

## Las principales tecnologías de la era de la industria 5.0

The main technologies of the industry 5.0 era

PhD. Luis Asunción Pérez-Domínguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2541-4595>, Email: [luis.dominguez@uacj.mx](mailto:luis.dominguez@uacj.mx)

Cómo citar: L.A. Pérez-Domínguez, "Las principales tecnologías de la era de la industria 5.0", *Rev. Ingenio*, Vol. 21, n°1, pp.60-70, 2024, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.4352>

Fecha de recibido: 13 de junio de 2023  
Fecha aprobación: 22 de noviembre de 2023

### RESUMEN

#### Palabras claves:

Cobots, Inteligencia Artificial, Internet de las cosas, Industria 5.0.

En la actualidad el entorno industrial y la sociedad en general se encuentran en la dinámica de la Industria 4.0, la cual está sentando las bases para la próxima revolución industrial. A la par, las dificultades sanitarias mundial derivadas por el COVID-19 originando que las empresas busquen soluciones para seguir operando, esta situación de cualquier forma, provocando que la industria 5.0 dé un salto exponencial, haciendo que las empresas implementen nuevos procesos de fabricación. Por tanto, esta nueva revolución industrial consiste en aprovechar y desarrollar la inteligencia artificial para dar paso a la principal característica que la define, que es la colaboración entre el hombre y la máquina, trabajando juntos mientras las máquinas realizan las tareas más pesadas y repetitivas. De igual modo, las personas se encargan de monitorear las actividades. Adicionalmente, uno de los elementos fundamentales de I.5 son los cobots industriales (sistema robótico instituido para trabajar junto con los humanos) aunque los cobots y otros elementos independientemente del principal tema, también hay otros aspectos muy importantes como la sociedad 5.0 y la bioeconomía. De este modo, es por ello que en la presente investigación se tiene como objetivo principal en presentar las tecnologías transcendentales en la industria 5.0.

### ABSTRACT

#### Keywords:

Cobots, Artificial Intelligence, IoT, Industry 5.0.

Currently, the industrial environment and society in general is in the dynamics of Industry 4.0, which is laying the foundations for the next industrial revolution. At the same time, the global health difficulties derived from COVID-19 are causing companies to look for solutions to continue operating, this situation in any case, causing industry 5.0 to take an exponential leap, causing companies to implement new manufacturing processes. Therefore, this new industrial revolution consists of taking advantage of and developing artificial intelligence to give way to the main characteristic that defines it, which is the collaboration between man and machine, working together while machines perform the heaviest and most repetitive tasks. Likewise, people are in charge of monitoring activities. Additionally, one of the fundamental elements of I.5 are industrial cobots (robotic system instituted to work together with humans) although cobots and other elements regardless of the main topic, there are also other very important aspects such as society 5.0 and the bioeconomy. In this way, this is why the main objective of this research is to present the transcendental technologies in Industry 5.0.

### 1. Introducción

Las revoluciones industriales siempre introducen nuevas máquinas para que hagan más fácil el trabajo de lo que lo hacen las personas, el ser humano lo que busca es poner a estas máquinas a que hagan las tareas que son duras, repetitivas y hasta aburridas en algunos casos. En poco tiempo habrá máquinas, robots y todo lo que tenga que ver con inteligencia artificial realizando las actividades de producción, transporte y limpieza [1].

Adicionalmente el desarrollo de la tecnología con un ritmo acelerado de crecimiento propone la utilización de los

robots colaborativos (cobots), dichos robots son empleados en cada el campo de la manufactura, la industria médica, espacial y militar. Igualmente, es importante indicar que cada uno de esos cobots opera con un software inteligente y por tal motivo se produce la interacción humano-tecnología. La Figura 1 muestra la tendencia de la industria a través del tiempo.

Finalmente se pretende que el ser humano mantenga el dominio de los robots realizando la producción de productos o realizando servicios como lo es el transporte [2].

#### Autor para correspondencia

Correo electrónico: [luis.dominguez@uacj.mx](mailto:luis.dominguez@uacj.mx) (Luis Asunción Pérez Domínguez)



La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña  
Artículo bajo la licencia CC BY-NC (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>)

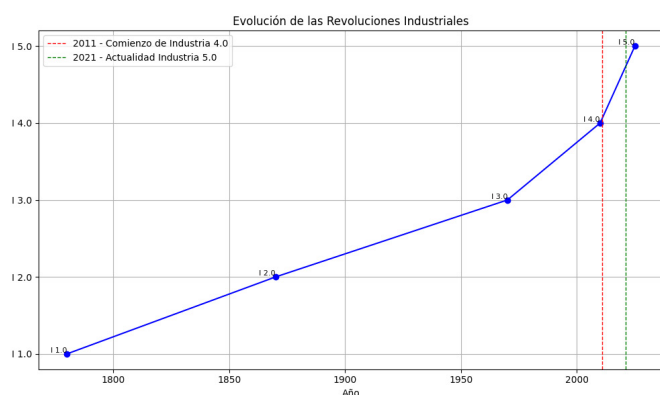


Figura 1. Evolución de la industria.

Actualmente la sociedad se encuentra en la era de la industria 4.0 (I4.0), pero está llegando a su fin para darle inicio a la próxima revolución industrial que la principal diferencia de la industria 4.0 es que la I.5 tiene el objetivo principal de explotar la creatividad humana en nuevos procesos industriales o de la vida cotidiana pero en vez de que las personas hagan todo el trabajo esta vez lo hará colaborando con máquinas eficientes, inteligentes y precisas, con el fin de desarrollar la manufactura personalizada haciendo eficientes los recursos y darle un experiencia única a la sociedad [3].

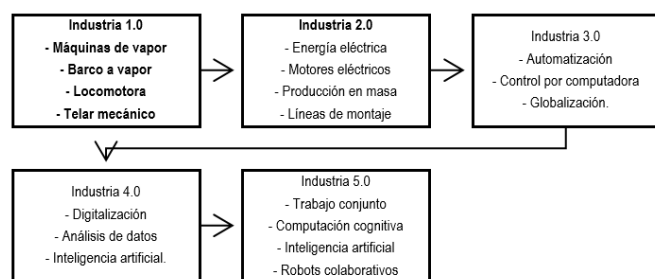


Figura 2. Revoluciones Industriales.

## 2. Conceptos elementales de la industria 5.0

La revolución industrial que se desarrolló en países europeos entre los años de 1760 y 1830, fueron las épocas donde se explotó el trabajo con el vapor, creando máquinas que trabajaban gracias a este. Esto ayudó a que algunas naciones de Europa se volvieran productoras, exportadoras y suministradoras de materias primas, pronto esas naciones tuvieron un gran impacto industrial para expandirse al resto del mundo donde la tecnología fue evolucionando con el pasar de los años [4].

Por lo que, por primera vez que se introdujo el término de la de la industria 5.0 (I.5) fue el 1 de Diciembre del 2015 en un artículo elaborado por Michael Rada, en su artículo define a la I.5 como el trabajo en conjunto de máquinas, tecnologías avanzadas y robots de la mano de las personas físicas de manera eficaz para realizar actividades de producción y vida social [5].

En estos días ya existen muchos productos y procesos que se manejan con robots como por ejemplo los autos que se conducen solos con un sistema de inteligencia artificial, supermercados atendidos por robots, robots para diferentes actividades en el sector industrial, por un lado, es un gran paso en el futuro de la tecnología, pero por otro genera un debate acerca del impacto que tendrá en la sociedad de la forma en que aceptaría a la I.5 [6]. La Figura 2 indica la dinámica de las revoluciones industriales con cada tecnología en particular. A la par dicha figura muestra el diferencial entre cada revolución industrial. Así de este modo, por ejemplo, se puede revisar que la Industria 4.0 involucra la digitalización, el análisis de los datos, inteligencia artificial y por otro lado la Industria 5.0 contempla el trabajo colaborativo hombre-máquina, computación cognitiva y los cobots (es decir los sistemas robóticos colaborativos).

### 2.1 ¿Se adaptaría la I.5 a los diferentes tipos de trabajos?

El COVID-19 obligó a muchas empresas, emprendedoras e independientes a buscar maneras de sobrevivir al impacto negativo laboral que trajo la pandemia, según el estudio elaborado por McKinsey Global Institute en el cual se realizó en 9 países dentro de los cuales se analizó al país de Estados Unidos con diferentes empleos y sus respectivas actividades, el estudio muestra que las actividades administrativas tienen el mayor porcentaje (véase Figura 1) nos deja claro que las actividades industriales están listas para la automatización y la inteligencia artificial [7]. Por lo que, el principal objetivo del presente artículo consiste en presentar un resumen de las tecnologías cruciales que sirven de sustento para el desarrollo de la Industria 5.0.

### 2.2 Computación Cognitiva

Las tecnologías cognitivas entran en el campo científico, son más sofisticadas ya que constantemente están procesando un gran volumen de datos e información [8]. Igualmente, Stella [9] menciona que la computación cognitiva es el camino que está tomando o buscando la informática para imitar los aspectos del pensamiento humano y no solo imitarla si no procesar la información a una velocidad mayor. De acuerdo a [10], los sistemas cognitivos están asociados con la inteligencia artificial (IA) porque no solo imitan las ideas del pensamiento humano, también razonan, aprenden y evalúan los riesgos de las acciones que van a tomar. La computación cognitiva siempre está generando nuevos debates en la comunidad informática ya que las máquinas están evolucionando cada día más [11], [12].

El objetivo de la computación cognitiva es resolver problemas sin supervisión de los humanos, la computación cognitiva no solamente se puede encontrar en el sector industrial y científico, gracias a sus sistemas informáticos llenos de datos y algoritmos será capaz de entender el comportamiento humano en campos como la literatura y el arte, la computación cognitiva se encuentra presente en

la sociedad como en los dispositivos que funcionan con comando de voz, reconocimiento facial y asistentes digitales del hogar [13], [14]. La computación cognitiva se está convirtiendo en uno de los cimientos para un mundo digital y mejor para los humanos [15], [16].

### 2.3 Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) tiene por objetivo crear sistemas a base de algoritmos que puedan tomar decisiones como lo hacen los humanos y crear máquinas que actúen como humanos, la IA estudia y analiza el comportamiento humano y con eso comprende, resuelve problemas y toma decisiones propias a través de una computadora. Un ejemplo de esto son los robots que pueden realizar tareas lo más similar a como lo hace un humano o hasta con mejor precisión tomando decisiones a partir de la evaluación de riesgos y obstáculos. Mientras las IA siga recopilando información sus sistemas y robots podrán realizar tantas actividades como sea posible, y quizás llegar a mejorarlas [17], [18]. Abarcando el punto de vista productivo la industria se está fusionando con la IA y la está volviendo una industria manufacturera inteligente implementando la programación automática, el lenguaje natural por computadora, la robótica y el manejo y recuperación inteligente de datos. Con estos sistemas multi-agentes inteligentes las tecnologías de IA están impregnando la industria manufacturera y la vuelve capaz de abordar desafíos modernos mejorando el rendimiento y la productividad de la empresa para así proporcionar productos personalizados, reducción de tiempos y mayor producción en masa con el uso de robots flexibles y sistemas combinados con IA todo esto será posible [19].

### 2.4 Robótica evolutiva

La robótica se define como la ciencia en la que se diseñan máquinas, herramientas y robots capaces de realizar tareas automatizadas, la IA necesita de un subcampo de la robótica. La robótica evolutiva tiene como objetivo crear robots más robustos y adaptables, estos robots son diferentes a los que se programan por medio de simulación, el sistema de un robot evolutivo cuenta con algoritmos evolutivos el cual le permitirá aprender de cada ambiente que se le presente tomando sus propios datos de entrada para convertirlos en datos de salida en este caso toma sus propias decisiones [20].

Los robots siempre han sido asociados a la industria manufacturera, pero eso es un hecho pasado en la actualidad los robots apoyan más a las personas en sus hogares y vidas privadas, la robótica evolutiva usa la computación cognitiva por lo tanto en pocos años podremos ver en los hogares los robots de servicio, robots que controlaran sus tareas, enfrentarse al mundo real y seguir aprendiendo. La robótica evolutiva es demasiado compleja pero con el software adecuado los robots nunca dejara de evolucionar [21], [22].

## 3. Desarrollo

### 3.1 Elementos para implementar Industria 5.0

*3.1.1. Entrenamiento virtual.* Es un tipo de capacitación en la que los investigadores y científicos usan determinados softwares para enseñarles tareas o habilidades específicas a diferentes tipos de robots de los sectores industriales, sociales, de construcción, ambientales, seguridad y cualquier sector donde aplique. Estas capacitaciones se hacen en un entorno virtual o simulado. Incorporando la IA los formadores pueden entrenar desde un brazo robótico que pueda levantar un bloque de concreto hasta un sistema que sustituya a los conductores y pilotos. Este tipo de capacitación reduce significativamente los costos y gracias a esas capacitaciones se pueden proporcionar entornos seguros, servicios rentables y procesos precisos evitando pérdidas y evaluando los accidentes que se podrían enfrentar en lugares reales o sin imponer riesgos a otros [23].

*3.1.2. Sistemas autónomos inteligentes.* Son sistemas que trabajan con la IA controlando autónomamente las líneas de ensamble inteligentes, el departamento encargado de su programación le dará una función objetivo y por su parte el sistema creará sus propios subobjetivos analizando los datos que obtiene aprenderá a manejar el ambiente y construirá caminos para alcanzar el objetivo principal. Las formas en que trabaja la IA permite que las máquinas del sistema reaccionar sobre las decisiones que toma, por lo tanto, almacenar esos resultados para después planificar soluciones inteligentes a los problemas que puedan presentarse en su entorno. El conocimiento y el diseño robusto de estos sistemas serán una herramienta importante que toda compañía debería de implementar en la quinta revolución industrial [23].

*3.1.3. Cobots (sistemas robóticos colaborativos).* También llamados sistemas robóticos colaborativos (cobots) son dispositivos robóticos que pueden manipular objetos de diferentes tamaños y diferentes pesos, están diseñados para que trabajen en colaboración con las personas y puedan realizar cualquier actividad manual. Mediante la programación del software un cobots proporciona asistencia al operador realizando distintas actividades como manipulación de piezas, empaquetado, soldar entre otras y claro dependiendo del tipo y modelo será la actividad que realice. Los cobots son diseñados para que puedan ser trasladados fácilmente y adaptarse a diferentes entornos como en un hospital asistiendo en una cirugía o realizando ensamblajes en una fábrica de automóviles [24].

El uso de cobots representa un elemento indispensable para las compañías si quieren que sus fábricas se conviertan en fábricas inteligentes, muchas de ellas aun utilizan los

robots o máquinas industriales que trabajan con guardas de seguridad y alejan a los operadores por prevenir un accidente. Incorporando a los robots las compañías podrán reducir los accidentes laborales son fáciles de utilizar, con la programación adecuada el robot puede ralentizar su velocidad para trabajar objetivo principal de los robots automatizar los procesos aumentando la productividad eliminando los trabajos repetitivos y evitando riesgos [25], [26].

La I.5 no se trata de que los robots y los trabajadores trabajen en solitario sino todo lo contrario quiere que coexistan trabajando los dos al mismo tiempo (véase Figura 3), trabajando sincronizadamente haciendo que el robot a la velocidad del operario, cooperando donde el robot y el operador se repartan las tareas y por último y más importante trabajando siempre en colaboración apoyándose en todo aprendiendo uno del otro [27, 28].



**Figura 3.** Humanos y robots coexistiendo.

**3.1.4. El internet de las cosas (IoT).** El internet de las cosas (IoT, por sus siglas del inglés Internet of Things) es una plataforma de interoperabilidad la cual implementa una aplicación web y una asistencia virtual que garantiza la interoperabilidad independientemente del factor de forma, sistema operativo, proveedor de servicios o tecnología de transporte, creando una red de todo. A la par, el internet de las cosas es la tecnología de tendencia y abarca varios conceptos, como computación en la nube, computación de vanguardia, protocolos de comunicación, dispositivos electrónicos, sensores, geolocalización, entre otros. Según las estadísticas de la CISCO (empresa dedicada a las telecomunicaciones) desde el 2020 hay más de 50 mil millones de dispositivos conectados a internet que trabajan junto con la IO, y la mayoría de esos dispositivos tiene una única función que es hacer la vida más fácil a sus usuarios en diferentes ambientes como el sector automotriz, sector salud, sector industrial, sector comercial y también en el ambiente social que tiene que ver con las redes sociales, para explicar esto tomamos como ejemplo un sistema de seguridad inteligente el cual cuando detecta movimiento puede encender una cámara y

proveer iluminación, después se manda una señal de alerta vía internet a las autoridades y todo eso queda registrado, otro ejemplo sería de que una máquina presenta una falla y solamente la puede arreglar una compañía de otro país, se puede mandar los datos o hacer un video llamada para dar instrucciones sin necesidad de venir de tan lejos [29],[30],[31].

**3.1.5. Manufactura inteligente.** Demandas en tiempo real, toda la maquinaria está conectada a internet y trabajan con los más novedosos hardwares para poder ver paso por paso los procesos. La manufactura inteligente brinda a los trabajadores flexibilidad ya que hay mucha interacción hombre-máquina, la manufactura inteligente incluye robótica colaborativa, simulación, internet de las cosas, análisis de datos, fabricación aditiva y realidad aumentada [32], [33].

La manufactura inteligente representa el futuro de los sistemas de producción industrial, es una tendencia tecnológica que está convirtiendo a las fábricas de manufactura esbelta en fábricas inteligentes, digitales y personalizadas abarcando la producción farmacéutica, automovilística, alimenticia, eléctrica, militar, etc. [34].

**3.1.6. Sistemas y tecnologías multi-agente.** Un sistema de tecnología multi-agente se conforma por varias características de ahí el nombre multi-agente, se describen como sistemas autónomos capaces de tomar sus propias decisiones, son sistemas cooperativos que apoyan con sus funciones y herramientas a la unión hombre-máquina adaptándose a los diferentes problemas, se puede decir que son sistemas comunicativos porque se mandan información entre ellos y comunican los datos obtenidos a los humanos y por último, son sistemas proactivos ya que son tolerantes a las fallas, son capaces de detectar estas fallas pero aprenden y proponen soluciones para anteponerse a los problemas [35], [36], [37].

**3.1.7. Redes 5G.** La I.5 requiere del manejo de una gran cantidad de información, es por eso que las redes 5G son un gran pilar en esta revolución industrial, la red 5G es un sistema inalámbrico de comunicación masiva número masivo de datos. Si la I.5 quiere conectar a una persona y su teléfono para controlar por ejemplo a un robot en su área de trabajo todo esto separados a una gran distancia, el sistema 5G es la herramienta ideal para esta tarea ya que proporciona velocidad de comunicación y capacidad de almacenaje para los datos que introduzca el operador y los datos que genere la IA del robot [38], [39].

## 4. Ventajas

### 4.1. Aprendizaje Autónomo

Una de las ramas de investigación más importantes de las tecnologías de IA es sin duda el llamado aprendizaje autónomo, para entenderlo mejor se puede dividir en tres tipos

de aprendizaje, el aprendizaje supervisado, el aprendizaje no supervisado y el aprendizaje semi-supervisado. El primero es donde se le capacita a la computadora con algoritmos para que identifique y resuelva, en el segundo aprendizaje es más sofisticado ya que a la computadora no se le da una guía sino que en un término entendible se le deja observar para que analice e identifique los procesos necesarios para resolver un problema y por último está el aprendizaje semi-supervisado que es una forma de utilizar los datos del aprendizaje no supervisado para convertirlo en un meta establecido del aprendizaje supervisado [40], [41]. Conforme las personas hagan que la inteligencia artificial imite más las acciones de las personas más aprendizaje obtendrá y esto será algo beneficioso ya que mejora el rendimiento evitando consumir mayor número de datos o insumos, la máquina aprende para poder darnos recomendaciones a un posible problema, puede clasificar estos problemas para después detectar anomalías y hacer mantenimiento predictivo gracias a esto se le puede dar importancia al producto a la forma de vida de las personas [42].

#### 4.2. Manufactura personalizada

Una de las principales tendencias en el mercado industrial son los productos personalizados o bien puede ser también el proceso personalizado para elaborar un producto y la manufactura personalizada es la metodología de producción que abarca este tema. Con la implementación de la industria 5.0 se podrá personalizar productos masivamente a un costo bajo, además que será con las características exactas que el cliente demanda, si las empresas escogen estas nuevas tecnologías podrán ser más competentes y tener más posibilidades de éxito [43], [44], [45].

La I.5 mejorará drásticamente las cadenas de valor cambiando la producción en masa por la producción personalizada en masa creando líneas de producción de alta velocidad en la cuales participaran los cobots pero en el proceso y producto final siempre habrá un toque y control humano. Con estos nuevos procesos los clientes tendrán esa sensación de alta calidad y satisfacción [46].

#### 4.3. Logística inteligente

La transformación inteligente de los fabricantes requiere una colaboración de transformación logística inteligente, lo que mejora la competitividad. En la práctica, la colaboración en la transformación de la logística inteligente tiene dos aspectos clave. Apoyada de la tecnología la logística puede sacar todo el potencial de los almacenes evaluando de una manera eficaz a los proveedores y sus productos haciendo un análisis de cada una de sus características [47], [48].

La I.5 trabaja con los robots de almacén, esta nueva generación de sistemas de almacenamiento ecológicos sostenibles puede mejorar la productividad y la flexibilidad. Medimos el rendimiento del sistema y proporcionamos

reglas de diseño para la velocidad de los robots. Construimos modelos de cola abierta para el nuevo sistema de cumplimiento de pedidos y calculamos el tiempo de rendimiento de este sistema dada la cantidad de robots .

## 5. Desventajas

### 5.1 Disminución de personal humano.

La evolución constante de la tecnología ayuda a la sociedad a vivir mejor y facilita mejor las cosas, pero dentro de esta etapa inevitablemente se generan resistencias al cambio y al avance, en el caso de la implementación de la industria 5.0 que busca la sustitución de la mano del hombre por la de un brazo mecánico, esto puede generar preocupaciones en trabajadores que pueden ser sustituidos por robots, ya que pueden afectar su vida profesional y económica [49].

En esta nueva revolución industrial el capital humano tendrá una tendencia a ir disminuyendo, se puede decir que es una competencia entre humanos contra máquinas, la cual las máquinas llevan gran ventaja ya que su rendimiento es mejor porque son capaces de trabajar las 24 horas del día mientras el humano tiene que descansar, una máquina puede hacer cálculos mucho más rápido que un humano, el humano solo tendría una ventaja que es la perspectiva de vista. Por lo tanto el personal humano disminuirá si las empresas quieren los procesos más rápidos y con más calidad [50].

### 5.2. Falta de conocimiento.

Una desventaja puede ser si tenemos la habilidad para manejar una herramienta y más si es un robot de la I.5, dentro de esta nos encontraremos con los robots colaborativos que requieren conocimientos y habilidades especiales, si no tenemos estas características tendremos problemas como retrasar la producción y dañar a los robots colaborativos, es por eso que la industrias o sectores de la sociedad que implementen la I.5 deberán de enfocarse en impartir capacitaciones sobre todo en el tema de la programación [51].

La falta de conocimiento es un gran problema ya que los robots industriales y las nuevas tecnologías usan lenguaje de computación complejo que no cualquier persona puede entender, si el robot, máquina o aplicación llega a fallar la interfaz de uso contara con muchos comandos, símbolos o botones de los cuales si el operador llega a elegir el equivocado el problema se hará más grande ocasionando atrasos y tiempo muerto que a su vez son pérdidas monetarias para la empresa, si la empresa quiere implementar la industria 5.0 la falta de conocimiento es algo que tiene que atacar primero eliminándolo desde contratación de personal calificado, capacitaciones o buscando mejorar la interfaz de la máquina con menos comandos [52].

## 6. La industria 5.0 y su desarrollo en diferentes aspectos de la sociedad.

### 6.1. En la medicina.

La robótica ha estado ayudando a la humanidad desde que se desarrolló por primera vez y ahora se utiliza para salvar vidas en el campo de la medicina. Existen brazos robóticos que solo necesitan coordenadas cartesianas para realizar un procedimiento quirúrgico como lo sería un corte con bisturí, mediante simulación, entrenamiento visual y el aprendizaje automático un brazo robótico podría hacer un corte más exacto que un cirujano [53]. Además de los robots que participan en operaciones médicas, el COVID-19 ha provocado que la sociedad médica busque respuestas para combatir esta enfermedad una de estas respuestas son los robots de desinfección, estos robots son rápidos en realizar en desinfectar, evitan el contacto entre humanos y reduce costos laborales. Estos robots cuentan con un algoritmo de IA y utiliza sensores para detectar el área de desinfección, tiene integrado un modelado 3D que le permite mayor precisión y sincronización, ayudándolo también a evitar obstáculos en su camino. El robot también selecciona el tipo de desinfección, cantidad de dosis y tiempos [54].

### 6.2. En el medio ambiente

*6.2.1. Biotecnología blanca.* En el campo biológico de los seres vivos hay una rama llamada biotecnología blanca, o también conocida como biotecnología industrial, la biotecnología blanca utiliza la biodiversidad que hay en la naturaleza para crear materia prima en sus procesos industriales. Trabajando en conjunto con la industria 5.0 se han creado muchos productos innovadores como la recreación de la seda de araña que puede llegar a ser un material que sustituya a los cables de alta tensión o la producción de cauchos altamente elásticos a partir de plantas distintas del árbol del caucho. Junto con la industria 5.0 la biotecnología blanca creará nuevos procesos en los cuales se obtengan nuevas materias primas, los recursos serán más duraderos y se podrá aprovechar más la energía del sol todo esto siendo beneficioso para el medio ambiente [55].

La biotecnología blanca es un campo muy importante para la industria 5.0 ya que abarca una amplia cantidad de temas y los clasifica en 4 grupos: industrial, farmacéutico, agricultura y medio ambiente, dentro de esos grupos los temas que más se destacan son la biosíntesis, la nanotecnología, las nanopartículas, la ingeniería genética, la biotecnología ambiental y la biotecnología vegetal y animal. La biotecnología es una tendencia actual que está en constante crecimiento que ayudara en un pilar de innovación y desarrollo de la sociedad [56], [57].

*6.2.2. Bioeconomía.* La bioeconomía es la respuesta a los problemas ambientales y sociales que tienen que ver con el

mal uso de los recursos naturales y la escasez de suministros, la bioeconomía se define como la utilización de recursos renovables que nos brinda el planeta para sustituir a los recursos provenientes de los fósiles para elaborar productos más sostenibles [58], [59], [60].

En este sentido las herramientas que implementa la I.5 para el cultivo de algas fotoautótrofas, que son los sistemas de estanques de canalización, que consiste en un estanque con una determinada profundidad, que es expuesto al sol y PBR (Packed Bed Reactor), dentro del sistema se bombea agua, se evita la sedimentación y se restringe la penetración de la luz en la costra de algas. Los reactores PBR son una serie transparente de tubos que contienen el cultivo y un depósito central donde se hace circular el caldo de microalgas [61].

### 6.2.3. En el entorno social.

#### 1. Sociedad 5.0

Si queremos hablar de un país en el cual se allá iniciado o desarrollado alguna de las evoluciones industriales seguramente estaríamos hablando de Japón, país que es un representante incuestionable de los que es innovación, ciencia y tecnología. Actualmente Japón nos está presentando la sociedad 5.0 que es una sociedad superinteligente y en donde todo está conectado a través de la inteligencia artificial. Aunque es un plan en desarrollo, se espera que en un futuro se halle un robot en cada vivienda que ayude al ser humano con las actividades cotidianas haciendo su vida más fácil [62], [63].

La sociedad 5.0 busca romper con las tendencias actuales haciendo que las personas se sientan mal libres y más seguras, se puede decir que el objetivo principal de la sociedad 5.0 es construir una nueva condición de vida en la que los individuos puedan mejorar su economía y su desarrollo familiar, la sociedad 5.0 quiere abarcar todas las sociedades posibles y no dejar ninguna fuera enseñándoles que a través de la digitalización se mejorara la productividad de su vida [64], [65].

#### 2. Hospitalidad 5.0

La pandemia producida por el COVID-19 afecto a muchos tipos de negocios entre ellos el negocio de los hoteles es por eso que la higiene, la desinfección y la limpieza son factores importantes para recuperar su economía. Algunos hoteles están usando los principios de la I.5 en sus instalaciones creando así la hospitalidad 5.0. La hospitalidad 5.0 es un "camino personalizado" en donde el cliente en su llegada al hotel y hacer su reservación tendrá una interacción humano-computadora que puede ser un robot interactivo o una inteligencia con pantalla táctil,

habrá puntos de control donde se realicen funciones de desinfección, las habitaciones contarán con inteligencia artificial por medio de sensores, pantallas táctiles, comando de voz, iluminación y calefacción controlada, durante su estadía habrá escáneres para evaluar la calidad de la comida y al final de su estadía por medio de sensores se evaluará la salud del cliente, todo este proceso se subirá a la gran nube para evaluar y mejorar el servicio [66], [67].

Los hospitales deberán de mejorar su forma de trabajar, con el uso de las redes 5G se podrá tener una mejor comunicación entre los hospitales y los pacientes, con la alta velocidad, confiabilidad y el masivo almacenamiento de datos los hospitales ya estarán trabajando en la solución al problema de salud del paciente antes de que llegue al hospital. Implementando la industria 5.0 los hospitales podrán optar por nuevas tecnologías tales como tele robótica, comunicación hospital-dispositivo de paciente, realidad aumentada, impresiones 5G, control de vehículos no tripulados y robots con inteligencia artificial todo esto para mejorar la calidad de vida de los pacientes [68], [69].

### 3. Casas inteligentes

La sociedad está por cambiar los edificios tradicionales por edificios inteligentes, hablamos de hogares, edificios empresariales, almacenes, restaurantes, aeropuertos, etc., cada edificio contará con plataformas inteligentes para el monitoreo y control de operaciones del edificio como, por ejemplo: un hogar inteligente contará con opción de cargar un auto eléctrico o un sistema de seguridad con inteligencia propia. Cada sistema inteligente de cada edificio podrá aprender y tomar decisiones en beneficio de las personas y la producción [70], [71], [72].

Los primeros edificios inteligentes en estos tiempos trabajan con sistema estándar mundial KNX (EIB KONNEX) el cual controla los sistemas de los edificios como encendido de luces, sensores, botones, calefacción, ventilación, limpieza y alarmas en general. El sistema KNX empieza con la plataforma de la I.A, esta controla a las capas de seguridad y las interfaces de aplicación, de estas dos se maneja las puertas de acceso para los diferentes dispositivos del edificio o la acción que quiera realizar el personal [73], [74].

## 7. Conclusiones

Comparada con las anteriores revoluciones, la quinta revolución industrial (I 5.0) será la que más tenga impacto en el Mundo entero, la inteligencia artificial y el aprendizaje

autónomo serán los protagonistas de esta revolución, si dejamos que las máquinas realicen la mayor parte del trabajo los humanos tendrán más tiempo para seguir creando e innovando, permitir la entrada en nuestras vidas a los robots es algo significativo y emocionante, es un cambio que refleja un mejor nivel de vida de la sociedad. Aunque la pandemia causada por el COVID-19 termine eso no quiere decir que se pueda presentar otra situación similar es por eso que las compañías están obligadas a reinventar sus sistemas de producción y la mejor solución será la automatización de sus procesos con la implementación de robots colaborativos y las personas por su parte podrán controlar estos nuevos procesos de forma remota realizando esto sus líneas de producción nunca se detendrán, la producción en masa y la manufactura personalizada serán las dos principales características que toda empresa deberá de tener si quiere sobrepasar a la nueva era industrial.

La industria 5.0 no solo estará en el ambiente industrial con los robots colaborativos, estará presente en la medicina con robots que ayuden a prolongar más la vida humana con sistemas neuronales y biología sintética, la forma de educación será diferente, las nuevas generaciones tendrán más interacción con la tecnología para así seguir innovando, los medios de transporte cambiarán drásticamente con la ayuda de drones y vehículos no tripulados, se ayudará al medio ambiente creando nuevas energías alternativas, el comercio será convertido en una gran batalla y los ganadores serán los que los más exploten la personalización, en fin la colaboración hombre-máquina estará presente en cada rincón del Mundo y aunque la sociedad se encuentra en los finales de la industria 4.0, las investigaciones reportadas en la literatura indican que la sociedad en general entrará de lleno con la industria 5.0 a principios del año 2025, en donde todo lo que conocíamos será reinventado, la inteligencia artificial se encuentra en un avance imparable abriéndole paso a la posible sexta revolución industrial en la cual posiblemente se desarrolle la nanotecnología y la conquista del espacio y cuando eso pase la humanidad ya no verá la vida de la misma manera.

## 8. Referencias

- [1] K. A. Demir, G. Döven and B. Sezen, "Industry 5.0 and Human-Robot Co-working," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 158, pp. 688–695, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.09.104.
- [2] M. Caggiano, C. Semeraro and M. Dassisti, "A Metamodel for Designing Assessment Models to support transition of production systems towards Industry 5.0," *Comput. Ind.*, vol. 152, p. 104008, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.compind.2023.104008.
- [3] P. K. R. Maddikunta et al., "Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications," *J. Ind. Inf. Integr.*, vol. 26, p. 100257, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.jii.2021.100257.

- [4] H. V. der L. Ulloa, “Revolución Industrial: una Revolución Técnica,” *Rev. Estud.*, no. 9, Art. no. 9, 1991, doi: 10.15517/re.v0i9.29788.
- [5] V. V. Martynov, D. N. Shavaleeva and A. A. Zaytseva, “Information Technology as the Basis for Transformation into a Digital Society and Industry 5.0,” in 2019 International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies” (IT&QM&IS), Sep. 2019, pp. 539–543. doi: 10.1109/ITQMIS.2019.8928305.
- [6] V. Özdemir and N. Hekim, “Birth of Industry 5.0: Making Sense of Big Data with Artificial Intelligence, ‘The Internet of Things’ and Next-Generation Technology Policy,” *OMICS J. Integr. Biol.*, vol. 22, no. 1, pp. 65–76, Jan. 2018, doi: 10.1089/omi.2017.0194.
- [7] M. Grzegorzczak, M. Mariniello, L. Nurski and T. Schraepen, “Blending the physical and virtual: A hybrid model for the future of work,” *Bruegel Policy Contribution, Research Report 14/2021*, 2021. [Online]. Available: <https://www.econstor.eu/handle/10419/251067>
- [8] A. Konovalov and C. C. Ruff, “Enhancing models of social and strategic decision making with process tracing and neural data,” *WIREs Cogn. Sci.*, vol. 13, no. 1, p. e1559, 2022, doi: 10.1002/wcs.1559.
- [9] M. Stella, “Cognitive Network Science for Understanding Online Social Cognitions: A Brief Review,” *Top. Cogn. Sci.*, vol. 14, no. 1, pp. 143–162, 2022, doi: 10.1111/tops.12551.
- [10] G. K. Deutsch et al., “Brief assessment of cognitive function in myotonic dystrophy: Multicenter longitudinal study using computer-assisted evaluation,” *Muscle Nerve*, vol. 65, no. 5, pp. 560–567, 2022, doi: 10.1002/mus.27520.
- [11] Y. Chen, J. Elenee Argentinis and G. Weber, “IBM Watson: How Cognitive Computing Can Be Applied to Big Data Challenges in Life Sciences Research,” *Clin. Ther.*, vol. 38, no. 4, pp. 688–701, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.clinthera.2015.12.001.
- [12] S. Katiyar and K. Katiyar, “Chapter 2 - Recent trends towards cognitive science: from robots to humanoids,” in *Cognitive Computing for Human-Robot Interaction*, M. Mittal, R. R. Shah, and S. Roy, Eds., in *Cognitive Data Science in Sustainable Computing*, Academic Press, 2021, pp. 19–49. doi: 10.1016/B978-0-323-85769-7.00012-4.
- [13] S. Wan, Z. Gu and Q. Ni, “Cognitive computing and wireless communications on the edge for healthcare service robots,” *Comput. Commun.*, vol. 149, pp. 99–106, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.comcom.2019.10.012.
- [14] S. Gupta, A. K. Kar, A. Baabdullah and W. A. A. Al-Khowaiter, “Big data with cognitive computing: A review for the future,” *Int. J. Inf. Manag.*, vol. 42, pp. 78–89, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.06.005.
- [15] S. Wu, M. Wang and Y. Zou, “Bidirectional cognitive computing method supported by cloud technology,” *Cogn. Syst. Res.*, vol. 52, pp. 615–621, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.cogsys.2018.07.035.
- [16] G. P. V. Arévalo, T. V. Pérez and H. F. C. Silva, “Digital transformation in state entities,” *Rev. Ingenio*, vol. 20, no. 1, pp. 53–58, 2023, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.3674>
- [17] T. Q. Sun and R. Medaglia, “Mapping the challenges of Artificial Intelligence in the public sector: Evidence from public healthcare,” *Gov. Inf. Q.*, vol. 36, no. 2, pp. 368–383, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.giq.2018.09.008.
- [18] S. Fatima, K. C. Desouza and G. S. Dawson, “National strategic artificial intelligence plans: A multi-dimensional analysis,” *Econ. Anal. Policy*, vol. 67, pp. 178–194, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.eap.2020.07.008.
- [19] J. Ribeiro, R. Lima, T. Eckhardt and S. Paiva, “Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 – A Literature review,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 181, pp. 51–58, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.01.104.
- [20] F. Stella and J. Hughes, “The science of soft robot design: A review of motivations, methods and enabling technologies,” *Front. Robot. AI*, vol. 9, 2023, [Online]. Available: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2022.1059026>
- [21] M. Maroto-Gómez, F. Alonso-Martín, M. Malfaz, Á. Castro-González, J. C. Castillo and M. Á. Salichs, “A Systematic Literature Review of Decision-Making and Control Systems for Autonomous and Social Robots,” *Int. J. Soc. Robot.*, vol. 15, no. 5, pp. 745–789, May 2023, doi: 10.1007/s12369-023-00977-3.
- [22] A. Amanian, A. Heffernan, M. Ishii, F. X. Creighton and A. Thamboo, “The Evolution and Application of Artificial Intelligence in Rhinology: A State of the Art Review,” *Otolaryngol. Neck Surg.*, vol. 169, no. 1, pp. 21–30, 2023, doi: 10.1177/01945998221110076.
- [23] J. M. Rožanec et al., “Human-centric artificial intelligence architecture for industry 5.0 applications,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 61, no. 20, pp. 6847–6872, Oct. 2023, doi: 10.1080/00207543.2022.2138611.
- [24] A. S. M. Sahan, S. Kathiravan, M. Lokesh and R. Raffik, “Role of Cobots over Industrial Robots in Industry 5.0: A Review,” in 2023 2nd International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA), Jun. 2023, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICAECA56562.2023.10201199.
- [25] U. Kumar et al., “A systematic review of Industry 5.0 from main aspects to the execution status,” *TQM J.*, vol. ahead-of-print, no. ahead-of-print, Jan. 2023, doi:



- 10.1108/TQM-06-2023-0183.
- [26] R. R. R. Sathya, V. V. B. S and J. L. N, “Industry 5.0: Enhancing Human-Robot Collaboration through Collaborative Robots – A Review,” in 2023 2nd International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA), Jun. 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICAECA56562.2023.10201120.
- [27] M. Faccio et al., “Human factors in cobot era: a review of modern production systems features,” *J. Intell. Manuf.*, vol. 34, no. 1, pp. 85–106, Jan. 2023, doi: 10.1007/s10845-022-01953-w.
- [28] C. Taesi, F. Aggogeri and N. Pellegrini, “COBOT Applications—Recent Advances and Challenges,” *Robotics*, vol. 12, no. 3, Art. no. 3, Jun. 2023, doi: 10.3390/robotics12030079.
- [29] R. A. Abdelouahid, O. Debauche and A. Marzak, “Internet of Things: a new Interoperable IoT Platform. Application to a Smart Building,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 191, pp. 511–517, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.07.066.
- [30] N. Sharma, M. Shamkuwar and I. Singh, “The History, Present and Future with IoT,” in *Internet of Things and Big Data Analytics for Smart Generation*, V. E. Balas, V. K. Solanki, R. Kumar, and M. Khari, Eds., in *Intelligent Systems Reference Library*, Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 27–51. doi: 10.1007/978-3-030-04203-5\_3.
- [31] K. Y. Sánchez-Mojica, L. A. Pérez-Domínguez, J. Gutiérrez Londoño and D. O. Cardozo Sarmiento, “A Data Analytic Monitoring with IoT System of the Reproductive Conditions of the Red Worm as a Product Diversification Strategy,” *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 18, Art. no. 18, Jan. 2023, doi: 10.3390/app131810522.
- [32] J. Davis et al., “Smart Manufacturing,” *Annu. Rev. Chem. Biomol. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 141–160, 2015, doi: 10.1146/annurev-chembioeng-061114-123255.
- [33] A. Kusiak, “Smart Manufacturing,” in *Springer Handbook of Automation*, S. Y. Nof, Ed., in *Springer Handbooks*, Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 973–985. doi: 10.1007/978-3-030-96729-1\_45.
- [34] S. Tiwari, P. C. Bahuguna and R. Srivastava, “Smart manufacturing and sustainability: a bibliometric analysis,” *Benchmarking Int. J.*, vol. 30, no. 9, pp. 3281–3301, Jan. 2022, doi: 10.1108/BIJ-04-2022-0238.
- [35] N. U. Huda, I. Ahmed, M. Adnan, M. Ali and F. Naeem, “Experts and intelligent systems for smart homes’ Transformation to Sustainable Smart Cities: A comprehensive review,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 238, p. 122380, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.eswa.2023.122380.
- [36] F. Ullah and F. Al-Turjman, “A conceptual framework for blockchain smart contract adoption to manage real estate deals in smart cities,” *Neural Comput. Appl.*, vol. 35, no. 7, pp. 5033–5054, Mar. 2023, doi: 10.1007/s00521-021-05800-6.
- [37] M. Golovianko, V. Terziyan, V. Branytskyi and D. Malyk, “Industry 4.0 vs. Industry 5.0: Co-existence, Transition, or a Hybrid,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 217, pp. 102–113, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.procs.2022.12.206.
- [38] M. Attaran, “The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization,” *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 14, no. 5, pp. 5977–5993, May 2023, doi: 10.1007/s12652-020-02521-x.
- [39] B. Alhayani et al., “5G standards for the Industry 4.0 enabled communication systems using artificial intelligence: perspective of smart healthcare system,” *Appl. Nanosci.*, vol. 13, no. 3, pp. 1807–1817, Mar. 2023, doi: 10.1007/s13204-021-02152-4.
- [40] A. Mehrish, N. Majumder, R. Bharadwaj, R. Mihalcea and S. Poria, “A review of deep learning techniques for speech processing,” *Inf. Fusion*, vol. 99, p. 101869, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.inffus.2023.101869.
- [41] J. Pan, J. Huang, G. Cheng and Y. Zeng, “Reinforcement learning for automatic quadrilateral mesh generation: A soft actor–critic approach,” *Neural Netw.*, vol. 157, pp. 288–304, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.neunet.2022.10.022.
- [42] S. Civilibal, K. K. Cevik and A. Bozkurt, “A deep learning approach for automatic detection, segmentation and classification of breast lesions from thermal images,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 212, p. 118774, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.eswa.2022.118774.
- [43] X. Li, P. Zheng, J. Bao, L. Gao and X. Xu, “Achieving Cognitive Mass Personalization via the Self-X Cognitive Manufacturing Network: An Industrial Knowledge Graph- and Graph Embedding-Enabled Pathway,” *Engineering*, vol. 22, pp. 14–19, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.eng.2021.08.018.
- [44] J. Vazquez-Armendariz et al., “Workflow for Robotic Point-of-Care Manufacturing of Personalized Maxillofacial Graft Fixation Hardware,” *Integrating Mater. Manuf. Innov.*, vol. 12, no. 2, pp. 92–104, Jun. 2023, doi: 10.1007/s40192-023-00298-3.
- [45] R. García-González, J. A. Paredes-Castañeda, y E. Bayona-Ibáñez, “DMAIC como herramienta para implementar un sistema de mejora para incrementar la productividad en la industria del sombrero,” *Rev. Ingenio*, vol. 20, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2023, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.3371>
- [46] X. Zhang and X. Ming, “A Smart system in Manufacturing with Mass Personalization (S-MMP) for blueprint and scenario driven by industrial model

- transformation,” *J. Intell. Manuf.*, vol. 34, no. 4, pp. 1875–1893, Apr. 2023, doi: 10.1007/s10845-021-01883-z.
- [47] S. E. Barykin et al., “Smart City Logistics on the Basis of Digital Tools for ESG Goals Achievement,” *Sustainability*, vol. 15, no. 6, Art. no. 6, Jan. 2023, doi: 10.3390/su15065507.
- [48] E. Flores-García, Y. Jeong, S. Liu, M. Wiktorsson, and L. Wang, “Enabling industrial internet of things-based digital servitization in smart production logistics,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 61, no. 12, pp. 3884–3909, Jun. 2023, doi: 10.1080/00207543.2022.2081099.
- [49] R. Pereira and N. dos Santos, “Neoindustrialization—Reflections on a New Paradigmatic Approach for the Industry: A Scoping Review on Industry 5.0,” *Logistics*, vol. 7, no. 3, Art. no. 3, Sep. 2023, doi: 10.3390/logistics7030043.
- [50] B. Alojaiman, “Technological Modernizations in the Industry 5.0 Era: A Descriptive Analysis and Future Research Directions,” *Processes*, vol. 11, no. 5, Art. no. 5, May 2023, doi: 10.3390/pr11051318.
- [51] S. Rajumesh, “Promoting sustainable and human-centric industry 5.0: a thematic analysis of emerging research topics and opportunities,” *J. Bus. Socio-Econ. Dev.*, vol. ahead-of-print, no. ahead-of-print, Jan. 2023, doi: 10.1108/JBSED-10-2022-0116.
- [52] X. Wang et al., “Steps Toward Industry 5.0: Building ‘6S’ Parallel Industries With Cyber-Physical-Social Intelligence,” *IEEECAA J. Autom. Sin.*, vol. 10, no. 8, pp. 1692–1703, Aug. 2023, doi: 10.1109/JAS.2023.123753.
- [53] L. Gomathi, A. K. Mishra, and A. K. Tyagi, “Industry 5.0 for Healthcare 5.0: Opportunities, Challenges and Future Research Possibilities,” in *2023 7th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, Apr. 2023, pp. 204–213. doi: 10.1109/ICOEI56765.2023.10125660.
- [54] S. Ray, E. V. Korchagina, R. U. Nikam, and R. K. Singhal, “A Blockchain-based Secure Healthcare Solution for Poverty-led Economy of IoMT Under Industry 5.0,” in *Inclusive Developments Through Socio-economic Indicators: New Theoretical and Empirical Insights*, R. Chandra Das, Ed., Emerald Publishing Limited, 2023, pp. 269–280. doi: 10.1108/978-1-80455-554-520231022.
- [55] A. Selvam, T. Aggarwal, M. Mukherjee, and Y. K. Verma, “Humans and robots: Friends of the future? A bird’s eye view of biomanufacturing industry 5.0,” *Biotechnol. Adv.*, vol. 68, p. 108237, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.biotechadv.2023.108237.
- [56] S. Dalal, B. Seth, and M. Radulescu, “Driving Technologies of Industry 5.0 in the Medical Field,” in *Digitalization, Sustainable Development, and Industry 5.0*, B. Akkaya, S. Andreea Apostu, E. Hysa, and M. Panait, Eds., Emerald Publishing Limited, 2023, pp. 267–292. doi: 10.1108/978-1-83753-190-520231014.
- [57] M. Khan, A. Haleem, and M. Javaid, “Changes and improvements in Industry 5.0: A strategic approach to overcome the challenges of Industry 4.0,” *Green Technol. Sustain.*, vol. 1, no. 2, p. 100020, May 2023, doi: 10.1016/j.grets.2023.100020.
- [58] S. Yin and Y. Yu, “An adoption-implementation framework of digital green knowledge to improve the performance of digital green innovation practices for industry 5.0,” *J. Clean. Prod.*, vol. 363, p. 132608, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.132608.
- [59] N. Bijon, T. Wassenaar, G. Junqua, and M. Dechesne, “Towards a Sustainable Bioeconomy through Industrial Symbiosis: Current Situation and Perspectives,” *Sustainability*, vol. 14, no. 3, Art. no. 3, Jan. 2022, doi: 10.3390/su14031605.
- [60] W. Y. Cheah, R. P. Siti-Dina, S. T. K. Leng, A. C. Er, and P. L. Show, “Circular bioeconomy in palm oil industry: Current practices and future perspectives,” *Environ. Technol. Innov.*, vol. 30, p. 103050, May 2023, doi: 10.1016/j.eti.2023.103050.
- [61] B. Rethinam, R. Palanichamy, and J. D. John Britto, “Analysis of Batch Kinetic Data of Biodecolorization Reaction: Theoretical Approach for the Design of Packed Bed Reactor,” *J. Environ. Eng.*, vol. 149, no. 10, p. 04023056, Oct. 2023, doi: 10.1061/JOEEDU.EEENG-7269.
- [62] R. Sindhvani, S. Afridi, A. Kumar, A. Banaitis, S. Luthra, and P. L. Singh, “Can industry 5.0 revolutionize the wave of resilience and social value creation? A multi-criteria framework to analyze enablers,” *Technol. Soc.*, vol. 68, p. 101887, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.techsoc.2022.101887.
- [63] G. A. V. Clavijo y A. M. G. Bayona, “Ciudad Inteligente: mejoramiento de la seguridad ciudadana a través del uso de nuevas tecnologías,” *Rev. Ingenio*, vol. 20, no. 1, pp. 32–39, 2023, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.3510>
- [64] F. Ince, “Socio-Ecological Sustainability Within the Scope of Industry 5.0,” in *Implications of Industry 5.0 on Environmental Sustainability*, IGI Global, 2023, pp. 25–50. doi: 10.4018/978-1-6684-6113-6.ch002.
- [65] B. C. Quintero y W. A. D. Neira, “Habilidades de pensamiento computacional en niños y niñas de las escuelas primarias utilizando tecnologías 4.0: un análisis bibliométrico,” *Rev. Ingenio*, vol. 20, no. 1, pp. 40–45, 2023, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.3603>
- [66] D. Romero and J. Stahre, “Towards The Resilient Operator 5.0: The Future of Work in Smart Resilient Manufacturing Systems,” *Procedia CIRP*, vol. 104, pp. 1089–1094, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.procir.2021.11.183.
- [67] S. Chourasia, A. Tyagi, Q. Murtaza, R. S. Walia, and

- P. Sharma, "A Critical Review on Industry 5.0 and Its Medical Applications," in *Advances in Modelling and Optimization of Manufacturing and Industrial Systems*, R. P. Singh, M. Tyagi, R. S. Walia, and J. P. Davim, Eds., in *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Singapore: Springer Nature, 2023, pp. 251–261. doi: 10.1007/978-981-19-6107-6\_18.
- [68] R. Tallat et al., "Navigating Industry 5.0: A Survey of Key Enabling Technologies, Trends, Challenges, and Opportunities," *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, pp. 1–1, 2023, doi: 10.1109/COMST.2023.3329472.
- [69] J. Pizoń and A. Gola, "Human–Machine Relationship—Perspective and Future Roadmap for Industry 5.0 Solutions," *Machines*, vol. 11, no. 2, Art. no. 2, Feb. 2023, doi: 10.3390/machines11020203.
- [70] I. Yaqoob, K. Salah, R. Jayaraman, and M. Omar, "Metaverse applications in smart cities: Enabling technologies, opportunities, challenges, and future directions," *Internet Things*, vol. 23, p. 100884, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.iot.2023.100884.
- [71] C. Jiang, C. Fu, Z. Zhao, and X. Du, "Effective Anomaly Detection in Smart Home by Integrating Event Time Intervals," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 210, pp. 53–60, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.10.119.
- [72] J. Wang, R. Wang, H. Cai, L. Li, and Z. Zhao, "Smart household electrical appliance usage behavior of residents in China: Converging the theory of planned behavior, value-belief-norm theory and external information," *Energy Build.*, vol. 296, p. 113346, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.enbuild.2023.113346.
- [73] J. Vanus, R. Hercik, and P. Bilik, "Using Interoperability between Mobile Robot and KNX Technology for Occupancy Monitoring in Smart Home Care," *Sensors*, vol. 23, no. 21, Art. no. 21, Jan. 2023, doi: 10.3390/s23218953.
- [74] I. Froiz-Míguez, P. Fraga-Lamas, and T. M. Fernández-Caramés, "Design, Implementation, and Practical Evaluation of a Voice Recognition Based IoT Home Automation System for Low-Resource Languages and Resource-Constrained Edge IoT Devices: A System for Galician and Mobile Opportunistic Scenarios," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 63623–63649, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3286391.