



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

**LA *SMART FACTORY* COMO PALANCA DE CREACIÓN DE
VALOR PARA EL SECTOR DE LA AUTOMOCIÓN:**

EL CASO DE GESTAMP

Autor: Mercedes Muguero del Rivero

Director: Raúl González Fabre

Madrid - marzo 2022

RESUMEN

Este trabajo proporciona un análisis sobre el impacto de la tecnología y la digitalización en la creación de valor en los sectores industriales, donde la fabricación constituye el núcleo esencial del negocio. La Industria 4.0 y las tecnologías que la definen tiene una de las aplicaciones más relevantes en la fábrica inteligente. Como siempre, el sector del automóvil, y sectores adyacentes, como el de fabricación de componentes, está a la vanguardia en innovación. Este estudio examina los distintos retos a los que se enfrenta la industria automovilística, además de las iniciativas que se han desarrollado para combatir los obstáculos. Asimismo, se ha analizado el contexto del sector en Europa, su evolución y cómo han impactado los avances tecnológicos en esta industria. Las conclusiones de este estudio describen cómo los fabricantes de vehículos pueden generar una ventaja competitiva que les permita diferenciarse del resto, ejemplificándolo con el caso de la empresa Gestamp, a través de varias entrevistas realizadas a los responsables de Industria 4.0 así como al director de comunicación y marketing del grupo.

Palabras Clave

Industria 4.0, *Smart Factory*, Digitalización, Industria del automóvil, Gestamp, Flexibilidad, Cadena de Valor

ABSTRACT

This paper provides an analysis on the impact on value creation of technology and digitalization in industrial sectors where manufacturing is the essential core of the business. Industry 4.0 and the technologies that define it has one of the most relevant applications in the *Smart Factory*. As always, the automotive sector, and adjacent sectors such as automotive component manufacturing, is at the forefront of innovation. This study examines the various challenges facing the automotive sector, as well as the initiatives that have been developed to combat the obstacles. It also analyzes the context of the sector in Europe, its evolution and how technological advances have impacted the industry. The conclusions of this study describe how vehicle manufacturers can generate a competitive advantage that allows them to differentiate themselves from the rest, exemplified by the case of the company Gestamp, because of several interviews conducted with those responsible for Industry 4.0 as well as the group's director of communication and marketing.

Keywords:

Industry 4.0, *Smart Factory*, Digitization, Automotive Industry, Gestamp, Flexibility, Value Chain

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Metodología y Desarrollo de la investigación
- 1.3 Justificación

2. INDUSTRIA 4.0

- 2.1 ¿Qué es?
- 2.2 Elementos clave
 - 2.2.1 Elementos Tecnológicos
 - 2.2.2 Elementos Humanos
- 2.3 *Smart Factory*

3. SECTOR DEL AUTOMOVIL EN EUROPA

- 3.1 Características y Análisis Macroeconómico
- 3.2 Evolución del Sector
- 3.3 Impacto de la Industria 4.0 en el Sector

4. IMPACTO DE LA *SMART FACTORY* EN EL SECTOR AUTOMOVILISTICO ESPAÑOL

- 4.1 Iniciativas a los Problemas

5. ANÁLISIS DEL CASO GESTAMP

- 5.1 Posicionamiento de la Empresa en el Sector
- 5.2 *La Smart Factory*
- 5.3 Ventaja Competitiva de *la Smart Factory* en Gestamp
- 5.4 Retos en Implementación (Escalar, Proveedores Tecnológicos...)

6. CONCLUSIONES

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Aproximaciones al Concepto de IA
- Figura 2. Empresas que utilizan IA por Tipo de Uso (%/Empresas Que Usan Ia)
- Figura 3. Empresas que no usan IA por Motivo (%/Empresas Que No Usan Ia).
- Figura 4. El Ciclo Físico-Digital
- Figura 5. Tabla Del Valor De La *Smart Factory*
- Figura 6. Incremento Global De *Joint Ventures*
- Figura 7. Brecha entre la Producción Automovilística y El PIB Mundial
- Figura 8. Esquema de los Países en los que opera Gestamp
- Figura 9. Atenea: Programa De Transformación En Gestamp
- Figura 10. Tabla Comparativa entre Fábrica Tradicional y *Smart Factory*
- Figura 11. Perfil De Plantilla En Gestamp

1. INTRODUCCIÓN

En respuesta a la tercera revolución industrial, un gran número de organizaciones manufactureras tuvieron que adaptarse a la demanda de producción en masa, a través de la automatización, con el fin de mejorar su competitividad a nivel global y el rendimiento de su sistema productivo. Ahora una vez más, las fábricas se están viendo obligadas a ajustar sus modelos de negocio y su forma de fabricar. Se trata de una revolución sin precedentes de mano de los avances en los equipos productivos y las tecnologías de la comunicación, así como de la demanda del mercado de una producción en masa personalizada. Esta revolución, denominada Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial, se ha descrito como un nuevo estilo de organización del sistema de producción, más flexible y ágil, basado en el uso de grandes volúmenes de datos e información para la toma de decisiones. La descentralización es una de las principales características de este enfoque, que permite a los distintos subsistemas tomar decisiones de forma independiente para crear sistemas de organización autónoma. La Industria 4.0 se basa principalmente en la toma de decisiones descentralizadas utilizando toda la información y los datos disponibles de los sistemas, pero también incluye una perspectiva amplia y un enfoque sistémico para la maximización global de los beneficios.

Por otro lado, no cabe duda de que el contexto generado por el Covid-19 ha sido el mejor *Chief Digital Officer* de la historia, ya que exigió en tan solo doce meses, la adopción por parte de todos los ciudadanos sin distinción de edades, de herramientas digitales para poder continuar con nuestros trabajos y nuestras vidas. Así mismo, con la llegada de la pandemia en 2020, se puso en relieve la importancia de la tecnología como facilitador del desarrollo de la sociedad, como el teletrabajo, *el e-commerce*, la telemedicina, la gestión en remoto de centros de operaciones, así como la flexibilidad, la respuesta a corto plazo, donde muchas empresas se han visto obligadas a tener que cambiar su modelo de negocio en un corto periodo de tiempo.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es analizar el impacto que ha tenido y que va a suponer la *Smart Factory* en la competitividad de las empresas dentro el sector automovilístico. Para ello se analizarán unos objetivos específicos:

- Se procederá al estudio en profundidad del desarrollo de esta nueva revolución tecnológica y sus componentes.
- Se analizará la relación entre las dos variables: tecnología y competitividad empresarial en el ámbito productivo.
- Se llevará a cabo un análisis a través del caso Gestamp, un fabricante de componentes para automóviles, caracterizada por ser la primera empresa española en integrar tecnología 5G para la interconexión de su fábrica, dando lugar a la primera *Smart Factory* en el país.

La estructura consta de 5 partes principales. La primera constituye una breve introducción al tema para elaborar un contexto acorde y presentar los rasgos generales. La parte siguiente se basa en el concepto de Industria 4.0, su definición y los elementos que la conforman. La tercera parte es una visión general del panorama macroeconómico del sector en Europa, así como el impacto de esta revolución digital en la industria. La cuarta parte se centra en la tecnología como habilitadora de valor añadido en los procesos productivos, así como el impacto de la *Smart Factory* en la competitividad de las empresas. Por último, se ilustra la teoría con un caso práctico de la empresa Gestamp, a través de escenarios reales y testimonios verídicos basados en entrevistas presenciales con el director de Industria 4.0 y el director de marketing y comunicación de cómo funciona una fábrica inteligente y qué beneficios está generando a priori para la compañía. Por último, se exponen las conclusiones sobre el tema abordado.

1.2 METODOLOGÍA

A la hora de desarrollar este trabajo he optado como técnica la recogida de datos y realizar una revisión bibliográfica, por medio de la recolección, el estudio, resumen y discusión de información pública sobre la evolución y el impacto de la Industria 4.0, específicamente, de la *Smart Factory*. He obtenido información a través de la búsqueda en artículos de revistas científicas digitales para poder tener una visión actual del tema, así como de libros de autores renombrados en este ámbito, sintetizando la información más relevante.

He complementado la información llevando a cabo varias entrevistas sobre la *Smart Factory* en Gestamp. Por un lado, con el director de operaciones de Industria 4.0, Renée González, con el fin de obtener datos sobre la fábrica inteligente y la ventaja competitiva que esta supone para la empresa. Por otro lado, llevé a cabo una entrevista con Miguel López-Quesada, director de marketing, comunicación y relaciones institucionales en Gestamp, con el objetivo de adquirir una visión más amplia del sector automovilístico en Europa y el futuro de Gestamp como compañía. Para finalizar, además de la utilización de los conocimientos de primera mano aportados por estos expertos, se realizará un juicio global de la aportación de esta tecnología a las empresas del sector automovilístico.

2. INDUSTRIA 4.0

2.1 ¿QUÉ ES?

El concepto de Industria 4.0 fue acuñado por primera vez en 2011 por el Gobierno federal alemán dentro de su estrategia *High-Tech*, expuesta en la Feria tecnológica de Hannover-Messe, y materializada en 2013 en el informe final *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0*. Mientras tanto se han puesto en marcha iniciativas como *Industry 4.0* en Austria, *L'industrie du Futur* en Francia, *Empresa 4.0* en Italia, *Smart Industry* en Países Bajos y en España se denomina *España Conectada 4.0*. Se trata de un panorama diverso en el que cada país desarrolla su propia visión del futuro de la industria.

Luis Joyanes Aguilar define en su libro la Industria 4.0 como “*la digitalización de sistemas y procesos industriales, y su interconexión mediante Internet de las cosas e Internet de los Servicios para conseguir una mayor flexibilidad e individualización de los procesos productivos.*” (Joyanes, 2018, p.7) Este término de digitalización se ha extendido entre la sociedad con el nombre de “*La Cuarta Revolución Industrial*” porque de por sí la industria está ligada al proceso de digitalización.

La Industria 4.0 puede tener connotaciones diferentes para los distintos actores. Para los empleados puede significar un cambio en el desempeño de su trabajo o en la forma de hacer las cosas. En cambio, desde el punto de vista del cliente puede traducirse en una mejora de su experiencia como usuario, o una mayor satisfacción de necesidades del consumidor mediante la personalización del producto. Este concepto engloba a todos los subsistemas, incluyendo

I+D, socios comerciales, proveedores..., conectándolos en una red consolidada en un solo sistema central. Es decir, no solo está cambiando la manera de producir, sino además la forma de interactuar de todos esos agentes, ya que todo el proceso puede ser gestionado en tiempo real desde la primera etapa de la cadena productiva, anticipándose a los errores para garantizar la máxima calidad en la producción.

Por otra parte, la digitalización permite a las compañías mejorar su productividad al reducir los costes, simplificando procesos, mejorando la calidad de los productos y optimizando la experiencia del cliente. Además, la combinación en el sector manufacturero de mayores competencias y menores costes ha propiciado un clima más favorable a la digitalización. No obstante, en la actualidad es posible que estas iniciativas no se consideren internamente una herramienta de crecimiento. En un estudio llevado a cabo por Deloitte Insights (2018), la mayoría de los encuestados (94%) afirmaron que la transformación digital es una necesidad imprescindible en su empresa. Sin embargo, solo el 68% de los encuestados y el 50% de los directores generales expusieron que la tecnología era crítica para mantener la rentabilidad. Estos datos demuestran que, aunque los encuestados asocian las mejoras operacionales con el crecimiento estratégico, no siempre vinculan la transformación digital con el crecimiento de los ingresos a partir de nuevos productos o modelos de negocio. Muchos consideran la transformación digital como una inversión defensiva en lugar de concebirla como una oportunidad para innovar y hacer crecer su empresa. Según el nuevo informe de KPMG: *“La Industria 4.0 está impulsada por la conexión en red y por Internet. Las soluciones individuales anteriores y los sistemas integrados forman una red de elementos que se comunican recíprocamente. Los datos de toda la cadena del proceso de producción, incluidos los datos de los productos, los clientes y los pedidos, están interconectados en estos sistemas ciberfísicos- desde la planificación de la capacidad y la logística de producción, pasando por la producción, hasta el control de calidad.”* (KPMG, 2016, p. 9)

Por lo que el camino hacia la fábrica del futuro es un proceso evolutivo. Aunque avanza a distintas velocidades en las diferentes compañías y sectores de la industria, todas las empresas tradicionales se enfrentan al mismo reto, ser capaces de soportar el proceso de cambio organizacional, de personas, de cultura y de los modos de trabajo que está provocando esta revolución digital. Según los datos ofrecidos en Deloitte (Rick Burke, 2017) esta transición se está viendo acelerada por tendencias como:

- La rápida evolución de capacidades tecnológicas.
- Mayor complejidad en la cadena de suministro y en las tendencias globales.
- Fragmentación global de la producción y la demanda.
- Presiones competitivas de fuentes inesperadas.
- Reajustes organizativos resultantes de la fusión de Tecnologías de la información (IT) y Tecnologías de la operación (OT).

2.2 ELEMENTOS CLAVE

La era digital y la Industria 4.0 se materializan en torno al desarrollo exponencial de tecnologías disruptivas y convergentes, que marcan un antes y un después en la cadena de valor, transformando no sólo la manera de producir sino el factor humano en sus relaciones de comunicación entre cliente, proveedor y productor.

2.2.1 ELEMENTOS TECNOLÓGICOS

Debido a los avances tecnológicos, las empresas tienen progresivamente a su disposición una amplia variedad de herramientas digitales de gran importancia estratégica. Esta digitalización no sólo posibilita el aumento de productividad, sino que permite incrementar la seguridad y los ingresos, así como disminuir costes. Según datos del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital (2022) la reducción de costes de almacenamiento y procesamiento impulsa el empleo de análisis de *Big Data*, ya presente en un 11% de aquellas compañías españolas que cuentan con 10 empleados o más. Además, la revolución tecnológica ha dado pie a la amenaza de compañías competidoras completamente nuevas que pueden utilizar la digitalización y la reducción de barreras de entrada para afianzarse en nuevos mercados o sectores en los que antes no estaban presentes en el sector automovilístico, concretamente los gigantes tecnológicos, entre ellos Alphabet (Google) o Apple.

Dentro de esta revolución debemos diferenciar los dos tipos de tecnología: por un lado, las tecnologías disruptivas, que según un informe del Instituto Español de Estudios Estratégicos (2015), no son progresivas ni lineales, e indican cambios radicales; no son mejoras incrementales de los sistemas actuales, sino algo nuevo que hace que lo antiguo sea ineficaz u obsoleto. Por otro lado, las tecnologías convergentes, aquellas que tienen la posibilidad de crear sinergias con otras tecnologías, y donde a través de esta integración se generan nuevas tecnologías que transforman modelos existentes. (Rozo-García, 2019, p.180)

Referente a los dispositivos electrónicos, la principal ventaja reside en su capacidad de obtener y analizar datos. Las fábricas generan un gran volumen de datos por medio de sensores incorporados y la interconexión de las máquinas. Esta información se almacena en la Nube o *cloud monitoring*, facilitando el acceso a todos los trabajadores de la fábrica, de tal modo que mediante el análisis de datos se estudian tendencias previas, detectan patrones y permite tomar decisiones más inteligentes. Es decir, la *Smart Factory* permite operar con información cada vez más precisa por medio de la combinación de los datos generados tanto en herramientas y máquinas como con otro tipo de datos obtenidos de diferentes sectores de la organización como, por ejemplo, bases de datos de proveedores o clientes. Concretamente, una compañía puede tomar decisiones sobre productividad basándose en la fuerza de trabajo y los márgenes de ventas sólo con mirar los datos de recursos humanos, ventas o stock. (CCOO Industria, 2017, p.17)

Por el contrario, no debemos olvidar que para que una industria convencional se convierta en una fábrica inteligente, debe existir una implicación y motivación por parte de los directivos de esa compañía, así como equipos con experiencia empresarial que puedan liderar el cambio. No obstante, la buena intención y los equipos competentes son necesarios, pero no suficientes, ya que requieren de tecnología y herramientas que les ayuden a controlar, analizar y mejorar la producción y los plazos de entrega en la fábrica.

a) EL INTERNET DE LAS COSAS (IOT)

El Internet de las Cosas se refiere a la idea general de activos, que son legibles, reconocibles, localizables, direccionables a través de un dispositivo de detección de información y/o controlables a través de Internet. No es una tecnología única, sino una mezcla de diferentes tecnologías de hardware y software donde los objetos adquieren inteligencia y se reconocen entre ellos al permitir o tomar decisiones basadas en un contexto, gracias a su capacidad de comunicar información sobre sí mismos. Pueden acceder a datos agregados por otros sistemas o formar parte de servicios más complejos, creando una red. (Patel, 2016, p. 6122)

La aplicación de estos dispositivos en la economía actual va encaminada desde la automatización de la agricultura, pasando por la seguridad y vigilancia, hasta las ciudades inteligentes o *Smart Cities*. Pero para la industria, ha tenido aún más impacto, pues ha permitido compartir y recopilar datos en las fábricas con una mínima intervención humana. El Internet de las cosas es un componente principal de las fábricas inteligentes. Las máquinas en la planta

de producción están equipadas con sensores que cuentan con una dirección IP, lo que les permite conectarse con otros dispositivos habilitados para la web. Esta mecanización y conectividad facilita la recopilación, el análisis y el intercambio de grandes cantidades de datos valiosos. (International Business Machines Corporation, s.f)

En los últimos años, esta tecnología se ha visto fomentada gracias a varios factores como avances en el análisis de datos, la generalización de la conectividad de bajo coste, o la miniaturización, fabricando sensores más pequeños y económicos. (Rose, 2015) Gracias al IoT el mundo físico coopera con el mundo digital. Esta conexión entre ambos extremos se consigue también gracias a avances tecnológicos como la conectividad *bluetooth* o la red wifi, las plataformas de computación en la nube o los asistentes de voz.

Además, esta tecnología otorga un valor añadido que supone para la empresa la capacidad de: optimizar la fabricación, el seguimiento de inventario y de activos en tiempo real, la fabricación personalizada en masa, además de posibilitar el mantenimiento predictivo reduciendo los tiempos de parada en la fabricación. Sin embargo, cuenta con inconvenientes relacionados con la seguridad de los datos y la ciberseguridad, así como los problemas con el ancho de banda en muchas fabricas, es decir, la cantidad de información que se recibe por segundo, y, por último, su alto coste, aunque este va decreciendo paulatinamente.

Al mismo tiempo este tipo de dispositivos han dejado de formar parte de la vida cotidiana, como en electrodomésticos o *Smartphone*, formando parte del desarrollo de la Industria 4.0:

- **Mantenimiento predictivo y remoto de la producción:** Mediante esta tecnología, una persona encargada del proceso de fabricación puede resolver problemas desde la distancia controlando las máquinas, sin necesidad incluso de estar presente físicamente en la fábrica. De esta manera, se generan datos suficientes para supervisar los activos de toda el área, notificando a las personas de cualquier percance cuando sea necesario.
- **Logística conectada:** Habilita la coordinación del proceso logístico completo mediante el envío constante de información por parte de dispositivos IoT. Por ejemplo, una fábrica inteligente puede monitorizar sus vehículos de reparto con la ayuda de dispositivos interconectados a GPS y software, permitiendo coordinar la gestión de manera remota.

- **Seguridad Industrial:** La tecnología del Internet de las cosas permite la monitorización de la organización y sus instalaciones mediante el uso de cámaras de vigilancia conectadas a internet, por ejemplo. Otra opción es la instalación de sensores en las máquinas o en distintas áreas de una fábrica, notificando de forma automática a cada organismo pertinente. De esta manera, la maquinaria podrá detectar por ella misma, cambios desde la temperatura de un lugar hasta aparatos defectuosos en tiempo real.
- **Eficiencia Energética:** Posibilita la recopilación de información sobre el uso de energía y recursos de una sola máquina o de una fábrica entera, utilizando dispositivos de IoT. Se pueden obtener cálculos exactos de la cantidad de electricidad, agua y otros recursos que se utilizan en el proceso de fabricación, lo que supone información útil para tomar decisiones ecológicamente responsables. Cuando sea posible optimizar el uso de electricidad, la maquinaria inteligente entrará en un estado de ahorro de consumo energético, incrementando no solo los niveles de sostenibilidad para una compañía, sino también habilitando el ahorro de recursos y gastos, y avanzando hacia una producción más competitiva.
- **Seguridad laboral:** Los dispositivos IoT no solo posibilitan la seguridad de la planta en sí como hemos mencionado anteriormente, sino que protege la integridad física de los trabajadores. Según Beatriz Baños (2020), del equipo de comunicación de Telefónica IoT, un dispositivo inteligente, como un objeto *wearable*, tiene la capacidad de recoger datos biométricos de quienes los usen. Una muestra de esta tecnología aplicada son los *Smartphone* que vienen incorporados con sensores especiales que registran el ritmo cardíaco y hasta cuántos pasos ha realizado una persona. Obtener estos datos contribuye a conocer el estado de los trabajadores con el fin de mejorar las condiciones laborales. En conclusión, Internet de las cosas es un habilitador de la transformación digital que ofrece infinidad de posibilidades a las empresas y los negocios.

b) **CLOUD AND EDGE COMPUTING**

Según el Instituto Nacional de Ciberseguridad (2017), la computación en la nube o *Cloud Computing* es un modelo de computación que permite al proveedor tecnológico ofrecer servicios informáticos a través de internet. De esta forma los recursos, es decir, el hardware, el software y los datos se pueden ofrecer a los clientes bajo demanda.

Gracias al *Cloud Computing* las fabricas se convierten en un entorno globalizado y descentralizado, ya que posibilita a la entidad extraer datos y observar los procesos a través de un navegador web con conexión a la red, de tal forma que un empleado puede conectarse a través de cualquier dispositivo, en cualquier lugar y a cualquier hora, sin realizar inversiones en infraestructura, equipos, software o mantenimiento.

Los servicios *Cloud* ofrecen multitud de ventajas para las empresas o fábricas como:

- **Ahorro en costes:** como resultado de la disminución de los costes de infraestructura, mantenimiento, personal... se paga por uso, es decir, si una empresa requiere más capacidad de computo por un incremento en la demanda, se solicita más recursos pagándose el tiempo extra de uso.
- **Escalabilidad:** la tecnología ofrece flexibilidad, de tal modo que permite absorber picos de trabajo o aminorar costes cuando sea conveniente. Gracias a los servicios *Cloud* una fábrica puede redimensionar instantáneamente la cantidad de recursos que va a adquirir según la demanda a través del panel de control de *Cloud*.
- **Optimización de recursos:** las fábricas inteligentes consiguen incrementar su productividad ya que se utiliza la maquinaria o los recursos únicamente cuando se necesitan, pagando por el tiempo de uso como hemos explicado anteriormente.
- **Seguridad:** Esta tecnología proporciona protección de la información de la empresa, puesto que los datos se encuentran almacenados en la nube y en distintas ubicaciones. Por consiguiente, si ocurriese algún accidente en la fábrica o en el ordenador, esa información estaría protegida en varios sitios a la vez.

- **Tecnología actualizada:** la supervisión de los dispositivos es responsabilidad del proveedor, que se encarga del mantenimiento y control automático de forma transparente para el cliente o entidad.

Sin embargo, aunque cuente con el beneficio de reducir el peso administrativo de este tipo de tecnologías, el hecho de que la responsabilidad recaiga en el proveedor contratado puede acabar en una pérdida de control por parte de la fábrica, no teniendo acceso directo a la plataforma donde se ejecutan las aplicaciones o nuestros datos. Además, se debe impulsar a los empleados a actuar con precaución y facilitarles la formación suficiente dado el grado de desconocimiento del entorno, ya que puede desembocar en riesgos de seguridad o fugas de información.

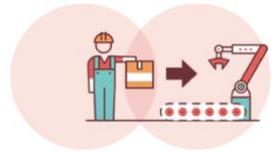
c) AUTOMATIZACIÓN ROBÓTICA DE PROCESOS

En un contexto donde todo está cada vez más interconectado, se están extendiendo los entornos industriales en los que el uso de robots en el proceso productivo se vuelve fundamental para incrementar la productividad. Estos robots son cada vez más inteligentes y capaces de realizar una mayor variedad de tareas con una precisión increíble; su comportamiento puede ser analizado para mejorar su eficiencia y ayudar a los humanos.

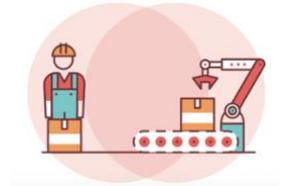
De este modo, la incorporación de robótica en el rediseño de la línea productiva genera una ventaja competitiva basada, no tanto en el volumen producido, sino en la optimización de los procesos mediante la automatización. El resultado son productos de una calidad excepcional con un coste menor, que convierten a la compañía en una empresa aún más competitiva. Según un artículo de Telefónica (2021), el uso de robots industriales, como brazos articulados o robots colaborativos, también llamados *cobots*, ya es una práctica habitual en las fábricas. Esto permite mejorar la eficiencia de las producciones y mejorar aspectos como costes o eficiencia energética.

Un informe de la Federación Empresarial Metalúrgica Valenciana (s.f) expone que los grados de interacción con los robots colaborativos de interacción persona-robot pueden variar según los parámetros de tiempo y espacio. Se estima que las aplicaciones 100% colaborativas serán minoritarias y lo habitual serán operaciones con cierto grado de colaboración, alternando con otras no colaborativas:

- **Cooperación (Colaboración Indirecta):** robot y humano trabajan en el mismo espacio de trabajo en tiempos diferentes, por ejemplo, se alterna trabajador y robot a la hora de trabajar sobre una misma pieza.



- **Coexistencia:** trabajan en distintos espacios al mismo tiempo, por ejemplo, trabajando diferentes piezas en diferentes zonas a la vez.



- **Colaboración Directa:** trabajan en el mismo espacio al mismo tiempo, es decir, de manera conjunta y simultáneamente para fabricar una pieza.



Asimismo, los robots colaborativos tienen la función de ayudar a los operarios de un entorno industrial, interactuando con ellos y estando bajo su control encargándose de tareas repetitivas realizadas de manera uniforme y a una velocidad constante. Asimismo, la robótica móvil para la logística está enfocada en tareas de transporte y recogida de materiales, liberando a los operarios de tareas repetitivas y tediosas donde se puede perder eficiencia y eficacia. (Robotnik, 2021) La robotización de la fábrica y la manipulación móvil generan un gran valor añadido para la compañía, ya que suponen una simplificación de los procesos, dejando el proceso creativo a la mente humana.

d) INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Con referencia a las distintas definiciones propuestas de inteligencia artificial, haremos uso de la descripción de la Comisión Europea de 2018, representativa de las definiciones actuales: *“sistemas que muestran un comportamiento inteligente analizando su entorno y actuando -con cierto grado de autonomía- para alcanzar objetivos específicos.”*

Stuart Russell y Peter Norvig (1995), especialistas en el campo de la programación y computación, hacen hincapié en las distintas aproximaciones al concepto de IA, diferenciando así entre (2004, p. 2):

Ilustración 1- Aproximaciones al concepto de IA

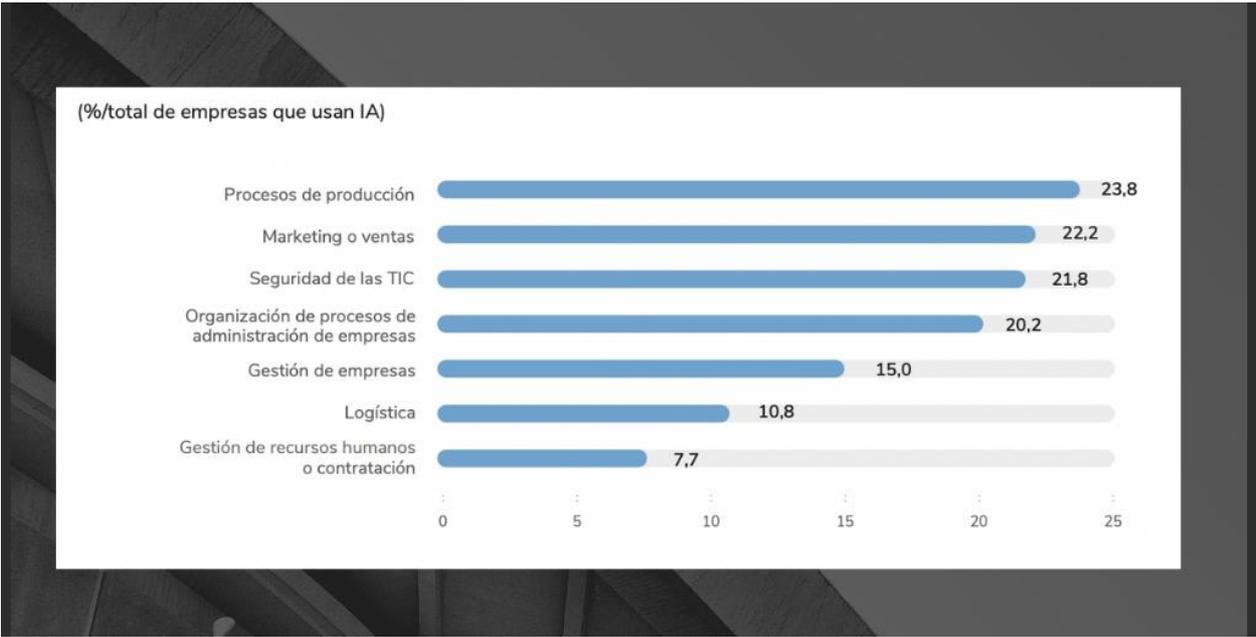
<p>Sistemas que piensan como humanos</p>	<p>Sistemas que actúan como humanos</p>
<p>Automatizan actividades como la toma de decisiones, la resolución de problemas y el aprendizaje. Un ejemplo son las redes neuronales artificiales. si el comportamiento de output/input y de sincronización del programa coincide con el comportamiento humano, es una prueba de que algunos de los mecanismos del programa también pueden estar operando en los humanos.</p>	<p>Se trata de computadoras que realizan tareas de forma similar a como lo hacen las personas. Es el caso de los robots.</p> <ul style="list-style-type: none"> -procesamiento del lenguaje natural: comunicarse en un lenguaje humano -representación del conocimiento para almacenar la información -razonamiento automatizado para utilizar la información almacenada y sacar nuevas conclusiones -aprendizaje automático para adaptarse a nuevas circunstancias y detectar y extrapolar patrones
<p>Sistemas que piensan racionalmente</p>	<p>Sistemas que actúan racionalmente</p>
<p>Intentan emular el pensamiento lógico racional de los humanos, es decir, se investiga cómo lograr que las máquinas puedan percibir, razonar y actuar en consecuencia. Los sistemas expertos se engloban en este grupo</p>	<p>idealmente, son aquellos que tratan de imitar de manera racional el comportamiento humano, como los agentes inteligentes.</p>

Fuente: Adaptado de Inteligencia Artificial Un Enfoque Moderno, por Russell, S. J., & Norvig, P. (1995).

Asimismo, los datos extraídos de los informes del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital (2022) revelan que el uso de IA que otorgan las compañías en los procesos productivos es mayor que en el departamento de las TIC. Esto resulta sumamente interesante ya que la responsabilidad principal de las TIC recae justamente en desarrollar medidas de protección de la información mediante esta tecnología. Ejemplos interesantes de esta aplicación en los procesos de producción son el mantenimiento predictivo con aprendizaje automático (*Machine Learning*); herramientas para clasificar mercancías o encontrar defectos en productos basados en la visión artificial; drones autónomos para tareas de vigilancia de la producción, seguridad o inspección; trabajos de montajes realizados por robots autónomos, etc. Seguidamente se encuentran las actividades de ventas o marketing relacionado con el crecimiento exponencial del *e-commerce* tras la pandemia. Ejemplos clave pueden ser *Chatbots*

con procesamiento del lenguaje natural para encargarse del *customer service* o anuncios basados en las preferencias del consumidor. Las fabricas pueden utilizar la inteligencia artificial para obtener la mayor cantidad de datos posibles generados a partir de esta tecnología, con el fin de ahorrar recursos económicos y tiempo. Esta información permitiría a las compañías reducir los errores de fabricación, sustituyendo los modelos de negocio de inspección manual por datos visuales obtenidos a partir de la IA. Por ejemplo, poder configurar el control de calidad a partir de un *Smartphone* conectado a la nube para supervisar las operaciones de producción desde prácticamente cualquier lugar. Seguidamente, los fabricantes recopilan los datos de estos dispositivos y realizan un análisis preventivo mediante algoritmos de aprendizaje automático, de tal manera que pueden no solo detectar los errores de fabricación o en las propias máquinas, sino que pueden anticiparse a ellos, reduciendo, por ejemplo, costes de reparaciones.

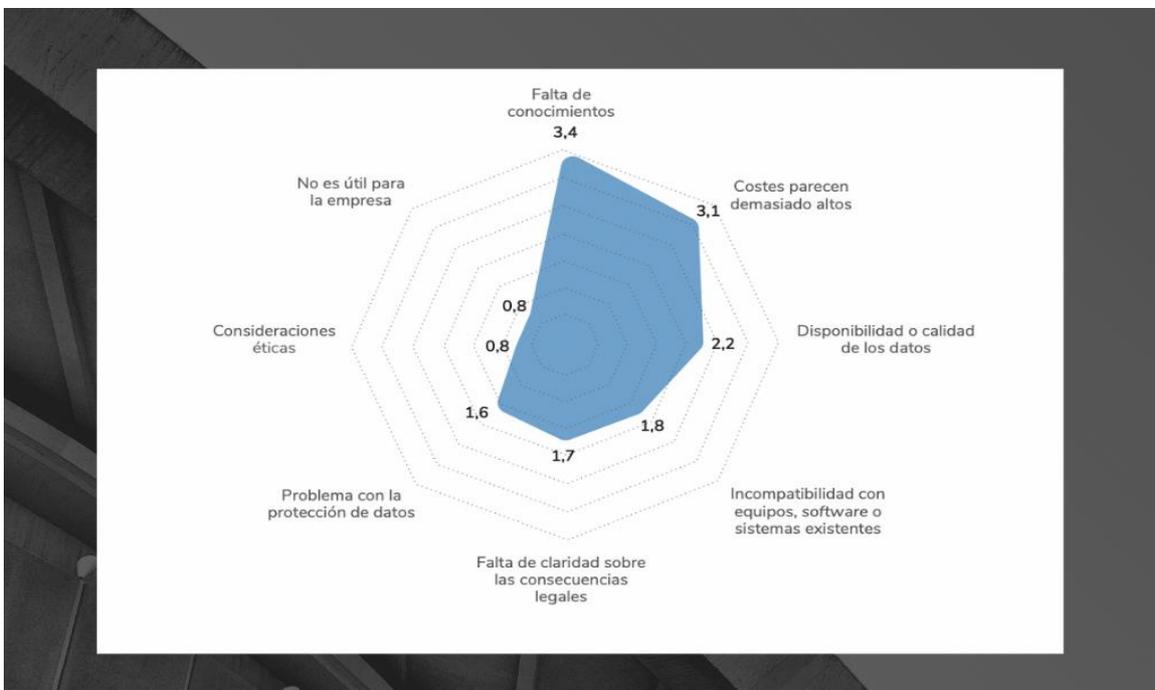
Ilustración 2- Empresas que utilizan IA por tipo de uso (%/empresas que usan IA)



Fuente: Adaptado de *Empresas que utilizan IA por tipo de uso (%/empresas que usan IA)* por Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, en 2022)

Por otro lado, entre las principales causas por las que un gran porcentaje de compañías españolas no utilizan IA se encuentra la falta de formación o conocimientos. Según un informe publicado por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital (2022, p.11) la principal razón que aducen las empresas para no usar IA es la falta de conocimientos (3% sobre el total de empresas que no utilizan tecnologías de Inteligencia Artificial). Otro de los motivos más alegados son los altos costes (3%). La disponibilidad o calidad de los datos necesarios para aplicar estas tecnologías (2%), la incompatibilidad con equipos, software o sistemas existentes (2%), la falta de claridad sobre las consecuencias legales (2%) y problemas con la protección de datos (2%) son otros de los motivos.

Ilustración 3- Empresas que no usan IA por motivo (%/empresas que no usan IA).



Fuente: Adaptado de *Uso de tecnologías digitales por empresas en España*, por Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. (2022).

e) MACHINE LEARNING

El *Machine Learning* es una disciplina del campo de la inteligencia artificial que, a través de algoritmos, dota a los ordenadores de la capacidad de identificar patrones en datos masivos y elaborar predicciones. Este aprendizaje permite a los ordenadores realizar tareas específicas de forma autónoma, es decir, sin necesidad de ser programados. (Iberdrola, s.f) Este proceso de aprendizaje autónomo constituye una de las partes claves del análisis de datos avanzado y *Big Data*.

El *Machine Learning* genera valor añadido en el ámbito empresarial gracias a:

- **Análisis predictivo.**
- **Impulsor de la innovación.**
- **Reducción de costes:** esta tecnología automatiza tareas que ahorran capital humano o permite optimizar tareas de acuerdo con los datos de producción y el flujo de demanda.

Con esta capacidad de análisis, los ordenadores consiguen aumentar la precisión, la calidad y el rendimiento de la producción, aprendiendo de sus fallos y mejorando las mediciones y la trazabilidad a nivel de la máquina. Además, permite a la fábrica tener mayor visibilidad de los procesos productivos, mejorar la comprensión del rendimiento de la planta y una mayor rapidez en la respuesta a las necesidades del consumidor. Sin embargo, para llevar a cabo este exhaustivo análisis de datos se requiere una capacidad de almacenamiento y una potencia informática muy elevada, así como hacer frente a la escasez de conocimientos analíticos para gestionar este grado de complejidad, pues la gran parte de la fuerza laboral no cuenta con la información básica de cómo manejar esos datos.

Un informe publicado por Cotec sobre *Big Data* (2017, p.11) revela que: *“Paradójicamente, en contraposición a lo que sucede en los mercados laborales mundiales donde las tasas de desempleo se han asentado en niveles muy superiores a los registrados antes de la crisis de 2008, en el caso de los empleos asociados a perfiles Big Data la escasez de recursos puede llegar a ser un problema serio en algunas industrias. Es decir, durante los próximos años nos encontraremos ante una escasez de talento Big Data a nivel mundial, que debe ser afrontado mediante la puesta en marcha de medidas adecuadas.”*

Además, según datos de Instituto Nacional de Estadística (2020) un 41.34% de las empresas españolas no utilizan *Big Data* porque el coste parece demasiado elevado comparándolo con los beneficios que aporta, cerca de un 49% de las empresas no realizaron los análisis por falta de Infraestructuras TIC, y rondando a un 60% de las empresas no lo llevaron a cabo porque no es una prioridad para la entidad.

f) SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA

La realidad virtual y aumentada ayuda a los operadores en la organización de los productos, en las tareas de producción, y en el mantenimiento y reparación de equipos. Sin embargo, son términos diferentes, la realidad aumentada (RA) hace referencia a la tecnología que permite superponer en tiempo real, información digital, a la información que se percibe a través de nuestros ojos, requiriendo solamente de un *Smartphone*. Mientras que la realidad virtual se requiere de dispositivos especializados como gafas acondicionadas para trasladar nuestra persona al mundo virtual. (Nexus, s.f) Básicamente, la realidad aumentada es un híbrido entre el entorno real y elementos virtuales interactivos en tiempo real, mientras que la tecnología de realidad virtual se caracteriza su semejanza con la realidad de tal modo que un usuario no distinga lo que es real de lo que no lo es, es una inmersión total.

Según un artículo de Alfonso Martín-Erro (2014, p.283), una de las aplicaciones más importantes de la realidad virtual es la simulación que, fundamentalmente, se aplica en tareas de entrenamiento, como, por ejemplo, ayuda a los diseñadores de automóviles probar los vehículos en carreteras ficticias, a los astronautas moverse en entornos peligrosos o en arqueología permite la reconstrucción de ruinas y paisajes. Además, esta tecnología se puede integrar con otras como la robótica o la inteligencia artificial eliminando límites geográficos o temporales, y reduciendo costes en pruebas, prototipos y evaluaciones.

En definitiva, el impacto que estas tecnologías producen en el rendimiento de la compañía, desde la inteligencia artificial hasta el IoT, es crucial tanto desde el punto de vista de operatividad como de crecimiento para la empresa. Dentro de la industria ha desembocado en la transformación de la cadena de suministro tradicional, pasando de un modelo lineal con operaciones aisladas a una red integrada e interconectada. La cadena de suministro digital permite a las empresas operar de forma más eficiente generando una ventaja competitiva. Por un lado, fomenta la colaboración entre personas y máquinas, como resultado de incrementar la transparencia y la creación de un ecosistema integrado. Mientras que, a su vez, permite adaptarse a condiciones cambiantes en tiempo real gracias al incremento de flexibilidad dentro de la fábrica y facilitando la disponibilidad de información relevante.

No obstante, Ramón Cañete (2020) en su informe de KPMG revela que las cadenas de suministro son redes extremadamente complejas, y hoy en día, ninguna compañía ha logrado construir una completamente digital. Un estudio de Mckinsey describe esta situación,

exponiendo que el 70% de todas las iniciativas de transformación impulsadas por la tecnología fallan y no alcanzan los objetivos previstos. Por otro lado, la falta de compromiso de los empleados, el insuficiente apoyo de los directivos, el escaso o inexistente trabajo en equipo, así como la falta de responsabilidad son las razones principales, demostrando que mantener el impacto de una transición suele requerir un cambio fundamental de mentalidad y hábitos, que pocos líderes son capaces de lograr. (Bucy, 2016)

2.2.2 ELEMENTOS HUMANOS

Sin embargo, esta tecnología por sí sola no es suficiente, sino que es necesario integrarla en la estructura organizacional para crear valor. Al final, una cuestión fundamental para tener en cuenta es cambiar la cultura de la fabricación, de una basada en la experiencia a una basada en los datos.

Para impulsar este cambio cultural, se necesita un liderazgo fuerte y tener en cuenta de que la Industria 4.0 se basa en la mayor interacción posible entre humano y máquinas, por lo que, por el momento, es necesario conectar ambas partes para que se consolide el proceso de digitalización. Si una entidad no es capaz de conectar la digitalización, no sólo con la ingeniería y la parte física, como máquinas, sino que la parte humana, es muy difícil cambiar. Son conceptos que parecen opuestos porque a simple vista parece que cuanto más optimizas y automatizas el proceso, existe menos flexibilidad y las personas tienen una relevancia menor. Sin embargo, se evoluciona a fábricas mucho más complejas de operar, por todos los cambios de referencias, modelos... haciendo imposible que las personas puedan manejar tanta complejidad y haciendo necesaria la ayuda de la tecnología. En una fábrica necesitamos esa capa de inteligencia que permita gestionar la complejidad, para poder cambiar el modelo, pero también se requiere la parte inteligente creativa que de la que carecen las máquinas.

A pesar de las ventajas que ofrecen las máquinas autónomas e inteligentes, muchas compañías deben hacer frente a importantes retos para beneficiarse de la fabricación digital, como la dificultad de integrar a las personas en estos procesos altamente automatizados. Aunque los avances tecnológicos se han posicionado como la base de lo que hace que la Industria 4.0 sea tan disruptiva, las personas siguen siendo un elemento crítico del éxito de cualquier empresa. Según un informe sobre las implicaciones de la Industria 4.0, se establece que, dada la importancia de esta disrupción tecnológica, no solo en la fabricación sino también en la formación de capital humano y los nuevos modelos de negocio, la información y el

conocimiento son elementos fundamentales para el conocimiento y dar soporte. Del mismo modo, promover la concienciación de los directivos sobre la importancia de la transición de sus empresas a la fabricación inteligente y formar a las personas sobre cómo hacerlo. (Cortés, 2017, p.14)

Laaper (2020, p.5) indica la necesidad de prestar atención al factor humano previamente a la hora de implementar la tecnología de una *Smart Factory*. Es necesario considerar las perspectivas orientadas al usuario para lograr los objetivos comerciales al diseñar fábricas inteligentes. Es decir, comprender cómo funcionan los roles individuales y qué herramientas necesitan. Al mismo tiempo, según se explicó en una entrevista se trataba de *“un enfoque centrado en el ser humano para comprender cuáles son los puntos débiles, asegurándonos de comprender cómo necesitan usar la información, qué deben buscar, por qué deben investigarlo y cómo deben actuar al respecto”* (Deloitte, 2019).

Un estudio de Deloitte (2020, p.4) expone que, para posicionar las iniciativas de la fábrica con el fin de crear valor, los líderes deben analizar los siguientes cuatro puntos para abordar la gestión del cambio dentro las fábricas inteligentes:

- **Un diseño centrado en el ser humano basado en las necesidades de los usuarios:** Promover la cooperación hombre-máquina creando, por ejemplo, interfaces para que cada empleado vea la información y los datos que le son pertinentes para desempeñar su trabajo, creando valor para los usuarios al disponer de información en tiempo real de lo que está ocurriendo. Estos se clasifican, creando una ordenación inteligente, para que cada usuario pueda acceder a la información relevante para su puesto de trabajo, sin tener que tamizar miles de datos innecesarios. Un ingeniero no va a requerir de la misma información que necesita un contable o un director de marketing.

- **Una estrategia tanto descendente como ascendente (*Top-down, Botton-up approach*):** priorizar no solo el apoyo en el nivel de los altos cargos, sino al mismo tiempo ayudar a los empleados y trabajadores para fomentar la asimilación por parte de toda la compañía, y facilitar la adaptación de los nuevos sistemas y tecnología. Al final, resulta fundamental que los trabajadores cuenten con la formación necesaria, ya que estos constituyen un alto porcentaje de los empleados totales y son los que trabajan directamente con la maquinaria y la tecnología.

- **Equipos con una amplia gama de habilidades en distintos campos:** este es uno de los mayores retos a los que se van a enfrentar las compañías. En su estudio, Punit Renjen (2020) expone que sólo un 14% de los líderes en manufactura afirmaron que su organización poseía actualmente las habilidades necesarias para el futuro. Al fin y al cabo, en las fábricas inteligentes se va a necesitar profesionales de áreas totalmente opuestas, desde científicos, programadores, desarrolladores de software, incluso filósofos con el fin de tratar temas éticos dentro de la inteligencia artificial, entre otros.

- **Asistencia y formación continuas:** La tecnología no tiene por qué actuar solamente como un competidor, sino también como un colaborador. Por ejemplo, los *wearables*, uniformes equipados con la tecnología IoT, con el fin de monitorizar los entornos del trabajo. Con la información recogida del trabajador, se pueden realizar predicciones mediante inteligencia artificial y prevenir los accidentes haciendo las tareas más seguras. Un caso concreto son los cascos inteligentes desarrollados por la start-up Engidi, donde su fundador Ignacio Massana señala en una entrevista que este enfoque permite obtener datos en tiempo real en situaciones de emergencia, reduciendo el tiempo de respuesta e incrementando la seguridad laboral. Pero también permite identificar patrones de comportamiento para la prevención de peligros laborales, gracias a la aportación de datos cuantitativos y cualitativos. (Samaniego, 2019)

Por lo que es necesario entender, tanto el componente humano como el tecnológico, para poder utilizar de forma coherente las nuevas herramientas digitales, adaptándolas a cada proceso y cada puesto de trabajo.

2.3 SMART FACTORY

Uno de los ejemplos de aplicación de la Industria 4.0, es la llamada Factoría Inteligente o *Smart Factory*. Un concepto de fábrica del futuro en donde confluyen todas las tecnologías emergentes y conectividad de última generación, entre ellas la tecnología 5G y el IoT. Según el Centro de Ciberseguridad Industrial (2019, p.6) la *Smart Factory* es un concepto surgido de la Industria 4.0, como la culminación de la cuarta revolución industrial. Aspira a que las fábricas sean capaces de ser flexibles y adaptarse de forma inmediata a distintos procesos, cambiar los productos que se fabrican y adaptarlos a las necesidades específicas de cada cliente a través de

la personalización. La *Smart Factory* empieza a proporcionar oportunidades sin precedentes, además de nuevos riesgos, a los negocios y la sociedad.

Las características esenciales de una *Smart Factory* pueden resumirse en:

- **La conectividad:** este sin duda es uno de los aspectos más diferenciadores dentro de la *Smart Factory* a la hora de obtener datos precisos de las máquinas y sus componentes. Para generar estos datos y facilitar la toma de decisiones en tiempo real, es necesario que exista una interconexión entre procesos y máquinas. Esto implica la instalación de sensores inteligentes en los activos de la fábrica, garantizando que la información esté siempre actualizada, refleje escenarios reales y permita a los sistemas extraer ininterrumpidamente conjuntos de datos de fuentes nuevas y tradicionales. Asimismo, esta conectividad se traduce en un incremento de competitividad. Gracias a la digitalización de la fábrica, podemos alcanzar mayores niveles de eficacia, entendida como la relación entre los recursos empleados y los resultados obtenidos. (Empresa Europea Dirección Empresas, 2019). Mediante la generación de datos en el proceso productivo podemos crear valor analizando:
 - Control de toda la cadena productiva.
 - Situación actual de las máquinas en tiempo real.
 - Seguimiento y trazabilidad de cada producto.
 - Tiempo empleado.

Al habilitar el acceso a este tipo de información más específica, permite a la empresa diseñar estrategias más precisas para hacer una mejor gestión del stock y la demanda, reduciendo así desperdicios de material, detectando desviaciones en tiempo real, o gestionar la planificación de la fábrica para ser más eficientes en tiempo. Sin embargo, el principal problema es que la instalación de una *Smart Factory* requiere un gran desembolso de capital inicial, el cual es necesario pero difícil de justificar. Esto se debe a que los beneficios no son fáciles de calcular, pudiendo ser un obstáculo a la hora de que una empresa decida o no implantar una fábrica inteligente. Según un informe realizado por Siemens (2017), el beneficio principal más observable a simple vista es el aumento de la productividad,

permitiendo reducir el tiempo de inactividad, disminuyendo los tiempos de preparación; mejorar la calidad del producto, y reducir el consumo de energía. Además, se genera una mejora de la previsión de la planificación, reduciendo la cantidad de residuos y las existencias en el almacén.

Como se puede apreciar en la ilustración 4, se establece una integración entre el mundo físico y el digital, sincronizándose y obteniendo un incremento de competitividad. Por lo que la asociación del mundo físico y digital supone un puente desde la automatización tradicional de la fábrica hacia un sistema totalmente interconectado y flexible. Este sistema autónomo es capaz de aprender mediante un flujo constante de datos procedentes de sistemas productivos conectados, es decir, tiene la capacidad de generar y analizar la información de activos tanto físicos, operativos y humanos de toda la red industrial. Como resultado esta capacidad de conectar el espacio físico con procesos, personas y máquinas permite programar y monitorizar los elementos de la fábrica desde cualquier parte del mundo, con menos paradas de producción y una mayor capacidad de previsión y respuesta a los cambios en las instalaciones.

Ilustración 4- El Ciclo Físico-Digital



Fuente: Elaboración propia a partir de *Industria 4.0: la transformación digital de la industria* de José Luis del Val (s.f)

- **Automatización:** hasta cierto punto este factor ha sido una característica propia de la fábrica desde hace unos años, ya que los altos niveles de autonomía no son nada nuevo. Sin embargo, este nuevo grado de autonomía en la inteligencia de las máquinas interconectadas permite aumentar la capacidad de producción y maximizar el tiempo de actividad, permitiendo a las fábricas funcionar más tiempo y más eficazmente que una operada por personas. El hecho de que una fábrica este funcionando y auto-supervisándose veinticuatro horas al día da lugar a una minimización del tiempo de inactividad, volviéndose aún más competitiva optimizando el tiempo y los recursos. Precisamente ahí radica la diferencia entre una fábrica digital y una *Smart Factory*, en la primera son las personas que, mediante los datos generados por las máquinas, toman decisiones. Mientras que, en la segunda, son las propias máquinas las que toman las decisiones, no las personas, de manera autónoma a través de esos datos. (González, 2021)

- **Transparencia:** permite el intercambio de datos digitales entre los distintos actores relevantes. Esta transparencia impacta principalmente en la gestión del inventario y de la cadena de suministros, ya que permite obtener información a tiempo real del stock o de la demanda, además de calcular modelos predictivos para el futuro. Jay Lee (2015, p.5) presentó en un informe sobre fábricas inteligentes donde cada componente físico y máquina tendría un modelo gemelo en el ciberespacio compuesto por datos generados por redes de sensores y entradas manuales. Los algoritmos inteligentes procesan los datos en el ciberespacio, de modo que la información sobre las condiciones de salud de los empleados, el rendimiento y los riesgos de los componentes físicos se calcula y sincroniza en tiempo real.

- **Flexibilidad:** la transformación hacia una fábrica más flexible permite ajustarse a cambios de programación y a un entorno cada vez más exigente y en constante cambio. La *Smart Factory* posibilita una configuración automática dentro de esta, en función del producto o productos que se quieran fabricar, y supervisar defectos de aquellos ítems en tiempo real. De este modo, la agilidad permite mejorar el tiempo de actividad y optimización de procesos de la fábrica, al reducir el número de cambios en la producción y posibilitando la comunicación entre personas y máquinas. Por lo que observamos que la flexibilidad también ejerce influencia en la eficacia de la fábrica, permitiendo a los

empleados el seguimiento de los diferentes componentes o productos. En particular, la impresión 3D permite la fabricación rápida de prototipos y revisiones de productos antes de la producción a gran escala. En este enfoque, la tecnología permite diversificar los trabajos de fabricación minimizando el riesgo. (Mecalux, 2020)

- **Proactividad:** la capacidad de detectar problemas potenciales dentro de la fábrica, lo convierte en un sistema proactivo, pudiendo responder de manera autónoma a las anomalías incluso antes de que ocurran. Daniel Martí (2016, p.30) ejemplifica el mantenimiento proactivo dentro de la *Smart Factory* y expone que la recogida de datos del sistema en tiempo real por medio de sensores permitirá, entre otros, conocer el estado de la maquinaria y realizar su mantenimiento cuando empiecen a detectarse datos poco comunes, manifestando que existe algún tipo de fallo.

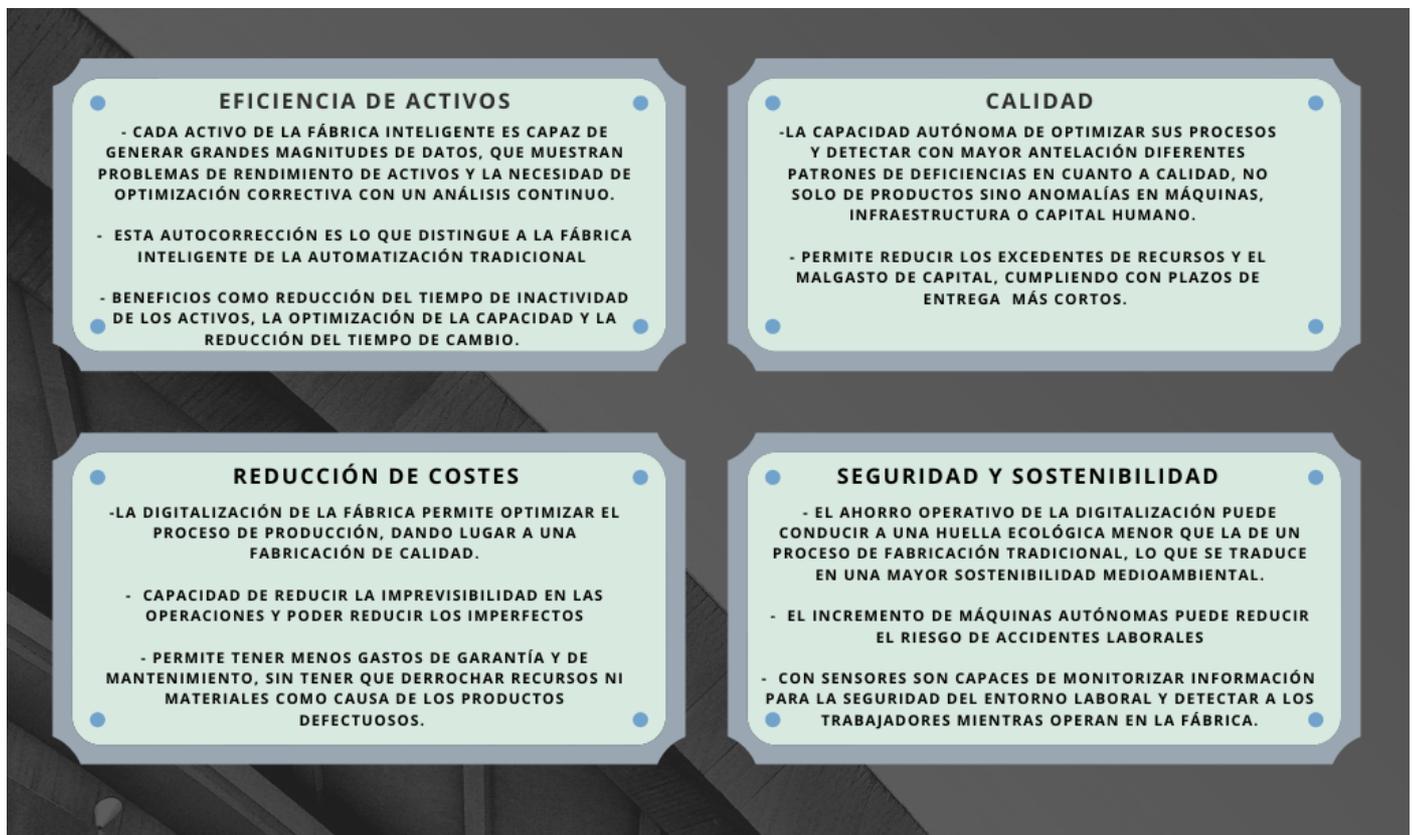
Los fabricantes pueden pasar de la automatización a las capacidades predictivas mediante el uso de herramientas como el Gemelo Digital. Este se concibe como un doble virtual de un producto, una máquina, un proceso o de una instalación de producción completa. Contiene todos los datos y modelos de simulación relevantes para su original. Los gemelos digitales no solo permiten que los productos se conciban, simulen y fabriquen más rápido que en el pasado, sino que también se diseñen con intención de mejorar el rendimiento, la robustez o la compatibilidad ambiental (Siemens, s.f). Esta capacidad de simulación acelera el diseño de un producto al permitir a los ingenieros probar y comparar más combinaciones de las que permitirían los modelos físicos. Además, experimentar con productos tangibles y sistemas industriales puede ser largo y costoso. Una versión digital, en cambio, puede editarse fácilmente ya que permite testar las pruebas incluso antes de fabricar los prototipos y fabricar mejores productos en menos tiempo y dinero. Se genera así la capacidad de predecir resultados futuros basándose en datos históricos, permitiendo incrementar del tiempo de actividad, el rendimiento y la calidad, y disminuir el número de errores, calidad, reducir costes...

Asimismo, la fortaleza de la fábrica inteligente radica en su capacidad para desarrollarse al mismo tiempo que se generan cambios en las necesidades de la organización, ya sean cambios en la demanda de los clientes o cambios en la producción en tiempo real. Los estudios de Siemens (s.f) exponen que con los gemelos digitales se puede mejorar la eficiencia energética de un edificio nuevo. Pueden incluir horarios, presupuestos y datos sobre el suministro de energía, la iluminación, la protección contra incendios y las operaciones de un edificio, además

de mostrar todos los datos geométricos de cada aspecto de un edificio. Como resultado, no es un problema optimizar el impacto climático futuro de un edificio antes de que se haya roto el terreno.

Estas competencias otorgan a los productores una mayor visibilidad tanto de los recursos a su disposición como de sus sistemas. De igual manera, permite sortear algunos de los obstáculos a los que se enfrentan las estructuras más convencionales, como la gestión ineficiente de sus recursos o la fragmentación de su producción a escala mundial. No obstante, las posibilidades para una cadena de suministro tradicional de seguir el ritmo a las cambiantes tendencias del mercado pueden ser muy reducidas. Una *Smart Factory*, situada cerca del origen de la demanda de sus clientes potenciales, puede reaccionar rápidamente a las nuevas tendencias y permitir que el producto llegue al consumidor en el menor tiempo posible. Por otro lado, una fábrica convencional tardaría semanas en reorganizar la planificación de su producción. Así pues, el valor generado por la *Smart Factory* puede resumirse en elementos tangibles que permiten justificar la inversión de la *Smart Factory* como herramienta 360°, entre ellos:

Ilustración 5- Tabla del valor de la Smart Factory



Fuente: Elaboración propia a partir de *La Digitalización y la Industria 4.0* de CCOO Industria. (2017).

3. SECTOR DEL AUTOMÓVIL EN EUROPA

3.1 CARACTERÍSTICAS Y ANALISIS MACROECONÓMICO

Antes de nada, resulta imprescindible exponer la importancia de la industria automovilística para el desarrollo económico de Europa. Este tema se ilustra dentro de uno de los informes anuales del Parlamento Europeo (2021, p.11) en el cual se describe cómo la industria del automóvil contribuye de forma significativa a la economía de la Unión Europea. La automoción emplea aproximadamente al 6% de la mano de obra de la UE, mientras que el volumen de negocio del sector representa más del 7% del PIB europeo. Además, la industria del automóvil es el sector que más invierte en investigación y desarrollo. No obstante, la industria se encuentra en una bifurcación, con múltiples desarrollos que reconfiguran el panorama:

- Las tendencias de la transición ecológica, electro-movilidad...
- La transición digital, en particular (conectividad, conducción autónoma, software, etc.).

Por el contrario, los avances tecnológicos como consecuencia de estas tendencias han reducido las barreras de entrada al sector, especialmente con la llegada del coche autónomo, donde las tecnologías digitales han aumentado la relevancia del software y los datos. Asimismo, esta disrupción ha aumentado la competitividad en el sector, otorgando relevancia al papel ejercido por las empresas tecnológicas para participar en el desarrollo digital de los automóviles, aumentando su capacidad de trastocar el mercado y las empresas tradicionales.

Por el lado de la oferta, existe un importante cambio estructural que afecta a la industria, relacionado con la transición hacia los vehículos eléctricos. Concretamente, estos vehículos ya cuentan con una cuota de mercado superior al 1% en al menos 20 países, y representaron el 2,6% de las ventas de automóviles a nivel mundial y el 3,5% de las ventas de automóviles en Europa en 2019. Varias iniciativas europeas sobre movilidad eléctrica están ayudando a desarrollar estas mejoras y a apoyar a los productores en Europa. Estos planes son importantes ya que, aunque el coche eléctrico va a generar grandes beneficios económicos y medioambientales, el cambio disruptivo en la industria podrá dar lugar a cambios en la producción, donde se reducirán las piezas necesarias y los trabajadores en su montaje (Connell, 2020).

En palabras del Parlamento Europeo (2021), la colaboración es un elemento esencial – incluso los 25 principales proveedores mundiales de primer nivel están formando cada vez más *Joint Ventures* para compartir la gran carga económica que supone el I+D y los rápidos plazos de entrega necesarios para mantenerse al día con los avances tecnológicos, así como el diseño, las pruebas y la producción de vehículos eléctricos.

Ilustración 6- Incremento Global de Joint Ventures



Fuente: Adaptación de *Autonomous Technologies, Connectivity, Electrification and Shared Mobility* de McKinsey & Company 2020

Durante más de un siglo, la industria del automóvil ha sido una industria global. Sin embargo, los cambios en la estructura económica europea han contribuido a una reelaboración de las cadenas de suministros, donde ahora las multinacionales pueden beneficiarse de reducción de costes como resultado de la expansión de la Unión Europea, inicialmente en países del sur como España, y más tarde en países de Europa Central y del Este. Además, el crecimiento de los sistemas de producción regionales condujo a la integración regional, que abrió posibilidades de mejora industrial en los países en desarrollo. De este modo en los mercados emergentes, los proveedores comenzaron a visualizar oportunidades para ascender en la cadena de valor, como en el caso de República Checa, Hungría, Polonia, Eslovaquia y Rumanía en Europa. Esto dio protagonismo no sólo los Estados fabricantes de automóviles, sino a otros Estados miembros a través del *outsourcing*. Por consiguiente, estos también desempeñan un papel crucial en la fragmentada cadena de valor, dado que un gran número de fabricantes de Europa Occidental subcontratan elementos de su cadena de suministro a países de Europa Central y Oriental.

En consecuencia, se ha ido generando en Europa una reorganización geográfica a favor de los nuevos miembros de la Unión Europea, promoviendo una tendencia de traspasar la producción automovilística, históricamente asentada en la parte occidental, hacia los países del Este. En los

países de Visegrado (República Checa, Polonia, Eslovaquia y Hungría) la inversión extranjera ha sido un importante motor de crecimiento, ya que ha garantizado la integración de estos en las cadenas de suministro de multinacionales globales en la industria automovilística, así como en el sector de la electrónica. Esto ha contribuido a la transferencia para estos países, de tecnología y a la dotación de infraestructuras físicas necesarias para afrontar mucho de los retos digitales de hoy en día. Las razones por las que estos países resultan tan atractivos en el sector automovilístico son las que se exponen a continuación:

- **La deslocalización:** fue un factor crucial en el traspaso de los productores hacia el este, ya que la mayoría de estos países dependía de las relaciones comerciales con Alemania, el motor de esta industria, siendo cercanos desde la perspectiva logística, con un transporte fácil por carretera evitando cualquier otro tipo de traslado de más alto coste. Además, este incremento en la deslocalización de empresas fue propiciado por el cambio del espacio común europeo, el mercado común, como resultado de la integración de los países de Europa Central y Oriental (Myro, 2011, p.11). El hecho de que países como Polonia compartan fronteras la región alemana supone una gran ventaja, ya que mantienen la proximidad geográfica, pero fabrican en otro país. Todor Velev (2005) ilustró el caso en su artículo para El País con un ejemplo sobre la compra de una unidad de negocio de una empresa alemana perteneciente a otra industria, situada a 80 kilómetros de la frontera alemana. Toda la producción era dirigida al mercado alemán. Pues bien, toda la fabricación tenía lugar en otro país. Incluso el director técnico vivía en Alemania y viajaba cada día a su puesto de trabajo en el otro país.
- **Gran tradición industrial:** en particular, destaca la industria metalmecánica e industria automotriz, ligada a la historia de esos países, líderes en producción armamentística y gran formación militar. Este legado industrial de Europa Central, según Lucia Mynta Kurekova (2018), sirvió de base para el renacimiento y la expansión del sector. Durante el socialismo de Estado, Europa Central funcionó como columna vertebral industrial para el procesamiento de productos primarios importados de la Unión Soviética, debido a una ventaja comparativa y a un legado manufacturero pre-soviético. Por ejemplo, la fábrica Skoda se fundó en Checoslovaquia en los años 20, mientras que Hungría y Polonia tienen una larga historia de producción de coches ligeros, autobuses, vehículos pesados y militares y motores. Además, el mercado comienza a crecer hacia los países de mayor compra de automóviles, coincidiendo con este grupo de países que, tras

convertirse en economías de consumo, el símbolo de estatus para la sociedad era poseer un coche. (Quesada, 2022)

- **La cualificación de los trabajadores y los bajos costes laborales:** los costes de producción constituyen una fuente de atracción para capitales extranjeros, que han incentivado la deslocalización de las empresas del sector hacia el este.

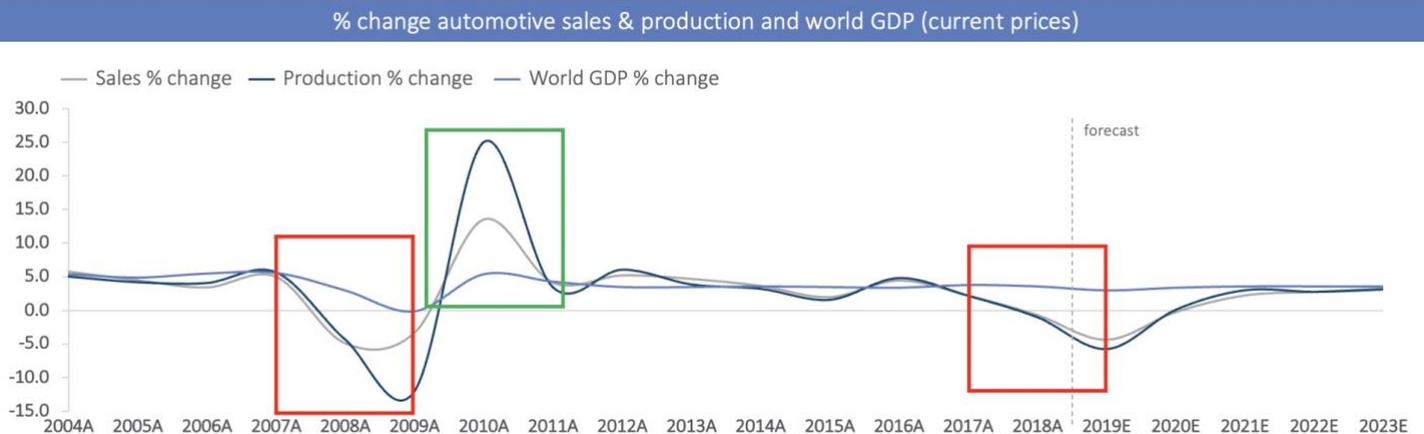
Por otro lado, Aleš Kocourek (2016, p.81) indicó que la industria del automóvil siempre se ha caracterizado por ser un enorme inversor en investigación y desarrollo, además de un gran sector innovador. No obstante, por primera vez en diez años a raíz de la pandemia, la inversión global en I+D de las empresas europeas ha disminuido (-4.3%) debido principalmente al debilitamiento del sector automovilístico. Sin embargo, este sector continúa siendo el que más invierte en I+D para las empresas de la UE, y su importancia radica en términos de competitividad global, ya que la I+D agregada de esta industria se ha duplicado desde 2010 hasta hoy. (Comisión Europea, 2021) La innovación que impulsa el mercado del automóvil se puede descomponer en:

- **Innovación en la fabricación:** con la mejora de la eficiencia del combustible, carrocerías de aluminio, tecnología informática y sistemas de seguridad instalados en los automóviles, etc...
- **Innovación en la financiación y las ventas:** ofreciendo el alquiler operativo de los vehículos en lugar de la compra.
- **Innovación en marketing y publicidad:** la industria del automóvil gastó globalmente en 2014 unos 100.000 millones de euros en publicidad.

3.2 DESAFÍOS FUTUROS DEL SECTOR

El sector está viviendo una transformación como consecuencia de una serie de factores externos, que anteriormente han aparecido en este estudio bajo las siglas citadas de CASE. Estos efectos repercuten a la tendencia que durante años se había producido, en donde la curva del Producto Interior Bruto o *Gross Domestic Product*, que refleja la riqueza de un país, y la curva de producción de automóviles estaban correlacionadas y eran simétricas, como se puede observar en la ilustración 7. Sin embargo, en 2019 se estimó que sería el tercer año consecutivo con un crecimiento de la producción inferior al del PIB, con una disociación entre ambos explicada por las perturbaciones que estaba experimentando el sector, hasta la llegada del Covid-19 y la pandemia en febrero de 2019.

Ilustración 7- Brecha entre la producción automovilística y el PIB mundial



Fuente: Gestamp (2019)

Entre las causas de este cambio de tendencia destacan el cambio de comportamiento del consumidor, con el modelo de propiedad compartido, donde la propiedad del coche deja de tener relevancia y los consumidores buscan movilidad, y la búsqueda de sostenibilidad en los productos, como energías limpias y el vehículo eléctrico.

Por otro lado, el endurecimiento de los nuevos objetivos del marco legal y regulatorio sobre el ahorro de combustible y emisiones CO2 ha dado paso a la irrupción de un nuevo tipo de vehículo, llevando a las empresas a crear vehículos más ligeros, e impulsando la llegada del coche eléctrico. Según cálculos de Gartner (2022), en este año se venderán seis millones de coches eléctricos, de batería e híbridos, frente a los cuatro millones de 2021. Además, desde el punto de vista de la demanda, la incertidumbre está afectando a las planificaciones de las fabricantes de automóviles, moviéndose de planificaciones a largo plazo a estar enfocadas a corto plazo. Esto hace que la palabra flexibilidad cobre especial protagonismo en el futuro del

sector. Si la brecha se mantiene, las oportunidades de crecimiento en el mercado del automóvil podrían provenir del reajuste de existencias y de ahí la importancia de las *Smart Factory*, que posibilite cambiar líneas de producción simultáneamente, y adaptarse al futuro.

Asimismo, el imponente aumento de la producción automovilística en los países en desarrollo y las economías emergentes ofrece oportunidades al sector del automóvil de la UE, pero también ejerce presión para que mejore su sostenibilidad y sobreviva a un entorno competitivo en expansión. Por lo que esta competitividad es una de las claves estratégicas europeas para implementar la Industria 4.0, dado el desarrollo de nuevos mercados, la digitalización de la industria genera una feroz competencia entre las empresas y los bloques económicos, según la Comisión Europea (s.f).

En definitiva, podemos diferenciar diversas palancas de cambio que están alterando drásticamente la movilidad, suponiendo un enorme reto para los fabricantes tradicionales y sus proveedores: el aumento de los vehículos eléctricos, la creciente popularidad de la movilidad compartida y la llegada de los coches autónomos. Estas nuevas tendencias de movilidad tendrán efectos en la industria automovilística tradicional, en particular, los productores tradicionales y sus proveedores se enfrentarán a la disminución de los márgenes, al tiempo que se verán obligados a invertir más en nuevas tecnologías y soluciones para seguir las olas de innovación cambiantes del mercado.

- **El avance de la electro-movilidad:** puede suponer una gran disminución de la demanda de piezas, afectando de forma desproporcionada a las economías europeas. Al final, los automóviles eléctricos son mucho más sencillos que los de combustión: tienen la mitad de los elementos (4.000-5.000) que un coche normal (unos 9.000), por lo que se requieren menos piezas. Y a pesar de que las baterías son elementos más caros de fabricar por todos los materiales necesarios para su fabricación, según la Oficina de Tecnologías de Vehículos del Departamento de Energía de Estados Unidos (2021), el precio de las baterías ha bajado un 87% entre 2008 y 2021, como consecuencia del aumento de la producción y los avances tecnológicos.
- **La expansión tecnológica de los nuevos vehículos:** puede dar lugar a la entrada de nuevas empresas tecnológicas en el sector del automóvil, incrementando así la competencia. Ya no solo conviven las fábricas tradicionales de automóviles con sus

cuotas de mercado estables, sino que aparecen nuevas empresas disruptivas en el sector, como puede ser Tesla.

- **Las tendencias actuales:** en el sector del automóvil hacen hincapié en el software como un diferenciador importante. Podría suponer un reto importante para los proveedores tradicionales, exigiendo el desarrollo de nuevas competencias y formación.

En resumen, se trata de un sector globalizado y eficiente, sin embargo, es un sector al que se le exige cambiar. Es altamente probable que el sector del automóvil lidere los cambios por venir, ya que, aunque cada sector cuenta con características propias, todos comparten elementos comunes. Por ejemplo, todos ellos requieren de conectividad como facilitador para conseguir esa flexibilidad y movilidad que demandan los procesos hoy en día. Asimismo, esta industria, como muchas otras, fue perjudicada en 2020 por la crisis provocada por la pandemia del COVID-19, siendo uno de los sectores más afectados. Por una parte, sufrió las consecuencias geopolíticas de la guerra comercial entre China y Estados Unidos, con una crisis en la cadena de suministros a nivel global, y más adelante, por las restricciones sanitarias en el continente por la consideración de este sector como actividad no esencial. A todo esto, vino sumada la incertidumbre provocada por la pandemia, el confinamiento y la poca movilidad de los consumidores... Según las estadísticas de Eurostat (2021), tras varios años de aumento constante, la producción industrial de la UE en 2020 cayó un 7 % en comparación con 2019 debido a la pandemia de COVID-19, alcanzando casi el nivel de 2010 y 2015, el período posterior a la crisis financiera.

3.3 EL IMPACTO DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR

El entusiasmo que está mostrando la industria automovilística por las fábricas inteligentes pone de manifiesto el valor de la Industria 4.0 y los beneficios que está conlleva. Según una encuesta realizada por el Instituto de Investigación Capgemini (2020), para 2025 la industria espera transformar el 44% de sus plantas en fábricas inteligentes, pero las empresas también deben invertir en conocimientos y sistemas para alcanzar todo su potencial. En la actualidad, empresas de alto nivel en el sector han obtenido importantes beneficios gracias a las operaciones inteligentes:

- Por ejemplo, **Mercedes-Benz** ha sido pionera en la fabricación inteligente con su emblemática Factory 56, estableciendo nuevos puntos de referencia para la industria automovilística con una inversión de 730 millones de euros. La máxima flexibilidad es el aspecto más significativo de Factory 56, pudiendo llevar a cabo todos los procedimientos de montaje de vehículos de diversos diseños y sistemas de propulsión - desde los convencionales hasta los totalmente eléctricos- en un solo nivel. (Mercedes-Benz, 2020)
- **Renault** (2019) mediante el uso de tecnologías disruptivas, crea un vehículo cada cuatro segundos, entre ellas robots colaborativos, vehículos guiados autónomos y tecnología colaborativa para trabajadores. La tecnología de exoesqueleto ha ayudado a Renault a reducir unos 15 kg de peso por operario de planta, y el uso de *tablets* ha ahorrado a sus empleados una hora diaria de trabajo.

A pesar de todos estos avances, el híbrido perfecto de conectividad, formado por personas y robots que cooperan de manera ordenada, aún no se ha alcanzado en la mayoría de las instalaciones de automoción. Sin embargo, los principios de la Industria 4.0 fueron rápidamente aceptados por el sector. Por otro lado, los consumidores han pedido más conectividad en sus coches, lo que ha empujado al sector a expandirse aún más. La mayoría de los fabricantes y proveedores de automóviles han emprendido voluntariamente el camino hacia la Industria 4.0, lo que está conduciendo a una mayor rentabilidad a futuro. Los sensores en toda la cadena de suministro han demostrado ser cruciales. Simplemente con la integración de líneas inteligentes y conectadas, Bosch logró en 2016 un aumento del 25% en la producción de su sistema de frenado automatizado (ABS) al mismo tiempo que desarrollaba su programa de estabilidad electrónica con la introducción de líneas inteligentes y conectadas. (Masters, 2017) La Industria 4.0 ofrece una serie de beneficios a los profesionales de la cadena de suministro en todos los sectores, muchos de los cuales tienen un impacto directo en los resultados de una empresa. Sin embargo, de cara al sector de la automoción existen una serie de beneficios claros (Masters, 2017):

- **Vehículos más ligeros:** En el sector de la automoción, tanto los proveedores como los fabricantes de equipos originales, aquellos que confeccionan piezas y componentes del vehículo, están sometidos a normas de combustible cada vez más estrictas. En consecuencia, se ha impulsado el aligeramiento de los vehículos para incrementar el

ahorro de combustible. De esta forma, los fabricantes de componentes y los proveedores podrán ajustar rápidamente los requisitos de fabricación en respuesta a las normas cambiantes gracias a la tecnología.

- **Capacidades de autocontrol:** A medida que las instalaciones abogan cada vez más por la producción ininterrumpida, la fiabilidad de los equipos se vuelve más importante. Las plantas de producción basadas en la Industria 4.0 contarán con sistemas de monitorización para detectar posibles problemas de mantenimiento antes de que provoquen tiempos de inactividad. La misma técnica puede emplearse en los propios automóviles para disminuir la probabilidad de averías inesperadas.
- **Capacidad de personalización:** Los conductores de hoy en día expresan con frecuencia su deseo de modificar la configuración de su vehículo. Esta personalización no es posible en el proceso convencional de producción de vehículos, ya que por lo general siempre ha estado basada en la producción en masa. Sin embargo, a medida que la industria de la automoción avanza hacia la digitalización, los fabricantes de automóviles podrán adaptar vehículos específicos al tiempo que reducen los plazos de entrega a través de esta personalización en masa.
- **Deslocalización:** Los fabricantes del sector automovilístico se caracterizan por tener instalaciones en todo el mundo, permitiendo la flexibilidad de la red, pero haciendo más compleja la gestión. Mediante la Industria 4.0, una empresa puede conectar y monitorizar todas las ubicaciones a la vez, obteniendo datos de su productividad en tiempo real, para que en el caso de que haya una fluctuación de demanda entre países, las operaciones puedan cambiar entre instalaciones de distintos países. En otras palabras, si la demanda o la producción cambian, las operaciones pueden desplazarse entre las instalaciones según sea necesario.

Mientras tanto, la transición a la Industria 4.0 plantea ciertos obstáculos importantes que los fabricantes de automóviles deben abordar con el fin de seguir siendo competitivos:

- **Asimilación de los contratistas:** El sector de la automoción depende en gran medida de la producción subcontratada, que ofrece más flexibilidad para responder a los cambios del mercado a corto plazo. Sin embargo, integrar a esos contratistas en una

cadena de suministro con visibilidad de extremo a extremo (E2E) puede ser un reto. Según los expertos de Slimstock (2020), es un tema muy delicado en el mundo empresarial ya que simplemente, no se puede medir, mantener o mejorar algo que no se puede ver. La cadena de suministro puede ser muy extensa y complicada, con muchos proveedores y pasos diferentes. Por ese motivo es fundamental supervisar lo que ocurre en las fases de planificación, abastecimiento, construcción, entrega y devolución para poder dirigir correctamente la empresa. La visibilidad de la cadena de suministro *End to End* implica el proceso en su totalidad, empezando con la adquisición de materias de los proveedores y finalizando con la entrega al cliente. El proceso necesita ser rastreado con registro de datos y monitoreo de condición, y esos datos recolectados deben ser analizados.

- **Gestión de datos:** Con la llegada de la era del *Big Data*, el sector del automóvil cada vez genera más volumen de datos. Aunque cierto es que la computación en la nube resuelve la traba del almacenamiento de información, muchas fábricas siguen teniendo dificultades para convertir sus datos en información relevante. Para solventar este problema es necesario, por un lado, mayor formación para los empleados, y necesitarán utilizar un software de gestión logística que incluya análisis avanzados y aprendizaje automático de forma estratégica.
- **Seguridad de los datos:** El paradigma actual de esta industria es similar a un bucle de datos cerrado, en el que la información permanece en la propia empresa. El objetivo de la Industria 4.0 es cerrar ese bucle, con la consecuencia negativa de que todas las empresas productivas sean vulnerables a los ciberataques. Esto es especialmente preocupante para el sector del automóvil, ya que los vehículos conectados hackeados podrían causar un daño considerable a los conductores y a la sociedad en general.
- **Altos costes:** El elevado coste de implementar la fabricación inteligente es una desventaja importante. Muchos empresarios no pueden pagar los costes de las tecnologías, como la inteligencia artificial. Esto supone una desventaja competitiva para estas entidades en comparación con los competidores que pueden desplegar la tecnología. La tecnología de la Industria 4.0 es extremadamente complicada, y si los sistemas se planifican mal o se implantan de forma incorrecta, podrían surgir problemas. Por ejemplo, podría dar lugar a una mala calidad de los productos o a métodos de

producción defectuosos, lo que provocaría un aumento de los gastos de la fábrica y, en consecuencia, una pérdida de beneficios.

4. LA SMART FACTORY EN EL SECTOR AUTOMOVILISTICO ESPAÑOL

Como hemos mencionado anteriormente, Alemania está a la cabeza de este cambio digital, pero se está extendiendo a otros países, como es el caso de España. Este proceso único ofrece a los fabricantes españoles del sector la oportunidad de mejorar su actual posición competitiva. Según los datos de una encuesta realizada por Kateryna Bondar (2018), la mayor parte de la población desconoce la noción de Industria 4.0 y las tecnologías que la componen. Las empresas españolas sí tienen conocimiento de la Industria 4.0, no obstante, aún no la han incorporado a sus planes estratégicos, debido a obstáculos para una implantación más rápida como la escasez de personal cualificado, la insuficiencia de infraestructuras de comunicación y la exigencia de mayores estándares de ciberseguridad para las tecnologías de la Industria 4.0.

4.1 INICIATIVAS

En 2020 la industria automovilística española ha invertido siete mil millones de euros en la investigación de soluciones tecnológicas (Portilla, 2021). Sin embargo, sigue teniendo importantes dificultades, en concreto la falta de financiación de los avances técnicos, las barreras intelectuales entre los propietarios y los directivos, y la escasez de personal competente, tanto entre los empleados de producción como entre los directivos, son las principales barreras para el crecimiento de la Industria 4.0. Además, la falta de colaboración entre las empresas, las instituciones de investigación y las administraciones públicas obstaculiza la creación de nuevas ideas.

No obstante, existen palancas de creación de valor que posibilitan acceder a esa mayor diferenciación o productividad, a través de la digitalización. Con resultados muy concretos, se debe analizar a cada empresa en cada fase, identificar los elementos que permiten ser digitalizados o automatizados. El Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de España ha desarrollado desde 2015 un programa de apoyo denominado Industria Conectada 4.0. Este se basa en la actuación conjunta tanto del sector público como las empresas privadas para incentivar la transformación digital dentro del sector industrial español. Este plan estratégico consta de varios proyectos diseñados por la Secretaría General de Industria (2019) para facilitar a las empresas españolas su adaptación al futuro y de esta manera mejorar su sostenibilidad

ambiental gracias a la digitalización. Uno de los principales programas es el proyecto HADA, una herramienta online diseñada como un cuestionario para las compañías que muestra su nivel de estado de madurez digital. Según la plataforma del Gobierno de España, se han definido 6 niveles de madurez que hacen referencia al grado de implantación de la Industria 4.0 en las organizaciones y el punto en el que se encuentran en el proceso de transformación digital. HADA analiza 16 áreas distintas que se corresponden con 5 dimensiones organizacionales de las empresas: Estrategia de mercado, procesos, organización y personas, infraestructuras y productos y servicios. (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, s.f)

Otro programa para destacar es Activa Industria 4.0, destinado al asesoramiento de empresas privadas para la implementación de Industria 4.0 en el marco de la estrategia nacional, por medio de consultoras especializadas en el área. El objetivo final es ofrecerle a la compañía una estrategia de transformación digital a través de un diagnóstico inicial y una guía de las tecnologías habilitadoras necesarias para la digitalización de su fábrica. Además, como incentivo para la transformación digital, el gobierno ofrece dentro de estos programas de apoyo una serie de ayudas para las empresas privadas españolas que desarrollen una actividad industrial. Sin embargo, se requieren ciertos requisitos técnicos por parte de la empresa como: la implementación de plataformas de interconexión de la cadena de valor, inteligencia artificial, proyectos mediante el gemelo digital, al menos tener un robot físico, utilización de sensores dentro de la fábrica...

Por último, otro de los planes estratégicos relevantes es el de Apoyo Integral al Sector de la Automoción. Una iniciativa que defiende la movilidad sostenible y conectada, con medidas que acompañen la transición que experimenta ahora el sector como planes de estímulo de la demanda de vehículos cero y de bajas emisiones. Este se fundamenta en el impulso de factores como la creación de empleo de alta cualificación, mejorar el entorno laboral promoviendo la seguridad y la salud de los trabajadores, propulsando la innovación industrial e inversiones en investigación... Asimismo, está ligado a la Estrategia de Transición Justa inscrita en la Agenda del Cambio, dentro de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, s.f)

Estos programas son vitales ya que la tecnología por sí sola no es la solución final, antes debe existir una conversión de la compañía. Cada empresa debe antes desarrollar una estrategia digital de acuerdo con sus características, una transformación de su cultura organizacional y la

capacidad de implantar la tecnología dentro de su fábrica, para que toda la tecnología se utilice con un sentido y un propósito.

5. ANALISIS DEL CASO GESTAMP

El objetivo de este epígrafe es exponer un caso práctico de una empresa del sector en cuestión, caracterizada por aplicar las tecnologías de la Industria 4.0 en el proceso productivo, y su implementación de una *Smart Factory* en España. La finalidad es analizar la tecnología que han implementado en sus procesos, la ventaja competitiva que supone para la compañía, y retos futuros para tener en cuenta si se quiere sobrevivir en esta nueva oleada de cambios. El presente caso se ha completado con entrevistas presenciales con el director de Industria 4.0 y el director de marketing y comunicación de Gestamp.

5.1 POSICIONAMIENTO DE LA EMPRESA EN EL SECTOR

Gestamp es una empresa dedicada al diseño, desarrollo y fabricación de componentes y piezas metálicas para automóviles. Específicamente, se centra en desarrollar productos con diseño innovador con el objetivo de fomentar la seguridad en los vehículos, haciéndolos más ligeros y disminuyendo el consumo de energía y la huella ecológica. Se trata de una entidad

Ilustración 8- Esquema de los países en los que opera Gestamp



Fuente: Informe Anual de Gestamp. (2021)

relativamente moderna en el sector, trabajando 20 años como un proveedor internacional, comenzó siendo una pequeña compañía local de estampación en frío hasta convertirse en la

actualidad en una empresa líder en tecnología en estampación en caliente, con una fuerte innovación, apostando por una investigación constante y desarrollo de tecnologías disruptivas. presente en 24 países como podemos apreciar en el gráfico. Cuenta con un máximo de veintidós plantas de producción en España y dos centros de investigación y desarrollo, seguido por China con once fábricas y Estados Unidos con nueve plantas. (Gestamp, s.f)

Gestamp se encarga de la producción de una amplia gama de componentes metálicos que definen la estructura del vehículo, desde carrocería, chasis, mecanismos... cubriendo toda la cadena de valor desde el diseño hasta la producción final del mismo.

La crisis de los semiconductores ha influido enormemente en el sector, como consecuencia de la cancelación de aproximadamente 10 millones de automóviles a raíz de este contexto. A pesar de ello, Gestamp registró unas ventas de 8.093 millones de euros, con un aumento del 8,5% (+11,2% a tipos de cambio constantes) respecto al año anterior. En comparación con el modesto crecimiento del mercado mundial automovilístico, esto supone una mejora de 8,1 puntos porcentuales. A pesar de la reducción de las ventas, el grupo pudo mejorar la rentabilidad tras este año demoledor, obteniendo un EBITDA del 12,3% de las ventas y un flujo de caja de 221 millones de euros en un entorno difícil. (Riberas, 2021)

A lo largo de más de dos décadas de existencia, la empresa ha progresado en términos de tecnología, pasando de ser una empresa de estampación en frío a una entidad multi-tecnológica que invierte continuamente en la incorporación de nuevas tecnologías a sus procesos de producción, al tiempo que trabaja en las técnicas tradicionales. Según Miguel López-Quesada (2022), Gestamp sigue manteniendo ambos negocios: la fábrica tradicional y la *Smart Factory*. Esto es necesario ya que el coste de la tecnología e innovación de la *Smart Factory* lo asume la propia empresa, a través de la actividad generada de la producción tradicional, con los activos de los que ya dispone Gestamp, que es realmente lo que aporta valor en la actualidad. Este coste es necesario para la adaptación de las tendencias actuales, visto que cada vez se demandan más productos personalizados, entornos más colaborativos, las compañías deben ser más flexibles en ciertos procesos, mejorar la experiencia al usuario, y estar mas conectadas, pues se necesita tener mas trazabilidad de procesos y dar mucha información. Con todo esto, se necesita desarrollar sistemas o conectar soluciones, con ciclos de vida muy rápidos. Asimismo, de momento no existe una diferenciación tecnológica donde se valore el producir de una forma diferente.

Esta inversión hace posible que en la actualidad tengan la capacidad de ofrecer una amplia gama de tecnologías de transformación de componentes metálicos, permitiendo a Gestamp trabajar con una gran variedad de formatos y materiales. Sus métodos de fabricación abarcan toda la cadena de valor, desde la fabricación de prensas y matrices internas hasta las tecnologías de acabado y una amplia gama de tecnologías de conformación, montaje y ensamblaje.

5.2 LA SMART FACTORY

Según explica Iñaki de las Heras (2018), la fábrica de Gestamp no es especial por lo que hace, sino por cómo lo hace. Uno de los factores estratégicos clave de la compañía ha sido su transformación digital, desarrollando un modelo de fábrica inteligente y conectada a través de un ambicioso plan de transformación en 2021 como parte de su estrategia, denominado Programa Atenea.

Ilustración 9- ATENEA: Programa de Transformación en Gestamp



Fuente: Elaboración propia a partir *Informe Anual de Gestamp* (2021)

En el Informe Anual de Gestamp (2021) se expone: “*En este tiempo hemos implementado más de 100 proyectos IoT, que abarcan los principales procesos productivos de Gestamp, como la estampación en caliente, estampación en frío, la fabricación de chasis o la soldadura por puntos. Asimismo, hemos virtualizado más de 50 proyectos, que incluyen desde líneas de producción complejas hasta fabricas completas y hemos desarrollado 9 aplicaciones para ámbitos como el mantenimiento, la logística, la calidad o la energía*”. Por lo que Gestamp a

través de todas estas iniciativas ha ido adquiriendo un conocimiento de las tecnologías actuales claves, que ha constituido la base de la fundación de la Fábrica Digital. René González (2021) en la entrevista desarrollada estableció una relación de dualidad temporal al hablar de los conceptos de IoT y Gemelo Digital. El primero estaba relacionado con el tiempo pasado, pues esta tecnología va destinada, por ejemplo, a detectar un desperfecto ya originado en una pieza. Asimismo, el Gemelo Digital lo relaciona con el tiempo futuro, pues permite planificar y predecir situaciones acontecidas que todavía no han tenido lugar.

Gestamp desarrolló su estrategia en impulsar innovaciones de uso industrial que se ajusten a las necesidades del sector, ya sea electrificación, reducción de peso de los vehículos, mayor seguridad... Incluso ha desarrollado herramientas virtuales que permiten testar las tecnologías emergentes o componentes de vehículos desarrollando su propia línea de coches digitales, los GLAB (Gestamp Laboratory Cars). Asimismo, como resultado de la combinación de su digitalización y una sofisticada experiencia técnica, han fomentado un nuevo enfoque de montaje flexible permitiéndoles producir distintos componentes en la misma línea. Están pasando de instalaciones interconectadas y específicas destinadas para cada producto a instalaciones genéricas e independientes, con vehículos de guiado automático (AGV) que sustituyen a los robots fijos. Diferenciándose así de la estrategia tradicional consistente en una sola línea de producción para cada producto y dimensionada desde el principio al volumen máximo del proyecto. Con este nuevo concepto, la capacidad de la fábrica puede aumentarse o disminuir dependiendo del volumen que demande el cliente, garantizando la máxima utilización de los activos instalados, ya sea permitiendo que se utilicen para diferentes tipos de productos o, en el caso de la capacidad ociosa debido a una disminución de la previsión de volumen, reubicando esos activos en otra planta. (Gestamp, 2021)

Ilustración 10- Tabla Comparativa entre Fábrica Tradicional y *Smart Factory*



Ilustración 2- Fuente: *Informe Anual* por Gestamp (2021)

Asimismo, Gestamp es pionera en España de implantar tecnología 5G de la mano de Telefónica en su proceso productivo, con el objetivo de conseguir la interconexión dentro de su fábrica. Esto cobra sentido en una era de transformación y de disrupción tecnológica en el sector automovilístico, con la aparición del coche eléctrico y conectado, ya que el 5G permite conectar elementos físicos de la fábrica, como pueden ser las diferentes máquinas, robots o sensores. Este proceso de obtención de datos se realiza mediante la computación que permite la tecnología de Multi Access Edge Computing (MEC). Esta red permite recopilar la información de los dispositivos de la fábrica y procesarlos más cerca que si lo hicieran desde la propia nube, es decir, proporcionan una baja latencia, el tiempo que transcurre hasta que se transmiten datos a través de una red, permitiendo así operar en tiempo real y poder anticiparse a los problemas. La utilidad de esta tecnología se puede apreciar claramente en el ejemplo del coche autónomo, el cual genera de forma constante una información que es enviada a servidores dentro de la nube, de tal forma que el vehículo pueda tomar decisiones decisivas para la seguridad de un individuo.

5.3 VENTAJA COMPETITIVA EN GESTAMP

Uno de los factores que caracterizan mejor a Gestamp es el surtido de tecnologías del que dispone a la hora de transformar y producir de forma robotizada piezas metálicas para vehículos. Estas herramientas generan un alto valor añadido, pues posibilitan manejar diferentes materiales y producir en distintos formatos otorgándole la ventaja de diferenciación.

- A través del enfoque tradicional, Gestamp no contaba con la capacidad de alcanzar los volúmenes de producción solicitados por el cliente. Hasta ahora, las compañías automovilísticas demandaban una determinada cuantía en función de las previsiones de ventas de los nuevos modelos que sacaban al mercado. No obstante, estas estimaciones suelen ser erróneas a la baja, constituyendo un problema cuando los proveedores ya han invertido en capacidad instalada para hacer frente a unos encargos que no llegan en su totalidad (Vadillo, 2022) Como resultado, en Gestamp comenzaron a introducirse proyectos digitales que permitieron alcanzar en pocos meses la producción solicitada, con una producción más flexible y evitando realizar nuevas inversiones.
- Desde la perspectiva financiera, cuentan con la ventaja de que la inversión inicial a realizar es la misma. No existe un punto de bloqueo para introducir el concepto por primera vez, no obstante, la amortización es máxima. Dicho de otro modo, no requiere de una inversión adicional para una nueva línea de producción, ya que la instalación es estándar y en caso de requerir una nueva capacidad no habría necesidad de ingeniería. Esto permite una reducción de tiempo considerable, mitigar el impacto de la incertidumbre del volumen, así como reducir las necesidades de capital.
- Uno de los valores principales de Gestamp es la sostenibilidad. Esto se ha observado a lo largo de los años en la entidad, donde prácticamente la mayoría de los proyectos nuevos con los que cuenta Gestamp son coches eléctricos, a raíz del incremento de la demanda de procesos y materias primas neutras en carbono. Por un lado, la fabricación flexible y establecer una instalación en el territorio donde se necesita, va a tener un impacto positivo al eliminar la parte de transporte y traslado de materiales de un país a otro. Por otro lado, la digitalización permite optimizar los procesos, requiriendo menos materias primas para producir y dando lugar a un menor volumen de desperdicios gracias a los análisis predictivos de stock. Permitirá, entre otros, calcular ahorros de consumo energético cuantificando la demanda o la producción, tomando decisiones

sobre qué planta debe estar operativa y cuál se debe inactiva, cuándo se requiere la utilización de una determinada máquina y cuando no... En 2017 se calculó que Gestamp redujo en un 15% su consumo energético en sus catorce fábricas gracias a la tecnología de la nube y el uso del *big data* para optimizar su uso (El Economista, 2017). Esto supone una oportunidad para crear valor en la empresa, tanto desde el punto de vista del consumidor como del inversor.

- Otro beneficio de la *Smart Factory* para Gestamp ha sido la creación de un montaje flexible. Mediante la combinación de la experiencia en digitalización e ingeniería, son capaces de producir diferentes piezas en las mismas instalaciones, en lugar de tener una línea destinada a una sola pieza. Esto da lugar a una planta modular en lugar de fija, posibilitando una mejor logística y mayor calidad en el proceso productivo. Asimismo, ha sido un proceso de transición de una instalación específica y concatenada a una fábrica más genérica e individual, operada por robots y regida por predicciones de volumen y demanda desde el principio. Esta flexibilidad otorga la posibilidad de añadir o quitar capacidad según los volúmenes van evolucionando.
- Mediante los datos generados en la fábrica, se consiguen niveles óptimos de eficiencia energética, reduciendo así costes y mejorando el posicionamiento de Gestamp. Además, como consecuencia de la regulación sobre las emisiones de Co2, la compañía ha visto incentivada a fabricar piezas más ligeras para vehículos menos pesados. Laura Viñolas (2018), directora técnica de Industria 4.0 en Gestamp, expone que la fábrica cuenta con 3.000 sensores que reciben 70.000 millones de datos sobre sus procesos industriales y los procesan en milisegundos. De este modo, habilita a cualquier operario en cualquier parte del mundo a acceder a la información sobre los procesos en tiempo real y contribuir en la resolución de problemas.

5.4 RETOS EN IMPLEMENTACIÓN

Los retos con los que cuenta Gestamp son más estratégicos que tácticos, entre ellos:

- **Cambio climático y sostenibilidad:** como ya se ha mencionado en el estudio, una de las tendencias en el sector del automóvil es la concienciación medioambiental. Aunque Gestamp se sustenta en valores sostenibles, la industria está obligando a adaptar el negocio en varios campos, como reducción de emisiones con compromisos públicos

(reducir el 30% de Co2) o eficiencia energética. Por otro lado, la generación de las materias primas sobre las que trabajar, entre ellos el acero, constituye un reto ya que gran parte de las emisiones provienen de los proveedores, recayendo en el propio Gestamp el peso de las emisiones producidas por estos.

-Inestabilidad política en países con sedes de Gestamp: Como se expuso anteriormente, gran parte de la fabricación de componentes para automóviles se produce en países del Este o Centro Europa, con una potencial inestabilidad política. Sin ir más lejos, la reciente invasión rusa en Ucrania, que afecta al grupo ya que cuenta con fábricas en ambas naciones.

- Ciberseguridad: como resultado del incremento de la conectividad y la digitalización en las fábricas e instalaciones de Gestamp, las amenazas virtuales se multiplican de forma exponencial. En 2021 se lanzó como respuesta un nuevo Plan de Ciberseguridad Industrial para todas las plantas de la compañía para combatir cualquier tipo de riesgo.

-Incertidumbre en las estimaciones de ventas de automóviles: Cada vez el entorno en el que se desarrolla la actividad de Gestamp es más volátil, cambiante e impredecible. Tras el contexto macroeconómico heredado de la pandemia, provocando una disminución de la demanda y producción automovilística, la flexibilidad ha constituido un elemento clave para la entidad ligado a las Fábricas Inteligentes. Aquí también tendría relevancia nuestra explicación previa sobre la disociación entre el crecimiento del PIB y la curva de producción de coches a raíz de las perturbaciones en el sector.

-Retos de escala: gran parte de las inversiones para estas tecnologías como ciberseguridad o 5G, no se pueden hacer en solitario, sino que es necesario la adhesión de varias empresas que antes eran competidoras y ahora cooperan. Gestamp anunció en 2016 una colaboración con Honda, para desarrollar un sistema de seguridad a través de que la estructura de las piezas absorba la energía del impacto en caso de colisión (Gestamp, s.f). Así, más adelante promovió la creación de una *joint venture* con el grupo Beijing Hainachuan Automotive Parts para desarrollar cajas de baterías (Plaza, 2019)

-Personas: en esta revolución tecnológica resulta fundamental ser capaz de formar a mucha gente en un corto periodo de tiempo con el fin de no quedarse atrás en la ola de

innovación. Por otra parte, Gestamp es una compañía en constante crecimiento viviendo en la actualidad un proceso de internacionalización, lo que ha supuesto importantes retos en cuanto a cultura y gestión de recursos humanos, entre ellos: la adaptación permanente de la estructura organizativa a las crecientes necesidades de la entidad, el redimensionamiento de la plantilla, la estandarización de procesos, la formación en nuevas tecnologías, la gestión del talento y la promoción de la cultura corporativa. La compañía cuenta con mano de obra directa, es decir, trabajadores de las fábricas e instalaciones de producción directa de los componentes, y por otro lado con mano de obra de estructura, que son aquellas personas que dan asistencia desde las oficinas. La mano de obra directa supone un gran reto a nivel global para el sector de la automoción en general y Gestamp, donde la mayor parte de trabajadores suponen mano de obra directa. En 2017 el sector automovilístico fue uno de los que más han sustituido el capital humano por tecnología, en un 46% (ABC, 2018)

Ilustración 11- Perfil de Plantilla en Gestamp

	Hombres		Mujeres		Total
Mano de Obra Directa	13.746	79%	3.647	21%	17.393
Mano de Obra Indirecta	12.280	91%	1.159	9%	13.439
Mano de Obra de Estructura	6.690	74%	2.386	26%	9.076
Total	32.716	82%	7.192	18%	39.908

Fuente: *Informe Anual*. Gestamp. 2021

Para que la digitalización sea una realidad en la fábrica, son cada vez más necesarios perfiles digitales que puedan liderar el cambio. Estos perfiles digitales industriales, así como los programas de formación y certificación del personal, deben ser definidos para facilitar la reconversión de los empleados a las demandas del futuro venidero, permitiendo una transición digital justa. Es decir, se requerirán otro tipo de personas, habrá más oferta de empleo, pero de otro tipo de trabajo. Sin embargo, dentro de Gestamp una de las prioridades es el desarrollo continuo tanto de habilidades como conocimiento de sus empleados, como demuestra la introducción en 2018 de su Área de Aprendizaje y Desarrollo, para mejorar las habilidades de automoción. Así como el desarrollo de *Gestamp Global Learning*, un campus online; *Gestamp Technology Institute*; y *Gestamp Talks* consistente en un seminario en directo online. En 2021, la compañía invirtió más de 8.000 horas en la enseñanza de conceptos básicos de la fabricación inteligente y la Industria 4.0 tanto a su personal más experimentado como a su cadena de talento futuro a través de programas con el apoyo de la Escuela de Negocios EOI de Madrid. (Gestamp, 2021).

6. CONCLUSIONES

Este ejercicio ofrece una visión sobre la Industria 4.0 y su papel transformador en todos los sectores de la economía, con un foco específico en el sector de la automoción y en el modelo de las fábricas inteligentes o *Smart Factories*. Escoger la industria del automóvil responde a que es una industria que, debido a su alto nivel de competencia, siempre ha estado a la cabeza de las innovaciones en todos los eslabones de la cadena de valor y, por tanto, ha sido siempre pionera en el desarrollo de nuevas tecnologías. Por otro lado, para España supone una de las industrias más importantes en términos de PIB -un 10% según ANFAC automoción (2020).

El entorno económico al que se enfrentan las empresas tras la pandemia y los cambios regulatorios, demográficos y tecnológicos... así como el cambio de mentalidad, hacen necesario cambiar el modelo anterior y adaptarse con mayor flexibilidad al cambio, como hemos visto con la aparición del coche eléctrico como respuesta sostenible a la presión regulatoria. Asimismo, las nuevas tecnologías han fomentado una transformación cultural desarrollando el concepto de *carsharing* como solución al problema de movilidad de las nuevas generaciones, que cuestiona cada vez más el concepto de propiedad. A estos obstáculos se une, el reto de la transformación de las compañías con un foco en la innovación tanto de procesos de negocio como de procesos de personas. La entrada de nuevos *players* no tradicionales en el sector de la automoción es un riesgo y a la vez un acelerador. Tesla, es un buen ejemplo. Su misión es acelerar la transición del mundo hacia la energía sostenible. Siendo un fabricante de coches, es realmente innovador cómo define su negocio, sirviendo como acelerador del cambio para otros fabricantes más tradicionales.

Por lo que los fabricantes del sector están incorporando estas herramientas digitales en su estrategia empresarial, como es el caso de Gestamp, digitalizando su fábrica y flexibilizando su modelo productivo. Las dimensiones que comprende la *Smart Factory* se resumen en:

- **Conectividad:** permite la obtención de datos, habilitando controlar la cadena de producción, la trazabilidad de productos, así como la toma de decisiones inteligentes en tiempo real al proporcionar información sobre el estado actual de las máquinas.
- **Automatización:** minimiza el tiempo de inactividad, optimizando el tiempo y recursos.

- **Transparencia:** potencia la gestión del inventario al generar datos en tiempo real del stock y la demanda de productos, diseñando modelos predictivos.
- **Flexibilidad:** la *Smart Factory* puede ajustarse a cambios en el entorno y de programación, configurándose en torno a los cambios de demanda, sin necesidad de nuevas inversiones.
- **Proactividad:** la fábrica responde autónomamente a problemas en tiempo real a través de sensores distribuidos en la planta, pudiendo adelantarse a fallos en el sistema.

Estos factores que caracterizan a la fábrica inteligente hacen posible a las compañías afrontar el cambio producido por factores externos del CASE, el cambio al vehículo eléctrico, de modelo movilidad, el coche autónomo, la regulación en temas de emisiones de CO₂, unido al efecto COVID, en donde la planificación de las fabricas se ha orientado al corto plazo, haciendo que la Industria 4.0 y la fábrica inteligente se hayan convertido en un elemento estratégico de la empresa.

Así en este estudio se ha analizado el funcionamiento del modelo productivo de Gestamp, así como las ventajas competitivas que supone la Industria 4.0 para una compañía del sector automovilístico. No obstante, se enfrenta a ciertos retos, no tanto en lo referente al plan para alcanzar sus objetivos, sino a las acciones llevadas a cabo para lograrlos. Sin embargo, concluimos que la digitalización del proceso productivo y las dimensiones de la *Smart Factory* permitirán reducir algunos de los impedimentos con los que se ha encontrado Gestamp a lo largo de los años . Estos obstáculos han sido analizados en el trabajo, obteniendo conclusiones y resumiéndolas en:

- Las regulaciones de emisiones de Co₂ a las que debe de hacer frente una compañía industrial como Gestamp, al trabajar con una de las materias primas más contaminantes, el acero. Cuando se produce una tonelada de acero en un horno tradicional, se origina más de dos toneladas de Co₂ (Espinosa, 2021)
- Podemos afirmar entonces que las compañías en el sector automovilístico, y en este caso Gestamp, tendrán que producir con menor planificación y visibilidad, con mayores cambios en la demanda y mayor incertidumbre en los entornos (Covid-19). De este modo, la respuesta que da la tecnología en ejemplos reales como la *Smart Factory*, ha de permitir a los líderes de estas compañías poder gestionar con éxito estos cambios.

Uno de los motores más importantes de la adopción tecnológica para los fabricantes de automóviles es el cambio en el comportamiento y las necesidades de los clientes, que se extiende más allá de la producción y el punto de venta del coche. Como resultado, los fabricantes que no estén dispuestos a adaptarse a las tecnologías disruptivas carecerán de información relevante y datos procesables, perdiendo así la oportunidad de crecimiento en la planificación y eficiencia de productos, nuevos servicios y respuesta al mercado.

- Otro de los retos se encuentra relacionado con la escala. La industria 4.0 se materializa en torno a los últimos avances tecnológicos, pero para poder adquirir esta tecnología se requiere una gran inversión por parte de las empresas o los centros de investigación, que hace necesaria muchas veces colaboraciones o *joint ventures* para poder desarrollar nuevas tecnologías, compartiendo recursos y esfuerzos.
- Un factor importante en Gestamp es la deslocalización de las fábricas, repartidas a lo largo del globo. A pesar del problema de inestabilidad política con la que cuentan varios países con sedes de Gestamp, el desarrollo tecnológico está suponiendo un cambio para los productores en cuanto a la localización de sus plantas. La automatización puede cuestionar la ventaja competitiva basada en menores costes y unos acuerdos laborales más flexibles. En la fábrica inteligente, modelos como el gemelo digital, que no deja de ser un avatar de la fábrica física, permite la modernización y descentralización de los procesos en toda la red productiva, generando así otra ventaja competitiva a través de los datos de rendimiento, inspección en tiempo real de piezas y configuración de la maquinaria.
- Otra limitación es la escasez de talento que está sufriendo la entidad relacionada con las profesiones con base tecnológica. Gestamp está poniendo en marcha planes de formación continua para hacer frente a la situación actual, que permite no sólo atraer talento, sino que capacita a los trabajadores para afrontar nuevas funciones, como es el caso de las iniciativas de Gestamp Talks o la cátedra de Industria Conectada con Gestamp en la Universidad Pontificia de Comillas. El concepto de formación continua o *long-life learning* es uno de los elementos claves en este entorno tan competitivo.

Por último, me gustaría mencionar la importancia de los Fondos Next Generation que la Unión Europea está destinando en los países para la aceleración de la digitalización entre otras iniciativas. Una Europa preparada para la edad digital es uno de los principios que pivotarán los planes de subvenciones. Este principio, trasladado al mundo de la Industria 4.0 y de las inversiones necesarias para su implementación, hace que sea una tremenda oportunidad para acelerar la adopción de la tecnología. Como menciona Renée González (2021) en la entrevista efectuada para este estudio, en muchas ocasiones el sector tiene la sensación de oportunidad, pero no la de urgencia. Estas tendencias y cambios deben de servir para afianzar el sector en España, ya que, si se consigue emplear los fondos de una manera efectiva e introducir el máximo de tecnología que permita a las empresas diferenciarse, el sector del automóvil tendrá una oportunidad de ser líder en la cuarta revolución industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- ABC. (30 de mayo de 2018). Un tercio de las empresas ha sustituido mano de obra por tecnología en el último año. *ABC Economía*: https://www.abc.es/economia/abci-tercio-empresas-sustituido-mano-obra-tecnologia-ultimo-201805292018_noticia.html
- ANFAC Automoción. (2020). *La movilidad del Futuro*. <https://anfac.com/todossomosautomovil/>
- Baños, B. S. (23 de abril de 2020). *¿Qué son los dispositivos IOT? 5 ejemplos de su aplicación en la industria*. <https://empresas.blogthinkbig.com/dispositivos-iot/>
- Bondar, K. (octubre de 2018). Challenges and Opportunities of Industry 4.0 – Spanish Experience. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, vol. 9, No 5, p. 202-208
- Bucy, M. (9 mayo de 2016). *The 'how' of transformation*. Mckinsey. <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/the-how-of-transformation>
- Burke, R. (31 De agosto De 2017). *Deloitte The Smart Factory*: <https://www.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html>
- Cañete, R. (2019). *Cómo la cadena de suministro digital puede mejorar el desempeño De La Empresa*. Madrid: Kpmg. <https://www.tendencias.kpmg.es/2019/09/cadena-suministro-digital/>
- Capgemini Research Institute. (2020). *Informe sobre fábricas de automoción inteligentes*. Smart Factories in Automotive. <https://www.capgemini.com/es-es/news/informe-sobre-fabricas-de-automocion-inteligentes/>
- CCOO Industria. (2017). *La Digitalización y la Industria 4.0. Impacto industrial y laboral*. Madrid. (p.17).
- Centro de Ciberseguridad Industrial. (2019). Smart Factory ante el desafío de la seguridad. *SERIE Smart OT*. No 4. (p.6)
- Comisión Europea. (s.f.). *Automotive Industry*. Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs: https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive-industry_es
- Comisión Europea. (2018). *Plan coordinado sobre la inteligencia artificial*. Bruselas. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0795&from=DA>
- Comisión Europea. (17 de diciembre de 2021). *El cuadro de indicadores sobre la inversión industrial en I+D de la UE de 2021 sigue siendo sólido en el sector de las TIC, el de la salud y el ecológico*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_21_6599

Cortés, C. B. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*. No. 54, 1405-5597

Cotec. (2017). *Generación de talento big data en España*. Madrid: Fundación Cotec Para La Innovación. (p.11)

Deloitte. (s.f.). *La 4ª Revolución Industrial en el sector de la automoción*. Identificando oportunidades en la Industria 4.0: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/cuarta-revolucion-industrial-sector-automocion.html>

Deloitte Insights. (2018). *The Industry 4.0 paradox*. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/challenges-on-path-to-digital-transformation/summary.html>

Deloitte Insights. (2020). *Implementing the Smart Factory*.(p.4)

El Economista. (22 de febrero de 2017). Gestamp reduce un 15% el consumo energético de sus plantas gracias a la tecnología de Siemens. *El Economista*.

Espinosa, J. (21 de junio de 2021). *¿Cómo reducir las emisiones de CO2 del acero y aluminio para los automóviles?* <https://memolira.com/analisis/emisiones-acero-aluminio-autos/>

Eurostat. (2021). *Industrial production statistics*. Ec europa: https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Industrial_production_statistics

Federación Empresarial Metalúrgica Valenciana. (s.f.). *Robots Industriales Y Cobots*. Valencia.

Gartner. (26 de enero de 2022). *Forecast 6 Million Electric Cars Will Be Shipped in 2022*. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-01-26-gartner-forecasts-6-million-electric-cars-will-be-shipped-in-2022>

Gestamp. (2021). *Informe Anual*. https://www.gestamp.com/Gestamp11/media/GestampFiles/Sustainability/Sustainability%20Report/2021/Gestamp_InformeAnual_2021.pdf?ext=.pdf

Gestamp. (s.f.). *Sobre Nosotros*. <https://www.gestamp.com/Sobre-Nosotros/grupo-gestamp>

González, R. (17 de junio de 2021). Capital Markets Day. (Gestamp, Entrevistador)

Heras, I. (7 agosto De 2018). Gestamp: Una Fábrica Inteligente Para La Industria 4.0. *Expansión*: <https://www.expansion.com/Empresas/Motor/2018/08/06/5b686743ca474156428b471a.html>

Instituto Nacional de Estadística. (2020). *Encuesta de uso de TIC y Comercio Electrónico (CE) en las empresas 2019-2020*. Analysis Big Data: <https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t09/e02/a2019-2020/10/&file=02009.px>

International Business Machines Corporation. (s.f.). *Cómo las tecnologías de la Industria 4.0 están cambiando la producción*. <https://www.ibm.com/es-es/topics/industry-4-0>

Joyanes Aguilar, L. (2018). *Industria 4.0: La Cuarta Revolución Industrial*. Alfaomega. (p.7)

Kocourek, A. (2016). Competitiveness of the European Automobile Industry. *Politics in Central Europe*. Vol. 13, No.1 (p.81)

Kureková, L. M. (2018). The automotive industry in Central Europe: A success? *Iza World of Labor*. No. 448. <https://wol.iza.org/articles/the-automotive-industry-in-central-europe-a-success/long>

KPMG. (2016). *The Factory of the Future*. No 1. KPMG International.

<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/es/pdf/2017/06/the-factory-of-the-future.pdf>

Laaper, S. (2020). *Implementing The Smart Factory New Perspectives for Driving Value*. (pp.5) Deloitte.

Lee, J. (2015). *Smart Factory Systems*. (p.5) University of Cincinnati.

López-Quesada, M. (15 de febrero de 2022). *Entrevista sobre Gestamp*. (M. Muguero, Entrevistador)

Martí, D. L.-P. (2016). *Análisis de Casos de Estudio sobre Industria 4.0 y Clasificación según Sectores de actividad y Departamentos Empresariales*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.

Martín-Erro, A. (2014). Aplicaciones Industriales de Entornos de Realidad Virtual y Realidad Aumentada. *Dyna*, Vol.89, No 4, p.382-386.

Masters, K. (2017). *The Impact Of Industry 4.0 On The Automotive Industry*. Flexis. <https://blog.flexis.com/the-impact-of-industry-4.0-on-the-automotive-industry>

Mecalux. (2020). *Smart factories: así es la fábrica inteligente del futuro*. Mecalux Esmena: <https://www.mecalux.es/blog/smart-factories>

Mercedes-Benz. (2020). *With its Factory 56, Mercedes-Benz is presenting the future of production*. Daimler Communications. <https://group.mercedes-benz.com/innovation/digitalisation/industry-4-0/opening-factory-56.html>

Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. (2022). *Uso de tecnologías digitales por empresas en España*. (p.11). Madrid: Ontsi.

Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (s.f.). *HADA: La Herramienta de Autodiagnóstico Digital Avanzada*. <https://www.industriaconectada40.gob.es/programas-apoyo/Paginas/HADA.aspx>

Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (s.f.). *Plan Estratégico de Apoyo Integral al Sector de la Automoción*. Gobierno de España: <https://industria.gob.es/es-es/Servicios/Paginas/plan-estrategico-apoyo-integral-sector-automocion.aspx>

Myro, R. (2011). *La Deslocalización De Empresas En España. La Atracción De La Europa Central Y Del Este*. (p.11) Madrid: Universidad Complutense.

Parlamento Europeo. (2021). *The Future of the EU Automotive Sector*. (p 11)

Patel, S. (2016). *Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges*. (p. 6122). *IJESC*. Vol.6, No.5, p.6122-6131.

Portilla, J. (2021). *El sector de los componentes de automoción en 2021*. Sernauto: <https://www.sernauto.es/blog/sector-componentes-de-automocion-en-2021/>

Quesada, M. (24 de febrero de 2022). *Situación política del club de Visegrado*. (M. Muguero, Entrevistador)

Renault. (2019). *Future of Manufacturing: Our relationship with cars is changing*. <https://www.renaultgroup.com/en/the-future-is-now-embark-on-our-animated-adventure/>

Renjen, P. (2020). *Industry 4.0: At the intersection of readiness and responsibility*. Deloitte Insights. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/deloitte-review/issue-22/industry-4-0-technology-manufacturing-revolution.html>

Riberas, F. J. (2021). *Carta del Presidente en Informe Anual*. Gestamp.

Robotnik. (2021). *Fábricas inteligentes o cómo la robótica está liderando los cambios de la industria*. <https://robotnik.eu/es/fabricas-inteligentes-o-como-la-robotica-esta-liderando-los-cambios-de-la-industria/>

Rose, K. (2015). *La Internet De Las Cosas— Una Breve Reseña*. Internet Society. <https://www.internetsociety.org/es/resources/doc/2015/iot-overview/>

Rozo-García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*, Vol. 19, No. 2, 177–192. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020019>

Russell, S. J., & Norvig, P. (1995). *Inteligencia Artificial Un Enfoque Moderno*. (p.2). Prentice Hall.

Samaniego, J. (11 de julio 2019). *Cascos conectados y sensores de movimiento: La industria 4.0 también es seguridad laboral*. Hablemos de Empresas: <https://hablemosdeempresas.com/grandes-empresas/iot-y-seguridad-laboral/>

Secretaría General De Industria Y De La Pequeña Y Mediana Empresa. (abril De 2019). *Marco Estratégico En Política De Pyme 2030*: <https://industria.gob.es/EsEs/Servicios/Marcoestrategicopyme/Marco%20estratégico%20pyme.Pdf>

Siemens. (s.f.). *Digital Twins*. Siemens: <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/research-technologies/digitaltwin/digital-twin.html>

Siemens Financial Services. (2017). *The Digitalization Productivity Bonus: Sector Insights*.

Slimstock. (30 de noviembre de 2021). *Proceso end to end en la cadena de suministro: ¿qué significa?* <https://www.slimstock.com/cl/proceso-end-to-end-en-la-cadena-de-suministro-que-significa/>

Telefónica Tech. (6 De septiembre De 2021). *Caso De Éxito: La Smart Factory De Gestamp*. <https://cloud.telefonica.com/es/information-centre/multimedia/case-study-gestamps-smart-factory/>

Telefónica. (29 de noviembre de 2021). *¿Cómo nos ayudan los robots?* Telefónica: <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/blog/como-nos-ayudan-los-robots/>

Vadillo, J. (12 de febrero de 2022). Gestamp diseña la fábrica inteligente de automoción que viaja con el cliente. *CincoDías*. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/02/11/companias/1644608596_184827.html

Val, J. L. (s.f.). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. Conferencia de directores y decanos de ingeniería informática. <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>

Valencia Plaza (16 de junio de 2019). Gestamp y BHAP amplían su acuerdo de cooperación en China. *Valencia Plaza*. <https://valenciaplaza.com/gestamp-y-bhap-amplian-su-acuerdo-de-cooperacion-en-china>

Velev, T. (24 de julio de 2005). Las oportunidades en Europa del Este para el Sector de Automoción. *El país*.