

M2F

Move to Future

Área 6 – Fabricación inteligente



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



AGENCIA
ESPAÑOLA DE
INVESTIGACIÓN

Contenido

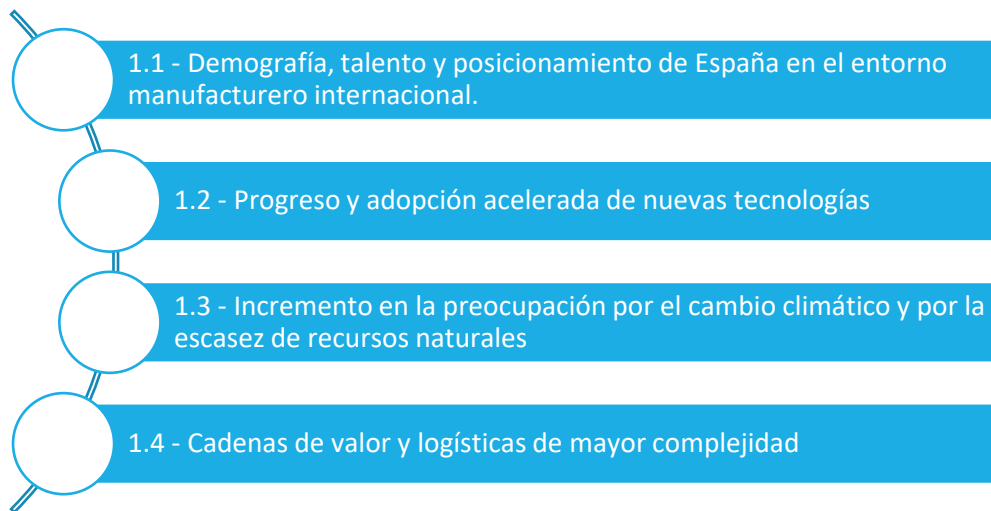
1	Factores que afectan a la industria manufacturera en general. Tendencias 2030.....	2
1.1	Situación de la industria manufacturera en general	2
1.2	Particularidades de la fabricación en el sector de la automoción	6
2	Visión y objetivos	8
3	Prioridades estratégicas y tecnologías facilitadoras	10
3.1	Cadenas de valor y fábricas excelentes, adaptativas e inteligentes	10
3.1.1	Procesos de fabricación para componentes inteligentes y complejos	11
3.1.2	Cadenas de fabricación cero defectos, cero paradas, escalables, reconfigurables y flexibles.....	12
3.1.3	Fábricas inteligentes, productivas, excelentes, robustas y ágiles	14
3.2	Economía circular y reducción del impacto medioambiental	15
3.2.1	Fabricación ultra-eficiente, baja en energía y neutral en carbono	15
3.2.2	Desfabricación, remanufactura y reciclado para economía circular.....	16
3.2.3	Re-ingeniería de todo el ciclo de vida del producto y máquina	17
3.3	Ingeniería de producto y producción integrada.....	18
3.3.1	Producción integrada para cadenas de valor orientadas a cliente	19
3.3.2	Fabricación con materiales nuevos y sustitutos.....	20
3.3.3	Cadenas de suministro y logística del futuro	21
3.4	Fabricación centrada en la persona	22
3.4.1	Interacción persona-dispositivo (incluyendo robots).....	23
3.4.2	Plataformas y herramientas para el fomento de la innovación y colaboración	24
4	Impactos esperados	27

1 Factores que afectan a la industria manufacturera en general. Tendencias 2030

1.1 Situación de la industria manufacturera en general

Actualmente, la industria manufacturera se encuentra inmersa en una revolución industrial global que traerá nuevos retos y oportunidades. El crecimiento exponencial del progreso tecnológico está provocando que el panorama industrial, social y competitivo cambie más rápido que nunca, dando lugar a desarrollos científicos y tecnológicos sin precedentes. Tampoco se pueden olvidar los cambios disruptivos esperados originados por los retos demográficos y la digitalización industrial y social, así como aquellos relacionados con la falta de recursos naturales y la escasez de materias primas, el aumento de la demanda por parte de los consumidores, la mayor preocupación por el impacto medioambiental y los ecosistemas cada vez más complejas.

La siguiente imagen muestra las **tendencias y aspectos más relevantes para el futuro de la fabricación en España**, que serán desarrollados posteriormente:



Demografía, talento y posicionamiento de España en el entorno manufacturero internacional

- Se están produciendo **cambios en el poder económico global**. China está incrementando su presencia en los ecosistemas globales y se espera que sea la mayor economía mundial en 2050, seguida por EE. UU. y por India. La globalización está dirigida cada vez más por nuevos actores con diferentes valores y modelos económicos y con una interferencia cada vez mayor por parte de la política y los estados.

- **Otras regiones** del mundo (China, Canadá, Corea del Sur, EE. UU.) **están invirtiendo** fuertemente en programas de apoyo a la fabricación, **por encima de lo que hace España**. Esto nos hace perder competitividad en el mercado global.
- **La dinámica geopolítica** está derivando en un control exterior de materiales críticos para la fabricación. El recrudecimiento de la guerra tecnológica entre EE. UU. y China en 2022 ha provocado que tanto Europa como España vean la necesidad de replantear su política comercial futura y enfocarse en lograr la **autonomía industrial**.
- La nueva legislación estadounidense para reducir la inflación, **la Ley IRA**, incentiva de manera significativa las iniciativas industriales verdes, como la **fabricación de baterías** para vehículos eléctricos, lo que está provocando que algunos fabricantes estén considerando trasladar sus plantas de producción desde Europa a EE. UU.
- España **no invierte lo suficiente para financiar innovación disruptiva e incremental** que contribuya al posicionamiento como líderes de conocimiento y que pueda contribuir posteriormente a la fabricación de productos y servicios innovadores y sostenibles.
- **La escasez de personal cualificado en las tecnologías clave se combina con el envejecimiento de la fuerza laboral** y la necesidad de formación de la plantilla en tecnologías relacionadas con la digitalización.

Progreso y adopción acelerada de nuevas tecnologías

La innovación es un vector esencial para incrementar la productividad y el progreso económico que beneficia a los consumidores, la economía y la sociedad en su conjunto. La innovación ocurre generalmente a pequeña escala, por ejemplo, cuando una nueva tecnología se aplica por primera vez dentro de la empresa que la ha desarrollado. Sin embargo, el mayor beneficio ocurre cuando la innovación se extiende a otras empresas y a comunidades más grandes a través del ecosistema, llegando finalmente al conjunto de la economía. A continuación, se presentan algunas tendencias detectadas en la actualidad.

- **Desarrollo e implementación de la 4ª Revolución Industrial**, caracterizada por las nuevas tecnologías tales como la digitalización, la inteligencia distribuida, el uso óptimo de la información o la integración de los mundos físico y virtual (Gemelos Digitales).
- **Transición hacia sistemas autónomos, con un mayor uso de la robótica avanzada y la Inteligencia Artificial**, lo que está cambiando profundamente la interacción entre las personas y los dispositivos y máquinas.
- **Innovación en materiales**, de forma que los futuros productos sean más eficientes, multifuncionales, reciclables y que contribuyan a atenuar el problema de la disminución de los recursos naturales.
- **Integración de tecnologías de fabricación no convencionales** (por ejemplo, láser, chorro de agua a alta presión, electroerosión, mecanizado por ultrasonidos, fabricación aditiva, **forja rotativa** ...) para la fabricación de productos complejos.
- **Desarrollo de espacios de datos centrados en los procesos de manufactura asociados a nuevos modelos de negocio**, que darán lugar a servicios innovadores asociados a los productos y a los procesos a lo largo del ciclo de vida ("servitización").
- **Computación en la nube y en el borde** (*Cloud & Edge computing*) que permita avanzar hacia el concepto de fabricación descentralizada gracias a nuevos

paradigmas en el tratamiento de la información en los entornos industriales, la implementación de la IA y la digitalización de los procesos.

- **Desarrollo de estándares que contribuyan a la interoperabilidad de los datos y la conectividad de las máquinas y los equipos**, basados en “*asset administration shells*” (capa para la administración de activos de fabricación) y en estándares internacionales para la gestión y comunicación de equipos y procesos (UMATI, RAMI4.0, ...).
- **Desarrollo de plataformas y espacios de datos específicos**, donde los diferentes agentes de la cadena puedan compartir información según un estándar. Algunas están ya en desarrollo, como GAIA-X, o CATENA-X en el sector de automoción.
- **Desarrollo de nuevos conceptos de “Fabricación como Servicio”**, a través de equipos y procesos de fabricación y procesos con una alta flexibilidad, reconfigurabilidad y capacidad de adaptarse a las necesidades del cliente (personalización de los productos).
- **Concienciación creciente sobre los riesgos de ciberseguridad y vulnerabilidades de la industria** y la sociedad relacionadas con la digitalización.

Incremento en la preocupación por el cambio climático y por la escasez de recursos naturales

Un punto clave en las agendas políticas nacionales, europeas e internacionales es la forma en la que la industria en general y la industria manufacturera en particular, deben abordar la amenaza del cambio climático. El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático puesto en marcha en 2018 por las Naciones Unidas, mostró en su informe final la urgencia por limitar el calentamiento global en 2030 por debajo de 1.5°C. La industria manufacturera española debe jugar un papel clave en el cumplimiento de este objetivo. Además, las materias primas y los recursos naturales son esenciales para garantizar el desarrollo económico y el bienestar de la sociedad. Tanto Europa como España son altamente dependientes de las materias primas importadas, con lo que es clave impulsar las estrategias de reciclado y economía circular.

- **El cambio climático está ocurriendo y hay consenso en la sociedad de que hay que abordarlo.** La sociedad y los responsables políticos europeos exigen un impacto medioambiental mínimo (idealmente cero) de las actividades manufactureras, por lo que las empresas europeas deberán acelerar la investigación, la innovación y las inversiones en tecnologías de fabricación de bajo impacto medioambiental. Muchas empresas manufactureras españolas se enfrentan al reto de conocer y medir el impacto medioambiental de sus procesos de fabricación y posteriormente, implantar las tecnologías de fabricación que minimicen dicho impacto.
- **La industria debe descarbonizarse** mientras al mismo tiempo se incrementa la competitividad. La industria debe hacer que sus tecnologías, productos, servicios y procesos sean neutros en relación con el clima sin repercutir en la competitividad.
- **El desarrollo futuro del concepto de “Pasaporte Digital de Producto”** se puede considerar un mecanismo para favorecer el intercambio de información medioambiental a lo largo del ecosistema, así como el reciclado y reutilización en el fin de vida de los productos.

- La implementación de conceptos de **fabricación con cero defectos, fabricación correcta a la primera o con una alta repetibilidad** permitirá reducir el consumo de materia prima, energía, agua, etc.
- Será fundamental la aplicación de estrategias de **ecodiseño de productos para conseguir su futuro reciclaje y/o reutilización**, principalmente en lo referente a los materiales considerados como críticos.
- **Se deberán introducir nuevos procesos de fabricación “Near Net Shape”** como la fabricación aditiva, **forja rotativa, etc.** para reducir el material desaprovechado en los procesos manufactureros.
- Es necesario optimizar la **eficiencia energética** de las plantas productivas, incorporando más energías renovables y otras tecnologías para su funcionamiento. De hecho, algunas plantas productivas podrán generar su propia energía renovable y llegar a convertirse en **prosumidores energéticos**.
- Se desarrollarán **hubs de energía** renovable para abastecer a las plantas de fabricación.
- **Es necesario competir frente a terceros países** que no tienen tantas restricciones relativas a emisiones y residuos y que tienen un precio de la energía más barato.
- **Se deberán impulsar políticas de economía circular** como modelo para reconciliar el desarrollo económico con la eficiencia en el uso de recursos.
- **Se desarrollarán nuevas políticas de clima, energía, materias primas y bioeconomía**, consideradas áreas esenciales para el futuro de la industria española en cuanto a retos y oportunidades, que deberán ir de la mano de las políticas industriales y del diálogo social.

Cadenas de valor y logísticas de mayor complejidad

La complejidad de los ecosistemas en el entorno industrial está aumentando de forma continuada, por lo que se precisan logísticas avanzadas con mínimos costes de almacenamiento y una capacidad de intercambio de información entre los diferentes agentes.

- Mercados globales y logística a nivel mundial, lo que implica la necesidad de registrar una **trazabilidad** a lo largo de todo el ecosistema.
- Enfoque hacia el **costo y la eficiencia**.
- Incremento exponencial del número de nuevas referencias derivado de la **personalización** de los nuevos productos.
- Análisis y despliegue de alternativas para los ecosistemas vulnerables por problemas geopolíticos, guerras, etc.
- Control de **componentes críticos** por terceros países, como los semiconductores.
- **Problemas de suministro.**
- Aumento de la **conciencia verde** y tendencia a consumo en “kilómetro cero”.
- **Re-localización en algunos casos de factorías previamente deslocalizadas en países de bajo costo**, buscando simplificar cadenas de suministro, obtención de incentivos económicos públicos y/o simplemente ahorros y reducción de riesgos.
- Creciente tendencia a la **externalización de los servicios** de logística y transporte, debido a la complejidad de su gestión.
- **Diferencias** entre países en cuanto a directivas y regulaciones.

1.2 Particularidades de la fabricación en el sector de la automoción

El sector del automóvil es uno de los sectores más importantes e innovadores de la industria manufacturera, y sus procesos de fabricación son altamente complejos y especializados. A continuación, se presentan algunas de las **particularidades y especificidades de los procesos de fabricación en el sector del automóvil**:

- **Gran cantidad de componentes:** Un automóvil está compuesto por miles de piezas y componentes que deben ser fabricados, ensamblados y probados para garantizar un producto final de alta calidad.
- **Altos estándares de calidad:** El sector del automóvil tiene normas muy estrictas en cuanto a seguridad, eficiencia energética y rendimiento. Los procesos de fabricación deben garantizar que se cumplan estos estándares y que los vehículos sean seguros y fiables.
- **Gran volumen de producción:** El sector del automóvil produce grandes cantidades de vehículos cada año para satisfacer la demanda global. Por lo tanto, los procesos de fabricación deben ser altamente eficientes y escalables para producir grandes volúmenes de vehículos de manera rentable.
- **Producción just-in-time:** La producción just-in-time es una práctica común en la fabricación de automóviles, que requiere una gestión eficiente de la cadena de suministro y una sincronización precisa de los procesos de producción.
- La **Transformación Digital** avanza a buen ritmo en el sector de la automoción, que, de manera generalizada, aplica o comienza a aplicar las bases de la Industria 4.0. Los cambios estructurales necesarios para evolucionar desde los procesos tradicionales han de apoyarse en las nuevas tecnologías.
- **Fabricación descentralizada** de vehículos y componentes. La **concentración de marcas de fabricantes** en unos pocos grupos y la **generalización de sus plataformas** vehiculares provoca que un mismo componente tenga que ser suministrado a diferentes plantas a nivel mundial. Esto obliga a los proveedores a tener capacidad de fabricación suficiente, y también a internacionalizar sus plantas o a mantener cadenas de suministro complejas.
- **Tecnología avanzada:** Los procesos de fabricación en el sector del automóvil utilizan tecnologías avanzadas, como la robótica, la automatización, los gemelos digitales y la fabricación aditiva, para garantizar la calidad y eficiencia en la producción.
- **Enfoque en la sostenibilidad:** El sector del automóvil está cada vez más enfocado en la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental de sus procesos de fabricación, lo que requiere la implementación de tecnologías y prácticas más sostenibles.
- **Diseños con vida limitada** en comparación con otros sectores. Los componentes de automóvil pueden quedar obsoletos en un periodo de pocos años, requiriendo comenzar el proceso desde el diseño hasta su industrialización, con la consiguiente necesidad de reinversión en recursos, utillajes, etc.

- **Diseño y desarrollo:** Los procesos de fabricación en el sector del automóvil comienzan con el diseño y desarrollo de los vehículos, que se basan en la investigación y la innovación en materiales y tecnologías. Es especialmente relevante el concepto de **ecodiseño**, que conlleva la selección de materiales y procesos de fabricación más sostenibles, y el diseño de productos que sean reciclables o desmontables.
- **Materiales avanzados:** El uso de materiales avanzados, como aleaciones de aluminio y aceros de alta resistencia, demanda procesos de fabricación especializados. El vehículo eléctrico introduce una particularidad específica, ya que requiere el uso de materiales magnéticos y eléctricos, ferritas, tierras raras, etc. Será necesario generar conocimiento sobre estas temáticas.
- **Materiales** enfocados hacia la **Economía Circular**, un modelo basado en la reducción, reutilización y reciclaje que fomenta la transformación de los residuos en nuevos productos. Hoy en día ya hay una obligatoriedad en utilizar en la fabricación de componentes un tanto por ciento de materiales reciclados y reciclables, lo que en ocasiones supone desarrollar nuevos procesos de fabricación.
- La **Normativa EURO7** plantea una reducción drástica de emisiones contaminantes para los motores de combustión. Esto forzará la investigación y desarrollo de nuevos motores, catalizadores, filtros de partículas y otros componentes. Habrá que lograr el equilibrio entre la inversión necesaria y el desarrollo de nuevos productos.

En el sector del automóvil, se están produciendo diversas **tendencias futuras que están cambiando la forma en que se diseñan, fabrican y utilizan los vehículos**. Algunas de estas tendencias incluyen:

- **Vehículos eléctricos / híbridos:** Los vehículos eléctricos están ganando popularidad debido a su mayor eficiencia energética, menor emisión de gases de efecto invernadero y menor costo de operación en comparación con los vehículos de combustión interna. Se espera que el número de vehículos eléctricos en las carreteras continúe creciendo en los próximos años.
- **Nuevos componentes:** Asociados al vehículo eléctrico, autónomo y conectado surgen nuevos elementos en los vehículos que requerirá la reconversión del parque de proveedores. Es una transición hacia la que el mercado asiático ya ha avanzado significativamente.
- **Sistemas de propulsión alternativos:** pila de combustible, combustibles sintéticos.
- **Vehículos autónomos:** Los vehículos autónomos utilizan la tecnología de inteligencia artificial y sensores para operar sin la intervención de un conductor humano. A medida que se desarrollan y prueban los vehículos autónomos, es probable que cambien la forma en que las personas viajan y utilicen los vehículos.
- **Servicios de movilidad compartida:** Los servicios de movilidad compartida, como los servicios de *car-sharing*, están ganando popularidad debido a su flexibilidad y menor costo en comparación con la propiedad de vehículos. Es probable que los servicios de movilidad compartida continúen creciendo en popularidad en los próximos años.
- **Nuevas estéticas y personalización:** en la carrera continua para conseguir la diferenciación entre fabricantes y cubrir las preferencias de los clientes se están desarrollando nuevas opciones de pinturas, acabados, kits de carrocería y

aerodinámica, tapicerías, iluminaciones, sistemas de sonido personalizados, componentes con funcionalidades integradas, etc.

- **Tecnología de conectividad:** La tecnología de conectividad, como el Internet de las cosas y la comunicación vehículo a vehículo, está permitiendo a los vehículos conectarse entre sí y con la infraestructura de la carretera. Esto puede mejorar la seguridad en las carreteras y permitir una mejor gestión del tráfico.
- **Servitización de los vehículos:** El concepto de “vehículo como servicio”, al igual que ha sucedido con el teléfono móvil, va a promover el desarrollo de un ecosistema de servicios en torno al automóvil que favorecerá el surgimiento de nuevos modelos de negocio, plataformas de aplicaciones, etc.

2 Visión y objetivos

Los principales objetivos que se plantean, derivados del despliegue de la presente Agenda de Prioridades Estratégicas en el área de Fabricación Avanzada, son los siguientes:

Incrementar la **COMPETITIVIDAD** del sector de la industria manufacturera de componentes de automoción en España y la **RESILIENCIA** de sus **CADENAS DE SUMINISTRO**

Para abordar este objetivo, es necesario producir componentes y sistemas de alta calidad, de forma eficiente tanto en coste como en el uso de recursos, atendiendo en todo momento a las necesidades de los clientes. Adicionalmente, las soluciones producidas deben ser innovadoras respecto al estado del arte para marcar un diferencial frente a los competidores. Finalmente, las cadenas de suministro tienen que estar diseñadas con sistemas de control en tiempo real y planes de contingencia para dar respuesta ante situaciones imprevistas.

La competitividad de la industria española de componentes y de las multinacionales con plantas en España pasa por que tengan suficiente capacidad productiva, por lo que **su tamaño va a ser fundamental**. La solución puede estar en el desarrollo de redes distribuidas de fabricación o alianzas entre fabricantes, introduciendo el concepto de **“manufacturing as a service”**.

Por último, será importante promover la **cercanía de los proveedores a los centros de decisión** de los fabricantes e impulsar el desarrollo colaborativo de componentes, para lo cual será necesario incrementar la inversión en I+D para lograr vender tecnología española.

Mejorar la **SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL** Y la **CIRCULARIDAD** de los productos

Aunque fundamental para todos los sectores, este objetivo es especialmente relevante para el sector del automóvil en general y para la industria manufacturera de componentes de automoción en particular, dado el gran volumen de producción de vehículos que se generan anualmente con su correspondiente impacto en el medioambiente y el consumo de recursos.

Los siguientes puntos son clave:

- Reducir el consumo de energía, a la vez que se incrementa el uso de energías renovables.
- Reducir el consumo de agua y otros recursos materiales.
- Conseguir procesos de fabricación cercanos a las cero emisiones.

- Optimizar la explotación de los materiales en los procesos de fabricación.
- Conseguir que la evolución de los productos-procesos-sistemas de fabricación, o la simbiosis industrial, se realice con un mínimo necesario de recursos.

El despliegue del **Pasaporte Digital de Producto**, especialmente importante para las baterías, contribuirá a conseguir este objetivo. Conceptos clave como ecodiseño o circularidad serán transversales al resto de procesos. La adaptación de la normativa referente al Sistema de Responsabilidad Ampliada de productor (RAP) garantizará que exista también un sistema de recogida, gestión del producto y fin de vida, reutilización o reciclaje y que la responsabilidad de su aplicación recaiga en el fabricante.

Incorporar TALENTO en la industria manufacturera de componentes de automoción y CAPACITAR a los actuales trabajadores en las NUEVAS TECNOLOGÍAS.

En los últimos años, la rápida evolución de las tecnologías ha puesto en evidencia la necesidad cada vez más perentoria de adecuar los conocimientos y las habilidades de los trabajadores en las nuevas tecnologías que se van incorporando a los procesos de fabricación.

Dado que la fabricación está en plena transformación hacia un trabajo basado en el conocimiento, se precisa incorporar personas con nuevas capacidades y talento para poder avanzar en los retos que plantea la presente agenda. Esta atracción de talento pasa por fomentar el desarrollo de capacidades STEM entre los jóvenes y mejorar la imagen de la industria manufacturera de componentes de automoción como sector de futuro y de desarrollo personal, además de orientar las titulaciones (FP, grados, másteres, etc.) a las necesidades de las empresas y, en última instancia, al mercado.

El desarrollo de **programas de financiación pública en los que se impulse a largo plazo las relaciones estrechas entre la Universidad, centros tecnológicos y empresas** será clave para lograr este objetivo. Se puede tomar como ejemplo de buenas prácticas el caso de Portugal, que desarrolla desde hace años programas para la transferencia de conocimiento entre universidades y empresas (ej programa COMPETE 2020), e incentiva fiscalmente la incorporación de doctorandos en empresas, mejorando la empleabilidad y orientación empresarial de los investigadores.

Fabricación de los COMPONENTES DEL FUTURO y sus SERVICIOS ASOCIADOS

La fabricación de productos innovadores, sostenibles y económicos sólo es posible cuando las tecnologías de fabricación son fiables y rentables, asegurando una buena integración de las tecnologías clave, un escalado industrial rápido y una conformidad con los requisitos técnicos. Por ello, es necesario investigar las relaciones que se generan entre el material y el componente a fabricar, así como con el proceso utilizado en la producción (“diseño orientado a la fabricación”). Toda la información generada durante el proceso manufacturero debe contribuir al desarrollo de espacios de datos que permitan generar servicios interoperables de valor añadido que no existen actualmente.

Incrementar la INVERSIÓN en I+D y la COOPERACION A NIVEL REGIONAL /NACIONAL /INTERNACIONAL

Con objeto de alcanzar una posición de liderazgo en la fabricación de componentes para la industria manufacturera de componentes de automoción, es necesario incrementar de

manera importante el apoyo público al I+D, como ya están haciendo otras regiones del mundo (China, Canadá, Corea del Sur, USA, ...).

En un entorno globalizado, trabajar en equipo con los socios clave es fundamental para tener éxito. En ese sentido, para cumplir los retos que se plantean, es clave impulsar la colaboración a distintos niveles:

- Colaboración entre los tres vértices del triángulo del conocimiento: empresas, centros tecnológicos y universidades.
- Colaboración público – privada a nivel regional, nacional y europeo para poder apalancar recursos económicos y conseguir las modificaciones normativas necesarias.
- Colaboración internacional para poder tener acceso al conocimiento y medios más relevante en cada momento.

3 Prioridades estratégicas y tecnologías facilitadoras

Para dar respuesta a los objetivos anteriormente descritos, se han identificado **4 grandes Prioridades Estratégicas** para el desarrollo de la fabricación en España para el sector de Automoción con un horizonte en 2030:



En cada una de las Prioridades Estratégicas se han identificado los ámbitos de desarrollo, así como las tecnologías facilitadoras clave para la resolución de los ámbitos mencionados. También se han definido los impactos más relevantes a conseguir.

3.1 Cadenas de valor y fábricas excelentes, adaptativas e inteligentes

La industria manufacturera de componentes de automoción debe responder rápidamente a las disrupciones del mercado, los cambios en las demandas de los clientes, las

características fluctuantes de materias primas, y las tecnologías emergentes que pueden suponer una diferenciación potencial. De forma simultánea, las empresas deben incrementar la calidad y la eficiencia, por lo que es necesaria la actualización de las cadenas de fabricación hacia una producción flexible, adaptable y resiliente.

Adicionalmente, las empresas necesitan producir desde pequeños lotes a grandes volúmenes, por lo que deben tener la capacidad de escalar su producción rápidamente, manteniendo siempre la calidad requerida para una producción cero defectos en la primera fabricación. Por ello, se deberán implementar tecnologías y métodos para una fabricación cero defectos con alta precisión, que incluya la predicción de la calidad y métodos de inspección no destructivos.

3.1.1 Procesos de fabricación para componentes inteligentes y complejos

Los componentes de los vehículos se están volviendo cada vez más inteligentes y complejos debido a la adición de nuevas funcionalidades o requerimientos de mejoras en su funcionamiento. Por ello, hay una tendencia a la adopción de nuevos diseños o materiales compuestos avanzados, o la integración de microfunciones o electrónica embebida para conservar la calidad destacada de dichos componentes y mantener el liderazgo de los fabricantes en el sector. Para ello, los procesos de fabricación deberán ser capaces de permitir una producción viable y sostenible de estos productos tecnológicos. Los procesos de “Diseño orientado a la producción” o “Diseño orientado al fin de ciclo de vida” cobran importancia crítica.

Ámbitos de desarrollo:

- Sistemas de modelizado y simulación de componentes que abarquen desde el procesamiento de los materiales hasta su fabricación, incluyendo los modelos de simulación híbridos basados en el conocimiento científico (leyes físicas) y los datos.
- Combinación de tecnologías de producción de carácter general (producción basada en láser, tecnologías aditivas, nano y micro texturizados, inspección y visión artificial, machine learning, robótica y automatización) en función de las características de cada producto concreto.
- Configuradores 3D para los usuarios, de modo que puedan personalizar su vehículo antes de la producción.
- Procesos de producción y control de producto automatizados en tiempo real y en continuo para productos complejos y multimaterial.
- Desarrollo de espacios de datos interoperables para poder generar nuevos servicios a partir de la información de todo el ecosistema.
- Herramientas para el diagnóstico remoto del producto, de modo que se minimice el tiempo del vehículo en el servicio postventa.
- Herramientas para el rediseño de productos basados en datos de utilización gracias a la capacidad del producto de medir datos reales del uso y sus condiciones.
- Pasaporte digital del producto a partir de la estandarización de todo el proceso de fabricación gracias a la trazabilidad de los datos.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Sensórica/IoT
- Edge computing
- Redes de comunicaciones
- Sistemas de tracking
- Inteligencia Artificial
- Robótica
- Fabricación aditiva
- Blockchain
- Espacios de datos

Impacto:

- Optimización del uso de los componentes y productos durante toda su vida útil, con la posibilidad de poder reintroducirlos en el ecosistema.
- Plataformas digitales y soluciones para el intercambio de datos entre diferentes agentes del ecosistema.
- Fabricación de los productos del futuro en cadenas de fabricación con una amplia conectividad y transferencia de información dentro del ecosistema.

3.1.2 Cadenas de fabricación cero defectos, cero paradas, escalables, reconfigurables y flexibles

Una fabricación excelente y responsable combina velocidad, precisión, calidad y fiabilidad con flexibilidad y agilidad. La producción libre de errores, sin el desperdicio de materiales, energía, tiempo y recursos que supone la fabricación de piezas defectuosas, se impone como aspecto crítico en la competitividad de la industria de componentes de automoción, sobre todo, en el caso de las pequeñas y medianas empresas pertenecientes a sectores maduros.

Disponer de sistemas de fabricación con cero defectos exige que tanto los procesos como los productos a fabricar estén totalmente definidos y caracterizados sin ambigüedades. Asimismo, no es suficiente con que una fase se encuentre totalmente definida y monitorizada, sino que es necesario controlar todas las fases de la cadena de fabricación. De esta forma, se dispondrá de una trazabilidad completa del proceso y del efecto de los errores en toda la cadena.

Ámbitos de desarrollo:

- Herramientas para la simulación multivariable y multiproceso de las cadenas de fabricación, que integren fenómenos complejos como la degradación en las máquinas o las variaciones en la materia prima, de modo que se pueda determinar el impacto de diferentes parámetros, las fuentes de error y su propagación a lo largo de dichas cadenas y se pueda predecir el resultado con mayor fiabilidad.
- Estandarización de gemelos digitales utilizando el formato Asset Administration Shell (RAMI 4.0).

- Nuevos métodos de producción flexibles y automatizados para la fabricación ágil y personalizada de diferentes tipos de componentes, como, por ejemplo, la fabricación de diferentes modelos de baterías en la misma línea.
- Sistemas de fabricación flexibles para la producción de vehículos para flotas de carsharing, que permitan la personalización y parametrización de las preferencias del usuario, tanto en la capa física (interiores, hardware infotainment, ...) como en la capa lógica del vehículo.
- Desarrollo de máquinas inteligentes capaces de analizar y caracterizar la materia prima, los utillajes y las herramientas, la configuración de los equipos, las variaciones ambientales y su impacto en los parámetros del producto final, de modo que se produzcan piezas cero defectos de forma continua, sin una verificación off-line de máquina.
- Sistemas de inspección y control de calidad cero defectos en línea, en tiempo ciclo y con métodos no intrusivos que no afecten al proceso (por ejemplo, el control de soldadura en la fabricación de baterías).
- Sistemas avanzados de control de calidad de pinturas para nuevos acabados.
- Técnicas de diagnóstico y detección de anomalías en los procesos productivos basados en sistemas de diagnóstico no invasivo, que requieran modificaciones mínimas o nulas de los elementos hardware y software de las cadenas de fabricación, incluyendo el desarrollo de algoritmos que trabajen con pequeños volúmenes de datos históricos.
- Sistemas de posicionamiento precisos en interiores para conocer la localización de los productos y la intralogística en tiempo real, permitiendo la definición de rutas variables para los productos.
- Sistemas predictivos capaces de anticipar la calidad final del producto capturando los parámetros del proceso, almacenándolos en un data lake, y modificando dichos parámetros cuando sea necesario de manera que se garantice la calidad final del producto con la monitorización exhaustiva del proceso permitiendo reducir o incluso eliminar el control de calidad final del producto.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Redes de comunicaciones
- Sistemas de tracking
- Inteligencia Artificial
- Robótica
- Sistemas de manufactura y remanufactura
- Inspección no destructiva
- Ciberseguridad
- Espacios de datos

Impacto:

- Impacto en la competitividad de las PYMES y grandes empresas industriales al minimizar el número de piezas defectuosas y el consiguiente impacto en el coste, derivado por un menor consumo de materias primas y energía.
- Personalización de los diseños para cada componente a partir de modelos de comportamiento y simulación y en función de las necesidades de cada subsector manufacturero.

- Acceso rápido al mercado, al poder dar soluciones personalizadas a gran escala y en el menor tiempo posible.
- Aumento de la flexibilidad en los procesos de fabricación.
- Reducción de costes y tiempos de proceso.

3.1.3 Fábricas inteligentes, productivas, excelentes, robustas y ágiles

La fabricación flexible y ágil es una prioridad clave para reducir el plazo de fabricación y los costes, así como para permitir una producción de series cortas, altamente personalizadas y orientadas a la demanda. Para poder conseguir estos objetivos, es necesaria una integración transparente y trazable de todas las operaciones sobre un producto utilizando la infraestructura digital adecuada.

Por otra parte, la personalización de los productos sólo se conseguirá si se dispone de sistemas de fabricación y procesos suficientemente flexibles, capaz de adaptarse a estas necesidades de forma rápida y automatizada. La implicación de los fabricantes de máquinas y equipos de fabricación será primordial para conseguir esta flexibilidad.

Ámbitos de desarrollo:

- Implementación de redes privadas virtuales de comunicaciones de baja latencia (5G) y análisis de su rentabilidad en los procesos empresariales relacionados con el análisis preventivo de datos en tiempo real en el proceso de fabricación.
- Desarrollo de nuevas aplicaciones sobre sistemas de comunicaciones de corto alcance (Wifi6).
- Desarrollo de plataformas digitales para la gestión y el intercambio seguro de los datos entre los diferentes agentes de las cadenas de fabricación.
- Desarrollo de modelos virtuales enriquecidos con información externa para predecir potenciales escenarios de demanda.
- Identificación de patrones relacionados con fallos o perturbaciones a nivel de fábrica, que permitan la detección de defectos en el diseño del proceso, temas de mantenimiento, análisis causa-efecto, alarmas tempranas y divergencias entre el diseño y la ejecución de los procesos.
- Herramientas de simulación para la realización de análisis “what-if” que permitan una mejor evaluación de riesgos sin perturbar el sistema y la definición de estrategias de mitigación.
- Democratización del know-how dentro de las compañías. Industrialización del *solving problem*.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Redes de comunicaciones
- Inteligencia Artificial
- Robótica
- Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración
- Metaverso y gamificación
- Ciberseguridad
- Espacios de datos

Impacto:

- Mejora de la competitividad para el liderazgo de la industria manufacturera de componentes del automóvil.
- Mejora de la disponibilidad de máquinas y sistemas de fabricación (OEE) a partir de un control optimizado de los componentes críticos y un mantenimiento predictivo de sus elementos.
- Aumento de la productividad y nuevos modelos de negocio basados en servicios (As-a-Service) entre los miembros del ecosistema (por ejemplo, la fabricación como servicio).
- Optimización en el consumo de energía y materia prima.

3.2 Economía circular y reducción del impacto medioambiental

3.2.1 Fabricación ultra-eficiente, baja en energía y neutral en carbono

La reducción del consumo de energía junto con la utilización de energía renovable es crucial ya que aproximadamente un tercio de la demanda de energía a nivel global y de las emisiones de CO₂ son atribuibles a los procesos de fabricación. Por ello, el desarrollo de procesos de fabricación eficientes energéticamente, la integración de energías renovables o la posibilidad de recuperar energía (simbiosis industrial) en procesos intensivos energéticamente facilitará la consecución de estos objetivos.

Ámbitos de desarrollo:

- Modelos de simulación globales para la minimización del consumo energético, que integren aspectos como el nivel de procesado de los materiales, los sistemas de montaje y la logística integral de entrega de producto.
- Generación de energía renovable, almacenamiento energético y recuperación de energía que pueda contribuir a una transición hacia una economía más eficiente medioambientalmente.
- Gestión de acuerdos a largo plazo (PPAs) con las empresas productoras de energía eléctrica, para el suministro de energía verde, con garantía de origen.
- Captura y aprovechamiento de CO₂ en entornos industriales (CCUS-Carbon capture, utilisation and storage).
- Análisis y evaluación de la utilización de hidrógeno verde como alternativa al gas en los procesos industriales.
- Planificación de la producción con atención a la disponibilidad y tarificación de la energía (comparativa energética).
- Reducción de consumos en stand-by de los equipos y optimización del consumo de los láseres a lo largo de su vida.
- Puesta en marcha de nuevas estructuras organizativas y modelos de negocio considerando los aspectos regulatorios (e.g. Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE, EU ETS).
- Despliegue de redes de valor dinámicas y sostenibles basadas en datos en las que participen todos los agentes del ecosistema, de forma que se optimice el consumo de materia prima y energía y se facilite la reutilización de recursos (“simbiosis industrial”).

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Sensórica / IoT
- Redes de comunicaciones
- Inteligencia Artificial
- Generación renovable/ Hidrógeno verde
- Tecnologías de Captura, Almacenamiento y Uso del Carbono (CCUS)
- Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración
- Ciberseguridad
- Espacios de datos

Impacto:

- Mejora de la competitividad de las empresas.
- Reducción de la huella medioambiental.
- Reducción de costes por consumo de energía.

3.2.2 Desfabricación, remanufactura y reciclado para economía circular

El diseño de componentes orientado a su reutilización, reciclaje y refabricación (“Re-X”) se está convirtiendo en una estrategia clave para reducir el consumo de materia prima y energía, y la minimización de la huella medioambiental. Los productos remanufacturados pueden ahorrar hasta el 98% de las emisiones de CO₂ comparando con el equivalente a la fabricación de nuevos productos. Sin embargo, su implementación requiere el desarrollo de una gama extensa de tecnologías de inspección, caracterización, fabricación, tratamiento superficial, determinación de la vida remanente de los productos y reciclaje que deben ponerse en marcha de manera coordinada para desplegar modelos eficaces de economía circular.

Ámbitos de desarrollo:

- Ingeniería concurrente de producto y fabricación orientada a la remanufactura, el reciclaje y la reutilización (Diseño para la circularidad), con una especial importancia en flotas de “car-sharing”.
- Desarrollo de sistemas escalables de inspección utilizando materiales con capacidad sensorial y sensórica embebida para evaluar las características del producto durante y después de su uso.
- Procesos de desfabricación, desmontaje y reciclado (desensamblaje, limpieza, evaluación, clasificación, trazabilidad, sensorización), tanto de componentes como de vehículos completos.
- Procesos de reparación y reutilización (fabricación aditiva, unión, conformado, funcionalización superficial, ...) que aseguren escalabilidad, asequibilidad y fiabilidad.
- Desarrollo de nuevos sistemas de unión que favorezcan el desmontaje.
- Sistemas y procesos de reciclado de baterías para una segunda vida o para un aprovechamiento de los distintos componentes y materiales.
- Plataformas digitales que faciliten la comercialización de materiales, componentes y productos secundarios en líneas de fabricación.
- Trazabilidad completa e inmutabilidad de los datos a través de blockchain.

- Estandarización de componentes para favorecer su segunda vida y reutilización en distintos modelos de vehículo, incluyendo la estandarización del software (ej. tarjetas para compartir ajustes entre vehículos).
- Implantación del Pasaporte Digital de Producto como un medio para compartir información ambiental de los componentes y favorecer el reciclado y fin de vida.

Tecnologías habilitadoras:

- Sensórica/IoT
- Edge computing
- Inteligencia Artificial
- Robótica
- Fabricación aditiva
- Sistemas de manufactura y remanufactura
- Inspección no destructiva
- Metodologías LCA y re-ingeniería (Análisis del Ciclo de Vida)
- Ciberseguridad
- Blockchain
- Espacios de datos

Impacto:

- Reducción del impacto medioambiental.
- Competitividad, reducción del consumo de energía y materias primas. Imagen de marca.
- Transición hacia modelos de negocio basados en prestación de servicio en lugar de venta directa de producto.
- Creación de contratos inteligentes (Smart Contracts) entre agentes del ecosistema.

3.2.3 Re-ingeniería de todo el ciclo de vida del producto y máquina

La combinación del análisis de ciclo de vida aplicado a las cadenas de fabricación (máquinas y equipos) y a los productos (materiales y procesos), permite tener una visión global del impacto medioambiental asociado a la producción, así como la percepción de los efectos que tienen los cambios en fases concretas de la cadena de fabricación en otras fases tanto aguas arriba como aguas abajo. Este análisis de ciclo de vida se tiene que apoyar de forma intensa en simulaciones y modelizaciones, tanto de los sistemas de producción como de los procesos y la caracterización de los materiales. Igualmente, es importante también incluir como variable la sustitución de materiales por otros con menos impacto ambiental (ej. biomateriales, etc.).

Ámbitos de desarrollo:

- Herramientas para la simulación y modelado de todo el ciclo de vida del producto desde el diseño, hasta la fabricación y las estrategias de fin de vida.
- Despliegue de metodologías de re-ingeniería del ciclo de vida para reducir el impacto ambiental.
- Desarrollo de biomateriales con especificaciones técnicas próximas a los materiales tradicionales para su utilización en los vehículos.

- ❑ Interoperabilidad en la integración de los datos medioambientales en el ecosistema, integrando la información propia de los fabricantes de componentes con la de los fabricantes de vehículos, incluyendo el comportamiento de los componentes durante su vida en funcionamiento.
- ❑ Desarrollo de nuevos servicios y modelos de negocio medioambientales, basados en el aprendizaje federado entre componentes y vehículos de distintos fabricantes.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Sensórica / IoT
- Edge Computing
- Inteligencia Artificial
- Nuevos materiales y biomateriales
- Metodologías LCA y re-ingeniería (Análisis del Ciclo de Vida)
- Ciberseguridad
- Espacios de datos

Impacto:

- Reducción del impacto ambiental.
- Trazabilidad de los productos en todo el ecosistema.
- Nuevos servicios generados a partir del intercambio de información entre los agentes del ecosistema.

3.3 Ingeniería de producto y producción integrada

La industria manufacturera de componentes de automoción se enfrenta al reto de realizar de manera continua cambios tecnológicos en sus componentes para mejorar aspectos tan diversos como el confort, la experiencia de conducción o la reducción de emisiones.

Este hecho ha abierto la puerta al mercado a empresas innovadoras, que cuentan con alto conocimiento tecnológico, pero carecen de experiencia de producción a gran escala. Por otro lado, los OEMs y proveedores de primer nivel experimentados, se encuentran obligados a innovar mientras mantienen su capacidad de producción en serie.

La ingeniería de producto y procesos integrada les ofrece a todos ellos la capacidad de desarrollar nuevos componentes a la vez que se lleva a cabo la planificación, optimización y validación de los procesos de fabricación y ensamblaje. Esta integración se fundamenta en una estructura digital que se expande a todo el ecosistema y que se extiende desde el diseño a la fabricación, y afecta a fabricantes y proveedores de manera simultánea.

Como complemento a la digitalización, el éxito final dependerá de la capacidad de las empresas para integrar en sus nuevos desarrollos al usuario final del automóvil, así como nuevos materiales, tecnologías y procesos más flexibles y eficientes.

3.3.1 Producción integrada para cadenas de valor orientadas a cliente

Considerado tradicionalmente como un objetivo de mercado, el usuario final juega hoy en día un rol especial en los nuevos desarrollos de componentes, ya que espera un nivel alto de eficiencia, confort, y conectividad, y demanda una alta personalización que requiere catálogos más amplios de vehículos y componentes.

La integración de los clientes se llevará a cabo a través de la identificación de requisitos durante la fase de diseño y la recogida de datos durante la fase de uso, de forma que pueda rediseñarse el producto para cumplir sus expectativas. Esta premisa obligará a modificar el enfoque tradicional de la industria de automoción, ya que se pasará de una secuencia lineal que comienza con la ingeniería de producto seguida del diseño del proceso, a una fabricación integrada, que propone acceso simultáneo y colaboración de todos los agentes y desde el primer momento.

Fabricantes y proveedores podrán poner en marcha productos de forma virtual antes de fabricarlos físicamente, minimizando el impacto de cambios de diseño en las últimas fases del proceso, puesto que el entorno virtual permite simular y validar los cambios antes de incorporarlos. Este enfoque flexible de gestión de vida del producto permitirá ampliar la cartera de componentes y fabricarlos de manera eficiente y correcta.

Por último, la necesidad de intercambiar información entre los diferentes agentes de la cadena de fabricación (proveedores, OEMs, logística, servicio...) exigirá mecanismos que aseguren la inviolabilidad y la confidencialidad de la información.

Ámbitos de desarrollo:

- Configuradores virtuales para los usuarios, de modo que puedan personalizar su vehículo antes de la producción.
- Sistemas de modelizado y simulación de procesos que integren el diseño del producto, las máquinas y utillajes, la manipulación de los materiales y las personas.
- Herramientas para el codiseño entre los proveedores y clientes, que permitan la automatización de este proceso y la compartición de un diseño orientado a la fabricación.
- Herramientas para el rediseño de productos basados en datos de conducción gracias a la capacidad del vehículo de medir datos reales del uso y sus condiciones.
- Integración de nuevas funciones en componentes tradicionales (por ejemplo, vidrios inteligentes que se oscurecen para reducir la radiación solar, o paneles de puertas con calefactores impresos para calentar el habitáculo a través de calefactores impresos).
- Aligeramiento de componentes a través del diseño integrado del producto y el proceso.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Edge Computing

- Inteligencia Artificial
- Sistemas de manufactura y remanufactura
- Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración
- Realidad Extendida
- Ciberseguridad
- Espacios de datos

Impacto:

- Productos creados a demanda de los clientes/consumidores.
- Nuevas cadenas de suministro.
- Nuevos modelos de negocio entre agentes del ecosistema.
- Mayor personalización funcional y sostenible del producto.
- Ciclo de producto mejorado.
- Actualización continua del estado de fabricación de un producto en cada fase de producción desde diseño hasta fabricación y su operación.
- Posibilidad de generar servicios asociados al producto con participación de diferentes agentes del ecosistema.
- Acceso de las pequeñas y medianas empresas a infraestructura de ensayo y validación.

3.3.2 Fabricación con materiales nuevos y sustitutivos

La industria manufacturera de componentes de automoción se enfrenta a retos medioambientales y geopolíticos relacionados con la disponibilidad de materias primas, lo que implica el uso de materiales alternativos, como fibras vegetales o plásticos reciclados, que sean capaces de resolver los retos actuales en términos de disponibilidad, energía, impacto ambiental, fabricabilidad, coste o reciclabilidad, proporcionando las mismas funcionalidades que los actuales.

Además, la fabricación de los componentes del futuro exigirá el desarrollo de nuevos materiales inteligentes y adaptativos a partir de aleaciones, nanocompuestos y/o microestructuras que les aporten nuevas propiedades. Finalmente, hay que indicar que la personalización de los componentes va a requerir del desarrollo y uso de nuevos materiales, aspecto en el que los biomateriales van a jugar un papel clave.

Para conseguir lo anterior es necesario dar un nuevo enfoque a los métodos de fabricación de componentes y añadir otros totalmente nuevos, como la fabricación aditiva o la impresión funcional.

Ámbitos de desarrollo:

- Materiales para superficies inteligentes que adapten su iluminación para mejorar la seguridad y comodidad del usuario.
- Sensores capacitivos integrados en las superficies interiores.
- Materiales sostenibles (en algunos casos biobasados) que sustituyan a otros más contaminantes, escasos o de difícil obtención.
- Recubrimientos funcionales con nuevas propiedades, como una baja adherencia a microorganismos, propiedades antiempañantes o capacidad de auto-reparación.

- Integración de electrónica con productos de plástico.
- Materiales más ligeros que reduzcan el peso del automóvil y por tanto su consumo e incrementen su autonomía.
- Nuevos materiales para su uso en ánodos y cátodos de baterías que mejoren los procesos de carga y descarga.
- Materiales para el desarrollo de estructuras de packs de baterías más ligeros.
- Materiales fáciles de limpiar de uso en vehículos de flotas de “car sharing”.
- Materiales con transparencia selectiva a la radiación.
- Materiales sustitutivos del vidrio en ventanas.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Inteligencia Artificial
- Nuevos materiales y biomateriales
- Fabricación aditiva
- Sistemas de manufactura y remanufactura
- Espacio de datos

Impacto:

- Nuevos componentes con mejores prestaciones y nueva funcionalidad.
- Reducción del consumo de materias primas escasas.
- Reducción del impacto ambiental de los procesos y productos.
- Fabricación eficiente y sostenible de componentes con prestaciones a medida.
- Fabricación centrada en el producto.
- Personalización de componentes.

3.3.3 Cadenas de suministro y logística del futuro

La combinación de tecnologías de producción, información y comunicación integradas en la cadena de suministro es la base de las fábricas inteligentes, de modo que se pueden conectar y automatizar los procesos, e integrar máquinas inteligentes capaces de tomar decisiones.

El régimen de producción ultra eficiente que exige la industria manufacturera de componentes de automoción depende de una cadena de suministro eficaz que entregue a tiempo los miles de componentes de los que se compone un vehículo. El desarrollo de nuevas cadenas de proveedores y la integración de productos y servicios asociados de alto valor añadido requerirán nuevas aproximaciones que tengan en cuenta el movimiento de materiales entre los diferentes agentes de la cadena de fabricación y el establecimiento de plataformas logísticas de colaboración entre ellos. La función vital de entrega de los componentes a pie de línea se confía a carretillas y tractores tradicionales operados por personas. En este punto, la utilización de vehículos de logística autónomos (AGVs, drones, ...) será clave para el suministro de materiales dentro de la fábrica y el almacén inteligentes.

Por último, será primordial crear comunicaciones confiables a lo largo del ecosistema en las que prime la seguridad y la inviolabilidad de la información.

Ámbitos de desarrollo:

- Vehículos autónomos para la gestión de la intralogística, que incluyan la optimización de rutas y la realización de otras funciones secundarias (por ejemplo, labores de seguridad, inspección de instalaciones)
- Robótica colaborativa entre máquinas y otros elementos de la fábrica inteligente
- Herramientas para la gestión automática de almacenes que permitan la localización y transporte de activos para intralogística flexible.
- Digitalización del flujo de material para suministro eficiente de componentes (“supermercados inteligentes” para el suministro de componentes)
- Plataformas de logística colaborativa entre proveedores y fabricante con capacidad de respuesta ante eventos inesperados.
- Compartición de previsiones de demanda entre los agentes del ecosistema para reducir el almacenamiento de componentes y optimizar el transporte y movimiento de dichos componentes.

Tecnologías habilitadoras:

- Sensórica/IoT
- Redes de comunicaciones
- Sistemas de tracking
- Inteligencia Artificial
- Robótica
- Sistemas de manufactura y remanufactura
- Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración
- Ciberseguridad
- Blockchain

Impacto:

- Incremento de la eficiencia y de la productividad.
- Mejora en la gestión de stocks.
- Extensión del tiempo de vida de maquinaria y plantas de producción.
- Mejora del OEE.
- Despliegue de una gestión predictiva integral de proceso.
- Reducción del impacto ambiental en logística y distribución.
- Disminución de accidentes por flujo de vehículos logísticos que afecten a mercancías o personas.
- Optimización de espacios en plantas de fabricación y almacenes.
- Localización óptima de activos.
- Gestión óptima del FIFO.

3.4 Fabricación centrada en la persona

La Comisión Europea ha promovido el concepto de Industria 5.0, que trasciende la aproximación actual 4.0, poniendo el bienestar de las personas en el centro de los procesos de producción. Propone utilizar las nuevas tecnologías para generar riqueza más allá de empleos y crecimiento, a la vez que se respeta los límites de producción del planeta. En este contexto, las empresas manufactureras del sector de la automoción deberán considerar tres aspectos para comprender y gestionar los roles de las personas: la forma de

trabajar y aprender de las propias personas; su interacción con la tecnología; y la forma en la que aportan valor al proceso de fabricación.

En primer lugar, se desarrollarán mecanismos innovadores de captura y provisión de información que permitirán una actualización y desarrollo continuo de habilidades y competencias. Para ello, se utilizarán herramientas de aprendizaje digitales, intuitivas y amigables, que ayuden a la planificación, programación, operación y mantenimiento de los sistemas de fabricación.

En segundo lugar, la aplicación de la tecnología permitirá un empoderamiento humano, ya que se podrán delegar las tareas mecánicas, peligrosas y rutinarias en dicha tecnología. De esta forma, las personas dispondrán de más tiempo para realizar tareas que sólo ellas pueden realizar. Igualmente, las personas podrán monitorizar, supervisar y controlar de forma remota las operaciones de fabricación, evitando desplazamientos innecesarios.

Finalmente, las nuevas tecnologías permitirán transferir habilidades a las nuevas generaciones de trabajadores, asistiendo de forma eficiente a trabajadores de edad avanzada, con discapacidad o multiculturales.

Este conjunto de prioridades de investigación se focaliza en la mejora del rol, la satisfacción de las personas y el uso optimizado de los recursos humanos que trabajan en las empresas de fabricación.

3.4.1 Interacción persona-dispositivo (incluyendo robots)

La industria de fabricación de componentes de automóvil tiene una visión centrada en la persona, por lo que aborda su bienestar, salud y seguridad en el trabajo en cualquier fase de la producción. Se trata de mejorar su preparación, capacidad de comunicación, resiliencia y seguridad, que impacte de forma positiva en su bienestar y en el funcionamiento de las actividades de producción.

Por un lado, la interacción y orquestación entre las personas y los dispositivos llevan asociadas la interacción de las personas con otros expertos remotos y en la propia fábrica, así como con los sistemas de producción y los robots. En este sentido, son necesarias soluciones que permitan adaptarse a las preferencias, capacidades y estado de cada persona, así como a sus conocimientos.

Por otro lado, es fundamental la generación de entornos colaborativos seguros y productivos para las personas y las máquinas y procesos automáticos, para conseguir esa complementariedad entre personas y tecnología. Por ello, la interacción entre personas y robots es un aspecto importante, en particular, la detección de personas y la interpretación de su comportamiento y necesidad de asistencia por parte de las máquinas como una parte fundamental para una interacción segura.

Ámbitos de desarrollo:

- Herramientas de formación y entrenamiento para las personas, incluyendo la simulación del proceso productivo o la generación de escenarios de fallos que no pueden realizarse en un entorno real (realidad aumentada + realidad virtual).

- Sistemas inteligentes de ayuda a las personas en la ejecución de su actividad, sin necesidad de tener una alta cualificación en el manejo y ejecución de actividades de fabricación.
- Dispositivos para la generación de entornos seguros y ergonómicos que permitan la realización de la actividad de una forma segura y satisfactoria. Desarrollo de equipos de ayuda a la realización de actividades manuales repetitivas.
- Documentación automática de los procesos (“cero papel”).
- Nuevos robots autoconfigurables y colaborativos con capacidad de aprendizaje, que trabajen mano a mano con las personas.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Sensórica/IoT
- Edge computing
- Sistemas de tracking
- Inteligencia Artificial
- Robótica colaborativa
- Human Computer Interaction (HCI)
- Realidad Extendida
- Metaverso y gamificación

Impacto:

- Aumento de la eficiencia y productividad.
- Mejora del OEE (eficiencia de máquina).
- Mejora de la salud y satisfacción laboral.
- Interacción natural entre persona y máquina (lenguaje gestual,...).
- Mejor aprovechamiento de recursos.
- Mejora del ciclo de vida del producto y del proceso.
- Reducción absentismo

3.4.2 Plataformas y herramientas para el fomento de la innovación y colaboración

Las personas se encuentran en el centro de los procesos de innovación, utilizando tecnologías de analíticas de datos y sistemas de soporte a la decisión en dichos procesos. Por ello, son necesarias nuevas aproximaciones y herramientas que refuercen las capacidades de los actores industriales y permitan la incorporación de las personas en las etapas tempranas de la innovación. Ahora bien, es importante señalar que los procesos creativos no deben depender de plataformas digitales, sino que éstas deben mejorar la eficiencia y permitir nuevas formas de innovación. En definitiva, en un mundo globalizado, el desarrollo de herramientas colaborativas con todos los stakeholders (clientes, proveedores, colaboradores, ...) es clave para poder diseñar y producir componentes innovadores mejores y más fiables que los competidores.

Ámbitos de desarrollo:

- Herramientas para el codiseño colaborativo que incluyan la mejora de la usabilidad, un sentido de presencia espacial y la eliminación de barreras de comunicación.

- Plataformas para la modelización, simulación y optimización avanzadas de objetos 3D y 4D, integración funcional, formas y materiales mixtos y múltiples, que se integren en los procesos creativos de las personas.
- Desarrollo de herramientas de código abierto que permitan la interacción con el usuario para fomentar el co-diseño y la co-creación.
- Nuevas formas de colaboración entre equipos distribuidos, e incluso entre nuevos trabajadores virtuales o bots, utilizando tecnologías que permitan captar todas las expresiones verbales y no verbales en los procesos de diseño, desarrollo y testeo de productos.
- Herramientas y metodologías que garanticen una correcta gestión y transferencia del conocimiento.
- Co-creación de redes nacionales de conocimiento, involucrando representantes de diferentes sectores industriales.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Sensórica/IoT
- Edge computing
- Redes de comunicaciones
- Inteligencia Artificial
- Human Computer Interaction (HCI)
- Realidad Extendida

Impacto:

- Aumento de la productividad.
- Fabricación local.
- Mejora en los tiempos de entrega.
- Mejora de la salud y satisfacción laboral.
- Aparición de nuevos ecosistemas en base al “Do-It-Together”. Producción y diseño colaborativo.
- Social Manufacturing

		TECNOLOGÍAS HABILITADORAS																						
		Gemelo digital	Sensórica/IoT	Edge computing	Redes de comunicaciones	Sistemas de tracking	Inteligencia Artificial	Robótica	Nuevos materiales y biomateriales	Fabricación aditiva	Sistemas de manufactura y remanufactura	Inspección no destructiva	Metodologías LCA y re-ingeniería (Análisis del Ciclo de Vida)	Generación renovable / Hidrógeno verde	Tecnologías de Captura, Almacenamiento y Uso del Carbono (CCUS)	Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración	Human Computer Interaction (HCI)	Realidad Extendida	Metaverso y gamificación	Ciberseguridad	Blockchain	Espacios de datos		
PRIORIDADES ESTRATÉGICAS	CADENAS DE VALOR Y FÁBRICAS EXCELENTES, ADAPTATIVAS E INTELIGENTES																							
		4.1.1 - Procesos de fabricación para componentes inteligentes y complejos																						
		4.1.2 - Cadenas de fabricación cero defectos, cero paradas, escalables, reconfigurables y flexibles																						
		4.1.3 - Fábricas inteligentes, productivas, excelentes, robustas y ágiles																						
		ECONOMÍA CIRCULAR Y REDUCCIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL																						
		4.2.1 - Fabricación ultra-eficiente, baja en energía y neutral en carbono																						
		4.2.2 - Desfabricación, remanufactura y reciclado para economía circular																						
		4.2.3 - Re-ingeniería de todo el ciclo de vida del producto y máquina																						
		INGENIERÍA DE PRODUCTO Y PRODUCCIÓN INTEGRADA																						
		4.3.1 - Producción integrada para cadenas de valor orientadas a cliente																						
		4.3.2 - Fabricación con materiales nuevos y sustitutos																						
		4.3.3 - Cadenas de suministro y logística del futuro																						
		FABRICACIÓN CENTRADA EN LA PERSONA																						
		4.4.1 - Interacción persona-dispositivo (incluyendo robots)																						
		4.4.2 - Plataformas y herramientas para el fomento de la innovación y colaboración																						

4 Impactos esperados

Los avances tecnológicos en la fabricación de componentes del sector automotriz permitirán implementar enfoques globales y holísticos en la cadena de valor, optimizando recursos y promoviendo la colaboración entre áreas y funciones. Esto conducirá a una mayor eficiencia, calidad y rentabilidad en las operaciones, impulsando el desarrollo y la competitividad de la industria. Al considerar aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, se tomarán decisiones informadas que impactarán positivamente en el rendimiento, la innovación y la satisfacción del cliente.

Estos avances también generarán impactos significativos en varios aspectos clave. En términos de empleo, se requerirá una mano de obra capacitada en tecnologías avanzadas, lo que impulsará el desarrollo profesional. En cuanto a la sostenibilidad, se fomentará la economía circular, reduciendo el desperdicio y promoviendo la eficiencia energética. Además, se mejorarán las condiciones de seguridad vial y se facilitará la movilidad de personas y bienes. En resumen, los avances tecnológicos en el sector automotriz generarán beneficios tanto a nivel económico como social y medioambiental.

Impacto en el empleo

El relevo generacional junto con un cambio en los perfiles requeridos de las nuevas incorporaciones para la aplicación de las tecnologías propuestas es uno de los principales retos que debe abordar el sector manufacturero de componentes de automoción. Los avances tecnológicos que se generen como resultado de la aplicación de estas prioridades facilitarán la creación de nuevos puestos de trabajo altamente tecnológicos, los cuales demandarán personal cualificado. Por ello, se prevé un aumento en la demanda de profesionales con **habilidades multidisciplinares** en áreas como informática, electrónica, análisis de datos, inteligencia artificial, desarrollo de software y sistemas, así como ciberseguridad.

Nuevos paradigmas en la educación sobre fabricación, como los conceptos **Teaching y Learning Factories** (empresas y universidades trabajando de manera colaborativa), promoverán la integración entre la investigación, la innovación y la educación, ayudando a preparar la siguiente generación de trabajadores que utilizarán las nuevas tecnologías de fabricación en las empresas del futuro. Del mismo modo, a través del uso de herramientas y procesos de diseño colaborativo, se fomentará el desarrollo profesional y personal de los trabajadores, mejorando su satisfacción laboral y contribuyendo a su crecimiento dentro del sector.

Por otro lado, es fundamental la implementación de **políticas de recualificación continua** en el sector debido al desarrollo continuo de nuevas tecnologías. Estas políticas garantizan que los empleados adquieran las habilidades necesarias para aprovechar plenamente los beneficios de estas tecnologías. Además, al proporcionar oportunidades de crecimiento y desarrollo personal, se crea un entorno laboral atractivo que ayuda a retener **talento**. Esto no solo mejora la calidad del empleo, sino que también fortalece la estabilidad y competitividad del sector automotriz al contar con una fuerza laboral preparada y **adaptable a los cambios tecnológicos**.

Finalmente, se prevé un efecto multiplicador que se traducirá en la creación de **empleos indirectos** (se estima la creación de 4 puestos de trabajo indirecto por cada uno directo) en otras industrias y sectores relacionados. Estos empleos abarcarán áreas, como logística y cadena de suministro, ingenierías, investigación y desarrollo (I+D), seguros y sistemas financieros.

Impacto en la competitividad y en la sostenibilidad

El relevo generacional junto con un cambio en los perfiles requeridos de las nuevas incorporaciones para la aplicación de las tecnologías propuestas es uno de los principales retos que debe abordar el sector manufacturero de componentes de automoción. Los avances tecnológicos que se generen como resultado de la aplicación de estas prioridades facilitarán la creación de nuevos puestos de trabajo altamente tecnológicos, los cuales demandarán personal cualificado. Por ello, se prevé un aumento en la demanda de profesionales con **habilidades multidisciplinares** en áreas como informática, electrónica, análisis de datos, inteligencia artificial, desarrollo de software y sistemas, así como ciberseguridad.

Nuevos paradigmas en la educación sobre fabricación, como los conceptos **Teaching y Learning Factories** (empresas y universidades trabajando de manera colaborativa), promoverán la integración ente la investigación, la innovación y la educación, ayudando a preparar la siguiente generación de trabajadores que utilizarán las nuevas tecnologías de fabricación en las empresas del futuro. Del mismo modo, a través del uso de herramientas y procesos de diseño colaborativo, se fomentará el desarrollo profesional y personal de los trabajadores, mejorando su satisfacción laboral y contribuyendo a su crecimiento dentro del sector.

Por otro lado, es fundamental la implementación de **políticas de recualificación continua** en el sector debido al desarrollo continuo de nuevas tecnologías. Estas políticas garantizan que los empleados adquieran las habilidades necesarias para aprovechar plenamente los beneficios de estas tecnologías. Además, al proporcionar oportunidades de crecimiento y desarrollo personal, se crea un entorno laboral atractivo que ayuda a retener **talento**. Esto no solo mejora la calidad del empleo, sino que también fortalece la estabilidad y competitividad del sector automotriz al contar con una fuerza laboral preparada y **adaptable a los cambios tecnológicos**.

Finalmente, se prevé un efecto multiplicador que se traducirá en la creación de **empleos indirectos** (se estima la creación de 4 puestos de trabajo indirecto por cada uno directo) en otras industrias y sectores relacionados. Estos empleos abarcarán áreas, como logística y cadena de suministro, ingenierías, investigación y desarrollo (I+D), seguros y sistemas financieros.

Impacto social

El impacto social de la fabricación de componentes para la automoción no solo se mide en términos de empleo, ya que esta fabricación abre también la perspectiva de **retos y oportunidades para las personas**, como **puestos de trabajo sostenibles**, seguros y atractivos; **formación de alta calidad** para la inclusión de grupos sociales en los entornos

industriales; **protagonismo de los trabajadores** y ciudadanos en cadenas de valor globales; o **mejora de la salud y satisfacción laboral** de los trabajadores.

Igualmente, el desarrollo de la fabricación avanzada favorecerá la cohesión social. La fabricación es el motor de la economía en Europa y en muchas regiones españolas y favorece más que ningún otro sector la **generación y el reparto de la riqueza**.

Desde el punto de vista de la sociedad, la implementación de nuevas tecnologías, y sus procesos de fabricación asociados, mejorará la ergonomía de los vehículos al potenciar la comodidad del conductor a través de sistemas avanzados de asistencia y soluciones de diseño interior. El desarrollo tecnológico también está democratizando el acceso a nuevas prestaciones y servicios en los vehículos de gama media-baja, lo que se traduce en un mayor número de personas que puedan disfrutar de características avanzadas como sistemas de info-entretenimiento, conectividad, asistentes de conducción y mayor eficiencia de combustible. Esta democratización contribuye a mejorar la experiencia de conducción para un segmento más amplio de la población.

Finalmente, hay que mencionar la relación directa con el incremento en la seguridad vial y el impacto en la movilidad de personas y bienes. A medida que se implementan avances en sistemas de asistencia al conductor, se mejorará significativamente la seguridad en las carreteras. Estas innovaciones contribuirán a reducir los accidentes de tráfico y proteger tanto a los conductores como a los peatones.

Impacto medioambiental

La fabricación de componentes para automoción es una **actividad clave para conseguir los objetivos contra el cambio climático y de reducción en el consumo de energía**. En una sociedad con una demanda exponencial y una escasez de recursos, es fundamental producir bien a la primera, consumiendo menos materias primas y menos energía. Los equipamientos y máquinas de producción y los procesos tendrán un papel substancial en este reto.

Es importante resaltar que **los aspectos de sostenibilidad medioambiental no deben lastrar la competitividad de las empresas**, sino que la adopción de la economía circular y la eficiencia energética pueden dar lugar a nuevas economías y negocios. El uso eficiente y continuo de los recursos (materiales, energía, etc.), la reducción en la generación y emisión de residuos y piezas defectuosas, y la introducción de nuevas tecnologías de fabricación, son claves para lograr un equilibrio entre la rentabilidad económica y la responsabilidad medioambiental.

Impacto en el potencial de innovación e investigación español

Se espera que la adopción de esta Agenda de Prioridades Estratégicas tenga un **impacto importante en la investigación e innovación en España**, permitiendo la **coordinación de esfuerzos público-privados** a nivel interregional y nacional. De esta forma se conseguirá que España siga siendo referente en diseño y producción de los componentes para el automóvil del futuro.

De manera adicional, se esperan beneficios significativos derivados de la **colaboración entre todos los agentes de la cadena de valor**, incluyendo tanto los fabricantes de equipos

y proveedores de TICs, universidades, centros tecnológicos, fabricantes de equipamiento y dispositivos y un amplio rango de usuarios. Es de esperar que se obtenga también una mayor eficiencia en la explotación de los resultados del I+D, facilitando la transferencia de tecnología, lo que resultará en **mejoras de la competitividad y la sostenibilidad de la industria española.**

Para terminar, se prevé el impulso de grupos de investigación especializados, que se formarán para abordar los desafíos y aprovechar las oportunidades que surgen de la aplicación de tecnologías innovadoras relacionadas con conceptos tan diversos como el transporte inteligente, la seguridad vial, los sistemas de propulsión alternativos, etc.

También se formarán grupos multisectoriales que evalúen los avances técnicos desde distintos aspectos, como la ventaja tecnológica y la sostenibilidad, a través del cálculo de impacto ambiental de los procesos.



Move to Future

AGENDA DE PRIORIDADES ESTRATÉGICAS DE I+D+i DEL SECTOR AUTOMOCIÓN



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



www.move2future.es