

TRANSFORMACIÓN 5.0 Y EL VALOR ORGANIZACIONAL SUSTENTABLE

Gustavo Tapia¹

RESUMEN

Comparada con las anteriores revoluciones, la quinta revolución industrial será la que más tenga impacto en el mundo entero. La inteligencia artificial y el aprendizaje autónomo serán los protagonistas de esta revolución, en tanto que si las maquinas realizan la mayor parte del trabajo los humanos tendrán más tiempo para seguir creando e innovando. Como aprendimos con la pandemia causada por el COVID-19, de presentarse situaciones similares habrá que reinventar los sistemas de producción y controlar los procesos de forma remota a fin de que las líneas de producción no se detengan y prosiga la producción en masa con manufactura personalizada.

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 convertirá 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.

Palabras claves: valor – sustentabilidad – tecnología 5.0 – resiliencia – futuro inmediato

SUMMARY

Compared to previous revolutions, the fifth industrial revolution will have the greatest impact on the entire world. Artificial intelligence and machine learning will be the driving forces behind this revolution, as if machines do most of the work, humans will have more time to continue creating and innovating. As we learned from the COVID-19 pandemic, if similar situations arise, production systems will have to be reinvented and processes controlled remotely to ensure production lines do not stop and mass production with personalized manufacturing continues.

Industry 5.0 will not only be present in the industrial environment with collaborative robots, it will be present in medicine with robots that help prolong human life with neural systems and synthetic biology, the way of education will be different, the new generations will have more interaction with technology in order to continue innovating, the means of transport will change drastically with the help of drones and unmanned vehicles, the environment will be helped by creating new alternative energies, commerce will become a great battle and the winners will be those who exploit personalization the most, in short, human-machine collaboration will be present in every corner of the world.

Keywords: value – sustainability – technology 5.0 – resilience – immediate future

I. LA INDUSTRIA 5.0. CONCEPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

La Industria 5.0 y el valor sustentable están estrechamente relacionados, siendo la sostenibilidad uno de los pilares fundamentales de esta nueva revolución industrial. La Industria 5.0 no solo busca la eficiencia y la automatización, sino que también se enfoca en la protección del medio ambiente, la inclusión social y la igualdad de género.

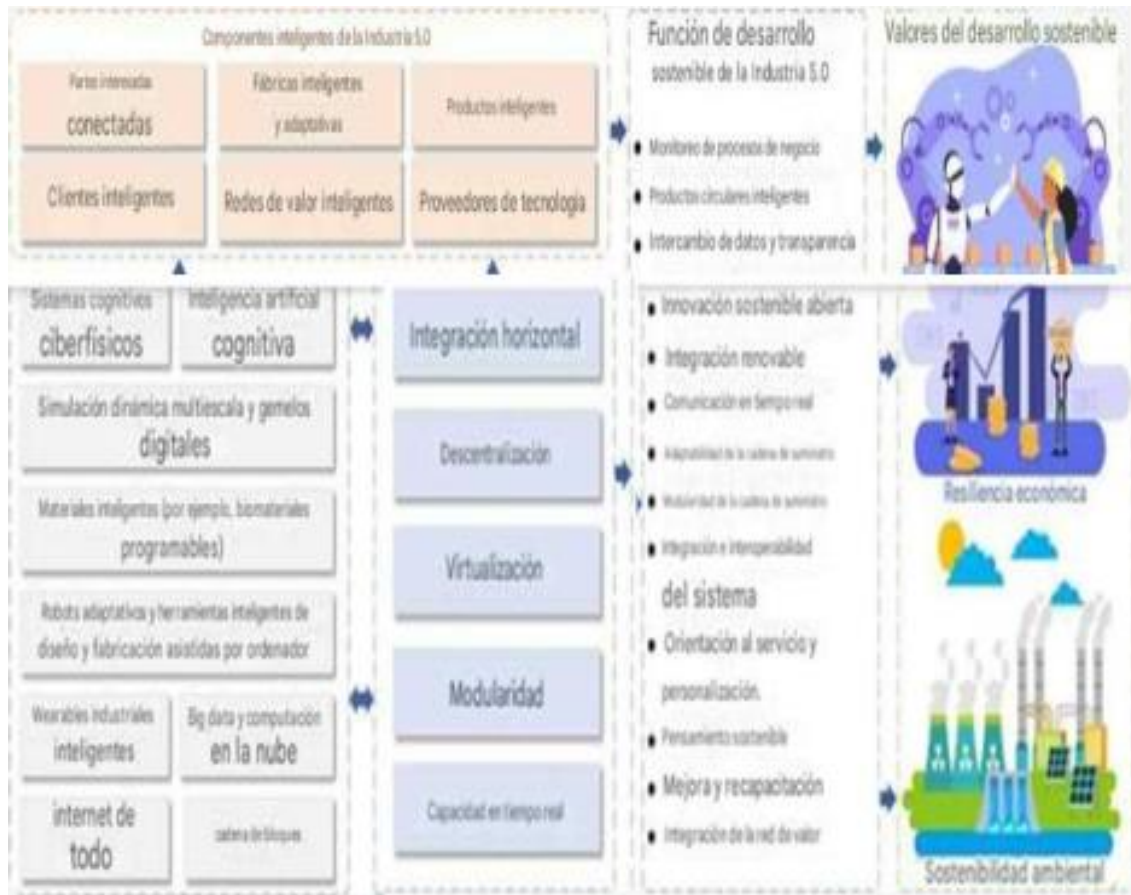
El enfoque en la sostenibilidad de la Industria 5.0 se manifiesta en los siguientes aspectos:

¹ Doctor y Posdoctor (UBA) – Docente e investigador (UB – UBA) – MBA (UBA) – Ma Estrategia y Geopolítica (ESG)

- ✓ **Economía circular:** promueve la reutilización, la readaptación y el reciclaje de productos para reducir el impacto ambiental y maximizar la eficiencia de los recursos.
- ✓ **Resiliencia:** busca fortalecer la capacidad de respuesta de las empresas a las crisis y cambios, lo que incluye por ejemplo a la adaptación de las cadenas de suministro y la diversificación de fuentes de materia prima.
- ✓ **Inclusión social e igualdad de género:** se centra en la integración de los trabajadores y en las relaciones humanas entre diferentes sexos con la finalidad de asegurar la adaptación de las tecnologías y la igualdad de oportunidades.
- ✓ **Innovación sostenible:** fomenta la investigación y el desarrollo de tecnologías como las energías renovables, el reciclado y sistemas de gestión inteligente.
- ✓ **Eficiencia energética:** para reducir el consumo de energía en los procesos industriales y promover el uso de energías renovables.
- ✓ **Empoderamiento humano:** se propone un cambio de paradigma: las necesidades e intereses de la industria ya no se sitúan únicamente en la producción de bienes y servicios, sino que también están en maximizar el bienestar, la seguridad y las capacidades del talento humano, así como en comenzar a identificar, rastrear, analizar y concienciarse de los costes y de las implicaciones ambientales y sociales de los procesos industriales a escala global.

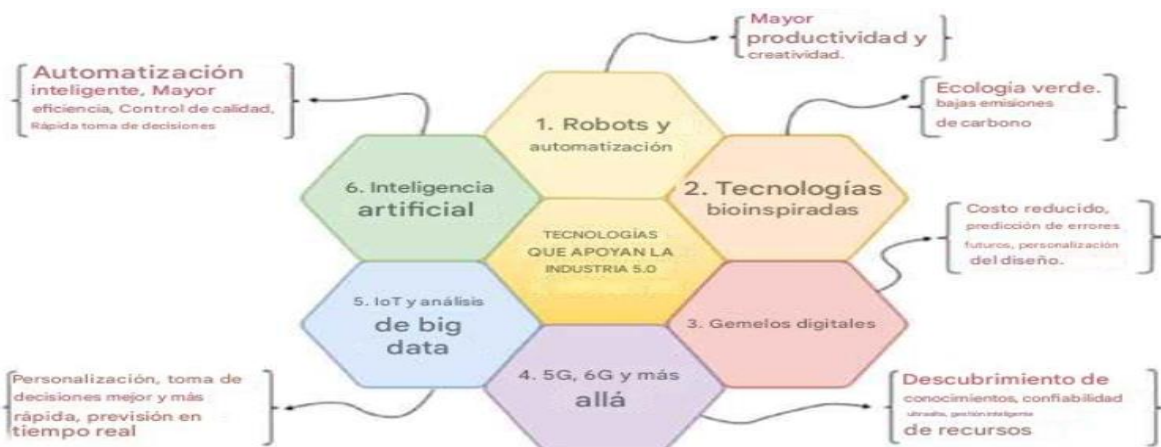
Se basa en el desarrollo sostenible al integrar la tecnología con la responsabilidad social y ambiental, promoviendo la economía circular, la resiliencia, la inclusión y la igualdad de género. (Breque 2021). La Industria 5.0 aporta valores de desarrollo sostenible a través de dieciséis funciones. Entre ellas se encuentran los productos inteligentes circulares, la asistencia técnica a empleados, la automatización inteligente, la innovación sostenible abierta, la integración de energías renovables y la adaptabilidad de la cadena de suministro. Estas funciones están estrechamente interrelacionadas y deben desarrollarse en un orden específico para que las sinergias y complementariedades entre ellas maximicen las ganancias de valor del desarrollo sostenible.

El concepto de Industria 5.0 ha generado numerosas controversias entre el mundo académico y la industria. Los investigadores han ofrecido diversas razones para su prevalencia. Por ejemplo, Özdemir y Hekim (2018) la definieron como una actualización evolutiva, pero incremental, de la Industria 4.0, capaz de ofrecer innovación simétrica para abordar las limitaciones de su ecosistema de innovación. Por otro lado, académicos como Nahavandi (2019) y Kumar (2021) han criticado el enfoque de la Industria 4.0 en la productividad, proponiendo que la Industria 5.0 denota el surgimiento de operaciones industriales centradas en el ser humano, impulsadas por una nueva ola de tecnologías disruptivas que promueven la integración sinérgica entre el ser humano y la máquina, a la vez que mejoran las condiciones laborales, el empleo y la productividad. Si bien ofrecen diversas perspectivas sobre este fenómeno, estos primeros estudios coincidieron en dos características fundamentales de la Industria 5.0. En primer lugar, los primeros estudios reconocieron unánimemente que la Industria 4.0 y la transformación industrial subyacente se habían asociado con deficiencias notables, como la brecha digital o la centralidad tecnológica (Longo 2020). De hecho, estudios recientes, como el trabajo de Grybauskas (2022), describen claramente dichas limitaciones o impactos adversos de la sostenibilidad de la Industria 4.0. En segundo lugar, los académicos creen ampliamente que, si bien la Industria 5.0 se basa en los componentes tecnológicos de la Industria 4.0 (Xu et al., 2021), se asocia con avances tecnológicos radicales en inteligencia artificial cognitiva (IAC), tecnologías de transición energética y materiales inteligentes, por nombrar algunos (Maddikunta 2022).



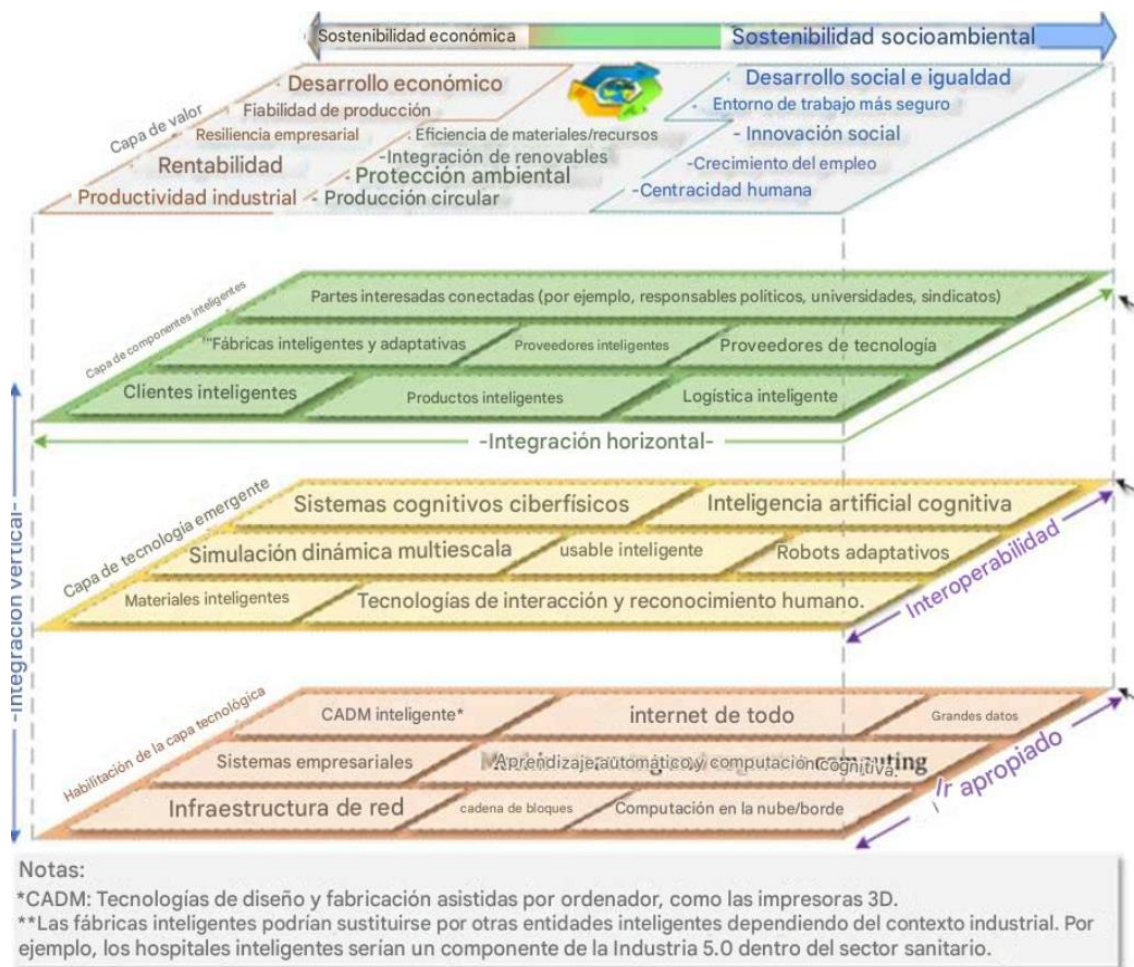
Tecnologías y funciones 5.0 - Narkhede and Chinchani (2024)

La industria 5.0, i) valora tanto la competitividad basada en la productividad como el desarrollo sostenible, ii) empodera a la fuerza laboral humana al promover enfoques centrados en el ser humano para el desarrollo tecnológico, iii) impulsa la innovación tecnológica -sistemas renovables inteligentes, en el ámbito de la sostenibilidad ambiental, iv) promueve la primacía de las partes interesadas en la gobernanza de la tecnología, el crecimiento de la innovación y la gestión del desempeño de la sostenibilidad, y v) se basa en determinadas tecnologías y principios funcionales para ampliar el alcance de la responsabilidad corporativa a toda la cadena de valor. Se trata de un fenómeno socio tecnológico impulsado por las partes interesadas que cambia sistemáticamente los modelos económicos clásicos basados en el lucro y el consumo hacia modelos económicos circulares, regenerativos, sostenibles y resilientes que crean valor.



Tecnologías facilitadoras - Narkhede & Rajhands (2022)

En la figura siguiente, se exterioriza que las tecnologías facilitadoras constituyen la capa fundamental del modelo de referencia de la Industria 5.0. Esta capa consiste en tecnologías que han surgido y madurado desde la tercera revolución industrial y se han vuelto comercialmente asequibles y aplicables desde el surgimiento de la Industria 4.0. Las herramientas inteligentes de diseño y fabricación asistidos por computadora (CADM) (p. ej., impresoras 3D), la computación en la nube, el análisis de big data y los sistemas empresariales son ejemplos de las tecnologías facilitadoras que cumplen los objetivos principales de crecimiento de la producción y la eficiencia de los ecosistemas empresariales digitalizados bajo la Industria 5.0. Los ERP modernos se integran con datos en la nube, IoT e inteligencia artificial para brindar información en tiempo real sobre diversas operaciones comerciales y de la cadena de suministro. En la Industria 5.0, los ERP inteligentes se encargan de integrarse con las operaciones y las tecnologías de la información, como los controladores de procesos, los sistemas de ejecución o las herramientas de abstracción de datos, para extraer inteligencia empresarial procesable de los datos sin procesar. El ERP es esencial para varios micro objetivos de la Industria 5.0, como la productividad industrial o la circularidad de los productos (Wang, 2022). La Industria 5.0 también se basa en las innovaciones tecnológicas más disruptivas enumeradas bajo las tecnologías emergentes del modelo de referencia para lograr sus objetivos centrales de centralidad humana, resiliencia y sostenibilidad (Müller, 2020).



La referencia del modelo de la industria 5.0 - Muller (2020)

Con relación a la resiliencia la Industria 5.0, las empresas pueden aprovechar la simulación dinámica, la CAI y el big data para desarrollar una réplica digital de las operaciones de la cadena de suministro e identificar cuellos de botella, puntos débiles, riesgos e interrupciones inminentes para mejorar la adaptabilidad y la capacidad de respuesta de las redes de suministro. Como alternativa, las cadenas de suministro modernas pueden utilizar IoT, la cadena de bloques (blockchain), los materiales inteligentes y el CADM inteligente para aumentar la agilidad operativa

y avanzar hacia nuevos modelos de negocio que fomenten la personalización y la oferta de servicios sobre estos productos (Frederico, 2021 ; Sindhwani, 2022).

Además de las tecnologías habilitadoras y emergentes, la Industria 5.0 se basa en ciertos principios tecno funcionales para ofrecer el aspecto de transformación digital previsto de este fenómeno. Estos principios representan condiciones técnicas esenciales que permiten a los componentes de la Industria 5.0, como las fábricas o los clientes inteligentes, aprovechar las tecnologías subyacentes y funcionar correctamente de acuerdo con los objetivos centrales de este fenómeno. El modelo de referencia, la integración vertical, la integración horizontal, la interoperabilidad y el intercambio de datos en tiempo real se encuentran entre los principios tecno funcionales fundamentales de la Industria 5.0 que permiten a los componentes inteligentes aprovechar eficientemente las tecnologías emergentes y habilitadoras para ofrecer los valores de desarrollo sostenible de este fenómeno.

Se pretende desarrollar un proceso que exteriorice las interrelaciones entre las funciones de desarrollo sostenible de la Industria 5.0 y describa el mecanismo interno mediante el cual la Industria 5.0 puede brindar sostenibilidad, resiliencia y enfoque centrado en el ser humano. El primero es identificar las relaciones de precedencia entre los elementos del sistema, lo cual se sustenta en la mayoría de las técnicas de modelado de decisiones y sus variantes difusas. El segundo se relaciona con la toma de decisiones grupal basada en expertos, donde estos deben participar en debates en vivo para generar un consenso compartido sobre cada relación pareada y su funcionalidad detallada. Observamos la convergencia entre tecnología y energía ha desencadenado una revolución sin precedentes, donde los nuevos avances tecnológicos en la industria, como mecanismos con inteligencia artificial, robótica, IoT y cobots (*son robots diseñados con IA que son capaces de interactuar y trabajar con personas*).

La industria 5.0 va más allá de la mera automatización y digitalización de procesos para aumentar la eficiencia y la productividad; implica una profunda transformación en la forma en que concebimos y utilizamos la energía en los entornos industriales para reducir el impacto ambiental y fomentar la sostenibilidad a través de la optimización de los recursos energéticos.

A diferencia de la Industria 4.0, que tiende hacia la completa automatización, la Industria 5.0 reconoce el valor único de las habilidades humanas y la creatividad en el proceso productivo. De este modo, la industria 5.0 busca la integración armoniosa entre humanos y tecnología para mejorar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad de la producción industrial. Se trata de un nuevo paradigma que promueve la colaboración entre los humanos y los sistemas inteligentes. De este modo, en este nuevo paradigma, ninguno reemplaza ni sustituye al otro, sino que se complementan. Es decir, forman una simbiosis donde el factor humano siempre permanece en el centro. Si bien en la industria 4.0 los trabajadores debían adquirir nuevas habilidades para poder usar y aprovechar al máximo los sistemas emergentes, en la industria 5.0, los esfuerzos se orientan a hacer que la tecnología sea la que gire alrededor de las necesidades del trabajador para ayudarlo, guiarlo y capacitarlo. Así, la Industria 5.0 es como una continuación de la industria 4.0 que sirve para complementar el trabajo que esta realizó anteriormente con la automatización, la robótica, big data y la inteligencia artificial, pero a través de una postura más humana, en la cual la tecnología se acerca a las personas para su bienestar y cuidado.

Este principio conlleva a una serie de implicaciones:

- ✓ **Manufacturación personalizada:** la Industria 5.0 impulsará la creación de productos personalizados. Su objetivo es que, a partir del actual abanico de productos y servicios, éstos se adapten mejor a las necesidades personales de cada individuo.
- ✓ **Despliegue de robots colaborativos:** ayuda para lograr esa personalización de los productos/servicios.
- ✓ **Empoderamiento humano:** se delegarán las tareas mecánicas, peligrosas y rutinarias a la Inteligencia Artificial. De este modo, el humano podrá disponer de más tiempo para llevar a buen puerto esas tareas que sólo la razón puede ejecutar.

- ✓ **Agilidad, calidad y precisión:** la cadena de producción será mucho más rápida gracias a la colaboración entre máquinas y humanos, lo que le dará una mayor calidad y precisión.
- ✓ **Respeto medioambiental:** con la mejora tecnológica será más fácil que las organizaciones puedan implementar sistemas de producción basados en energías renovables y así poder combatir mejor la crisis del cambio climático.

En la actualidad la industria 5.0 está representada por

- a) **Cobots**, -robots colaborativos- pensados y diseñados para una interacción fácil e intuitiva con los humanos, sobre todo en procesos de seguridad en planta, y actuarán como aprendices, capaces de observar el comportamiento del humano y replicarlo, ayudando a los trabajadores.
- b) **Gemelo digital:** es un homólogo virtual de un objeto físico, útil para recorrer escenarios sin riesgos, hacer predicciones y mejorar la eficacia de los procesos. Es clave para detectar peligros para los empleados e identificar procesos erróneos.
- c) **Sistemas ciberfísicos:** para interactuar entre las tecnologías y para administrar y gestionar la gran cantidad de volumen de datos.
- d) **Realidad virtual:** por ejemplo, para utilizar en los procesos de formación e inducción de nuevos empleados.
- e) **Realidad aumentada:** simplificando y acelerando los trabajos a partir de la simulación, como es menester en la actividad logística.

II. BENEFICIOS Y AVANCES DE LA INDUSTRIA 5.0 versus INDUSTRIA 4.0

Una de las principales ventajas se centra en la optimización de costos con la búsqueda de modelos de negocio que empleen menores recursos para obtener mayores beneficios a partir de la colaboración hombre – máquina para decidir eficientemente durante el proceso productivo. Otra, se presenta en el grado de personalización y creatividad que posibilita la automatización tecnológica que demandan clientes. Se potencia, además el talento y la capacidad profesional en entornos competitivos. Desde la perspectiva ambiental, la industria 5.0, suman políticas sostenibles para generar mínimos residuos habida cuenta de la pretensión de protección del medio. Se debe tener en cuenta que la Industria 4.0 estaba caracterizada por los avances en tecnología y digitalización, incluyendo elementos clave como la automatización, la robotización, el big data, los sistemas inteligentes, la virtualización, la Inteligencia Artificial, el aprendizaje automático y el Internet de las cosas. La finalidad del modelo 4.0 se centraba en la digitalización de los procesos industriales y el uso de las nuevas tecnologías para lograr aumentar la productividad empresarial y la eficiencia, pero no tenía en consideración o lo hacía en menor medida, sobre el rol de los trabajadores, el bienestar social y el cuidado y respeto del medio ambiente.



Comparación Industria 4.0 - 5.0 adaptado de Eviden and EU Commission (2023)

Las ejecuciones de las operaciones bajo el concepto 5.0 deberá dejar de manifiesto los siguientes aspectos:

- ✓ **Atracción y retención de talento:** las nuevas generaciones prefieren trabajar en empresas que demuestran su compromiso con valores humanos, sociales y ecológicos. De hecho, el 83% de la generación millennial se siente más comprometido con su trabajo si este tiene en cuenta la misión social y ambiental. Por este motivo, las empresas que adopten el enfoque de la industria 5.0 tendrán una mejor reputación corporativa y atraerán nuevos talentos.
- ✓ **Eficiencia en la gestión de recursos:** en el contexto de la industria 5.0, las empresas logran mejorar al máximo la eficiencia de los recursos. Por ejemplo, al adoptar un modelo de economía circular, se aprovechan más las materias, lo que se traduce en una menor inversión. Además, la aplicación de tecnologías avanzadas aporta mayor calidad a los productos fabricados.
- ✓ **Mayor competitividad:** se consigue una producción que mejora el impacto medioambiental y la calidad de los productos elaborados. Estos resultados reflejan la responsabilidad social corporativa (RSC) de la organización, lo que mejora la percepción de las empresas en el mercado. Esto puede ser una llamada a potenciales inversores y de nuevos consumidores, que cada vez más valoran los productos, marcas y empresas sostenibles.
- ✓ **Mayor resiliencia:** la industria 5.0 se aleja por completo de las cadenas de producción cuya única finalidad es la reducción de costos y el aumento de la rentabilidad. Este nuevo paradigma da lugar a cadenas de valor resilientes, que tienen la capacidad de superar incidentes tanto dentro de las estructuras industriales como en la red o en el sector en general. Esto es posible gracias al uso de datos para mitigar los riesgos, a un personal más capacitado y con un mayor poder de decisión, y a la incorporación de técnicas flexibles y adaptables, como las líneas de producción modular.
- ✓ **Seguridad laboral:** garantizar la seguridad en el entorno de trabajo sigue siendo un desafío para la industria 4.0. Por esta razón, cobra tanta importancia el enfoque que plantea la industria 5.0, en la que la tecnología se pone al servicio de las personas. La implementación de tecnologías de automatización, inmótica, inteligencia artificial, realidad aumentada y realidad virtual son avances esenciales que permitirán ejecutar tareas especializadas y realizar procedimientos peligrosos de forma más segura. Algunas de estas tareas se manifestarán en: i) labores de montaje peligrosas (pej. la producción de álabes de turbinas por robots controlados por el empleado), ii) uso de la realidad aumentada para permitir que personal menos cualificado realice trabajos de mantenimiento altamente cualificados, iii) los robots

móviles y los exoesqueletos pueden ayudar a mejorar la calidad del trabajo en el proceso de picking en los almacenes, iv) los wearables pueden ayudar a los empleados a detectar peligros, como fugas de líquidos o gases.

- ✓ **Precisión y efectividad:** el uso de estas tecnologías aumenta la precisión, la efectividad y la agilidad de los operarios, reduciendo así los márgenes de error y los tiempos de ejecución.

Debe implementarse un enfoque sistémico que considere cada herramienta tecnológica como parte esencial de un todo. Entre los marcos tecnológicos más importantes para la habilitación de la industria 5.0, se encuentran los siguientes:

- ✓ **Interacción individualizada hombre-máquina:** en esta categoría, se incluyen todas las herramientas que tienen la capacidad de integrarse con los operarios para mejorar sus capacidades. Por ejemplo: exoesqueletos, robots colaborativos, sistemas de realidad aumentada, virtual o mixta.
- ✓ **Tecnologías bioinspiradas y materiales inteligentes:** se refieren a elementos y procesos innovadores cuyo diseño y funcionamiento está inspirado en ciertas propiedades biológicas que tienen una utilidad estratégica. Por ejemplo: mecanismos autorreparables, materia prima a partir de residuos, materiales reciclables, biosensores.
- ✓ **Gemelos digitales y simulación:** es un marco que incluye tecnologías que sirven para ejecutar modelados, réplicas y simulaciones, con el objetivo de probar productos y procesos. Por ejemplo: gemelos digitales de máquinas industriales, sistemas ciberfísicos, herramientas de simulación de impacto ambiental, modelados de redes energéticas.
- ✓ **Tecnologías de transmisión, almacenamiento y análisis de datos:** en la industria 5.0, los datos adquieren un valor mucho más crítico. Por eso, es necesario usar tecnologías que permitan una gestión de datos altamente segura y eficiente en el ámbito energético. Por ejemplo: sistemas de ciberseguridad escalables y de multinivel, herramientas de big data, plataformas de edge computing, etc.
- ✓ **Inteligencia artificial:** es la tecnología que se encuentra en el centro de la industria 5.0, ya que es capaz de integrarse con el resto de otras tecnologías para así maximizar el potencial de cada una. Es, precisamente, por este motivo que surgen con rapidez nuevos sistemas inteligentes que son mucho más potentes y holísticos que los anteriores. Por ejemplo: interfaces cerebro-máquina para operarios, sistemas de inteligencia de enjambre (IA descentralizada y autoorganizada) para la optimización de rutas, herramientas de IA basadas en causalidad que indican cómo un evento afecta a otro.
- ✓ **Tecnologías para la eficiencia energética:** la implementación de la mayoría de los marcos tecnológicos mencionados en los puntos anteriores requiere de un alto consumo energético. Por eso, para poder habilitar la industria 5.0 de manera sostenible, es necesario el uso complementario de sistemas que promuevan la optimización energética y la neutralidad de emisiones. Por ejemplo: fuentes de energía renovable, tecnologías de hidrógeno y Power-to-X, sensores de monitorización energética.

El desafío de la transición hacia la industria 5.0 radica en la capacidad de innovar de la actual industria 4.0 para que el ser humano ocupe toda la atención en la aplicación y uso de tecnologías disruptivas, como la IA, el blockchain, la realidad aumentada, la robótica. Se trata de responder a una necesidad real de la sociedad contemplando además el bienestar del planeta.



Evolución entre Industria 4.0 - 5.0 adaptación

En síntesis, la Industria 5.0 establece un cambio de dirección, que complementa los criterios que marcaban la industria 4.0, yendo más allá de la productividad y la rentabilidad económica y por lo tanto alineándose con el bienestar, la resiliencia, la ecoeficiencia y los valores humanos.

III. RELACIÓN ENTRE FINANZAS - 5.0

La industria 5.0 impacta fuertemente en el valor económico de las empresas. La optimización de los recursos a partir de las tecnologías logra mayor eficiencia en los procesos incidiendo por lo tanto en ahorro de costos fijos como también en las cantidades necesarias para consumir de energía, materiales y horas hombre.

Por otro lado, las cadenas productivas de la organización resultan ser más flexible y adaptable lo que conlleva a la reducción de riesgos y productividad en el ciclo operativo del capital de trabajo.

Con relación a los ingresos, se presentan nuevas fuentes con productos personalizados sin pérdida de competitividad e impacto en la satisfacción del cliente. Trabajando a una escala determinada podrá planificarse la amplitud de los mercados con nuevas presencias geográficas.

Se promueven modelos de producción circulares y se apoya tecnologías que ayudan a utilizar mejor los recursos. El proceso también tiene como finalidad alcanzar mayor resistencia frente a perturbaciones externas y resiliencia ante las crisis.

Las industrias son un motor clave de la economía y la prosperidad de un país. Las sociedades se enfrentan a una gran transición y para seguir siendo el motor de la prosperidad, las industrias deben liderar las transiciones humana, digital y verde. Los ahorros de costos y los nuevos ingresos inciden en un aumento de la rentabilidad. Debido a los principios de sostenibilidad que la industria 5.0 persigue, nuevos inversores y clientes se sumarán en este mercado atraídos por la propuesta. El valor de marca es incidido por una mejor reputación.

Resumiendo, las finanzas en la Industria 5.0 se centran en la optimización de recursos, la sostenibilidad, la innovación y la responsabilidad social, lo que debe provocar beneficios económicos a largo plazo para las empresas y la sociedad.

Respecto al Sistema Financiero es considerado como una fuente fundamental de la tasa de crecimiento económico, ya que el desarrollo de la estructura de intermediación financiera y de los mercados bursátiles impacta en la capacidad de selección y financiamiento de proyectos de inversión productiva, en especial la orientada a las actividades de $I + D$; en la medida en que: reduce los costos de gestión, adquisición y procesamiento de información (transacción), y fortalece las prácticas de gestión corporativa y la administración de riesgos. La industria financiera, ha tenido un importante desarrollo en las últimas décadas. El crecimiento de los mercados, la bancarización, la globalización y la internacionalización de las empresas, ha obligado a los bancos a desarrollar más y mejores productos. Las nuevas tecnologías han

cambiado el perfil del cliente bancario. El sector financiero se enfrenta a un usuario digitalizado, más exigente, y a la par, más autosuficiente. Los clientes navegan por el océano de la sobreoferta y la posibilidad de tenerlo todo a un sólo clic de distancia. La digitalización obliga a la banca a apostar por la mejora de la experiencia del cliente para adaptarse a sus necesidades y fidelizarlo. El sector bancario es uno de los que debe adaptar sus operaciones al mundo digital y transformar sus modelos de negocio. El futuro del sector financiero pasa por la transformación digital. Una transformación que, por primera vez, no ha sido determinada por el sector, sino que son los cambios en los hábitos de los usuarios los que han empujado a bancos a aprovechar las oportunidades de negocio que ofrece la nueva era digital.

Las instituciones financieras que se sumergen en la revolución de la Industria 5.0, se enfrentan a diversos riesgos, los cuales deben abordar para garantizar una transición segura y sostenible. Los más relevantes:

1. **Ciberseguridad:** la creciente interconexión digital amplía la amenaza de ciberataques. Las instituciones deben invertir en seguridad avanzada, actualizaciones regulares y concientización del personal. La adopción de tecnologías como blockchain fortalece aún más la seguridad.
- ✓ **Privacidad de datos:** la recopilación masiva de datos plantea preocupaciones sobre la privacidad. Las instituciones deben cumplir estrictamente regulaciones, implementar políticas éticas y transparentes, y educar a los clientes sobre el uso de sus datos.
- ✓ **Inteligencia Artificial no supervisada:** la toma de decisiones autónoma de sistemas de IA requiere supervisión constante. Auditorías éticas y prácticas de desarrollo ético son fundamentales para evitar resultados inesperados o sesgados.
- ✓ **Cumplimiento regulatorio:** el cambio rápido tecnológico puede superar regulaciones existentes. Las instituciones financieras deben mantenerse actualizadas, colaborar con reguladores y ajustar políticas internas según las necesidades.
- ✓ **Resiliencia tecnológica:** la dependencia de tecnologías avanzadas aumenta la vulnerabilidad. Implementar sistemas de respaldo sólidos, planes de recuperación y pruebas regulares son esenciales para garantizar la continuidad del negocio.
- ✓ **Desafíos en la gestión del cambio:** la resistencia al cambio puede obstaculizar la adopción de nuevas tecnologías. Estrategias de gestión del cambio, capacitación y comunicación clara sobre beneficios son cruciales.
- ✓ **Desigualdad digital:** la adopción desigual de tecnologías financieras puede ampliar la brecha digital. Las instituciones deben considerar la inclusión financiera, asegurando soluciones accesibles para diversos usuarios.
- ✓ **Riesgos éticos:** el uso inadecuado de tecnologías avanzadas plantea dilemas éticos. Instituciones deben establecer políticas éticas claras, someterse a auditorías regulares y promover una cultura que priorice la integridad.

Regresando al mundo empresario general, las estrategias de negocios de las organizaciones como las acciones comerciales, productivas y financieras emanadas son producto de un vínculo estrecho entre la sustentabilidad y la tecnología. Estas acciones buscan cumplir los objetivos empresariales y la concreción de los mismos significará la creación de valor económico. Todo este esquema manifiesta una alineación financiera a la estrategia organizacional.

De acuerdo con McKinsey, el valor de mercado mundial de las industrias tecnológicas continúa en aumento continuo, estimulado por las mejoras de calidad (10 – 20%), disminución de costos de mantenimiento de inventarios (15 – 20%), aumento de la productividad laboral (15 – 30 %) y reducción en la inactividad de equipos (30 – 50 %).

El concepto explicitado ha sido ampliamente adoptado en muchos sectores y sigue ganando terreno en todo el mundo. El mayor beneficio de implementar estas tecnologías implica un alto retorno de la inversión.

Como sugerimos previamente, la Industria 5.0 es una forma de dirigir negocios que utilizan tecnologías avanzadas para empoderar a los humanos y disminuir el estrés de los trabajadores de las máquinas. Es una revolución que afectará a todas las industrias, y las posibilidades para las empresas son infinitas. El término industria 5.0 ha ganado impulso en los últimos años, en parte porque se alinea con una nueva visión sobre los negocios y la economía. Enfatiza la importancia del valor de triple impacto.

La consecución de determinados objetivos ambientales afecta a las empresas y sectores de toda la economía. El triple impacto está en el espíritu del valor económico de las organizaciones. En esta nueva pero no reciente relación entre las finanzas y el medio ambiente social, los decisores, sean inversores o financiadores, fijan su atención en la sustentabilidad del negocio. Esto implica viabilidad más perdurabilidad bajo ética, transparencia y responsabilidad.

La tecnología impulsa la eficiencia energética, la economía circular, la relación abierta con los clientes o la mejora de la sostenibilidad del planeta, entre otros. Los clientes demandan mayor y mejor sostenibilidad, que provoca cambios e innovaciones en la cadena productiva. Se trabaja conjuntamente con los diferentes eslabones de la producción y se observa minuciosamente los intereses de los consumidores finales y de la comunidad en general.

El entorno de Finanzas 5.0 se centrará, por tanto, en la economía real para generar valor sustentable. La convergencia de la Industria 5.0 y el Objetivo de Desarrollo Sostenible 9 (ODS 9) supone un cambio transformador en las industrias globales, impulsado por un nuevo enfoque de triple resultado: centrado en el ser humano, sostenible y resiliente. Las finanzas que miden la creación de valor económico deben tomar nota de este postulado.

El énfasis de la I5.0 en la optimización de recursos y la colaboración entre humanos y máquinas marca un cambio respecto a la fabricación impulsada por la tecnología I4.0, dando paso a un modelo de producción sostenible. Las tecnologías de vanguardia, como la Inteligencia Artificial (IA), el Aprendizaje Automático (AA) y la automatización, optimizan el uso de recursos y la eficiencia operativa para alcanzar los objetivos de sostenibilidad.

IV. DESARROLLO SUSTENTABLE

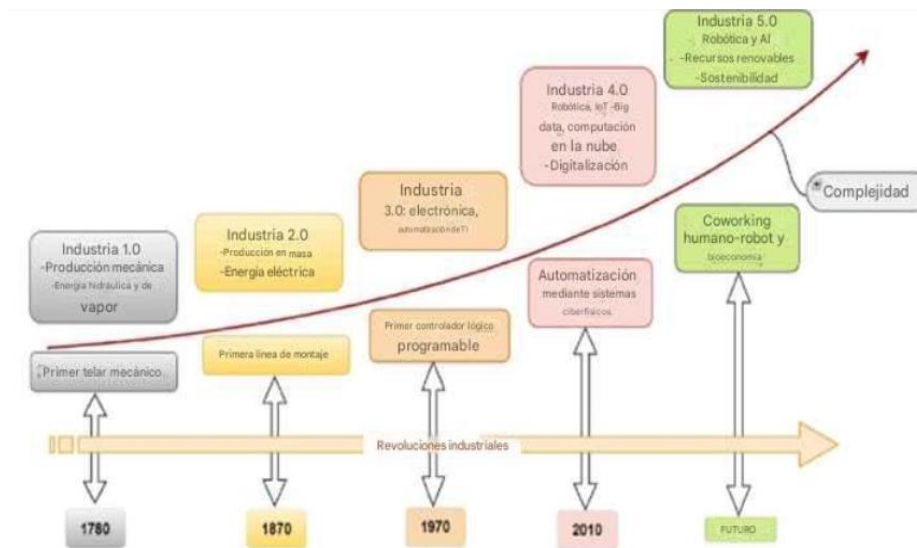
El crecimiento de la industria forzó el uso indiscriminado de nuestros recursos naturales, sin tomar en cuenta la capacidad de reposición, y en algunos casos, del agotamiento de aquellos que no pueden reponerse. Se hace necesario:

- Que la sociedad adquiera conciencia respecto a las consecuencias y el impacto ambiental que ha generado la industria.
- Preparar iniciativas para educar a la población desde temprana edad, ya que esto reduciría considerablemente el impacto ambiental.
- Desechar la cultura que había sido instaurada, abandonar todas las costumbres del uso desproporcionado de los recursos, tomando en cuenta que debemos transmitir una filosofía de vida distinta a las próximas generaciones.
- Fomentar prácticas que le den valor a los recursos disponibles, para que los ciudadanos puedan ver y comprender los beneficios a corto y a largo plazo que supone el cambio cultural hacia la sostenibilidad.

Las industrias son muy importantes para la economía de un país. Crean empleo, contribuyen al PIB, aportan innovaciones y proporcionan servicios y productos para que la gente los consuma. Muchas empresas operan de manera perjudicial para el planeta. La industria manufacturera y de producción consume el 54% de la fuente de energía del mundo y es responsable de una quinta parte de las emisiones de carbono del mundo. Si agregamos: un aumento de la población mundial hacia los 10 mil millones para 2050, los efectos apremiantes del calentamiento global, un aumento del desempleo debido a la automatización y el agotamiento de los recursos, concluiremos que es necesario un nuevo enfoque como el que propone la revolución industrial 5.0.

La Industria 5.0 está lista para regresar a los días anteriores a la industrialización, cuando los productos hechos a mano eran hechos por personas que conocían el proceso personalmente y les daban un toque humano. El futuro de la industria 5.0 plantea interrogantes sobre ecosistemas innovadores, prácticas de colaboración, impactos geopolíticos, modelos de producción circular y la expansión de la I5.0 más allá de los límites geográficos actuales.

La transición hacia lo digital y la sostenibilidad es un compromiso estratégico fundamental, apoyado por políticas y regulaciones internacionales, con el objetivo de generar un impacto positivo a nivel social, ambiental y económico. La inversión en tecnología, talento y conocimiento digital será decisiva para el avance del sector y las sociedades, siendo el motor de la economía y la prosperidad. Esta transición es una oportunidad crítica para remodelar el modelo productivo hacia uno más resiliente, consciente e inteligente. Las tecnologías digitales juegan un papel transformador a todos los niveles del sector, desde la conceptualización de productos hasta la producción y distribución.



Revoluciones de las industrias. Ghobakhloo (2024)

El poder de la 5.0 va más allá del crecimiento y el empleo. Se transforma en un proveedor resiliente de prosperidad, respeta nuestro planeta y pone el bienestar de los trabajadores de la industria en el centro del proceso de producción. Y el informe traza los proyectos de investigación que contribuyen al valor social. Los beneficios de la revolución industrial 5.0 sobrepasan el aumento de la eficiencia y la productividad de la línea de producción. La Industria 5.0 es un proceso de fabricación centrado en el ser humano que implica la interconexión de procesos, sistemas y máquinas para lograr objetivos comerciales a largo plazo.

CONSIDERACIONES FINALES

La industria 5.0: es una respuesta al desequilibrio entre tecnología y humanidad, apostando por la colaboración humano-máquina. Reintegra al trabajador humano en el centro del proceso productivo con nuevas dimensiones encuadradas por la creatividad, la sostenibilidad, la personalización y la resiliencia. Entre las principales diferencias entre la industria 4.0 y la 5.0 se modifica el rol del trabajador que pasa de sustituto a colaborador con nuevos entornos adaptables y robotizados, y el modelo de producción transita de la eficiencia masiva a la personalización inteligente. La industria 5.0 se convierte en una fuente de innovación y ventaja competitiva, permitiendo a las empresas diferenciarse de la competencia. El concepto se basa en la simbiosis de tres segmentos distintos: tecnología, negocios y sociedad. Estos tres segmentos están estrechamente relacionados e interconectados.

La industria futura desempeñará un papel importante en la provisión de soluciones a los problemas apremiantes de la sociedad, como el cambio climático, el agotamiento de los recursos y la estabilidad social, para mantener e incrementar el valor económico social.

Finalmente, las finanzas en la Industria 5.0 se centran en la creación de valor sustentable. Integrando así la sostenibilidad, la eficiencia y el impacto social en la gestión organizacional.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Adel, A. (2022), "Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas", *Journal of Cloud Computing*, Vol. 11 No. 1, 40, doi: 10.1186/s13677-022-00314-5.
- Aksom, H. (2022). Reconciling conflicting predictions about transience and persistence of management concepts in management fashion theory and new institutionalism. *International Journal of Organizational Analysis*, 30(2), 430–453.
- Akundi, A., Euresi, D., Luna, S., Ankobiah, W., Lopes, A. and Edinbarough, I. (2022), "State of Industry 5.0—analysis and identification of current research trends", *Applied System Innovation*, Vol. 5 No. 1, pp. 1-14, doi: 10.3390/asi5010027.
- Ali, K., & Johl, S. K. (2023). Driving forces for industry 4.0 readiness, sustainable manufacturing practices and circular economy capabilities: Does firm size matter? *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(5), 838–871.
- Alojaiman A, "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.
- Antonazzo, L., Stroud, D., & Weinel, M. (2023). Institutional complementarities and technological transformation: IVET responsiveness to Industry 4.0—Meeting emerging skill needs in the European steel industry. *Economic and Industrial Democracy*, 44(1), 25–46.
- Arena, P., Bucolo, M., Buscarino, A., Fortuna, L. and Frasca, M. (2021), "Reviewing bioinspired technologies for future trends: a complex systems point of view", *Frontiers in Physics*, Vol. 9 October, pp. 1-18, doi: 10.3389/fphy.2021.750090.
- Asif, M., Searcy, C., & Castka, P. (2023). ESG and Industry 5.0: The role of technologies in enhancing ESG disclosure. *Technological Forecasting and Social Change*, 195, 122806.
- Aslam, F., Aimin, W., Li, M., & Ur Rehman, K. (2020). Innovation in the era of IoT and Industry 5.0: Absolute Innovation Management (AIM) framework. *Information*, 11(2), 124.
- Attaran M, "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.
- Bednar, P.M. and Welch, C. (2020), Socio-technical perspectives on smart working: creating meaningful and sustainable systems. *Information Systems Frontiers*, Vol. 22 No. 2, pp. 281-298, doi: 10.1007/s10796-019-09921-1.
- Ben Youssef, A., & Mejri, I. (2023). Linking digital technologies to sustainability through Industry 5.0: A bibliometric analysis. *Sustainability*, 15(9), 7465.
- Bhandari, D., Singh, R.K. and Garg, S.K. (2019), "Prioritisation and evaluation of barriers intensity for implementation of cleaner technologies: framework for sustainable production", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 146 No. October 2018, pp. 156-167, doi: 10.1016/j.resconrec. 2019.02.038.
- Borchardt, M., Pereira, G.M., Milan, G.S., Scavarda, A.R., Nogueira, E.O. and Poltosi, L.C. (2022), "Industry 5.0 beyond technology: an analysis through the lens of business and operations management literature", *Organizacija*, Vol. 55 No. 4, pp. 305-321, doi: 10.2478/orga-2022-0020.
- Carayannis, E. G., Canestrino, R., & Magliocca, P. (2023). From the dark side of Industry 4.0 to Society 5.0: Looking "Beyond the Box" to developing human-centric innovation ecosystems. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 6695–6711.
- Carlsson, J. S. (2022). Exploring the many tales behind success: Understanding translations of the "intrapreneurships" management fashion as editing processes. *Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal*, 17(5), 19–37.
- Ciucu-Durnoi, A. N., Delcea, C., Stănescu, A., Teodorescu, C. A., & Vargas, V. M. (2024). Beyond Industry 4.0: Tracing the path to Industry 5.0 through bibliometric analysis. *Sustainability*, 16(12), 5251

- Cheah W, Siti-Dina R, Leng S, Er A, and Show P., “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.
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S. J., Blome, C., & Papadopoulos, T. (2019). Big data and predictive analytics and manufacturing performance: Integrating institutional theory, resource-based view and big data culture. *British Journal of Management*, 30(2), 341–361.
- Espina-Romero, L., Guerrero-Alcedo, J., Goñi Avila, N., Noroño Sánchez, J. G., Gutiérrez Hurtado, H., & Quiñones Li, A. (2023). Industry 5.0: Tracking scientific activity on the most influential industries, associated topics, and future research. *Sustainability*, 15(6), 5554.
- European Commission. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human centric and resilient European industry*. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. Available online: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407> (accessed on 1 December 2023).
- Evjemo, L.D., Gjerstad, T., Grøtli, E.I. and Sziebig, G. (2020), “Trends in smart manufacturing: role of humans and industrial robots in smart factories”, *Current Robotics Reports*, Vol. 1 No. 2, pp. 35-41, doi: 10.1007/s43154-020-00006-5.
- Firsova, S., Bilorus, T., Olikh, L., & Salimon, O. (2023). The landscape of post-institutional practice variation theories: From traveling ideas to institutional inertia. *International Journal of Organizational Analysis*, 31(6), 2300–2321.
- Fogaça, D., Grijalvo, M., & Sacomano Neto, M. (2022). An institutional perspective in the industry 4.0 scenario: A systematic literature review. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 15(2), 309–322.
- Fogaça, D. R., Grijalvo, M., Oliveros Iglesias, A., & Sacomano Neto, M. (2024). Institutionalization and framing of Industry 4.0: A framework for understanding stakeholders and comparing countries. *The Bottom Line*, 37(2), 137–157.
- Fogaça, D. R., Grijalvo, M., & Sacomano Neto, M. (2023). Frames of industry 4.0: Comparing companies and labor unions in Brazil and Spain. In F. P. García Márquez, I. Segovia Ramírez, P. J. Bernalte Sánchez, & A. Muñoz Del Río (Eds.), *IoT and data science in engineering management* (Vol. 160, pp. 213–218). Springer International Publishing.
- Gamberini, L., & Pluchino, P. (2024). Industry 5.0: A comprehensive insight into the future of work, social sustainability, sustainable development, and career. *Australian Journal of Career Development*, 33(1), 5–14.
- Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Tseng, M.L., Grybauskas, A., Stefanini, A. and Amran, A. (2023), “Behind the definition of Industry 5.0: a systematic review of technologies, principles, components, and values”, *Journal of Industrial and Production Engineering*, Vol. 40 No. 6, pp. 432-447, doi: 10.1080/21681015.2023.2216701.
- Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Fathi, M., Rejeb, A., Froughi, B., & Nikbin, D. (2024). Beyond Industry 4.0: A systematic review of Industry 5.0 technologies and implications for social, environmental and economic sustainability. *Asia-Pacific Journal of Business Administration*, ahead of print.
- Golovianko, M., Terziyan, V., Branytskyi, V. and Malyk, D. (2023), “Industry 4.0 vs Industry 5.0: Co-existence, transition, or a hybrid”, *Procedia Computer Science*, Vol. 217 No. 2022, pp. 102-113, doi: 10.1016/j.procs.2022.12.206.
- Glynn, M. A., & D’Aunno, T. (2023). An intellectual history of institutional theory: Looking back to move forward. *Academy of Management Annals*, 17(1), 301–330.
- Greenwood, R., Raynard, M., Kodeih, F., Micelotta, E. R., & Lounsbury, M. (2011). Institutional complexity and organizational responses. *Academy of Management Annals*, 5(1), 317–371.
- Gupta, S., Modgil, S., Gunasekaran, A., & Bag, S. (2020). Dynamic capabilities and institutional theories for Industry 4.0 and digital supply chain. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(3), 139–157. [CrossRef]
- Haesevoets, T., De Cremer, D., Dierckx, K. and Van Hiel, A. (2021), “Human-machine collaboration in managerial decision making”, *Computers in Human Behavior*, Vol. 119 February, 106730, doi: 10.1016/j.chb.2021.106730.
- Howcroft, D., & Taylor, P. (2022). Automation and the future of work: A social shaping of technology approach. *New Technology, Work and Employment*, 38(2), 351–370.

- Hsu, C.-H., Wu, J.-Z., Zhang, T.-Y., & Chen, J.-Y. (2024). Deploying Industry 5.0 drivers to enhance sustainable supply chain risk resilience. *International Journal of Sustainable Engineering*, 17(1), 211–238.
- Ivanov, D. (2023). The Industry 5.0 framework: Viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives. *International Journal of Production Research*, 61(5), 1683–1695.
- Khan, M., Haleem, A. and Javaid, M. (2023), “Changes and improvements in Industry 5.0: a strategic approach to overcome the challenges of Industry 4.0”, *Green Technologies and Sustainability*, Vol. 1 No. 2, 100020, doi: 10.1016/j.grets.2023.100020.
- Kolade, O., Atiase, V., Murithi, W. and Mwila, N. (2021), “The business models of tech hubs Kumar, R., Singh, R.K. and Dwivedi, Y.K. (2020), “Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: analysis of challenges”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 275, 124063, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124063.
- Jamil, M. A., Mustofa, R., Hossain, N. U. I., Rahman, S. M. A., & Chowdhury, S. (2024). A structural equation modeling framework for exploring the industry 5.0 and sustainable supply chain determinants. *Supply Chain Analytics*, 6, 100060.
- Leng, J., Zhong, Y., Lin, Z., Xu, K., Mourtzis, D., Zhou, X., Zheng, P., Liu, Q., Zhao, J. L., & Shen, W. (2023). Towards resilience in Industry 5.0: A decentralized autonomous manufacturing paradigm. *Journal of Manufacturing Systems*, 71, 95–114.
- Longo, F., Padovano, A. and Umbrello, S. (2020), “Value-oriented and ethical technology engineering in Industry 5.0: a human-centric perspective for the design of the factory of the future”, *Applied Sciences (Switzerland)*, Vol. 10 No. 12, pp. 1-25, doi: 10.3390/APP10124182.
- Madsen, D. Ø., Berg, T., & Di Nardo, M. (2023). Bibliometric trends in Industry 5.0 research: An updated overview. *Applied System Innovation*, 6(4), 63.
- Machado, C.G., Winroth, M.P. and Ribeiro da Silva, E.H.D. (2020), “Sustainable manufacturing in Industry 4.0: an emerging research agenda”, *International Journal of Production Research*, Vol. 58 No. 5, pp. 1462-1484, doi: 10.1080/00207543.2019.1652777.
- Maddikunta, P.K.R., Pham, Q.V., B, P., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T.R., Ruby, R. and Liyanage, M. (2022), “Industry 5.0: a survey on enabling technologies and potential applications”, *Journal of Industrial Information Integration*, Vol. 26 July, 100257, doi: 10.1016/j.jii.2021.100257.
- Malek, J. and Desai, T.N. (2020), “A systematic literature review to map literature focus of sustainable manufacturing”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 256, 120345, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120345.
- Martín-Gómez, A. M., Agote-Garrido, A., & Lama-Ruiz, J. R. (2024). A framework for sustainable manufacturing: Integrating Industry 4.0 technologies with Industry 5.0 values. *Sustainability*, 16(4), 1364. [CrossRef]
- Mukherjee, A. A., Raj, A., & Aggarwal, S. (2023). Identification of barriers and their mitigation strategies for industry 5.0 implementation in emerging economies. *International Journal of Production Economics*, 257, 108770.
- Müller, J., 2020. Enabling Technologies for Industry 5.0: Results of a Workshop With Europe's Technology Leaders. <https://doi.org/10.2777/082634>.
- Narkhede, G. and Rajhans, N. (2022), “An integrated approach to redesign inventory management strategies for achieving sustainable development of small and medium-sized enterprises: insights from an empirical study in India”, *Business Strategy and Development*, Vol. 5 No. 4, pp. 1-14, February, doi: 10.1002/bsd2.200.
- Neumann, W. P., Winkelhaus, S., Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2021). Industry 4.0 and the human factor—A systems framework and analysis methodology for successful development. *International Journal of Production Economics*, 233, 107992.
- Ordieres-Meré, J., Gutierrez, M., & Villalba-Díez, J. (2023). Toward the industry 5.0 paradigm: Increasing value creation through the robust integration of humans and machines. *Computers in Industry*, 150, 103947.
- Perkmann, M., Phillips, N., & Greenwood, R. (2022). Institutional arbitrage: How actors exploit institutional difference. *Organization Theory*, 3(2), 26317877221090313.

- Pizon, J. and Gola, A. (2023), "Human-machine relationship—perspective and future roadmap for Industry 5.0 solutions", *Machines*, Vol. 11 No. 2, p. 203, doi: 10.3390/machines11020203.
- Rajesh, R. (2023), "Industry 5.0: analyzing the challenges in implementation using grey influence analysis", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 36 No. 5, pp. 1349-1371, doi: 10.1108/JEIM-03-2023-0121.
- Rennings, M., Burgsmuller, A.P.F. and Br € €oring, S. (2022), "Convergence towards a digitalized bioeconomy— exploring cross-industry merger and acquisition activities between the bioeconomy and the digital economy", *Business Strategy and Development*, Vol. 6, pp. 1-22, July, doi: 10.1002/bsd2.223.
- Romero D, Stahre J., "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.
- Sharma, R., Jabbour, C.J.C. and Lopes de Sousa Jabbour, A.B. (2020b), "Sustainable manufacturing and industry 4.0: what we know and what we don't", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 34 No. 1, pp. 230-266, doi: 10.1108/JEIM-01-2020-0024.
- Sony, M. (2020). Pros and cons of implementing Industry 4.0 for the organizations: A review and synthesis of evidence. *Production & Manufacturing Research*, 8(1), 244–272.
- Sony, M., & Naik, S. (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: A review and future research direction. *Production Planning & Control*, 31(10), 799–815.
- Souza, R., Ferenhof, H. and Forcellini, F. (2022), "Industry 4.0 and Industry 5.0 from the lean perspective", *International Journal of Management, Knowledge and Learning*, Vol. 11 June, doi: 10.53615/2232-5697.11.145-155.
- Tallat R., "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.
- Ullah, M., Khan, M. W. A., Kuang, L. C., Hussain, A., Rana, F., Khan, A., & Sajid, M. R. (2020). A structural model for the antecedents of sustainable project management in Pakistan. *Sustainability*, 12(19), 8013.
- Ventura, M. A. D. A., & Silva e Meirelles, D. (2025). Business model structuration in Industry 4.0: An analysis of the value-based strategies of smart service providers in Brazil. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 36(1), 134–158.
- Wamba, S. F., & Queiroz, M. M. (2020). Industry 4.0 and the supply chain digitalisation: A blockchain diffusion perspective. *Production Planning & Control*, 33, 193–210.
- Wang, J., Xu, C., Zhang, J. and Zhong, R. (2022), "Big data analytics for intelligent manufacturing systems: a review", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 62 March, pp. 738-752, doi: 10.1016/j.jmsy.2021.03.005.
- Wæraas, A. (2021). Understanding change in circulating constructs: Collective learning, translation and adaptation. *The Learning Organization*, 28(1), 1–14.
- Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A. and Perona, M. (2021), "The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: a systematic literature review", *International Journal of Production Research*, Vol. 59 No. 6, pp. 1922-1954, doi: 10.1080/00207543.2020.1824085.
- Zhou, B., & Zheng, L. (2023). Technology-pushed, market-pulled, or government-driven? The adoption of industry 4.0 technologies in a developing economy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(9), 115–138.
- Zilber, T. B., & Goodman, Y. C. (2021). Technology in the time of corona: A critical institutional reading. *Information and Organization*, 31(1), 100342.
- Zizic, M. C., Mladineo, M., Gjeldum, N., & Celent, L. (2022). From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A review and analysis of paradigm shift for the people, organization and technology. *Energies*, 15(14), 5221.