

# INDUSTRIA 4.0 Y SOSTENIBILIDAD: EVALUACIÓN DEL COMPROMISO ORGANIZACIONAL CON LA AGENDA 2030 DESDE UN ENFOQUE BIBLIOMÉTRICO<sup>1</sup>

Industry 4.0 and sustainability: assessing organizational commitment to the 2030 agenda from a bibliometric approach

Nicolás Liarte-Vejrup<sup>2</sup>, Guillermo J. Bermúdez González<sup>3</sup>, Alejandro Álvarez-Nobell<sup>4</sup>

Recibido: 25/09/2024 - Aceptado: 25/11/2024

## RESUMEN:

La sostenibilidad ofrece múltiples oportunidades a las empresas que deseen innovar, y desarrollar estrategias de triple impacto en la vinculación con sus stakeholders, en particular las llamadas industria 4.0, una nueva fase de la revolución industrial basada en la interconectividad, el aprendizaje automatizado y los datos en tiempo real. Este paper es un estudio bibliométrico que tiene por finalidad poner en perspectiva el aporte de las industrias 4.0 y su contribución a la agenda 2030.

## ABSTRACT

Sustainability offers multiple opportunities for companies wishing to innovate and develop triple-impact stakeholder engagement strategies, particularly the so-called Industry 4.0, a new phase of the industrial revolution based on interconnectivity, machine learning and real-time data. This paper is a bibliometric study that aims to put into perspective the contribution of Industry 4.0 and its contribution to the 2030 agenda.

PALABRAS CLAVE: Industria 4.0; Sostenibilidad; Agenda 2030; ODS; Evaluación de Impacto

KEYWORDS: Industry 4.0; Sustainability; Agenda 2030; SDGs; Impact Assessment

<sup>1</sup> El presente paper fue desarrollado en el marco del programa de Doctorado de la Universidad de Málaga, como parte de la tesis por compendio.

<sup>2</sup> Universidad de Málaga, Málaga, España, nliarte.vejrup@uma.es, ORCID 0000-0002-0150-1750

<sup>3</sup> Universidad de Málaga, Málaga, España, gjbermudez@uma.es, ORCID 0000-0002-2611-2583

<sup>4</sup> Universidad de Málaga, Málaga, España, aan@uma.es, ORCID 0000-0003-1384-3544

En los últimos años, la Industria 4.0 ha transformado profundamente los procesos productivos y las operaciones empresariales mediante la incorporación de tecnologías avanzadas como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el análisis de datos en tiempo real. Esta "cuarta revolución industrial" está redefiniendo la manera en que las empresas generan valor, permitiendo no solo mejoras en eficiencia y productividad, sino también nuevas oportunidades para integrar prácticas sostenibles en las cadenas de producción (Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., & Zühlke, D., 2014).

La Industria 4.0 se perfila como un facilitador clave en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, en especial en áreas como el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) y el ODS 7 (Energía Asequible y No Contaminante). Al integrar tecnologías inteligentes y sostenibles, esta nueva fase industrial tiene el potencial de mitigar el impacto ambiental y optimizar el uso de recursos (Geissdoerfer et al., 2017). Sin embargo, persisten desafíos importantes, en particular en la relación entre el crecimiento económico, el cambio climático y la inclusión social, lo que requiere un enfoque más integral y colaborativo (Korhonen et al., 2018).

En este contexto, algunos mercados, en particular la Unión Europea, han adoptado un enfoque de desarrollo sostenible, promoviendo la eficiencia, la innovación y la sostenibilidad a través de programas específicos que fortalecen el desarrollo de la Industria 4.0. Al facilitar la transición hacia modelos de producción más resilientes y respetuosos con el medio ambiente, esta nueva fase industrial tiene el potencial de contribuir significativamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente al ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) y al ODS 7 (Energía Asequible y No Contaminante) (Birkel & Hartmann, 2020).

Dado el potencial de la Industria 4.0 para impulsar la sostenibilidad, resulta crucial entender qué aspectos de los ODS han sido más investigados y cuáles han recibido menos atención en la literatura académica. Un análisis bibliométrico es esencial para mapear el estado actual del conocimiento en esta área, permitiendo identificar tanto los avances como las limitaciones en la investigación sobre sostenibilidad tecnológica (Donthu et al., 2021). Este enfoque no solo documenta los hallazgos recientes, sino que también guía futuras investigaciones hacia un enfoque más integral que maximice el impacto de la Industria 4.0 en los ODS.

El presente estudio busca indagar sobre la Industria 4.0 y su aporte a los Objetivos de Desarrollo Sostenible a partir de un análisis bibliométrico de los principales referentes académicos y sus aportes en los últimos cuatro años, con el objetivo de identificar tendencias en la investigación y destacar áreas donde la contribución de la Industria 4.0 a la sostenibilidad aún podría fortalecerse<sup>5</sup>.

### La era de la sostenibilidad

La elección de la palabra "Inteligencia Artificial" (AI) como palabra del año en 2022 por la Fundación del Español Urgente - FundéuRAE no fue casual (FundéuRAE, 2022). Este término, junto a apocalipsis, inflación y ecocidio, ternados por la gente, reflejan los desafíos actuales. Estos términos subrayan la relación entre el trabajo, las nuevas tecnologías y cómo estas pueden ayudar a superar obstáculos presentes y futuros. A inicios de los 2000, frente a las demandas internacionales, la ONU, bajo la dirección de Kofi Annan, impulsó dos iniciativas globales claves para promover la cooperación internacional:

- Declaración del Milenio: Firmada por 147 jefas y jefes de estados, estableció el 2015 como fecha límite para cumplir con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), que abordaban problemáticas cruciales como el hambre, la salud, el medio ambiente y la educación. Se fijaron 8 objetivos que pretendían

---

<sup>5</sup> Por ejemplo, España Industria Conectada 4.0, donde no solo se las capacita, sino que se premia a las mejores cada año.

movilizar a los Estados a mejorar las condiciones de vida de las personas del mundo mediante 21 metas específicas (Asamblea General Naciones Unidas, 2020).

- Pacto Mundial: Propuesta surgida en Davos en 1999, donde se invitó a las empresas a comprometerse en la solución de problemas comunes derivados de la globalización. El Pacto promueve una ciudadanía corporativa global basada en los derechos humanos, el medio ambiente y la lucha contra la corrupción (PM, s.f.). Con 76 redes locales y más de 20 mil organizaciones adheridas, se ha convertido en la mayor iniciativa de sostenibilidad a nivel global (UN Global Compact, 2023).

Sin embargo, ambas iniciativas no alcanzaron los resultados esperados, lo que llevó a replantearlas. Surgieron entonces los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), con 169 metas mensurables que buscan equilibrar la sostenibilidad ambiental, económica y social. Estos objetivos están interconectados, reconociendo que las intervenciones en un área afectan los resultados de las demás, por lo que el desarrollo debe lograr equilibrar la sostenibilidad ambiental, económica y social.

Para que los ODS sean verdaderamente transformativos, es esencial abordarlos de forma integrada y adaptarlos a los contextos locales. La sostenibilidad a largo plazo requiere una reevaluación continua de las metas, ajustándolas a los avances y nuevos conocimientos, para asegurar un futuro justo y sostenible para todas las personas (Liar-te-Vejrup et al., 2022).

### **Las empresas y la sostenibilidad**

Las empresas operan en un contexto determinado: una comunidad con valores y cultura propios, con un entorno económico y medioambiental. Estas, para perdurar en el tiempo, deben mantener un equilibrio entre sus actividades, la sociedad, el medio ambiente y la economía. La ética empresarial desempeña un papel crucial, al promover hábitos virtuosos en sus procesos productivos, administrativos y financieros (Cortina, 1994). Además, permite que las prácticas dignas, respetuosas y solidarias que se dan en el interior de las empresas, se expandan a

la sociedad. La Sostenibilidad es primordialmente un concepto con el que las empresas, en forma estratégica, contribuyen al desarrollo de una sociedad más equitativa y un entorno óptimo.

En las últimas dos décadas, ha crecido la demanda global por un mayor compromiso ambiental en la producción de bienes y servicios. La explotación actual de los recursos naturales, motivada por el incremento de la producción, pone en peligro la sostenibilidad del equilibrio socioambiental. El ser humano utiliza los recursos como si tuviera acceso a dos planetas, no uno (Liar-te-Vejrup et al., 2022). Aunque los cambios climáticos siempre han existido debido a factores naturales, hoy el cambio climático está vinculado directamente con la industrialización, la quema de combustibles fósiles, la deforestación y prácticas agrícolas insostenibles.

Esta nueva era denominada Antropoceno (Crutzen, P. J., & Stoermer, E. F., 2000) exige nuevas herramientas de medición del progreso, que visibilicen las presiones sobre el planeta. La economía capitalista, basada en un modelo de producción lineal que requiere recursos ilimitados, fomenta el consumo desmedido y la generación excesiva de desechos. Anualmente, se producen 50 millones de toneladas de residuos electrónicos, un claro ejemplo de este ciclo insostenible (Clerc et al., 2021).

### **La agenda 2030 en el sector industrial**

El análisis bibliométrico sobre la relación entre Industria 4.0 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) ha sido limitado, pero estudios recientes resaltan su creciente importancia. Birkel y Hartmann (2020) destacan el rol de las tecnologías avanzadas en la sostenibilidad empresarial, mientras que Cramer (2021) examina cómo las alianzas público-privadas pueden promover una transición hacia una economía más sostenible. Aunque el estudio del impacto de la Industria 4.0 en los ODS aún está en fases iniciales, esto señala la necesidad de ampliar la investigación en esta área.

La adopción de la tecnología, junto a la mayor administración de datos ha permitido la

implantación de medidas de economía circular, una oportunidad clave para el sector industrial. Pasar de un modelo de producción lineal de "hacer-usar-tirar" a uno circular que optimice el uso de recursos tendrá un impacto social, ambiental y sobre todo económico en las empresas industriales. En Europa, la re-fabricación de productos ya genera 30.000 millones de euros, con un potencial de crecimiento que podría llegar a 90.000 millones para 2030 (European Remanufacturing Network).

Sin embargo, a medida que dependemos más de la tecnología, se requiere una fuerza laboral altamente capacitada. Pfeiffer (2016) señala que "cuanto más dependemos de la tecnología y la llevamos al límite, más necesitamos personas cualificadas, bien formadas y con buena práctica para hacer al sistema resiliente", actuando como la última defensa frente a posibles fallos tecnológicos.

### Industria 4.0 y la sostenibilidad

El término Industria 4.0 fue introducido por el Gobierno alemán (Ynzunza-Cortés et al., 2017) para describir una organización de los procesos productivos basada en tecnologías y dispositivos que se comunican de manera autónoma a lo largo de la cadena de valor. Se

centra en la automatización de sistemas, la digitalización y el intercambio de datos en las industrias. Su objetivo es lograr una fábrica inteligente para reducir el tiempo de entrega para responder a la demanda de los clientes o a eventos imprevistos y mejorar la productividad en el sistema (Abdirad et al., 2021).

Este fenómeno ha sido denominado la Cuarta Revolución Industrial. (Braña Pino, 2020) En esta nueva fase, los sensores, las máquinas, los componentes y los sistemas informáticos se conectarán a lo largo de las cadenas de valor más allá de los límites de las empresas individuales. Estos sistemas conectados pueden comunicarse entre sí mediante protocolos estándar de Internet, analizar datos para predecir fallas, configurarse y adaptarse a posibles cambios.

La Industria 4.0 implica una transformación en las cadenas de valor, donde la tecnología digital conecta el mundo físico (máquinas, productos) y el digital (sistemas). Aunque actualmente estas tecnologías se utilizan de manera aislada, su integración total permitirá un flujo automatizado y optimizado, transformando la relación entre fabricantes y clientes, así como entre humanos y máquinas (Blanco et al., 2016).



**Figura 1:** Las tecnologías de la Industria 4.0

Nota. *Elaboración propia a partir de (R. Blanco, J. Fontrodona; C. Poveda, 2016)*

En el futuro, las empresas usarán tecnologías para proporcionar información en tiempo real a los trabajadores, lo que mejorará la toma de decisiones y los procedimientos de trabajo. La incorporación de estas tecnologías no solo mejorará los productos existentes, sino que también impulsará nuevos modelos de negocio y la economía colaborativa, requiriendo nuevos perfiles profesionales relacionados con la Industria 4.0.

La relación entre las empresas, la sostenibilidad y las Industrias 4.0 no es lineal, sino sinérgica. (Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M, 2021). A medida que las empresas adoptan las tecnologías de la Industria 4.0, no solo optimizan sus operaciones, sino que también tienen la oportunidad de rediseñar sus estrategias en torno a la sostenibilidad. Los aspectos clave incluyen:

- **Digitalización y sostenibilidad como estrategia empresarial:** Las tecnologías de la Industria 4.0 permiten un seguimiento preciso de los objetivos de sostenibilidad y la creación de soluciones personalizadas que mejoran tanto el desempeño económico como el ambiental.

- **Reducción de costos operativos y ambientales:** La Industria 4.0 contribuye a la competitividad empresarial al reducir desperdicios, optimizar el uso de recursos y mejorar la eficiencia energética, lo que también reduce los costos operativos.

- **Resiliencia y sostenibilidad post-COVID-19:** La pandemia aceleró la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 y destacó la importancia de la sostenibilidad en la resiliencia empresarial. Las empresas que han integrado ambas áreas están mejor preparadas para enfrentar crisis futuras.

## OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

El propósito de este estudio es realizar un análisis bibliométrico de los principales aportes académicos sobre la Industria 4.0 y su contribución a la Agenda 2030 durante el período 2020-2024. A través de este análisis, se identificarán los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) mencionados en cada publicación.

El período 2020-2024 fue seleccionado por varios factores clave:

1. La pandemia de COVID-19 generó un fuerte impulso en la adopción de tecnologías digitales en procesos productivos y de comunicación, como señalan Birkel y Hartmann (2020).

2. La aceleración de la digitalización, junto con las crecientes preocupaciones ambientales, ha incrementado las investigaciones sobre la relación entre Industria 4.0 y la sostenibilidad.

Este intervalo permitirá capturar los avances más recientes en la literatura, proporcionando una visión actualizada sobre cómo las empresas están adaptando sus estrategias a los ODS en el contexto postpandemia.

## DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Y METODOLOGÍA

Este artículo propone un enfoque de investigación **cuantitativo descriptivo**, con el objetivo de realizar un análisis bibliométrico de la relación entre la **Industria 4.0** (I4.0) y los **Objetivos de Desarrollo Sostenible** (ODS). A través de este análisis, se busca responder la siguiente **pregunta de investigación**:

«¿Cómo contribuye la Industria 4.0 a la consecución de los ODS?»

El diseño de investigación sigue los siguientes pasos:

### 1. Universo:

Se comenzó con una búsqueda inicial en la base de datos **Scopus**, seleccionada por su exhaustividad en el campo de la investigación académica. La primera búsqueda se realizó utilizando los términos:

- **(TITLE-ABS-KEY (industry 4.0))**, lo que arrojó un total de **42,365 documentos**.

Dada la amplia cantidad de publicaciones, se limitó la búsqueda para incluir tanto **Industria 4.0** como **Objetivos de Desarrollo Sostenible**, con un enfoque en los artículos revisados por pares.

### 2. Muestra operativa:

Se refinó la búsqueda con la fórmula:

- **(TITLE-ABS-KEY (industry 4.0) AND TITLE-ABS-KEY (sustainable AND development AND goals)) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-**

## TO (LANGUAGE, "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE, "Spanish"))

Esto resultó en un total de **113 publicaciones académicas**, lo que constituyó la muestra operativa para este análisis.

### 3. Análisis descriptivo:

Se realizó un análisis cuantitativo de las publicaciones seleccionadas con el objetivo de caracterizar la producción académica en relación con la **Industria 4.0** y los **ODS**. En este paso se identificaron:

- La **cantidad de publicaciones** por año.
- Los **autores más prolíficos**.
- La **nacionalidad** de los investigadores.
- Las **disciplinas** involucradas en la producción académica.
- El **tipo de publicación** donde se comunican los hallazgos.

### 4. Análisis de contenido:

El análisis de contenido se enfocó en los **ODS** mencionados en los artículos seleccionados, tanto de manera directa como indirecta. El objetivo fue identificar las áreas en las que la **Industria 4.0** contribuye de manera más significativa a la consecución de los ODS.

Este análisis permitió reconocer:

- Los **ODS más abordados** en relación con la I4.0.

- Las áreas temáticas predominantes en las investigaciones.

### 5. Análisis de palabras clave:

Para robustecer el análisis, se identificaron las **palabras clave** más utilizadas en los artículos seleccionados. Esto permitió trazar las principales **tendencias** en la investigación sobre **Industria 4.0** y **ODS**, proporcionando una base sólida para responder la pregunta de investigación.

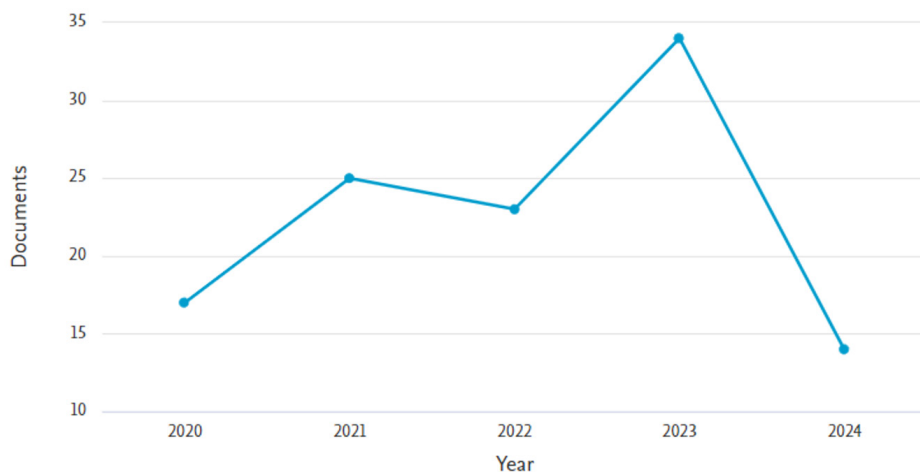
Este enfoque metodológico busca arrojar luz sobre la relación entre las tecnologías emergentes de la **Industria 4.0** y los **ODS**, proporcionando un panorama claro de cómo las empresas y la academia están contribuyendo a la **Agenda 2030** en un contexto post-pandemia

## RESULTADOS

A continuación, se detallan los principales hallazgos del análisis bibliométrico realizado sobre la relación entre Industria 4.0 (I4.0) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en el período 2020-2024, según los gráficos obtenidos a partir de los datos extraídos de Scopus.

La figura 2 muestra la evolución de la producción académica en torno a la Industria 4.0 y los ODS durante el período analizado. Se observa que, aunque la producción ha

Documents by year



**Figura 2:** Cantidad de publicaciones desde 2020 hasta 2024.

Nota. Elaboración propia a través de la base de datos Scopus

sido constante, ha habido pequeñas "mesetas" en la cantidad de publicaciones.

En la figura 3 se destacan los autores más prolíficos en este campo. El profesor Popkova, EG encabeza la lista con 3 publicaciones relacionadas con la Industria 4.0 y los ODS. Sus investigaciones se centran principalmente en la economía del conocimiento y la economía circular como elementos vectores para mitigar el impacto ambiental negativo, creando oportunidades para una producción más sostenible.

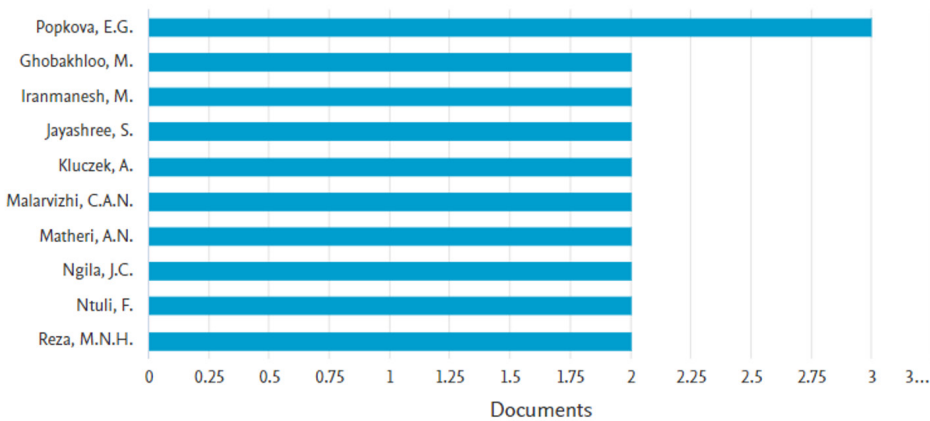
Otras figuras destacadas incluyen a Gutierrez, J, Iranmanesh, M y Jasharee, S, cada uno con 2 publicaciones. Estos investigadores contribuyen a la discusión sobre la sostenibilidad y el uso eficiente de recursos en el contexto de la Industria 4.0.

En la figura 4 (página siguiente) se destacan los países con mayor producción académica sobre Industria 4.0 y ODS. India lidera con 19 publicaciones, seguida por Malasia con 9. Italia se sitúa en tercer lugar con 8 publicaciones, mientras que Polonia, Rusia y Estados Unidos tienen 7 publicaciones cada uno. El liderazgo de India<sup>6</sup> y Malasia<sup>7</sup> en la producción académica puede explicarse por las políticas nacionales que promueven la transformación digital y la adopción de tecnologías avanzadas. Estos países enfrentan desafíos de desarrollo sostenible, como el cambio climático y la urbanización, lo que impulsa la investigación en este campo.

Hay una creciente colaboración internacional: Investigadores en India y Malasia han establecido colaboraciones con instituciones globales,

### Documents by author

Compare the document counts for up to 15 authors.



**Figura 3:** Autores de mayor producción científica.

Nota. *Elaboración propia a través de la base de datos Scopus*

lo que aumenta su visibilidad y capacidad de producción académica. Estas alianzas han facilitado el acceso a recursos, conocimientos y publicaciones internacionales. Estos dos países de rentas medias y bajas enfrentan desa-

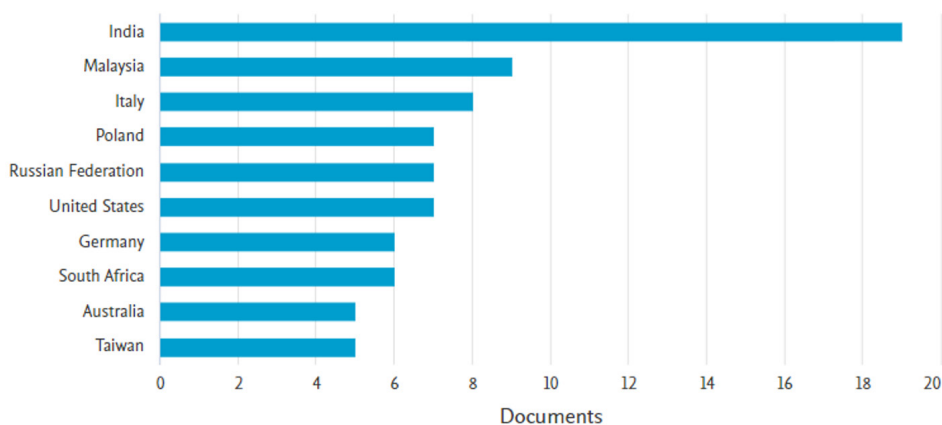
ños significativos en términos de desarrollo sostenible, como el cambio climático, la pobreza y la urbanización rápida. Y, por último, existe una creciente vinculación de investigadores estableciendo colaboraciones con instituciona-

6 Programa Make in India, <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1861929> visto el 15 de agosto 2024.

7 Programa Industry4wrld de Malasia, [https://www.miti.gov.my/miti/resources/Media%20Release/Media\\_Release\\_-\\_Industry4WRD\\_The\\_National\\_Policy\\_on\\_Industry\\_4.0\\_.pdf](https://www.miti.gov.my/miti/resources/Media%20Release/Media_Release_-_Industry4WRD_The_National_Policy_on_Industry_4.0_.pdf) visto el 15 de agosto 2024.

## Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



**Figura 4:** Origen de la producción académica

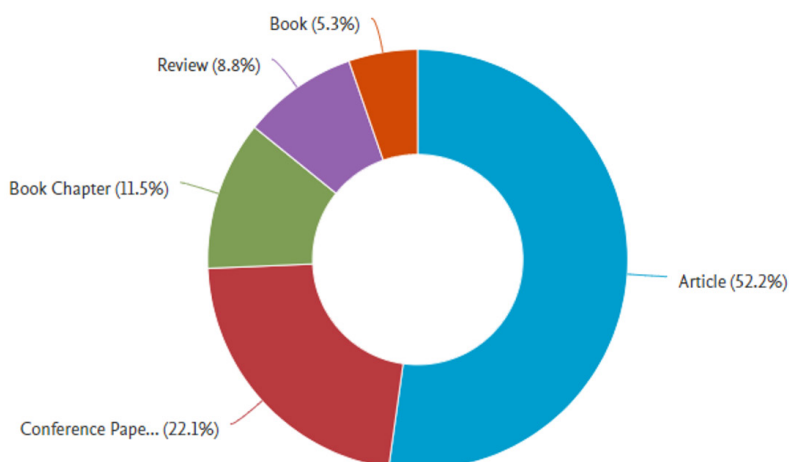
Nota. Elaboración propia a través de la base de datos Scopus

les globales que aumentan su visibilidad. Y con ello se ha facilitado el acceso a recursos, conocimientos y publicaciones internacionales.

En cuanto al tipo de documentos, como se observa en la figura 5, el 52% de la produc-

ción científica se publica en artículos/papers. Esto refleja la necesidad de publicar rápidamente los avances tecnológicos y científicos en torno a la Industria 4.0, especialmente dado el ritmo acelerado de innovación. Otras formas de publicación, como conferencias y

## Documents by type



**Figura 5:** Tipo de documentos elegidos para publicar

Nota. Elaboración propia a través de la base de datos Scopus



capítulos de libros, tienen una representación menor.

En la figura 6, que presenta las disciplinas científicas involucradas en la producción de conocimiento sobre la Industria 4.0 y los ODS, se destacan las siguientes áreas principales: Ingenierías con 40 publicaciones, seguidas por el área de Negocios y Ciencias de la Computación, ambas con 33 publicaciones. Esta concentración en áreas técnicas y empresariales indica que gran parte del enfoque académico sobre la Industria 4.0 se centra en aspectos tecnológicos y productivos. Sin embargo, es necesario considerar que esta predominancia puede llevar a una visión parcializada en relación con los ODS, omitiendo la integración de otras perspectivas más sociales o humanísticas.

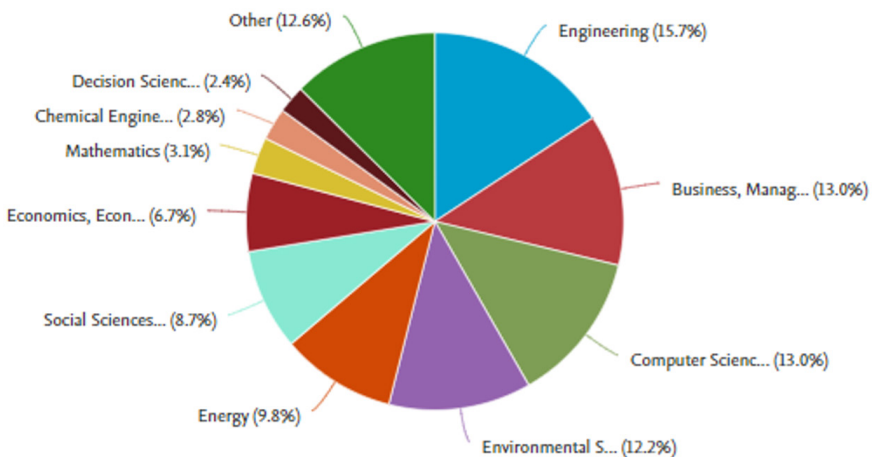
En cuanto a la figura 7 (página siguiente), que examina el reconocimiento de los ODS en los documentos analizados, se observa que la mayoría de las publicaciones académicas resaltan el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) como el objetivo más vinculado con la Industria 4.0, debido a la fuerte interrelación entre las tecnologías emergentes y la transformación de las infraestructuras industriales.

La Industria 4.0 abarca tecnologías como la inteligencia artificial, la automatización y el internet de las cosas (IoT), que son fundamentales para promover una infraestructura industrial resiliente y fomentar la innovación, lo que explica su prominencia en las publicaciones.

En segundo lugar, encontramos el **ODS 7 (Energía Asequible y No Contaminante)** con 16 publicaciones, la transición hacia fuentes de energía renovables y más eficientes es un tema clave en la Industria 4.0. El uso de tecnologías avanzadas puede mejorar la eficiencia energética en los procesos industriales, reducir el consumo de energía y facilitar la integración de energías renovables. A continuación, los ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) y 13 (Acción por el Clima) con 10 menciones cada uno, están relacionados con el potencial de la Industria 4.0 para optimizar procesos productivos, minimizar residuos y reducir la huella de carbono. La Industria 4.0 permite la adopción de procesos más sostenibles y eficientes que responden a las metas de consumo responsable y la mitigación del cambio climático.

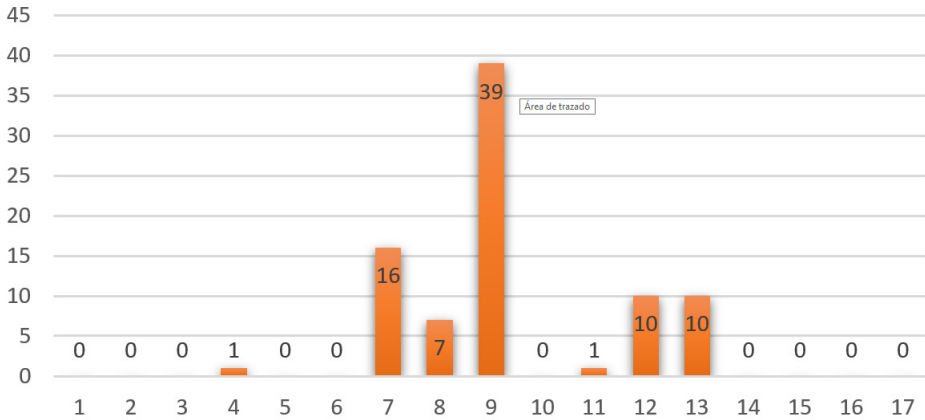
En última instancia encontramos el ODS 8 (Trabajo Decente y Crecimiento Económico) aparece en las publicaciones, aunque en me-

Documents by subject area



**Figura 6:** Disciplinas científicas que participan en la producción de conocimiento.  
Nota. Elaboración propia a través de la base de datos scopus

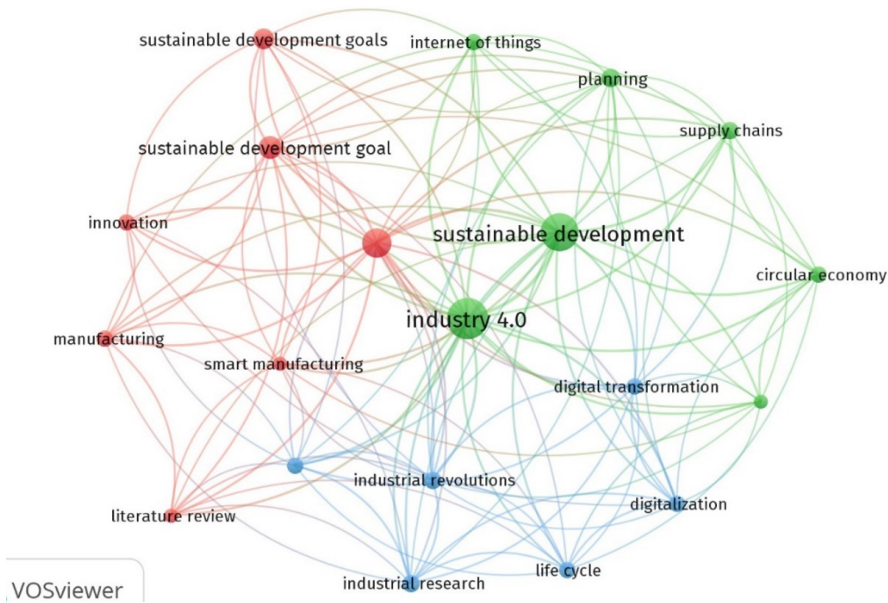
## Reconocimiento de ODS en los documentos



**Figura 7:** Reconocimiento de ODS en los documentos analizados  
 Nota. Elaboración propia

nor medida, con 7 menciones. Este ODS se vincula con la automatización y su impacto en la economía y el empleo. La Cuarta Revolución Industrial presenta desafíos significativos, como el desplazamiento de sectores vulnerables del mercado laboral, lo que plantea interrogantes sobre equidad y empleo digno.

En este contexto, las industrias 4.0, a pesar de su enfoque en la eficiencia productiva, parecen no abordar de manera exhaustiva otros desafíos sociales como la pobreza, la educación de calidad y la igualdad de oportunidades, que también forman parte de la Agenda 2030. Esto subraya la necesidad de



**Figura 8:** Mapa de redes entre las palabras clave de los artículos publicados sobre industria 4.0 y Objetivos de Desarrollo Sostenible (SGG´s)

un enfoque interdisciplinario para abordar las implicaciones sociales y ambientales de la transformación tecnológica.

El análisis de las palabras clave en publicaciones sobre la Industria 4.0 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), realizado con la herramienta Vosviewer, muestra tres principales clústeres temáticos. El primer clúster aborda conceptos como innovación, revolución industrial, fabricación inteligente y sostenible; el segundo incluye temas relacionados con planeamiento, economía circular, diseño de producto y cadena de valor; mientras que el tercer clúster agrupa términos como digitalización, transformación, Internet de las cosas y ciclo de vida.

A partir del estudio bibliométrico, se analizaron 113 artículos de la base Scopus, podemos determinar a partir del análisis de los artículos científicos que la contribución de la Industria 4.0 a la Agenda 2030 es limitada. La investigación sugiere que estas industrias están más orientadas hacia la robotización que a la inclusión social, confirmando hallazgos de trabajos previos como los de Geissdoerfer et al. (2017) y Birkel y Hartmann (2020), que resaltan la preponderancia del ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura). Si bien estos estudios destacan la importancia de la tecnología para la transformación industrial, también revelan una importante brecha en el impacto social, especialmente en relación con el ODS 8 (Trabajo Decente) y el ODS 10 (Reducción de Desigualdades). A pesar de que autores como (Schwab, 2017) han analizado los efectos de la automatización en el empleo, la mayoría de los estudios actuales no aborda de manera suficiente la dimensión social de la Cuarta Revolución Industrial. Este trabajo subraya la necesidad de una mayor atención a las implicaciones sociales y laborales de la Industria 4.0, así como a la colaboración intersectorial para maximizar su contribución a los ODS. En lugar de enfocarse únicamente en la eficiencia productiva, las empresas deberían considerar su rol en la creación de empleos decentes y en la reducción de las desigualdades, áreas que han sido insuficientemente exploradas en la literatura. Este análisis enfatiza la necesidad de un enfoque más integral que considere tanto la eficiencia productiva

como el papel de las empresas en la creación de empleos decentes y en la disminución de las desigualdades, áreas insuficientemente exploradas en los estudios actuales.

## CONCLUSIÓN

La sostenibilidad es una prioridad estratégica para las empresas y la Industria 4.0 actúa como un facilitador clave en la transición hacia modelos más sostenibles. A medida que las empresas adoptan nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial, el IoT y el Big Data, no solo optimizan sus operaciones, sino que también mejoran su impacto ambiental y social, contribuyendo de manera significativa al cumplimiento de los ODS.

Por lo tanto, la relación entre las **empresas**, la **sostenibilidad** y la **Industria 4.0** es fundamental para promover un futuro donde el crecimiento económico y la protección del medio ambiente coexistan en equilibrio. Las empresas tienen la responsabilidad de liderar esta transición, aprovechando las tecnologías 4.0 para generar un impacto positivo en sus cadenas de valor y, en última instancia, en la sociedad en general.

Éstos se resumen a aspectos asociados a la flexibilidad, productividad, competitividad y acceso a mercados globales, así como con la disminución de los costos y el aumento de rentabilidad ( Wang, S., Wan, J., Li, D., y Zhang, C., 2016)

La falta de reconocimiento de los aportes de la Industria 4.0 a los restantes ODS en la producción académica puede deberse a varias razones:

**1. Enfoque sectorial limitado:** Muchos estudios sobre la Industria 4.0 tienden a centrarse en áreas específicas como la innovación tecnológica (ODS 9), la eficiencia energética (ODS 7) y la sostenibilidad ambiental (ODS 12 y 13), que son directamente vinculadas con la transformación industrial. Esto podría dejar de lado otros ODS que tienen una relación menos directa con la Industria 4.0, como el ODS 1 (Fin de la Pobreza) o el ODS 2 (Hambre

Cero), que son vistos como menos relevantes en el contexto de la transformación tecnológica industrial.

## **2. Relación indirecta con ciertos ODS:**

Algunos ODS, como el ODS 3 (Salud y Bienestar) o el ODS 4 (Educación de Calidad), pueden parecer menos vinculados con las tecnologías de la Industria 4.0, lo que reduce la atención académica. Aunque tecnologías como la inteligencia artificial o la automatización podrían impactar estos ODS (por ejemplo, mejorando los servicios de salud o educación), la conexión no es tan evidente ni prioritaria en la investigación sobre industria y sostenibilidad.

## **3. Prioridades de investigación y financiación:**

Muchas investigaciones sobre la Industria 4.0 están impulsadas por las agendas de financiamiento gubernamental o corporativo, que suelen priorizar la innovación tecnológica, la eficiencia energética y la sostenibilidad industrial.

## **4. Desafíos interdisciplinarios:**

Algunos ODS, como el ODS 5 (Igualdad de Género) o el ODS 10 (Reducción de las Desigualdades), requieren un enfoque más interdisciplinario que combine tecnología con estudios sociales, económicos y de equidad.

## **5. Percepción limitada del impacto de la Industria 4.0:**

En la actualidad, la mayoría de las investigaciones sobre Industria 4.0 se centran en los impactos inmediatos en sectores industriales, energéticos y ambientales, y no necesariamente en las implicaciones sociales más amplias. Esto puede explicar por qué los ODS que se relacionan con bienestar social, justicia y reducción de la pobreza reciben menos atención en la literatura sobre la Industria 4.0.

En conclusión, la falta de reconocimiento de los aportes a otros ODS podría deberse a una combinación de enfoques de investigación que priorizan temas industriales y tecnológicos, una percepción limitada del impacto más amplio de la Industria 4.0 y la falta de interdisciplinariedad en los estudios académicos actuales.

## **LIMITACIONES Y SUGERENCIAS PARA ESTUDIOS FUTUROS**

La Industria 4.0 es un tema muy novedoso y escasamente abordado desde la óptica de la sostenibilidad y que nos permitan visualizar el aporte real de estas organizaciones inteligentes a la contribución de los males del planeta. Como se puede evidenciar, hay un número reducido de publicaciones al respecto. La mayoría de los estudios hacen mención a avances tecnológicos, dejando todavía de lado ámbitos como el impacto real y potencia en los titulares de los derechos humanos, dialogo social, o la reducción de desigualdades y las alianzas estratégicas para la conformación de capital social. Quedan nuevas puertas trazadas para continuar indagando.

## **Declaración de intereses contrapuestos**

Los autores declaran que no tienen intereses económicos ni relaciones personales que pudieran influir en el trabajo presentado en este artículo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Abdirad y Krishnan, 2021; Davis et al., 2012; De Oliveira-Dias et al., 2022. (s.f.).
- Asamblea General Naciones Unidas, A. (13 de 9 de 2020). A/RES/55/2. Declaración del Milenio. 55/2. *Declaración del Milenio*. Nueva York, EEUU. Recuperado el 21 de 03 de 2023, de <https://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf>
- Braña Pino, F. J. (2020). Cuarta revolución industrial, automatización y digitalización: una visión desde la periferia de la Unión Europea en tiempos de pandemia. Obtenido de <https://www.ucm.es/icei/file/wp0420>
- Birkel, H. S., & Hartmann, E. (2020). Impact of IoT challenges and risks for SCM. *International Journal of Production Economics*, 228, 107668.
- C.Ynzunza-Cortés; J.M. Izar-Landeta; J.G.Bocarando Chacón. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. (C. TECNOLÓGICA, Ed.) 54, 33-45.
- Carmen, Y., Izar, J., Bocarando, J., Aguilar, F., & Martín, L. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras Implications and Perspectives of Industry 4.0. . 33-45.

- CINU, C. d. (1 de 1999). Pacto Mundial de las Naciones Unidas en materia de responsabilidad social de las empresas. Davos. Recuperado el 21 de 03 de 2023, de <https://www.un.org/spanish/milenio/np4milenio.htm>
- Clerc, J., et al. . (2021). "Economía circular y valorización de metales: residuos de aparatos eléctricos y electrónicos". CEPAL, serie Medio Ambiente y Desarrollo, N° 171 (LC/TS.2021/151). Chile: CEPAL . Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado el octubre de 2022
- Cramer, J. (2021). Creating Sustainable Business Models: The Role of Public-Private Partnerships. *Journal of Business Strategy*, 42(3), 27-34.
- Cortina, A. (1994). Ética de la empresa. Claves para una cultura empresarial. 17-33. (2020). *Dow Jones Sustainability Indices – Annual Review 2020 :: News :: ChemistryViews*.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296.
- España, G. d. (2021). *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*. Obtenido de [https://www.lamoncloa.gob.es/temas/fondos-recuperacion/Documents/160621-Plan\\_](https://www.lamoncloa.gob.es/temas/fondos-recuperacion/Documents/160621-Plan_)
- Europea, C. .. (2017). *Hacia la neutralidad climática para 2050*. Publicaciones de la UE. (s.f.). *European Remanufacturing Network*. . Obtenido de <https://www.remanufacturing.eu/>
- FundeuRAE. (16 de 12 de 22). *FundeuRAE Buscador Urgente de Dudas*. Recuperado el 21 de 3 de 23, de <https://www.fundeu.es/palabra-del-ano-2022/>
- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., & Zühlke, D. (2014). Human-machine-interaction in the industry 4.0 era. . *Proceedings -2014 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics, INDIN 2014*, , 289-294. . doi:<https://doi.org/10.1109/INDIN.2014.6945523>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). *The Circular Economy – A new sustainability paradigm? Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. . (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. . *Procedia CIRP*, 54, 1-6. . doi:<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.102>
- Industria, M. d. (2019). *Directrices Generales de la nueva política Industrial Española 2030*. Obtenido de <https://industria.gob.es/es-es/Documents/Directrices%20Generales%20de%201a%20Pol%C3%ADtica%20industrial%20espa%C3%B1ola%2025.02.19%20FINAL.pdf>
- Industria, M. d. (2019). *Empleo, salarios y productividad por ramas de actividad*. Obtenido de <https://www.mincotur.gob.es/es-es/IndicadoresyEstadisticas/>
- Industria, M. d. (2019). *Estructura de la industria por ramas de actividad. Industry and Market. Markets and Markets*. (2021).
- INE. (2019). *Cuenta de los residuos*. Obtenido de [https://www.ine.es/prensa/cma\\_2017\\_res.pdf](https://www.ine.es/prensa/cma_2017_res.pdf)
- INE. (2020). *Encuesta industrial*. Obtenido de <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t04/>
- IPCC. (2023). *Informe de síntesis para el Sexto Informe de evaluación 58.ª sesión del Panel*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Interlaken, Suiza. Recuperado el 22 de 3 de 2023, de <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., & Birnie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, 175, 544-552.
- Knut Haanaes, David Michael, Jeremy Jurgens, and Subramanian Rangan. (2013). Making sustainability profitable. *Harvard Business Review*,. Obtenido de <https://hbr.org/2013/03/making-sustainability-profitable>
- Lawrence, M., et al. (2024). Global polycrisis: the causal mechanisms of crisis entanglement. *Global Sustainability* 7, , 1–16. doi:<https://doi.org/10.1017/sus.2024.1>
- Liarte-Vejrup (ed), N. (2009). *Diálogos en torno a la construcción de una ciudadanía responsable. Experiencias de empresas argentinas*. . Cordoba -Argentina: UCCOR.
- Liarte-Vejrup, N., Carignano, M. J., & Álvarez-Nobell, A. (2022). Estrategia de sostenibilidad y Cultura de la paz: la economía circular en el sector empresarial en la Argentina. *Revista De Cultura De Paz*, 6, 402–425. doi:<https://doi.org/10.58508/cultpaz.v6.1>
- Lorenz, M., Rübmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., & Bolle, M. (2015). Man and Machine in Industry 4.0. . *Boston Consulting Group*, 18.
- M. Abdirad ; K. Krishnan. (2021). *Industry*

4.0 in Logistics and Supply Chain Management: A Systematic Literature Review. *Engineering Management Journal*, 187-201. doi:DOI: 10.1080/10429247.2020.1783935

• MDSocialesA2030. (2021). *Retos país para la Estrategia de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.mdsocialesa2030.gob.es/agenda2030/documentos/retos-pais-eds.pdf>

• MDSocialesA2030, M. D. (2020). *Estrategia de desarrollo sostenible 2030 Un proyecto de país para hacer realidad la agenda 2030*. Madrid. Recuperado el 22 de 03 de 2023, de <https://www.mdsocialesa2030.gob.es/agenda2030/documentos/eds-cast-acce.pdf>

• Ministerio de Industria, C. y. (2019). *Datos básicos de la industria*. Obtenido de <https://www.mincotur.gob.es/es-es/IndicadoresyEstadisticas/BoletinEstadistico/Industria/>

• Ministerio de Industria, C. y. (2019). *Empleo, salarios y productividad por ramas de actividad*.

• Missopoulos y Dergiades . (2007). Decisive factors for the adoption of just-in-time in Greek SMEs: A probit model. *International Journal of Logistics Systems and Management* . doi:10.1504/IJLSM.2007.012998

• OCDE. (2018). *Job Creation and Local Economic Development 2018*.

• OIT. (2019). *Trabajar para un futuro más prometedor*. Obtenido de <https://www.ilo.org/wcmsp5/>

• ONU, C. d. (9 de 2015). Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

• Pfeiffer, S. (2016). Robots, Industry 4.0 and Humans, or Why Assembly Work Is More than Routine Work. *Societies*. p24. doi:<https://doi.org/10.3390/soc6020016>

• PM Red España. (2021). *ODS, año 6 la agenda 2030 desde un enfoque sectorial: Creando sinergias entre empresas*.

• PM Red Española. (s.f.). *Pacto Mundial Red Española*. Obtenido de <https://www.pactomundial.org/>

• PM, P. M. (s.f.). *Pacto Mundial: Desarrollo Sostenible y Responsabilidad Social Empresarial*. Recuperado el 22 de 03 de 2023, de <https://www.pactomundial.org/>

• R.Blanco, J. Fontrodona; C. Poveda. (2016). LA INDUSTRIA 4.0: EL ESTADO DE LA CUESTIÓN.

• Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum.

• S&P, G. R. (2022). *Dow Jones Sustainability World Index*. Obtenido de <https://www.spglobal.com/spdji/es/indices/esg/dow-jones-sustainability-world-index/#overview>

• UN GLOBAL COMPACT, U. (2023). Recuperado el 3 de 2023, de <https://unglobalcompact.org/participation>

• UNDP, P. d. (2020). *Informe sobre Desarrollo Humano 2020 La próxima frontera El desarrollo humano y el Antropoceno*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Nueva York. Recuperado el 2023, de <https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr2020spinformesobredesarrollohumano2020pdf.pdf>

• Wang, S., Wan, J., Li, D., y Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of industrie 4.0: An outlook. . *International Journal of Distributed Sensor Networks*,, 1-10.

• World Bank, W. (2019). *Employment industry*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.IND.EMPL.ZS?locations=ES>