esta revolución destaca por su velocidad sin precedentes, su amplia influencia y sus implicaciones sistémicas. Abarca avances tecnológicos exponenciales que trascienden sectores específicos y fronteras geográficas. Para navegar con eficacia en esta fase de transformación caracterizada

por trastornos tecnológicos, dinámicas económicas y transformaciones sociales, es esencial un examen minucioso, una adaptación proactiva y unas políticas estratégicamente alineadas.

La Industria 4.0 se utilizó por primera vez en la Feria de Hannover de 2011 en Alemania, que supuso un punto de inflexión en la conversación sobre los avances tecnológicos y sus efectos en la economía. Esta idea se ha filtrado rápidamente en las agendas políticas de muchos países desarrollados, en parte debido a la necesidad de contrarrestar adecuadamente la creciente fuerza competitiva de las economías emergentes, sobre todo China (Yang y Gu, 2021). Adoptar los principios de la Industria 4.0 significa optimizar los procesos industriales utilizando tecnologías de vanguardia como el análisis de datos, la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas. Las ventajas económicas potenciales son numerosas y significativas, incluido el aumento de la eficiencia de la producción, así como los efectos en cadena sobre las cadenas de valor y la necesidad de una mano de obra altamente cualificada. La reducción del despilfarro de recursos y la racionalización de las operaciones pueden suponer un importante ahorro de costes, lo que constituye un poderoso incentivo para los países que desean seguir siendo competitivos en la economía mundial.

En el contexto de la cuarta revolución industrial en curso, una serie de ideas e innovaciones clave se están uniendo para remodelar los límites de la industria contemporánea. La aparición de fábricas inteligentes, la expansión de los sistemas ciberfísicos y el creciente interés por mejorar la autoorganización de los ecosistemas de producción son el centro de estas ideas revolucionarias. La transformación de los procesos industriales en sistemas con gran capacidad de respuesta, basados en datos y ágiles se apoya en estos pilares fundamentales. Las tecnologías de vanguardia, en particular la hábil aplicación de la inteligencia artificial (IA) y la explotación eficiente de los macrodatos, son esenciales para este cambio de paradigma (Bousdekis y Mentzas, 2021). Estas tecnologías dotan a las empresas de las capacidades analíticas necesarias para extraer información significativa de conjuntos de datos grandes y complejos, lo que permite tomar decisiones basadas en datos a lo largo de todo el ciclo de producción. La transformación resultante no se limita a la planta de fabricación, sino que tiene un profundo impacto en todos los aspectos de las operaciones empresariales, desde la gestión de la cadena de

suministro hasta la creación de nuevos productos y servicios adaptados específicamente a las necesidades y deseos cambiantes de las personas. En definitiva, la cuarta revolución industrial está dando paso a una nueva era de flexibilidad, creatividad y orientación al cliente sin precedentes, en la que la combinación de tecnología, datos y recursos humanos promete replantear por completo la práctica industrial moderna.

En el mundo moderno, la responsabilidad social de las empresas (RSE) desempeña un papel ético crucial, sobre todo en lo que respecta al uso de los recursos y la sostenibilidad. El auge de las nuevas tecnologías amplifica aún más la importancia de este aspecto dentro de la RSE, ya que tienen el potencial de mejorar la productividad, minimizar los residuos y transformar las prácticas empresariales. Sin embargo, es necesario navegar por este intrincado panorama moral, ya que la tecnología contribuye a problemas complejos y a la vez se deriva de ellos. Por un lado, la incorporación estratégica de la tecnología a los procesos empresariales puede optimizar la eficiencia de los recursos, mitigar el impacto ambiental y apoyar planteamientos respetuosos con el medio ambiente. Pero, por otro lado, los avances tecnológicos también dan lugar a intrincadas cuestiones en torno a la justicia social y la equidad. Debido a la desigual distribución del acceso, las ventajas y las oportunidades de empoderamiento en la sociedad, la aplicación de tecnologías avanzadas puede exacerbar involuntariamente las disparidades existentes.

Mientras llega la revolución 4.0, siempre incita a reflexionar sobre la historia de la dinámica del empleo y cómo afecta a la mano de obra moderna. Esta cuestión existe desde hace mucho tiempo, desde la primera revolución industrial. En esta conversación afloran diferentes puntos de vista, que representan un abanico de opiniones y previsiones. Por un lado, expertos como el célebre economista David Ricardo han alertado sobre el peligro potencial de un desempleo generalizado provocado por el avance imparable de la automatización y la tecnología. Estos temores tienen sus raíces en precedentes históricos, en los que la mecanización, de hecho, desplazó a una parte significativa de la mano de obra, dando lugar a influyentes debates sobre la "falacia ludita". En contraste con estas sombrías predicciones, sin embargo, empieza a tomar forma una narrativa que presenta la tecnología como una notable fuente de oportunidades laborales.

La gobernanza y la regulación desempeñan un papel crucial en la dirección de la cuarta revolución industrial, sobre todo a la hora de garantizar una distribución justa de sus numerosos beneficios. La omnipresente integración de los sistemas ciberfísicos y biotecnológicos en la vida moderna pone de relieve la necesidad de disponer de marcos normativos completos capaces de abordar los complejos dilemas éticos que se avecinan. Para navegar por este intrincado panorama ético, que abarca cuestiones como el consentimiento informado en relación con el uso de datos personales y los límites morales que rodean a la toma de decisiones algorítmicas con importantes repercusiones en la vida humana, es vital un examen hábil y una consideración reflexiva (Dhirani et al., 2023). La globalización sin límites de la tecnología plantea importantes cuestiones sobre la armonización de las normas reguladoras internacionales, al tiempo que se da cabida a las peculiaridades jurídicas y culturales nacionales.

Industria 5.0

El concepto de Industria 5.0 surgió en Japón en 2016 como marco teórico y práctico para redefinir la producción y la fabricación en la era de la digitalización y la interconexión. Forma parte del 5º Plan Básico de Ciencia y Tecnología del país, destacando su importancia como catalizador de la innovación alineado con las directrices gubernamentales en dominios de alta tecnología (Savoretti & Kitamura, 2022). Al alinearse con el marco político nacional, la Industria 5.0 gana legitimidad institucional, estimulando la inversión en investigación y la adopción tecnológica. La estrategia del gobierno aboga por integrar la tecnología para mejorar el bienestar humano, ofreciendo beneficios mutuos a la Industria 5.0. Esta nueva fase industrial va más allá de las mejoras incrementales de eficiencia; aborda de forma integral los obstáculos sociales y económicos. Su implantación es el resultado tanto de los imperativos de modernización tecnológica como de los esfuerzos intencionados de los agentes políticos por crear una sociedad más inteligente, resiliente y justa.

La Industria 5.0 se caracteriza por centrarse explícitamente en la relación de colaboración entre los seres humanos y las máquinas avanzadas, lo que supone un cambio significativo con respecto a la Industria 4.0. Mientras que la Industria 4.0 hacía hincapié principalmente en la automatización de los procesos y la conexión de los

sistemas mecánicos y digitales, la Industria 5.0 introduce un marco más amplio que destaca la integración de las tecnologías avanzadas con la interacción humana (Pizoñ y Gola, 2023). Esta integración es vital para lograr la eficiencia operativa y fomentar la innovación de forma sostenible. La tendencia actual reconoce el valor del intelecto, el ingenio y el juicio moral humanos combinados con las capacidades computacionales, lo que da lugar a soluciones adaptables y éticamente fundamentadas que priorizan el bienestar humano. "Ser humano" se refiere a los individuos pertenecientes a la especie *Homo sapiens*. Esta reorientación refleja un reconocimiento cada vez mayor en los círculos académicos y empresariales de que los compromisos intencionados y positivos entre los seres humanos y las tecnologías emergentes ofrecen importantes oportunidades de avance y adaptabilidad dentro de sistemas complejos.

La Industria 5.0 desempeña un papel crucial en la personalización de los procesos de fabricación, al tiempo que prioriza la sostenibilidad y la responsabilidad medioambiental. El panorama mundial actual reconoce el impacto ecológico de las operaciones industriales, lo que convierte la sostenibilidad en un imperativo tanto moral como financiero. En este marco, la Industria 5.0 prevé la integración de la Inteligencia Artificial, el Internet de las Cosas y la toma de decisiones humana para establecer un modelo de producción eficiente que promueva la personalización y la conciencia ecológica simultáneamente. Al hacer hincapié en la colaboración entre humanos y máquinas, este enfoque pretende mejorar no solo la eficiencia, sino también la conciencia medioambiental y la adaptabilidad a las necesidades individuales de los consumidores (Purcărea et al., 2022).

La Industria 5.0 representa una transformación significativa de los métodos de fabricación y producción. No se trata simplemente de una tendencia pasajera o una modificación superficial. Este cambio de paradigma tiene amplias implicaciones, como el aumento de la productividad, las repercusiones económicas y el posicionamiento en el mercado mundial. La integración efectiva de la Industria 5.0 puede aportar ventajas competitivas sustanciales tanto a nivel organizativo como nacional. Dichas ventajas no solo implican mejoras de la eficiencia o reducciones de costes, sino también capacidades innovadoras y adaptabilidad a los cambios del mercado y a las demandas sociales y medioambientales (Turner et al., 2022).

V. EL IMPACTO DE LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN LA FUERZA LABORAL

Las nuevas tecnologías han dado lugar a profesiones antes desconocidas. Sin embargo, el desplazamiento de puestos de trabajo sigue siendo un problema importante que exige atención. La cuestión del "desempleo tecnológico", advertida por Keynes (2010), ha adquirido mayor urgencia a medida que se automatizan los empleos que dependen de las personas. Aunque el avance tecnológico creará sin duda nuevas categorías laborales, esto no resta importancia a la preparación para posibles retos como la mejora de las competencias y el reciclaje profesional.

Internet de los objetos, que puede permitir que los sistemas funcionen sin supervisión humana y aprendan de la experiencia a lo largo del tiempo. Estos sistemas se basan en algoritmos. Esta revolución tendrá muchos beneficios e inconvenientes, como cualquier otra. Se predice que muchas profesiones se automatizarán a medida que avance la tecnología de inteligencia artificial, creando nuevas oportunidades de negocio (González et al., 2019). Las acciones humanas, los patrones de comportamiento y las normas sociales cambiarán a medida que avance la tecnología. Es difícil decir con certeza dónde acabará este proceso. Podrían observarse cambios inesperados, por ejemplo, en la forma en que viajamos, compramos o incluso gestionamos transacciones legales.

El avance de la automatización en la economía mundial presenta un panorama complejo lleno de cambios y retos que afectan al mercado laboral moderno. Una expectativa significativa en este entorno transformador es la creciente tendencia hacia la realización rápida, rentable y altamente precisa de tareas mediante la automatización. Las empresas se ven obligadas a adoptar las tecnologías automatizadas como una necesidad estratégica para mejorar la productividad debido a la poderosa influencia de estas características (Acemoglu y Restrepo, 2019). Como resultado, surge un paradigma predominante: la automatización posee el potencial de redefinir los procesos de trabajo haciéndolos más rápidos, eficientes e inherentemente precisos. En esta era de transformación, las empresas se ven irresistiblemente atraídas hacia la racionalización de sus marcos operativos aprovechando el atractivo intrínseco de la automatización. Este esfuerzo implica navegar con delicadeza por diversos problemas socioeconómicos y de mano de obra

provocados por este cambio histórico, al tiempo que se aprovechan las perspectivas de aumento de la productividad.

El lanzamiento de ChatGPT en 2022 marca un hito importante en el desarrollo continuo de la mano de obra mundial. Este avance se atribuye principalmente a su excepcional capacidad para automatizar procesos y generar contenidos con rapidez. La llegada de ChatGPT representa un cambio de paradigma, en el que las tecnologías de inteligencia artificial (IA), como los sistemas basados en IA generativa como el propio ChatGPT, han pasado de ser conceptos abstractos a herramientas prácticas que pueden remodelar la dinámica laboral en diversos sectores. Uno de los puntos fuertes de la IA generativa es su capacidad de automatización. Realiza sin esfuerzo tareas que tradicionalmente requerían la intervención humana, agilizando los flujos de trabajo y maximizando la eficiencia operativa. En consecuencia, surgen nuevas oportunidades en ámbitos como el análisis de datos, la atención al cliente, la creación y la conservación de contenidos, debido a la notable velocidad y precisión de la IA generativa en la generación de contenidos. Según Hughes et al. (2021), el impacto de la IA generativa en el mercado laboral va más allá de la automatización de tareas; también abarca las relaciones de colaboración entre humanos y sistemas de IA, una redefinición que amplía los límites de la capacidad de producción, el potencial de innovación y la dinámica de la mano de obra.

La automatización de tareas es un aspecto clave del potencial revolucionario de las tecnologías avanzadas de IA. Estos potentes sistemas generativos de IA tienen la notable capacidad de automatizar tareas que antes eran exclusivas de los humanos, lo que provocará un cambio significativo en el mercado laboral. Según Luk (2023), en el ámbito de la comunicación, estos sistemas utilizan sus capacidades de procesamiento del lenguaje natural para redactar sin esfuerzo correos electrónicos coherentes y contextualmente relevantes. Además, desempeñan un papel inestimable en el marketing y la publicidad al crear contenidos atractivos adaptados a las preferencias de los consumidores y las tendencias del mercado. La capacidad de la IA generativa para resumir grandes cantidades de datos también simplifica procedimientos como la elaboración de cartas de presentación o currículos, que históricamente exigían mucho tiempo y esfuerzo mental. Al liberar a los operadores humanos de tareas monótonas y repetitivas, la IA generativa mejora la eficacia

operativa al tiempo que libera capacidades cognitivas para tareas más exigentes desde el punto de vista intelectual. En consecuencia, los resultados automatizados alcanzan una mayor precisión y calidad.

La automatización de tareas tiene un doble efecto en el ecosistema del mercado laboral. Por un lado, sustituye ciertas funciones laborales tradicionales. Pero, al mismo tiempo, actúa como catalizador de la aparición de nuevas profesiones y oportunidades de empleo. Este fenómeno revolucionario pone de relieve una paradoja intrigante. Mientras que algunas funciones laborales pueden quedar obsoletas debido a la automatización de tareas, también hay una creciente demanda de competencias en campos de la inteligencia artificial (IA) como la programación y el mantenimiento de sistemas de IA. Estos conocimientos desempeñan un papel crucial para garantizar la integración y el funcionamiento sin problemas de estas tecnologías en diversos sectores económicos. La creciente necesidad de expertos en programación, ingenieros rápidos y profesionales del mantenimiento de la IA significa un cambio de paradigma en el que el mercado laboral se ajusta para satisfacer las cambiantes demandas de nuestro mundo tecnológicamente avanzado (Jaiswal et al., 2022). Esencialmente, la automatización de tareas marca el fin de determinados empleos convencionales, al tiempo que desvela numerosas trayectorias profesionales especializadas que se ajustan al actual panorama digital e impulsado por la IA.

La aparición de la automatización de tareas, impulsada por tecnologías avanzadas de IA como la IA generativa, hace necesaria la adquisición de nuevas competencias por parte de los trabajadores. Esto es esencial para navegar con eficacia en el cambiante panorama del mercado laboral. La tendencia a la automatización pone de relieve la flexibilidad de las habilidades y competencias actuales a medida que se adaptan a este cambio revolucionario. A medida que las funciones laborales tradicionales se ven consumidas gradualmente por la automatización de tareas, se hace imperativo que los empleados desarrollen nuevas habilidades para satisfacer las demandas cambiantes de la era digital. Este cambio de paradigma hace hincapié en el aprendizaje continuo y la adaptabilidad, lo que exige que los individuos se dediquen a mejorar y reciclar sus competencias a lo largo de toda su vida para prosperar en un lugar de trabajo dinámico y mejorado por la tecnología digital (Morandini et al., 2023). En consecuencia, la adquisición de nuevas competencias va más allá del crecimiento

profesional personal; se convierte en un requisito social que garantiza la empleabilidad y la competitividad en medio del incesante avance tecnológico.

Los modelos de inteligencia artificial (IA) que generan una notable reorganización de los mercados laborales son más evidentes en el sector de la atención al cliente. Este cambio es el resultado de la asombrosa eficiencia con la que estos sistemas de IA realizan tareas que antes llevaban a cabo operadores humanos. Un ejemplo ideal de este cambio de paradigma es el servicio de atención al cliente, donde los chatbots y asistentes virtuales potenciados por la IA han asumido funciones cruciales para responder a las preguntas de los clientes, resolver problemas y facilitar las interacciones. Con capacidad para procesar el lenguaje natural, estas entidades de inteligencia artificial (IA) demuestran una impresionante habilidad para conversar con los clientes de forma significativa y contextualmente relevante, reduciendo la necesidad de intervención humana en consultas rutinarias y repetitivas. Aunque este cambio produce ventajas observables en términos de rentabilidad y eficacia operativa, también inicia una compleja reorganización de las relaciones laborales en el sector de la atención al cliente (Xiao et al., 2020). La evolución del papel de los operadores humanos refleja un cambio hacia tareas más especializadas y de valor añadido que complementan las cualidades distintivas de la cognición humana, avanzando hacia funciones que exigen un mayor nivel de creatividad, empatía y resolución de problemas complejos.

La adopción de las tecnologías de IA de forma responsable y ética es esencial si queremos crear un futuro laboral que priorice la sostenibilidad, la equidad y el bienestar de la sociedad. Este requisito se sustenta en una profunda comprensión del poder revolucionario que poseen las tecnologías de IA, no sólo en el contexto de la automatización de tareas sino también en diversos aspectos de la dinámica laboral. La aplicación de la ética implica una estrategia compleja que tiene en cuenta múltiples factores, exige que se desarrollen y sigan directrices éticas estrictas para controlar el uso de los sistemas de IA y asegurarse de que son coherentes con los valores fundamentales de responsabilidad, transparencia y justicia (Steen et al., 2021). Para evitar perpetuar involuntariamente las injusticias sociales, la aplicación responsable implica tomar medidas proactivas para reducir el sesgo y la discriminación en los algoritmos de IA. El fundamento ético de la IA requiere una firme dedicación a la

privacidad y seguridad de los datos para proteger la información privada de las personas en una época en la que las aplicaciones basadas en IA se utilizan ampliamente.

En marzo de 2023, más de mil empresarios, académicos y científicos de renombre dedicados activamente a la tecnología de inteligencia artificial firmaron una carta abierta. Su petición colectiva instaba a una moratoria en el desarrollo de sistemas de IA que superasen las capacidades de modelos sofisticados (Thirunavukarasu, 2023). Citaron su preocupación por los posibles daños causados por la tecnología de IA generativa, en particular su posible impacto en el empleo y la difusión de información falsa. Estos firmantes hicieron hincapié en la necesidad de un avance responsable y reflexivo de estas tecnologías para evitar cualquier consecuencia adversa. En particular, las estimaciones del análisis de Goldman Sachs indican que la IA generativa podría afectar significativamente hasta a 300 millones de puestos de trabajo en todo el mundo. Este cambio transformador en el mercado laboral ha suscitado acalorados debates entre los expertos, algunos de los cuales prevén un notable aumento de la productividad de los trabajadores y de la economía mundial en un 7% anual durante la próxima década, mientras que otros expresan auténticos recelos ante el desplazamiento de la mano de obra humana en diversos sectores.

El estudio de Eloundou et al. (2023) plantea los posibles efectos de la implantación de modelos generativos avanzados del lenguaje, como los GPT y las tecnologías relacionadas, en el mercado laboral estadounidense. El estudio pretende evaluar su capacidad de transformación realizando un examen meticuloso de las anotaciones generadas tanto por operadores humanos como por GPT-4. Se empleó una rúbrica de discernimiento para determinar si la utilización directa de GPT o el empleo de un sistema auxiliar impulsado por GPT reduciría el tiempo de realización de tareas específicas en al menos un 50% en comparación con un operador humano. Los resultados revelan cambios significativos en el horizonte del lugar de trabajo, ya que aproximadamente el 80% de los trabajadores estadounidenses prevén una alteración de al menos el 10% en sus responsabilidades laborales debido a la adopción de tecnologías impulsadas por GPT. Además, alrededor del 19% de los trabajadores pertenece a un grupo notable que probablemente presenciara transformaciones sustanciales que afectarán hasta a la mitad de sus tareas. Además, esta investigación

ofrece una clasificación perspicaz que destaca los campos profesionales especialmente susceptibles a la automatización, como los matemáticos, los preparadores de impuestos, los analistas financieros cuantitativos, los escritores y autores, así como los diseñadores de páginas web e interfaces digitales.

El crecimiento explosivo y la difusión de la inteligencia artificial han desencadenado una amplia gama de intrincados problemas y debates que invitan a la reflexión sobre su potencial para revolucionar la sociedad en su conjunto. Figuras destacadas del mundo empresarial, como Elon Musk, conocido por liderar empresas innovadoras como SpaceX y Tesla, han presentado ideas con visión de futuro para hacer frente a los posibles cambios que puede provocar la automatización impulsada por la inteligencia artificial. La idea de Musk de una Renta Básica Universal para las personas que pierdan su empleo debido a que los robots y la IA se hagan cargo de los trabajos mecánicos nos parece una reacción audaz a los cambios inminentes en la sociedad. Musk elaboró esta idea en una entrevista con la cadena estadounidense CNBC, argumentando que una renta básica universal podría llegar a ser necesaria a medida que la automatización sustituya progresivamente algunos puestos de trabajo mediante el uso de robots impulsados por IA (Dermont & Weisstanner, 2020). Musk especula con la posibilidad de que este cambio se produzca inexorablemente como resultado de la automatización generalizada del empleo, algo que ve ocurrir en un futuro próximo. El punto de vista de Musk se apoya en la idea de que una renta básica universal podría proporcionar a las personas una red de seguridad en términos de dinero, permitiéndoles perseguir proyectos más complejos, interesantes y creativos. El núcleo de la visión de Musk es la idea de que, en lugar de ser perjudicial, la sustitución de mano de obra por máquinas puede en realidad mejorar el potencial humano al liberar tiempo y recursos de tareas rutinarias que de otro modo serían necesarias para la innovación y el descubrimiento.

En medio de esta ola disruptiva de revolución tecnológica, hay un lado positivo marcado por la posibilidad de nuevos campos profesionales y la creación de categorías laborales hasta ahora inéditas. Con el rápido ritmo del avance tecnológico, esta ola de innovación anuncia la aparición de grupos profesionales y carreras que, en su totalidad, escapan hoy a nuestra comprensión (Cedersund, 2023). Aunque el rápido avance de la digitalización y la automatización está poniendo en peligro de

obsolescencia algunas funciones profesionales, también está creando un ecosistema completamente nuevo lleno de oportunidades y potencial no realizado. La base de este optimismo es la creencia de que, aunque algunas funciones profesionales corran peligro de ser sustituidas, este cambio también traerá consigo la creación de nuevas oportunidades, que por su propia naturaleza tienen el poder no solo de aminorar las pérdidas de empleabilidad, sino también de remodelar los paisajes del trabajo, la innovación y el progreso social.

La imparable transformación de la mano de obra hace necesario crear determinados entornos que favorezcan la adaptación de las personas a medio y largo plazo. El desarrollo de competencias en tecnologías emergentes es fundamental para estas condiciones, ya que cada vez es más importante ser capaz de navegar y utilizar estas innovaciones con destreza. Al mismo tiempo, una mano de obra que sea sensible a la naturaleza dinámica de los entornos de trabajo y rápida para ajustar sus conjuntos de habilidades en respuesta a las necesidades cambiantes es un recurso valioso. El desarrollo de una mentalidad basada en la filosofía del aprendizaje continuo resulta crucial para que las personas se mantengan adaptables y fuertes ante el rápido avance de la tecnología. Resulta evidente que los empleados que posean la capacidad de pasar a desempeñar estas funciones y competencias con facilidad tendrán una ventaja significativa en el competitivo mercado laboral.

VI. TRANSFORMACIÓN DEL MERCADO LABORAL Y COMPETENCIAS DEL FUTURO

La vida de las personas en la era moderna se ha entrelazado con la tecnología, lo que ha dado lugar a un flujo incesante de descubrimientos científicos que repercuten en nuestra existencia cotidiana. Estos avances dan lugar a complejos retos que se extienden por todos los ámbitos socioeconómicos y afectan a diversas poblaciones. Con la llegada de la cuarta revolución industrial, también conocida como Industria 4.0, la humanidad está a punto de enfrentarse a un cambio monumental que alterará las estructuras de producción en su núcleo (Kłobukowski y Pasieczny, 2020). Esta transformación implica un impulso implacable hacia paradigmas de producción impulsados por la tecnología y una informatización generalizada en el sector manufacturero. Un elemento crucial de esta evolución es la búsqueda continua de

sistemas que reduzcan al mínimo la intervención humana y mitiguen los errores asociados.

El auge de China como principal centro manufacturero del mundo, debido en gran medida a la disponibilidad de mano de obra barata, ha provocado un reajuste revolucionario en el complejo entramado de la dinámica de producción industrial. Este profundo cambio en la economía mundial ha obligado a las economías occidentales a dar un giro estratégico hacia el paradigma de la Industria 4.0 y ha desencadenado un intento coordinado de compensar la ventaja comparativa de China (Gur & Dilek, 2023). Fundamentalmente, la agenda de la Industria 4.0 es una reacción estratégica destinada a aumentar la automatización, ya que los robots y las tecnologías de vanguardia están a punto de sustituir a la mano de obra humana en toda una serie de sectores industriales. Como corolario de este cambio sísmico, se prevé el inevitable aumento de las tasas de desempleo, especialmente en las categorías laborales que requieren mucha mano de obra y en las que la automatización es cada vez más frecuente. Al mismo tiempo, la naturaleza del mercado laboral cambia significativamente, lo que pone de relieve la creciente importancia de los conjuntos de competencias relacionadas con la gestión de sistemas de automatización, la ingeniería robótica y el diseño de programas.

Es imprescindible adoptar un enfoque polifacético, colaborativo e interdisciplinar para navegar por este panorama histórico de transformación. Los gobiernos, el sector privado y las organizaciones internacionales deben desempeñar un papel proactivo y coordinado en el desarrollo y la aplicación de una serie de políticas destinadas a facilitar la transición. Uno de los aspectos más importantes de esta estrategia es la necesidad de redefinir las competencias laborales mediante la creación de amplios programas de formación cuidadosamente diseñados para dotar a las personas de las competencias que necesitarán para los empleos del futuro (Chenoy et al., 2019). Esta reorganización va más allá de la mera adquisición de nuevas habilidades; más bien, abarca una revisión integral del sistema educativo, que abarca desde la educación básica hasta la formación profesional y la educación universitaria. Una reestructuración de este tipo pone de relieve lo vital que es infundir en los planes de estudio competencias propias de la era digital, como la creatividad, el pensamiento crítico y la capacidad para resolver problemas.

Mejorar la accesibilidad a las tecnologías digitales es esencial para aprovechar todo el potencial de las oportunidades de trabajo a distancia y cooperativo, especialmente en una época en la que la dinámica laboral y la tecnología se están uniendo. Tales oportunidades se basan en el desarrollo de una infraestructura de red rápida y segura, que es una condición previa necesaria que respalda tanto la seguridad laboral a largo plazo como las capacidades de trabajo a distancia sin fisuras. Las sólidas salvaguardias que ofrece este sistema de red, conocido por su rapidez y resistencia, actúan como baluarte contra las posibles vulnerabilidades que podrían poner en peligro las oportunidades de empleo a distancia (Ambrogio et al., 2022). Al mismo tiempo, la necesidad de estabilidad en el empleo se refleja en las estructuras jurídicas destinadas a proteger a los trabajadores en una era de creciente automatización e inteligencia artificial. Una de las herramientas políticas de vanguardia que debería tenerse en cuenta es la idea de un "impuesto robot", una estrategia innovadora destinada a maximizar los beneficios económicos de la automatización para los trabajadores. Una forma eficaz de financiar programas de formación y adaptación de la mano de obra sería a través de un mecanismo fiscal como éste, que apoyaría la idea de una distribución justa de las ventajas del avance tecnológico.

El auge de las plataformas en línea como entornos de trabajo generalizados pone de relieve la necesidad crucial de establecer marcos normativos que salvaguarden unas condiciones de trabajo justas y seguras en el ámbito digital. Dentro de este panorama en evolución, la movilidad laboral adquiere mayor importancia, lo que hace necesario el establecimiento de un sistema de acreditación internacional adaptado para dar cabida a los diversos conjuntos de formación y competencias de la mano de obra mundial (Schilirò, 2021). Este sistema tiene aplicabilidad transnacional y sirve como elemento fundamental para cultivar un mercado laboral transfronterizo, al tiempo que racionaliza los marcos normativos para facilitar la contratación internacional. Para permitir una movilidad transfronteriza sin fisuras, es imperativo desarrollar un marco jurídico flexible que aclare los derechos y obligaciones de los trabajadores a distancia y sus empleadores en múltiples jurisdicciones. En este contexto específico, la incentivación desempeña un papel vital en el aumento de la oferta de mano de obra, con un énfasis adicional en las políticas que promueven la participación femenina en la mano de obra, los horarios de trabajo flexibles y las opciones de teletrabajo.

VII. DESAFÍOS DE LOS PAÍSES EN DESARROLLO FRENTE A LA TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA

La IA generativa está transformando todos los aspectos de la sociedad, incluidas las normas culturales y el entorno económico. Su potencial de cambio es especialmente evidente en el mercado laboral. Al respecto, un informe del McKinsey Global Institute (2022) predice que 3,5 millones de puestos de trabajo podrían verse desplazados en Estados Unidos. Esta asombrosa cifra pone de relieve cómo la IA Generativa podría afectar significativamente a la dinámica del empleo. En respuesta a este reto, naciones como Estados Unidos han tomado medidas proactivas iniciando proyectos conjuntos que unen a agencias gubernamentales, líderes empresariales e instituciones académicas. En particular, en 2011, el Presidente Barack Obama fundó la Asociación de Fabricación Avanzada como iniciativa estratégica para invertir en tecnologías de vanguardia y prepararse para las complejidades futuras. Estimulando la innovación y recualificando la mano de obra, las naciones pueden superar con éxito las olas disruptivas y adaptarse con eficacia.

A escala mundial, el proceso de adaptación al nuevo panorama industrial no es uniforme. Las naciones en desarrollo como Perú se enfrentan a importantes retos en este aspecto. El principal obstáculo radica en la vulnerabilidad de sus sistemas de innovación, agravada por unas infraestructuras inadecuadas en comparación con sus homólogos más avanzados tecnológicamente. Situado entre la segunda y la tercera revolución industrial, Perú se enfrenta a una realidad sorprendente: el retraso en ciencias fundamentales que sirven de piedra angular para un progreso tecnológico sustancial. Esta carencia de conocimientos científicos dificulta la participación en proyectos innovadores de I+D e impide la pronta adopción de las tecnologías de vanguardia que prevalecen en la industria moderna. Para superar estas barreras y ascender al liderazgo tecnológico, Perú debe realizar inversiones sustanciales para fortalecer su infraestructura científica y tecnológica, fomentando al mismo tiempo una cultura de innovación e investigación.

Un enfoque multifacético es esencial para cerrar la brecha y preparar a Perú para su transición hacia una sociedad tecnológicamente avanzada. La creación de instituciones académicas especializadas dedicadas al avance de la investigación científica de vanguardia es un primer paso crucial para desarrollar una reserva de

personas con conocimientos y creatividad que puedan colmar las lagunas de la infraestructura tecnológica del país. Es urgente que las universidades cambien su enfoque, dando un nuevo énfasis a los cursos de ciencias básicas, que son la piedra angular del avance tecnológico. Es fundamental que se revisen los planes de estudios a todos los niveles para responder mejor a las necesidades cambiantes de una sociedad tecnológicamente avanzada y dotar a los estudiantes de las competencias necesarias para contribuir de forma significativa a la mano de obra actual.

A la luz de las posibles perturbaciones que el avance tecnológico puede provocar en términos de dinámica del empleo, es igualmente importante aplicar políticas integrales relativas a la agricultura y la ganadería. Estas normativas deberían elaborarse cuidadosamente para aumentar la productividad y la producción en estas industrias, ofreciendo una sólida red de seguridad financiera que disminuya los efectos negativos del desempleo. Mediante el fortalecimiento de sus sectores ganadero y agrícola, Perú puede mitigar los efectos sociales y económicos del cambio tecnológico y, al mismo tiempo, promover la creación de empleo, la estabilidad económica y una mayor seguridad alimentaria.

Un factor clave para pasar con éxito a los sistemas de producción inteligentes y mejorar la competitividad internacional de Perú es la aplicación de un plan integral que conste de pasos estratégicos. Un aspecto importante de este plan consiste en diseñar cuidadosamente un modelo de implementación que involucre a las partes interesadas de la industria y promueva la colaboración. Este modelo sirve como principio rector, impulsando al país hacia la adopción de tecnologías innovadoras y técnicas de producción creativas. Además, es crucial dar prioridad a los programas de investigación y desarrollo para fomentar un entorno propicio al avance tecnológico, posicionando a Perú como líder en tecnologías de vanguardia. Otro elemento vital es evaluar los incentivos y sistemas de apoyo destinados a fortalecer la infraestructura de producción nacional capaz de generar tecnologías críticas.

VIII. CONCLUSIÓN

La noción de Industria 4.0, presentada por primera vez en la Feria de Hannover en Alemania, supone un importante punto de inflexión en la historia de la

industrialización mundial. Su principal objetivo es dar paso a una nueva era de precisión y eficiencia mediante la integración fluida de tecnologías de vanguardia en el sector manufacturero. Esta revolución digital incluye una amplia gama de tecnologías, desde la inteligencia artificial hasta el Internet de las Cosas (IoT), todas ellas cuidadosamente planificadas para mejorar la flexibilidad de la producción, acelerar los ciclos de fabricación y reducir los errores causados por fallos humanos.

Para hacer frente a los crecientes retos que plantea la Industria 4.0, es necesario aplicar una estrategia multimodal en la que participen los sectores público, privado e internacional. Las autoridades gubernamentales deben actuar con rapidez para establecer y reforzar infraestructuras tecnológicas sólidas, así como para promulgar una amplia legislación. Este doble enfoque, aplicado tanto a escala local como mundial, es esencial para construir un ecosistema que pueda satisfacer eficazmente las demandas de esta nueva era industrial. Sin el escudo protector de un marco legal y tecnológico cuidadosamente construido, las ventajas potenciales de la Industria 4.0 corren el riesgo de verse eclipsadas por sus peligros inherentes, que incluyen la escalada de la desigualdad social y el aumento de la vulnerabilidad a los ciberataques.

Frente a leyes e infraestructuras sólidas, es esencial reconocer que las personas desempeñan un papel vital para guiar esta importante transformación. La mano de obra está en el centro de la Industria 4.0 y requiere una profunda evolución de sus competencias y conocimientos para adaptarse a un entorno cada vez más impulsado por la tecnología. Esta adaptación abarca no solo la competencia técnica, sino también atributos de carácter como la flexibilidad, el pensamiento crítico y la aptitud para colaborar con sistemas inteligentes. Así pues, el desarrollo y la aplicación de una estrategia educativa adaptada resultan cruciales para las exigencias de la Industria 4.0. La educación sirve como campo de pruebas para cultivar una mano de obra capaz de liberar el potencial transformador de esta era con inteligencia y adaptabilidad.

La Industria 4.0 ha provocado un cambio de paradigma que exige una recalibración fundamental de la enseñanza de la ciencia y la tecnología para satisfacer las cambiantes demandas de esta nueva era industrial, tanto en términos de valores

como de requisitos estructurales. Esta reorientación va más allá del enfoque tradicional en los campos STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) e incluye el desarrollo de competencias interpersonales críticas, como la resolución competente de problemas y una comunicación bien articulada.

A fin de preparar a la próxima generación de trabajadores para el éxito en un mundo cada vez más automatizado e impulsado por la tecnología, es necesario un enfoque integral de la educación que fomente tanto la perspicacia técnica como las competencias interpersonales. El desarrollo y la ejecución de políticas educativas bien concebidas destinadas a fomentar estos conjuntos de habilidades se convierten en componentes críticos para equipar a la sociedad para aprovechar las oportunidades de la Industria 4.0 y minimizar sus posibles inconvenientes, allanando en última instancia el camino para una sociedad que esté preparada y sea capaz de adaptarse.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *The Journal of Economic Perspectives: A Journal of the American Economic Association*, 33(2), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.33.2.3>
- Achmad, W. (2021). Citizen and Netizen Society: The Meaning of Social Change From a Technology Point of View. *Jurnal Mantik*, 5(3), 1564–1570. <http://iocscience.org/ejournal/index.php/mantik/article/view/1663>
- Alt, K. W., Al-Ahmad, A., & Woelber, J. P. (2022). Nutrition and health in human evolution-past to present. *Nutrients*, 14(17), 3594. <https://doi.org/10.3390/nu14173594>
- Ambrogio, G., Filice, L., Longo, F., & Padovano, A. (2022). Workforce and supply chain disruption as a digital and technological innovation opportunity for resilient manufacturing systems in the COVID-19 pandemic. *Computers & Industrial Engineering*, 169(108158), 108158. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108158>
- Borowiecki, R., Olesinski, Z., Rzepka, A., & Hys, K. (2021). Development of teal organisations in economy 4.0: An empirical research. *European Research Studies*, XXIV(1), 117–129. <https://doi.org/10.35808/ersj/1953>

- Bousdekis, A., & Mentzas, G. (2021). Enterprise Integration and Interoperability for big data-driven processes in the frame of Industry 4.0. *Frontiers in Big Data*, 4, 644651. <https://doi.org/10.3389/fdata.2021.644651>
- Bruner, R. F., & Miller, S. C. (2020). The great industrial revolution in Europe: 1760–1860. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3626118>
- Campa, R. (2019). Three scenarios of the future of work: Technological unemployment, compensation, hollowing out. *Sociología y tecnociencia*, 9(2), 140–154. <https://doi.org/10.24197/st.2.2019.140-154>
- Cedersund, M. (2023). Artificial Intelligence in Banking – The Future of The Banking Work Environment [Master's thesis, Turku University of Applied Sciences]. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023060722333>
- Chenoy, D., Ghosh, S. M., & Shukla, S. K. (2019). Skill development for accelerating the manufacturing sector: the role of 'new-age' skills for 'Make in India'. *International Journal of Training Research*, 17(sup1), 112–130. <https://doi.org/10.1080/14480220.2019.1639294>
- Cunha, D. (2020). Coppering the Industrial Revolution: History, materiality and culture in the making of an ecological regime. *Journal of world-systems research*, 26(1), 40–69. <https://doi.org/10.5195/jwsr.2020.917>
- Dermont, C., & Weisstanner, D. (2020). Automation and the future of the welfare state: basic income as a response to technological change? *Political Research Exchange: An ECPR Journal*, 2(1), 1757387. <https://doi.org/10.1080/2474736x.2020.1757387>
- Dhirani, L. L., Mukhtiar, N., Chowdhry, B. S., & Newe, T. (2023). Ethical dilemmas and privacy issues in emerging technologies: A review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(3), 1151. <https://doi.org/10.3390/s23031151>
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., Duan, Y., Dwivedi, R., Edwards, J., Eirug, A., Galanos, V., Ilavarasan, P. V., Janssen, M., Jones, P., Kar, A. K., Kizgin, H., Kronemann, B., Lal, B., Lucini, B., ... Williams, M. D. (2021). Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 57(101994), 101994. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002>
- Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2023). GPTs are GPTs: An early look at the labor market impact potential of large language models. En arXiv [econ.GN]. <http://arxiv.org/abs/2303.10130>

- Furendal, M., & Jebari, K. (2023). The future of work: Augmentation or stunting? *Philosophy & Technology*, 36(2). <https://doi.org/10.1007/s13347-023-00631-w>
- González García, C., Núñez-Valdez, E., García-Díaz, V., Pelayo G-Bustelo, C., & Cueva-Lovelle, J. M. (2019). A review of artificial intelligence in the internet of things. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 5(4), 9. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2018.03.004>
- Gur, N., & Dilek, S. (2023). US–China economic rivalry and the reshoring of global supply chains. *The Chinese Journal of International Politics*, 16(1), 61–83. <https://doi.org/10.1093/cjip/poac022>
- Hughes, R. T., Zhu, L., & Bednarz, T. (2021). Generative adversarial networks-enabled human-artificial intelligence collaborative applications for creative and design industries: A systematic review of current approaches and trends. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 4, 604234. <https://doi.org/10.3389/frai.2021.604234>
- İşcan, E. (2021). Yeni Çağda Eski Bir Sorun: Endüstri 5.0 Yolunda Yapay Zekanın İşsizliğe Etkileri. *Journal of Yaşar University*, 16(61), 77–94. <https://doi.org/10.19168/jyasar.781167>
- Jaiswal, A., Arun, C. J., & Varma, A. (2022). Rebooting employees: upskilling for artificial intelligence in multinational corporations. *The International Journal of Human Resource Management*, 33(6), 1179–1208. <https://doi.org/10.1080/09585192.2021.1891114>
- Kelly, M., Mokyr, J., & Ó Gráda, C. (2023). The mechanics of the industrial revolution. *The Journal of Political Economy*, 131(1), 59–94. <https://doi.org/10.1086/720890>
- Keynes, J. M. (2010). Economic possibilities for our grandchildren. En *Essays in Persuasion* (pp. 321–332). Palgrave Macmillan UK.
- Kłobukowski, P., & Pasiieczny, J. (2020). Impact of resources on the development of local entrepreneurship in Industry 4.0. *Sustainability*, 12(24), 10272. <https://doi.org/10.3390/su122410272>
- Koc, T. C., & Teker, S. (2019). Industrial Revolutions And Its Effects On Quality Of Life. *PressAcademia Procedia*, 9(1), 304–311. <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2019.1109>
- Kurt, R. (2019). Industry 4.0 in terms of industrial relations and its impacts on labour life. *Procedia Computer Science*, 158, 590–601. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.093>

- Leach, F., Kalghatgi, G., Stone, R., & Miles, P. (2020). The scope for improving the efficiency and environmental impact of internal combustion engines. *Transportation Engineering*, 1(100005), 100005. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2020.100005>
- Luk, M. (2023). Generative AI: Overview, economic impact, and applications in asset management. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4574814>
- Maddikunta, P. K. R., Pham, Q.-V., B, Prabadevi, Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T. R., Ruby, R., & Liyanage, M. (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 100257. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257>
- McKinsey Global Institute. (2023). Generative AI and the future of work in America. <https://www.mckinsey.com/mgi/our-research/generative-ai-and-the-future-of-work-in-america>
- Mohajan, H. (2019a). The First Industrial Revolution: Creation of a new global human era. *Journal of Social Sciences and Humanities*, 5(4), 377–387. <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/96644/>
- Mohajan, H. (2019b). The Second industrial revolution has brought modern social and economic developments. *Journal of Social Sciences and Humanities*, 6(1), 1–14. <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/98209/>
- Morandini, S., Fraboni, F., De Angelis, M., Puzzo, G., Giusino, D., & Pietrantoni, L. (2023). The impact of artificial intelligence on workers' skills: Upskilling and reskilling in organisations. *Informing Science*, 26, 039–068. <https://doi.org/10.28945/5078>
- Pizoń, J., & Gola, A. (2023). Human–machine relationship—perspective and future roadmap for Industry 5.0 solutions. *Machines*, 11(2), 203. <https://doi.org/10.3390/machines11020203>
- Purcărea, T., Ioan-Franc, V., Ionescu, Ș.-A., Purcărea, I. M., Purcărea, V. L., Purcărea, I., Mateescu-Soare, M. C., Platon, O.-E., & Orzan, A.-O. (2022). Major shifts in sustainable consumer behavior in Romania and retailers' priorities in agilely adapting to it. *Sustainability*, 14(3), 1627. <https://doi.org/10.3390/su14031627>
- Savoretti, R., & Kitamura, T. M. (2022). Industry 5.0: A first step to find new balance in the market through MADE®. [Master's thesis, Politecnico di Milano]. <https://hdl.handle.net/10589/189643>
- Schilirò, D. (2021). Digital transformation, COVID-19, and the future of work. *International Journal of Business Management and Economic*

Research(IJBMER), 12(3), 1945–1952. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/108817/>

Steedman, C. (2020). Waiting: Arnold wesker and the Nottingham captain. *Social History*, 45(1), 81–114. <https://doi.org/10.1080/03071022.2020.1694774>

Steen, M., Timan, T., & van de Poel, I. (2021). Responsible innovation, anticipation and responsiveness: case studies of algorithms in decision support in justice and security, and an exploration of potential, unintended, undesirable, higher-order effects. *AI and Ethics*, 1(4), 501–515. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00063-2>

Thirunavukarasu, A. J. (2023). Large language models will not replace healthcare professionals: curbing popular fears and hype. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 116(5), 181–182. <https://doi.org/10.1177/01410768231173123>

Turner, C., Oyekan, J., Garn, W., Duggan, C., & Abdou, K. (2022). Industry 5.0 and the circular economy: Utilizing LCA with intelligent products. *Sustainability*, 14(22), 14847. <https://doi.org/10.3390/su142214847>

van der Kooij, B. J. G. (2023). How did the general purpose technology 'ICT' contribute to the fourth industrial revolution: The information engine. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4339329>

Watson, D. (2019). Fordism: a review essay. *Labor History*, 60(2), 144–159. <https://doi.org/10.1080/0023656x.2019.1537031>

Xiao, Z., Zhou, M. X., Liao, Q. V., Mark, G., Chi, C., Chen, W., & Yang, H. (2020). Tell me about yourself: Using an AI-powered chatbot to conduct conversational surveys with open-ended questions. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction: A Publication of the Association for Computing Machinery*, 27(3), 1–37. <https://doi.org/10.1145/3381804>

Yang, F., & Gu, S. (2021). Industry 4.0, a revolution that requires technology and national strategies. *Complex & Intelligent Systems*, 7(3), 1311–1325. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00267-9>