




Tendencia de la Industria 4.0 comparado con Industria 5.0

Industry 4.0 trend compared to Industry 5.0

a Luis Asunción Pérez-Domínguez, b José Roberto Ávila Lopez, c David Luviano-Cruz

 a Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua; México Profesor-Investigador, luis.dominguez@uacj.mx
Ingeniería industrial y de sistemas, <https://orcid.org/0000-0003-2541-4595>

 b Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua; México Ingeniero Industrial y de sistemas, al159756@alumnos.uacj.mx
Ingeniería industrial y de sistemas, <https://orcid.org/0000-0002-3357-6685>

 c Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua; México Profesor-Investigador, david.luviano@uacj.mx
Ingeniería industrial y de sistemas, <https://orcid.org/0000-0002-4778-8873>

Recibido: Julio 1 de 2021 Aceptado: Noviembre 8 de 2021

Forma de citar: L.A Pérez-Domínguez, J.R Ávila Lopez, c D. Luviano-Cruz “Tendencia de la Industria 4.0 comparado con Industria 5.0.”, *Mundo Fesc*, vol. 13 (25), pp. 8-24, 2023

Resumen

El presente proyecto aborda una exploración literaria de Industria 4.0 comparado con Industria 5.0. De tal modo que el estudio realiza una exploración de la marcha del progreso industrial marcada por la aparición de tecnologías disruptivas que originan revoluciones con un importante impacto social y económico. De manera similar al análisis de cómo en la Industria 4.0 los humanos utilizan la tecnología para monopolizar la generación de conocimiento e inteligencia, la Industria 5.0 pretende generar este conocimiento e inteligencia a partir de las propias máquinas. La nueva etapa en la industria sugiere que los robots colaborativos (cobots) se harán más frecuentes en los próximos años, junto con el despliegue de software inteligente (bots), lo que allanará el camino para un nuevo concepto de desarrollo económico e industrial, con el retorno del hombre al proceso y al modelo productivo, la relación integradora entre el hombre y la tecnología adquiere un nuevo significado. Finalmente, este artículo documenta la revisión de la literatura que fueron publicados en el tema de la Industria 4.0 y la Industria 5.0, los artículos fueron revisados e investigados en diferentes bases de datos y en revistas de alto rango con el fin de obtener la mejor comprensión de ambas industrias.

Palabras clave: Cobots; Industria 4.0; Industria 5.0; Inteligencia artificial; Sociedad 5.0;

Autor para correspondencia: *Correo electrónico:
luis.dominguez@uacj.mx



Abstract

This project deals with a literary exploration of Industry 4.0 compared to Industry 5.0. In this sense, an investigation into the advancement of industrial technology as evidenced by the emergence of research on revolutionary disruptive technologies. Similar to the analysis of how humans in the Industrial Revolution 4.0 used technology to control the production of knowledge and intelligence, the Industrial Revolution 5.0 aims to produce this knowledge and intelligence using its own machines. The new stage in the industry suggests that collaborative robots (cobots) will become more common in the coming years, along with the release of intelligent software (bots), paving the way for a new concept of economic and industrial development. With the return of the human to the process and the production model, the human-technology relationship will take on new meaning. Finally, this article documents the review of literature published on the topics of Industry 4.0 and Industry 5.0. The articles were reviewed and researched in various data bases and high-level journals in order to gain a better understanding of both industries.

Keywords: Cobots; Industry 4.0; Industry 5.0; Artificial intelligence; Society 5.0.

1.Introducción

El tópico de Industria 4.0 (Cuarta Revolución Industrial) apareció hace menos de diez años y necesita estar asociado a la digitalización de los procesos de producción industrial en su ADN [1]. Sin embargo, algunos visionarios ya han comenzado a prestar atención a la próxima revolución industrial, a saber, Industria 5.0. Esta revolución tecnológica tiene como objetivo promover la transformación del sector industrial hacia un espacio inteligente basado en el Internet de las Cosas y la computación cognitiva [2].

Es altamente posible que en 20 años las personas trabajen menos horas a la semana, pero en trabajos más especializados, calificados y estrechamente vinculados a la economía basada en el conocimiento. Además de todo ello junto a los robots colaborativos (cobots) se popularizará cada vez más en los próximos años mediante el uso de software inteligente (bots), que allanarán el camino a un nuevo concepto sobre el desarrollo económico e industrial. Incluso, la relación entre la integración de las personas y la tecnología adquiere un nuevo significado con el retorno del hombre al ámbito de los procesos y modelos productivos [3].

Una de las características de la actualidad es que tanto la sociedad como su economía en su conjunto, la industria y la producción mundial siguen siendo asombrosas, con todos los logros que trajo consigo la cuarta revolución industrial, la Industria 5.0, y la gran revolución ya ha comenzado a asentarse [4]. Sin embargo, muchas circunstancias aún están en proceso de implementación de la Industria 4.0 [5]. La promesa de la Industria 5.0 es una oportunidad para empoderar al individuo y ponerlo en el centro de los procesos económicos, de producción y control, y todo por

supuesto por lo extraordinario que es el desarrollo de las tecnologías de apoyo a la Industria 4.0, especialmente las tecnologías digitales, la robótica y la por supuesto inteligencia artificial [6] [7] [8] [9].

2.Desarrollo

2.1 Fundamentos teóricos

Industria 4.0

La Cuarta Revolución Industrial, igualmente conocida como Industria 4.0 (I-4.0), propone un cambio en la forma de en que los negocios operan y, por lo tanto, los ambientes en los que se ven forzados a rivalizar. De este modo, la aparición de la I-4.0 se documenta por primera vez en Alemania en 2011 como una alternativa para expandir un nuevo concepto de la estrategia económica alemana basada en la táctica de automatización[10].

Objetivos de la Industria 4.0

Los fabricantes compiten para satisfacer las cambiantes demandas del mercado. Esto requiere que las líneas de producción sean lo suficientemente adaptables, inteligentes y flexibles para satisfacer las solicitudes actualizadas[11]. Los líderes empresariales y los gerentes de fabricación han llegado a la conclusión de que deben lograr una integración de la producción comercial e industrial [12]. Tal integración requiere un avance considerable en los procesos y estrategias industriales. Además, solo se puede lograr mediante la integración de varias facetas de una empresa, incluidos los proveedores, las líneas de producción y los clientes. Esta integración multifacética se ha denominado Internet de las cosas (IoT), que es el principal activo de la

Industria 4.0[13].

¿Por qué es un tema relevante la Industria 4.0?

Es imprescindible comprender la idoneidad del tema de cuarta revolución industrial llamada Industria 4.0 [14]. La Industria 4.0 (I-4.0) plantea optimizar las actividades de la manufactura y el auge de los ingresos al transformar los productos[15]. La fabricación digital se refiere a un proceso de fabricación que, con el apoyo de tecnologías como la realidad virtual (VR), las redes informáticas, la creación rápida de prototipos y la base de datos[16]. De tal suerte, que la I-4.0 propone cambiar la forma de trabajar, también afecta la forma en que los clientes interactúan con las cosas y las prácticas de interactuar con una empresa. Además, puede haber cambios en la fuerza laboral que precisen de nuevas destrezas. Conjuntamente, el concepto sistemas Ciber-Físicos en ambiente de inteligencia artificial asociadas con I-4.0 como concepto abstracto puede integrar estrechamente el mundo físico con el mundo virtual [17].

La utilización de sensores y dispositivos tales como; computadora, análisis y robótica, entre otros, pueden mejorar los productos de incontables formas, desde la idea de los prototipos y experimentos hasta la adición de conectividad a productos que antes no estaban conectados. Estas permutaciones en los productos encaminan transformaciones en la cadena de abastecimiento y, por lo tanto, en los clientes.

¿Cuál de todos son los efectos de la Industria 4.0?

En Industria 4.0, la expresión “inteligente” se está tornando cada vez más importante, aunque es difícil encontrar una definición. No obstante, una probable definición de este tema que corresponde a I-4.0, conforme con la posición de varios autores, puede relacionarse a dispositivos autónomos e independientes que pueden comunicarse en tiempo real e interactuar con otros módulos inteligentes en un entorno colaborativo y automático.

La Industria 4.0 es un paradigma de fabricación que está altamente enfocado en la creación de productos y procesos inteligentes, mediante el uso de máquinas inteligentes y la transformación de sistemas de fabricación convencionales

en fábricas inteligentes. De tal modo, que hoy se habla del tema de fábrica inteligente como un factor crucial que es considerado en la revolución industrial, este es el resultado de varios adelantos que implicaron combinación, digitalización y el uso de arreglos flexibles y medios inteligentes. A la par, estos recursos de la industria crean un ambiente inteligente a lo largo de toda la cadena de valor y permiten procesos flexibles y adaptables. El entorno de la manufactura inteligente reside en una nueva composición de vínculo en tiempo real entre todos los recursos de producción (sensores, actuadores, transportadores, máquinas, robots, etc.) que mejora la eficiencia de la producción y permite satisfacer las demandas del mercado en cuanto a calidad y dificultad.

Los bienes y servicios inteligentes se componen como parte activa de los sistemas en toda la cadena de valor, fiscalizan sus propias gestiones de producción a través del acopio de datos, pueden requerir los recursos necesarios y registrar los procesos de producción de forma automática. También, los productos inteligentes, al igual que los productos finales, necesitan conocer sus parámetros para ser utilizados y brindar información sobre su estado a lo largo de su ciclo de vida. Los productos inteligentes pueden denominarse CPS dado que su porte para crear un enlace entre el mundo material y el virtual. En este sentido, dichos productos se especifican por distintas tipologías como la automatización, acopio de datos, comunicación e interacción con su medio ambiente, para poder definir y acopiar datos sobre su proceso de fabricación y facilitando información sobre otros pasos relacionados con la producción y el mantenimiento. Al mismo tiempo, los productos inteligentes tienen alto grado de inteligencia artificial, existiendo la capacidad de distinguir e interactuar de forma autónoma con su medio ambiente material sobre su ciclo vital.

Los modelos de negocio fueron muy influenciados por la Industria 4.0, ya que el paradigma de fabricación implica una nueva forma de comunicación a lo largo de las cadenas de suministro. Los clientes son un factor clave en todo modelo de negocio y la Industria 4.0 les aportó un conjunto de ventajas, mejorando comunicación a lo largo de la cadena de valor y mejora de la experiencia del cliente.

Pero, la industria 5.0 trae la aparición de nuevos modelos comerciales que satisfagan mejor los requisitos cambiantes de los clientes, a través del tiempo real capacidad de comunicación a lo lar-

go de toda la cadena de suministro.

Industria 5.0

La Industria 5.0 se considera la próxima evolución industrial, su objetivo es aprovechar la creatividad de los expertos humanos en colaboración con máquinas eficientes, inteligentes y precisas, para obtener soluciones de fabricación eficientes en recursos y preferidas por el usuario en comparación con la Industria 4.0 [18]. En esta perspectiva, los robots y las personas colaboran de forma conjunta. A la par, se considera que los seres humanos se centrarán en labores que demanden creatividad y así de esta forma los robots concebirán el resto de las operaciones de la industria. Los principales principios tecnológicos de la Industria 5.0 son la colaboración, la coordinación, la comunicación, la automatización, el procesamiento de análisis de datos y la identificación [19].

La Tabla 1 representa estas revoluciones en una línea de tiempo. Obsérvese el acortamiento del tiempo entre las revoluciones. Hubo 100 años entre las tres primeras revoluciones. Para llegar a la cuarta desde la tercera sólo se han necesitado unos 40 años. Es posible que para cristalizar a la quinta revolución se necesiten menos de 40 años.

(1784)	(1870)	(1969)	(2011)	Futuro
Industria 1.0	Industria 2.0	Industria 3.0	Industria 4.0	Industria 5.0
<ul style="list-style-type: none"> • Producción mecánica • Energía de agua y vapor 	<ul style="list-style-type: none"> • División del trabajo • Producción en masa • Energía eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Electrónica • Sistemas IT • Automatización • Producción 	<ul style="list-style-type: none"> • IoT • Robótica e inteligencia artificial • Big data • Computación en la nube 	<ul style="list-style-type: none"> • Robótica e inteligencia artificial • Sustentabilidad • Recursos renovables • Biónica
Primer telar mecánico	Primera línea de ensamble	Primer controlador lógico programable	Sistemas físicos cibernéticos	Trabajo colaborativo Humano-Robot bioeconomía

Tabla . 1. Etapas de Industria 1.0 hasta la Industria 5.0

La Industria 4.0 es una iniciativa del Gobierno alemán. El tema de la Industria 4.0 es “Fabricación inteligente para el futuro”. Su objetivo es sencillo y similar a las revoluciones anteriores: Aumentar la productividad y lograr la producción en masa utilizando tecnología innovadora. Hay una serie de tecnologías de tendencia que ayudan a conseguir la Industria 4.0 [13]. Las principales son el Internet de las cosas, la robótica y la inteligencia artificial (IA), el big data y la computación en la nube. También hay otras tecnologías que apoyan la Industria 4.0. La impresión 3D, la realidad virtual y aumentada, las fábricas inteligentes, la logística inteligente y la inteligencia ambiental son algunas de ellas. Hay que tener en cuenta que estas tecnologías

no se han desarrollado específicamente para la Industria 4.0. La visión de la Industria 4.0 reúne estas tecnologías hacia el objetivo de la fabricación inteligente. También hay críticas sobre la Industria 4.0, ya que es una iniciativa gubernamental de arriba abajo con una noción predefinida [17].

Características de la Industria 5.0

- **Lema:** Trabajo colaborativo hombre-máquina
- **Motivo:** Mundo inteligente.
- **Fuente de poder:** Energías renovables con enfoque sostenible.
- **Tecnologías implicadas:** Sostenibilidad

en todos los elementos involucrados en el sistema de de diseño y fabricación

- **Áreas envueltas en el desarrollo e innovación:** Inteligencia artificial, exploración organizacional, mejora de los sistemas e innovación, gestión de negocios, etc.

Valores de la Industria 5.0

La industria 5.0 presenta algunos desafíos:

- Diversidad cultural en cuanto a valores humanos y la aprobación.
- La evaluación de la creación de valor medioambiental y de la sociedad.
- La inclusión del cliente a lo largo de la cadena de valor hasta las PYMES.

- Interdisciplinariedad de las disciplinas de investigación y complejidad del sistema
- Política del medio ambiente con énfasis flexible y orientado a resultados.
- Se requiere alta eficiencia, mientras que se requiere una gran inversión

Implicaciones sociales del trabajo.

Los humanos son criaturas sociales. Interactúan con los de su especie en varios aspectos de sus vidas, incluido el trabajo. Los eventos sociales en el trabajo para aumentar el desempeño laboral de sus trabajadores, es una práctica común en muchas organizaciones. Cuando el número de robots aumente en los lugares de trabajo, es probable que el número de humanos disminuya. Esto puede limitar a las interacciones entre humanos. Incluso si el número de empleados humanos sigue siendo el mismo, la introducción de robots en los lugares de trabajo puede tener efectos sin precedentes en las interacciones sociales en el lugar de trabajo. Algunos humanos pueden preferir los robots. Algunos pensarán que el comportamiento social mostrado por los robots es irreal, pero el comportamiento es solo una programación de computadora que, en efecto, en realidad es falsa.

Los empleados tendrán diferentes puntos de vista sobre cómo interactuar. con robots socialmente. El problema se complica cuando hay robots en posición gerencial o superior. Los empleados tienden a mostrar respeto por sus superiores o gerentes. El respeto es un comportamiento social. Los humanos pueden confundirse si deben respetar a un administrador de robots o no. Ya que, de hecho, el respeto no significará nada para un robot.

Algunos de los problemas serán nuevos, confusos e incluso frustrantes para muchos.

El regreso del toque humano

La preferencia personal de usar o no una tecnología en particular varía de un ser humano a otro. Habrá personas que estarán ansiosas por trabajar con robots y que se opondrán firmemente a la idea de trabajar con robots. Las organizaciones que deseen beneficiarse del trabajo conjunto entre humanos y robots en sus lugares de trabajo deben ser conscientes de estas preferencias. Si las organizaciones consisten principalmente en empleados con una actitud negativa hacia los robots, entonces su transición a entornos de trabajo conjunto humano-robot no será fácil ni posible.

Sin embargo, la preferencia personal por trabajar con robots depende principalmente de los medios de comunicación y no de los de primera mano. experiencias. Hay muchas películas o programas de televisión famosos que representan la fantasía de los robots que se apoderan del mundo o luchando contra la raza humana. Este medio negativo tiene un efecto en la preferencia personal por trabajar con robots.

Se intenta hacer producir tanto la creatividad y reflexión de la sociedad como la capacidad de ejecución por parte de las máquinas. La finalidad es perfeccionar, no sustituir, la inteligencia humana con la inteligencia artificial, logrando así nuevos objetivos y mejorando la calidad de vida de la humanidad [20].

Sin embargo, la creación viable de empleo solo puede convertirse en realidad si las naciones asignan los fondos indispensables para instruir programación y robótica en las escuelas y brindan más oportunidades para la educación profesional.

Las tecnologías digitales proporcionan un nuevo paradigma en la fabricación y eliminan los trabajos repetitivos. Aplica la inteligencia humana para comprender los requisitos de un operador humano.

Tendencia de la Industria 4.0 comparado con Industria 5.0

	Industria 4.0	Industria 5.0 visión 1	Industria 5.0 visión 2
Lema	Fabricación inteligente	Colaboración entre humanos y robots	Bioeconomía
Motivación	Producción en masa	Sociedad inteligente	Sustentabilidad
Fuente de energía	<ul style="list-style-type: none"> • Energía eléctrica • Fuentes de energía fósil • Fuentes de energía renovables 	<ul style="list-style-type: none"> • Energía eléctrica • Fuentes de energía renovables 	<ul style="list-style-type: none"> • Energía eléctrica • Fuentes de energía renovables
Tecnologías implicadas	<ul style="list-style-type: none"> • Internet de las cosas (IoT) • Computación en la nube • Grandes datos (Macro-datos) • Robótica e inteligencia Artificial (IA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Colaboración entre humanos y robots • Recursos renovables 	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura sostenible • Biónica • Producción • Recursos renovables
Áreas de investigación implicadas	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación organizativa • Mejora de procesos e innovación • Gestión empresarial 	<ul style="list-style-type: none"> • Entornos inteligentes • Procesos de investigación organizativa • Mejora e innovación • Gestión empresarial 	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura • Biología • Proceso de prevención de residuos • Mejora e innovación • Gestión empresarial • Economía

Tabla 2.Comparación entre Industria 4.0 e Industria 5.0 Visión ,Tomado de [8]

Los datos en la fabricación se pueden analizar utilizando el aprendizaje automático y la inteligencia artificial (IA) [21]. Los avances tecnológicos y las revoluciones ocurren cada vez más rápido, por lo que una empresa necesita visiones claras para los desarrollos de la empresa, así como una mentalidad clara para la transformación [22].

Cuestiones éticas

Ser honesto, trabajador y servicial se encuentran entre los comportamientos éticos esperados por parte de los empleados humanos. Robots que son desinteresados, no tienen ambición, no conocen la pereza y no pueden mentir, sin duda tendrá un efecto en la forma en que percibir los valores éticos actuales del trabajo. Es posible que los humanos no puedan competir con los robots para lograr una buena norma ética en este aspecto. Es difícil predecir cómo evolucionará la ética del trabajo en un entorno de trabajo conjunto entre humanos y robots.

Además, es probable que haya una norma ética que defina las interacciones entre humanos y robots. En un estudio, se ha informado de que los humanos pueden sentir pena incluso por eventos como un robot que se comporta mal con otro.

Trabajando ‘mano a mano’

Los humanos conocen a los robots como un concepto de libros y películas. Sin embargo, el trabajo conjunto humano-robot será nuevo para casi todos los empleados en oficinas. Si bien se espera que interactuar con robots sea fácil, la experiencia real puede ser diferente de la expectativa. Es posible que tengamos que aprender a comportarnos con el robot para obtener lo que realmente queremos. La comunicación no verbal es una parte importante de la interacción humana. Los robots pueden o no comprender estas comunicaciones.

Los humanos necesitarán tiempo para aprender y acostumbrarse a trabajar con robots. Además, habrá robots con diferentes capacidades. Algunos serán avanzados y otros no. Será difícil y confuso distinguir robots con diferentes capacidades. Los fabricantes de robots necesitarán encontrar una forma de desarrollarlos, y que puedan informar sobre su capacidad sin confusión, porque se necesitara aprender a trabajar con sus diferentes tipos.

Visiones negativas del trabajo Humano-Robot

Lo que más temen los humanos de los robots, tanto a nivel personal como social, es la pérdida de puestos de trabajo.

A medida que los robots comiencen a hacerse cargo de los trabajos de los humanos, es pro-

bable que haya una actitud negativa hacia los robots. Algunos discutirán que el uso de robots aumentará el desempleo. El contraargumento de esta opinión es que se crearán nuevos puestos de trabajo.

La historia muestra que este contraargumento tiene validez. Mientras los robots se hacen cargo de trabajos mundanos, los humanos se centrarán en trabajos que requieren creatividad, arte, investigación y desarrollo.

Así que, no hay que temerle al mundo de lo desconocido, porque podría resultar un verdadero éxito.

Conclusión

Por lo general, una revolución industrial está impulsada por avances tecnológicos transformadores, lo que ha llevado a cambios fundamentales en la forma en que funcionan de la industria. Estos cambios tienen consecuencias económicas y sociales. Algunos son intencionados y deseables; otros no intencionados e indeseables. Al igual que otros predecesores, la Industria 4.0 está impulsada por la tecnología.

Sin embargo, la Industria 5.0 está impulsada por el valor. El primero necesita el segundo para recordar las necesidades sociales esenciales, el valor y la responsabilidad como últimas metas; el último requiere el primero para los impulsos tecnológicos y soluciones.

Pero, una advertencia es que una proliferación de palabras de moda, como industrias 4.0+, industrias 4.5 e incluso industrias 6.0 e industrias 7.0 en un futuro no muy lejano, puede caer sobre nosotros. Estas palabras de moda pueden invitar a escribir en papel o solicitar subvenciones; no son propicio para tomar cualquier decisión empresarial y afrontar la tecnología desafíos. Con este fin, se requieren cabezas secas y mentes sabias.

Y desde luego, independientemente de si la Industria 5.0 se centrará en el trabajo conjunto entre humanos y robots o no, seguirá siendo un gran cambio para las organizaciones. La actitud hacia los robots probablemente evolucionará a medida que los humanos experimenten con robots.

Referencias:

[1] P. Coelho, C. Bessa, J. Landeck, and C. Silva, "Industry 5.0: The Arising of a Concept," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 217, pp. 1137–1144, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.procs.2022.12.312.

[2] K. Schwab, "La Cuarta Revolución Industrial," *Futuro Hoy*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Dec. 2020, doi: 10.52749/fh.v1i1.1.

[3] R. Albrieu et al., "Travesía 4.0: Hacia la transformación industrial argentina," Jun. 2019, doi: 10.18235/0001731.

[4] J. Leng et al., "Industry 5.0: Prospect and retrospect," *J. Manuf. Syst.*, vol. 65, pp. 279–295, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.jmsy.2022.09.017.

[5] S. Vijaykumar, S. G. Saravanakumar, and M. Balamurugan, "Unique Sense: Smart Computing Prototype for Industry 4.0 Revolution with IOT and Bigdata Implementation Model," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 35, Dec. 2015, doi: 10.17485/ijst/2015/v8i35/86698.

[6] H. Ning and H. Liu, "Cyber-physical-social-thinking space based science and technology framework for the Internet of Things.," *Sci China Inf Sci*, vol. 58, no. 3, pp. 1–19, 2015.

[7] M. Avendaño and L. Taiz, "Industria 5.0: ¿Vuelve el hombre al centro de los procesos de producción?," bachelorThesis, Universidad EAFIT, 2019. Accessed: Aug. 14, 2023. [Online]. Available: <http://repository.eafit.edu.co/handle/10784/15195>

[8] 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.

[9] F. Strozzi, C. Colicchia, A. Creazza, and C. Noè, "Literature review on the 'Smart Factory' concept using bibliometric tools," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 55, no. 22, pp. 6572–6591, Nov. 2017, doi: 10.1080/00207543.2017.1326643.

[10] F. Mosconi, *The New European Industrial Policy: Global Competitiveness and the Manufacturing Renaissance*. Routledge, 2015.

[11] X. Xu, Y. Lu, B. Vogel-Heuser, and L. Wang, "Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception," *J. Manuf. Syst.*, vol. 61, pp. 530–535, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.jmsy.2021.10.006.

[12] S. Grabowska, S. Saniuk, and B. Gajdzik, "Industry 5.0: improving humanization and sustainability of Industry 4.0," *Scientome-*

trics, vol. 127, no. 6, pp. 3117–3144, Jun. 2022, doi: 10.1007/s11192-022-04370-1.

[13] F. Aslam, W. Aimin, M. Li, and K. Ur Rehman, “Innovation in the Era of IoT and Industry 5.0: Absolute Innovation Management (AIM) Framework,” *Information*, vol. 11, no. 2, Art. no. 2, Feb. 2020, doi: 10.3390/info11020124.

[14] M. C. Zizic, M. Mladineo, N. Gjeldum, and L. Celent, “From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology,” *Energies*, vol. 15, no. 14, Art. no. 14, Jan. 2022, doi: 10.3390/en15145221.

[15] C. L. Karmaker et al., “Industry 5.0 challenges for post-pandemic supply chain sustainability in an emerging economy,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 258, p. 108806, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.ijpe.2023.108806.

[16] H. Cañas, J. Mula, M. Díaz-Madroñero, and F. Campuzano-Bolarín, “Implementing Industry 4.0 principles,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 158, p. 107379, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.cie.2021.107379.

[17] J. Wan, H. Cai, and K. Zhou, “Industrie 4.0: Enabling technologies,” in *Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things*, Jan. 2015, pp. 135–140. doi: 10.1109/ICAIOT.2015.7111555.

[18] 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.

[19] D. Ivanov, “The Industry 5.0 framework: viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 61, no. 5, pp. 1683–1695, Mar. 2023, doi: 10.1080/00207543.2022.2118892.

n

[20] M. Doyle-Kent, “Industry 5.0: Is the Manufacturing Industry on the Cusp of a New Revolution?,” in *Proceedings of the International Symposium for Production Research 2019*, in *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer International Publishing, 2020, pp. 432–441. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-31343-2_38.

[21] “Critical Components of Industry 5.0 Towards a Successful Adoption in the Field of Manufacturing | Journal of Industrial Integration and Management.” <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S2424862220500141> (accessed Aug. 19, 2023).

[22] D. Paschek, A. Mocan, and A. Draghici, “INDUSTRY 5.0 – THE EXPECTED IMPACT OF NEXT INDUSTRIAL REVOLUTION”.