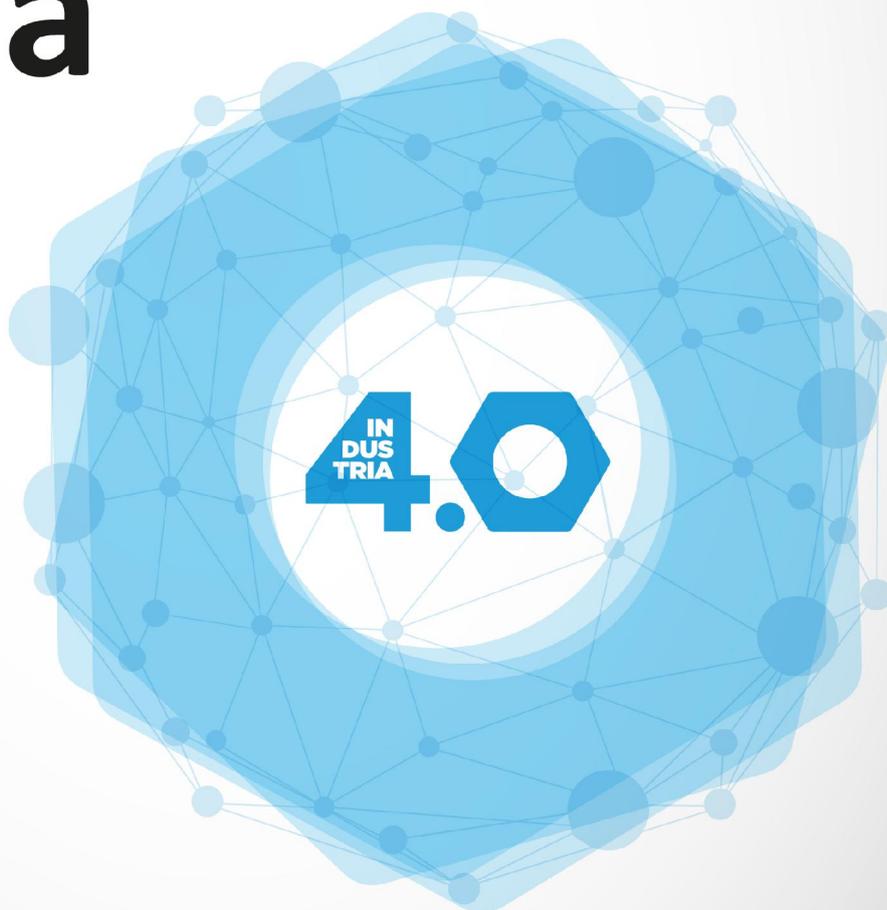




Oportunidades Industria 4.0 en Galicia

Convenio de
colaboración entre el
Instituto Gallego de
Promoción
Económica, la Alianza
Tecnológica
Intersectorial de
Galicia y los centros
integrantes de esta
alianza para la
detección y análisis de
oportunidades
sectoriales para las
empresas industriales
gallegas en el ámbito
de la industria 4.0



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 DEFINICIÓN/DESCRIPCIÓN	4
1.1.1 Automatización.....	5
1.1.2 Robótica avanzada y colaborativa	8
1.2 BREVE HISTORIA.....	10
1.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES	11
1.3.1 Ventajas de la automatización 4.0	11
1.3.2 Limitaciones y barreras de la automatización 4.0	11
1.3.3 Ventajas de la robótica avanzada y colaborativa	12
1.3.4 Limitaciones y barreras de la robótica avanzada y colaborativa	12
1.4 TENDENCIAS.....	13
1.5 APLICACIONES ACTUALES.....	15
1.5.1 Ejemplos de marcas comerciales de robots colaborativos.....	16
2. PRINCIPALES TECNOLOGÍAS EN LA INDUSTRIA.....	23
2.1 TECNOLOGÍAS EN SENSORIZACIÓN AVANZADA A NIVEL FÁBRICA	25
2.1.1 Visión	25
2.1.2 Acústica	26
2.1.3 Fotónica	27
2.2 TIPOS DE ROBOTS INDUSTRIALES	27
2.2.1 Tipos de robots industriales por su Configuración	27
3. APLICACIONES POR SECTOR	30
3.1 AERONAUTICO	30
3.1.1 Robótica	30
3.1.2 Sensorización.....	33
3.2 AGROALIMENTACIÓN Y BIO	33
3.2.1 Automatización.....	34
3.2.2 Sensorización.....	36
3.2.3 Robótica colaborativa	38
3.2.4 Fabricación flexible	38
3.3 AUTOMOCIÓN.....	38
3.3.1 Robótica	38
3.3.2 Sensorización.....	40

3.4	ENERGÍAS RENOVABLES (EERR)	41
3.4.1	Robótica	41
3.5	MADERA	43
3.5.1	Robótica	43
3.5.2	Sensorización.....	45
3.6	METALMECÁNICO	45
3.6.1	Robótica	46
3.6.2	Sensorización.....	46
3.7	NAVAL	47
3.7.1	Robótica	47
3.7.2	Sensorización.....	48
3.8	PIEDRA NATURAL	48
3.8.1	Robótica	48
3.9	TEXTIL	49
3.9.1	Robótica	49
3.9.2	Fabricación sensible	51
4.	CONCLUSIONES/IMPACTO EN LA INDUSTRIA	52
4.1	RETOS DE LA AUTOMATIZACIÓN Y LA ROBÓTICA AVANZADA Y COLABORATIVA.....	52
4.2	PERSPECTIVAS A MEDIO Y LARGO PLAZO	52
4.3	CONCLUSIONES	55
5.	BIBLIOGRAFÍA	56

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN/DESCRIPCIÓN

El término INDUSTRIA 4.0, fábricas del futuro o fábricas inteligentes, se refiere a la cuarta revolución industrial impulsada por la transformación digital basada en la incorporación de forma extendida de nuevas tecnologías a los procesos industriales tanto de forma horizontal (Smart Factories) conectando todos los procesos de la fábrica, personal y equipamiento, como de forma vertical integrando en el sistema a toda la cadena de valor (proveedores y clientes).

Esta cuarta revolución industrial está íntimamente ligada a la interrelación entre la automatización y las tecnologías de la información y la comunicación. Dentro de la Automatización encajaría una multitud de tecnologías consideradas habilitadoras 4.0 que se tocarán en otros estados del arte de este estudio, por lo que para poder acotar y organizar la información, en relación a la Industria 4.0, la **Automatización avanzada** se entenderá como:

- Sensorización avanzada a nivel de fábrica.
- Fabricación multietapa y flexible.
- Smart Manufacturing (sistemas ciberfísicos (CPS)).

Por otro lado, tenemos la **robótica avanzada y colaborativa**, que podría definirse como un caso particular de automatización, y dado su importancia tanto presente como futura, se tratará de forma independiente. En este caso se trata de robots dotados de elementos de sensorización que pueden ser integrados en entornos de fabricación ágil, trabajando mano a mano con operarios, donde la seguridad del trabajador es un aspecto central a tener en cuenta.

A continuación, se introducirá cada uno de los conceptos por separado.

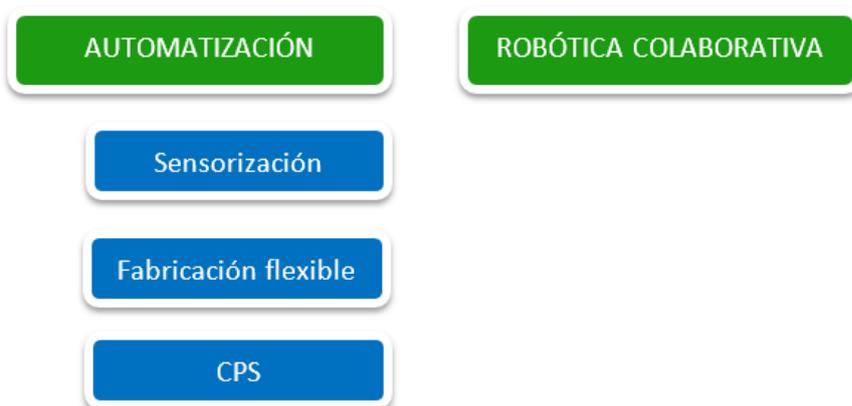


ILUSTRACIÓN 1: ESQUEMA ORGANIZACIÓN AUTOMATIZACIÓN AVANZADA Y ROBÓTICA COLABORATIVA

1.1.1 Automatización

Tal como se ha comentado anteriormente la automatización desde el punto de vista de la industria 4.0 se analizará como:

- Sensorización avanzada a nivel de fábrica.
- Fabricación multietapa y flexible.
- Smart Manufacturing (sistemas ciberfísicos (CPS)).

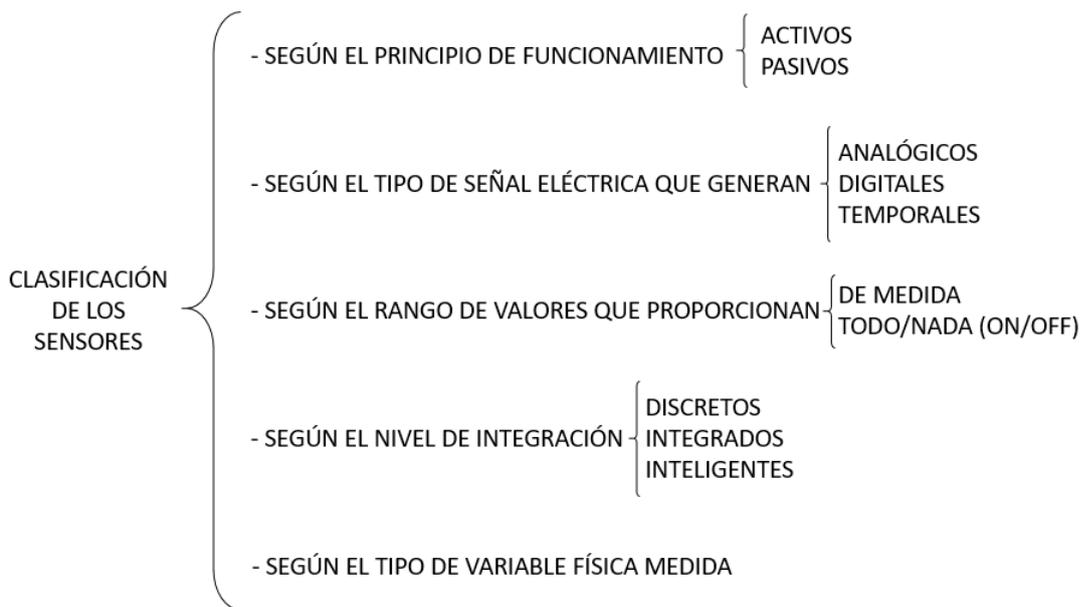


ILUSTRACIÓN 2: TECNOLOGÍAS HABILITADORAS QUE PERMITEN IMPLEMENTAR EL CONCEPTO DE AUTOMATIZACIÓN AVANZADA.

SENSORIZACIÓN AVANZADA A NIVEL DE FÁBRICA

El concepto de sensorización avanzada hace referencia a las tecnologías que, mediante la utilización de diferentes sensores, permiten analizar y obtener datos de diferentes máquinas, operarios u objetos, de forma no invasiva. Es una tecnología que colabora activamente y de forma transversal como parte del resto de las tecnologías habilitadoras 4.0, ya que es la fuente de datos que, mediante un procesado analítico, permite dotar de la característica de “inteligente” al proceso o producto.

De forma general, la **clasificación de los sensores** podría establecerse de la siguiente forma:



Para conseguir un salto de calidad en las líneas propuestas por la INDUSTRIA 4.0, la sensorización avanzada a nivel de planta de producción debe dar soporte a la consecución de los siguientes objetivos:

- **Cero defectos.** La automatización de la planta basada en sensorización avanzada, debe ir en la línea de conseguir este ambicioso objetivo.
- **Toma de decisiones** a nivel producción en tiempo real.
- **Trazabilidad** en toda la cadena de valor, se busca tener la historia individual de cada unidad producida.
- **Fiabilidad** en las máquinas, se busca mediante por un lado la recolección, almacenaje y procesado en tiempo real de los datos recogidos, y por otro el auto diagnóstico y sistemas de alarma basados en algoritmos predictivos, conseguir una fiabilidad total durante la vida útil de la máquina.
- **Fábrica medioambientalmente sostenible**, tanto a nivel de gestión y reutilización de los residuos como de recuperación de energía.

Se pueden considerar como **tecnologías de sensorización avanzada** a nivel de fábrica, en el dominio de la industria 4.0:

- Visión, donde se englobaría:
 - Visión artificial
 - Escaneado 3D
 - Espectrometría
 - Termografía
- Ultrasonidos
- Acústica
- Fotónica

FABRICACIÓN MULTIETAPA Y FLEXIBLE

La competitividad de las empresas depende en gran medida de poder **adaptarse rápidamente a la demanda del mercado**, cada vez más individualizada, ofreciendo productos innovadores de alta calidad a costes contenidos. La Fabricación Multi-etapa y Flexible es un concepto que permite acercar ambos extremos (alta calidad y bajo coste), conceptos antagónicos hasta el momento desde el punto de vista industrial.

Esta nueva forma de fabricar necesita un cambio de filosofía de producción, donde se busca **fabricar de forma automatizada series más cortas** pertenecientes normalmente a una misma familia de productos. Con instalaciones tradicionales sería muy costoso y lento.



ILUSTRACIÓN 3: PRODUCTIVIDAD DE LA FABRICACIÓN FLEXIBLE FREENTE A OTRAS TECNOLOGÍAS ACTUALES

Cuando hablamos de fabricación multi-etapa y flexible, no sólo hablamos de fabricación propiamente dicha sino también involucra a otras actividades realizadas en la industria como la de compras, almacenaje, el transporte de materiales, verificación de calidad, trazabilidad, embalado, etc.

SMART MANUFACTURING (SISTEMAS CIBERFÍSICOS (CPS))

El empleo de sistemas ciberfísicos (CPS por sus siglas en inglés) es uno de los elementos que posibilitan en cambio de paradigma en la industria 4.0. Un **sistema ciberfísico** es todo aquel equipo que integra capacidad de computación, almacenamiento y comunicación para controlar e interactuar con otros equipos o procesos en el mundo físico. Estos sistemas están normalmente conectados entre sí y a su vez conectados con redes globales.

Las principales características de los sistemas CPS son por un lado que pueden utilizar la información proveniente del mundo virtual, de forma que puede tener la capacidad de aprender y evolucionar mediante técnicas de **inteligencia artificial**, y por otro lado que tiene la capacidad de **interactuar con objetos físicos**.

Los sistemas CPS son de **aplicación en múltiples sectores** como fabricación, energía, transporte, Smart cities, salud, etc. Algunos ejemplos de nuevas soluciones aplicadas de CPS, relacionadas con industria 4.0, podrían ser:

- Control de maquinaria en plantas de producción.
- Monitorización de máquinas de cara a la optimización de su estrategia de operación y mantenimiento
- Robots colaborativos, los cuales tienen en cuenta su entorno y aprenden unos de otros.
- Vehículos autónomos de transporte de piezas que se comunican con otros y con los sistemas de gestión de la fábrica para determinar rutas o velocidades óptimas.
- ...

Dada su complejidad y extensión, esta tecnología se tratará de forma independiente, con un desarrollo propio en este documento.

1.1.2 Robótica avanzada y colaborativa

La robótica avanzada y colaborativa es una rama dentro de la automatización industrial avanzada. Se trata de **robots dotados de elementos de sensorización** que pueden ser integrados en entornos de fabricación ágil, trabajando mano a mano con operarios, donde la **seguridad del trabajador** es un aspecto central a tener en cuenta.

Dentro de las tecnologías habilitadoras para la industria 4.0, la robótica avanzada y colaborativa ocupa un papel muy destacado tanto en el presente, donde las empresas más punteras de cada sector están comenzando a implementar esta tecnología, como a futuro, ya que **se prevé un crecimiento exponencial del volumen de negocio** de esta tecnología en los próximos años.



ILUSTRACIÓN 4: TECNOLOGÍAS HABILITADORAS QUE PERMITEN IMPLEMENTAR EL CONCEPTO DE FÁBRICA AVANZADA

Existen diferentes definiciones formales para **robot industrial** propuestas o establecidas por diferentes organizaciones internacionales relacionadas con la robótica, la ISO (International Standards Organization) ha adoptado con ligeras modificaciones la definición de la **RIA (Robotics Industrial Association)**. Según la ISO 8373, un robot industrial es:

“Un manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, capaz de manipular cargas, piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas”.

Otra de las definiciones más aceptadas es la establecida por la **IFR (International Federation of Robotics)**, según la cual:

“Por robot industrial de manipulación se entiende a una máquina de manipulación automática programable y multifuncional con tres o más ejes que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales para la realización de trabajos diversos en las diferentes etapas de producción industrial, ya sea en una posición fija o en movimiento”.

La robótica avanzada y colaborativa vinculada al sector industrial, es un importante **habilitador digital** (tecnología que hace posible la transformación digital). En la industria actual, la robótica procesa o transporta materias primas o materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales. Los robots pueden realizar un amplio catálogo de actividades, a mayores, tienen capacidad de percibir lo que ocurre a su alrededor mediante sensores, moverse en su entorno y comunicarse con otras máquinas y/o personas, todo esto unido al procesado de toda esta información en tiempo real mediante tecnologías de la información, hacen que la **versatilidad de este tipo de equipos** permita su aplicación a un amplio abanico de sectores industriales.

La robótica avanzada y colaborativa da un paso más a estas definiciones y se enmarca dentro de los habilitadores digitales que permiten la **hibridación del mundo físico y digital**, es decir, vincular el mundo físico al virtual para evolucionar a una industria inteligente.



ILUSTRACIÓN 5: PRINCIPALES HABILITADORES DIGITALES INVOLUCRADOS EN LA INDUSTRIA 4.0. FUENTE: MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD.

Esta versatilidad permite a la robótica avanzada y colaborativa servir a múltiples sectores de cara a conseguir los objetivos ligados a la industria 4.0:

- **Desarrollo tecnológico y dinamización de la economía.**
- **Flexibilidad en la producción:** cambios en la configuración que no afecten al tiempo de producción.

- **Personalización:** satisfacer peticiones del cliente incluso con bajos volúmenes de producción.
- **Optimización de la toma de decisiones:** información en tiempo real.
- **Aumento de productividad y eficiencia en los recursos:** seguimiento exhaustivo a lo largo de todo el proceso productivo.
- **Cero defectos.**
- **Nuevas oportunidades de negocio:** especialmente en servicios derivados o de apoyo.

1.2 BREVE HISTORIA

Todas las revoluciones industriales han ido de la mano de **procesos de automatización**. Desde la máquina de vapor en la primera revolución industrial en el siglo XVIII hasta la automatización y robotización de los procesos industriales en la tercera revolución industrial en los años 70 del siglo XX, la automatización de procesos ha sido el **hilo conductor de los avances**.

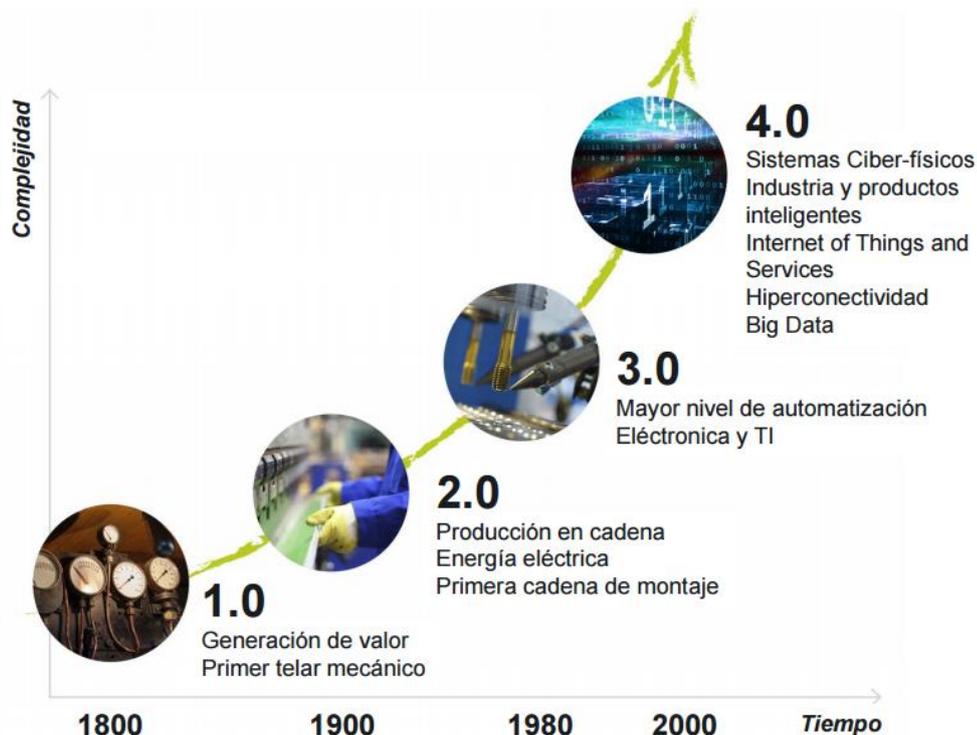


ILUSTRACIÓN 6: EVOLUCIÓN DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES ENMARCADAS EN CADA UNA DE LAS REVOLUCIONES INDUSTRIALES EN EL TIEMPO. FUENTE: MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD.

En esta cuarta revolución industrial, del mismo modo que en ocasiones anteriores, la automatización forma parte activa del proceso de evolución tecnológica.

En cuanto a la **robótica avanzada y colaborativa**, tiene su germen en la tercera revolución industrial, en la segunda mitad del siglo XX, en este periodo aparecen los primeros autómatas y robots industriales, estos equipos debían permanecer en zonas de acceso restringido al ser humano al no estar pensados para la interacción con estos. En la actual cuarta revolución industrial, esta limitación de interacción hombre-máquina no sólo desaparece, sino que se impulsa la **colaboración mutua** de forma segura.

La industria 4.0 une las tecnologías que nacieron de la tercera revolución industrial (procesos de automatización y nuevas tecnologías de fabricación como la robótica) con las **tecnologías TIC y de análisis de datos** propias del siglo XXI como el almacenamiento y el procesamiento masivo de datos, o la transmisión de datos de alta capacidad.

Los nuevos robots colaborativos disponen de sensores que proporcionan mucha información del entorno en tiempo real, como sonar, laser lidar, cámaras, sensores de contacto, etc. que permiten parar la actividad del robot colaborativo cuando detecta alguna actividad humana a su alrededor no programada. Trabajar de forma segura es la principal directriz de estos equipos colaborativos.

1.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES

1.3.1 Ventajas de la automatización 4.0

- Optimizan la **fabricación por lotes**.
- **Se optimiza el empleo de sistemas de transporte** de piezas, herramientas, tiempos de puesta a punto...
- Se reduce el material en curso, sólo se fabrica lo necesario. **Filosofía JUST IN TIME**, los MES (Manufacturing Execution System) ayudan a implementar la filosofía “Just-in-Time”, que significa fabricar solo lo estrictamente necesario, cuando es necesario y solamente en las cantidades imprescindibles. El objetivo es reducir stocks al mínimo necesario.
- Aumenta la **capacidad de reconfiguración** de máquinas y plantas de producción.
- Permite la **integración de procesos y sistemas**.
- Mejora la **gestión de la producción**.

1.3.2 Limitaciones y barreras de la automatización 4.0

- **Alto coste inicial** en equipos, sistemas de transporte, software, ...
- La **formación ofertada en tecnologías 4.0** es baja todavía en el mercado.
- **Desconocimiento** sobre las iniciativas INDUSTRIA 4.0 y los casos de éxito.
- La **estructura tradicional de recursos** en las empresas industriales donde predomina un gran número de operarios de producción, frente a un bajo número de ingenieros y directivos, lo que dificulta los cambios tecnológicos.
- La **transformación del negocio**. Una vez implantadas las nuevas tecnologías que permiten tomar nuevas decisiones, hay que dar el salto para tomarlas, lo cual aporta elementos de incertidumbre que hay que superar.
- **Reestructuración completa de la producción por familias de piezas**. Los MES implican un cambio de filosofía de producción. Es necesario realizar una serie de tareas de preparación previas de clasificación y codificación a la implantación del MES.

1.3.3 Ventajas de la robótica avanzada y colaborativa

Las principales ventajas de la robótica avanzada y colaborativa:

- Permite la estrecha **colaboración en condiciones de seguridad hombre-máquina**, de forma que los trabajos realizados sean más fáciles y rápidos.
- Gran **flexibilidad** al poder realizar tareas de muy distintos tipos (pick & place, montaje, empaquetado, soldadura, atornillado, etc.), facilitando la automatización a pequeñas y medianas empresas.
- **Alta productividad**, un solo robot puede realizar 3 turnos (24h/día).
- La utilización de robots colaborativos garantiza el **aseguramiento de la calidad** de los bienes producidos, al estar monitorizando los parámetros de calidad en tiempo real.
- Otro de los principales puntos fuertes de estos nuevos robots colaborativos es la **facilidad de programación**, ya que un operario puede “enseñar” al autómatas no mediante programación clásica, sino guiando al robot a través de los movimientos de la tarea a realizar, pulsando un botón para identificar cada *waypoint*. Una vez que se ha “enseñado” al robot, la tarea se almacena en memoria y se ejecuta cuando sea necesaria.
- Aumento de **velocidad** en procesos repetitivos.
- Posibilidad de fabricación de **lotes más pequeños**.
- Mejora de la **ergonomía**.
- **Alta fiabilidad**.
- Aumenta la **capacidad de reconfiguración** de máquinas y plantas de producción.
- Permite la **integración de procesos y sistemas**.
- En definitiva, **mayor productividad y eficiencia**.

1.3.4 Limitaciones y barreras de la robótica avanzada y colaborativa

- **Relativamente alto coste inicial**.
- **Baja carga útil** por el momento debido a condiciones físicas y cinemáticas.
- Necesidad de una nueva **filosofía industrial**.
- Rechazo inicial por **eliminación de puestos de trabajo** poco cualificados y “dirty Jobs”.
- **Definición** de las tecnologías a usar y cómo usarlas.
- Disponibilidad de los **habilitadores digitales**.
- **Falta de recursos cualificados** y con experiencia para acometer la transformación, especialmente en las empresas de menor tamaño.

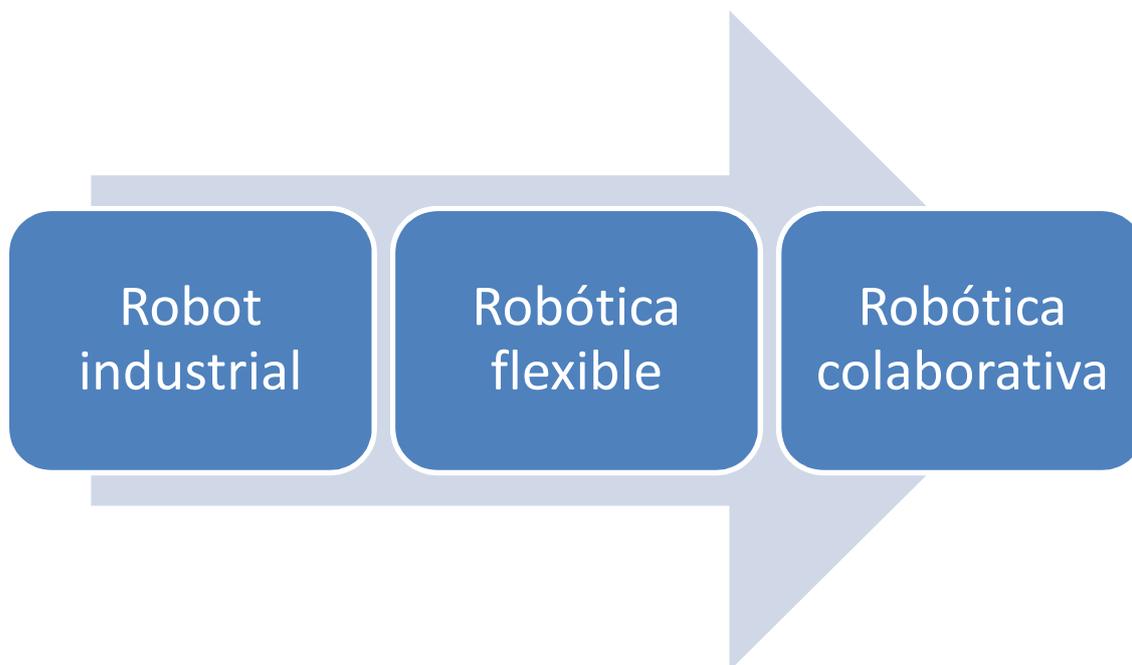
1.4 TENDENCIAS

Las tendencias en automatización van encaminadas a crear una **fábrica conectada inteligente, flexible, sostenible y conectada con el cliente** final.

El aumento de soluciones tecnológicas de **tecnología de sensorización**, unido al **internet de las cosas** y a la **inteligencia artificial**, proporcionarán a las líneas automatizadas tradicionales una serie de posibilidades 4.0 de cara a utilizar esta información recopilada a pie de línea a un nivel superior, al nivel de la toma de decisiones empresariales a través de sistemas de gestión integrales.

Los **sistemas ciberfísicos** y los nuevos **sistemas de interacción hombre máquina**, dotarán a las líneas de producción un grado de digitalización que impulsará la productividad de las empresas de cara a ser más competitivas manteniendo los estándares de calidad exigidos. Muchos de los procesos de control se realizan ya de forma automatizada, pero el uso de tecnologías 4.0 en este ámbito ayudará a la optimización de los procesos en tiempo real mediante técnicas de **Big Data** e **Inteligencia Artificial**.

En cuanto a la robótica colaborativa, la **evolución** es la siguiente:



Los **robots industriales**, tradicionalmente fueron diseñados para tener unas determinadas características, como por ejemplo:

- Propósito general (necesitan utillajes, sensores y herramientas).
- Altas prestaciones mecánicas.
- No disponen de conocimiento del entorno (trabajan en espacios cerrados o vallados).
- Necesitan una programación específica a través de un especialista.
- Su aplicación es a la producción intensiva.

En cuanto a la **robótica flexible**, va un paso más allá:

- Su base es la robótica industrial tradicional de forma más extendida.

- Disponen de cierto grado de sensorización. Trabajan en zonas cerradas o valladas, pero su posicionamiento es en función de la información recogida por sus sensores.
- Se necesita un técnico especialista para programarlo
- Se puede utilizar tanto en producción intensiva como en lotes cortos fuera de línea.

La **robótica colaborativa** sería el último paso de esta cadena, donde todavía se está investigando y desarrollando aplicaciones colaborativas. Sus características principales serían las siguientes:

- Los robots comparten el espacio de trabajo con las personas.
- Los robots colaborativos disponen de un sistema sensorial que les permite conocer el entorno de trabajo, incluso a las personas.
- Su programación es sencilla mediante nuevas técnicas, por lo que no es necesario un especialista.
- Al no necesitar un vallado, se abre un gran campo de nuevas aplicaciones.

Desde un punto de vista teórico, se trata de **robótica colaborativa** cuando la aplicación es colaborativa, no es suficiente ni necesario disponer de un robot "colaborativo". Por ejemplo, con una herramienta no adecuada, un robot colaborativo puede dejar de serlo.

La tendencia en robótica colaborativa va encaminada a disponer de **equipos con una mayor capacidad de carga y un mayor alcance**, aunque el uso de una mayor potencia limita la velocidad para operar de forma segura. Una mayor velocidad implica que disminuye la capacidad de reacción cuando los sensores detectan una posibilidad de colisión, por lo que están desarrollando nuevos medios de sensorización en esta línea.

TENDENCIAS EN LEGISLACIÓN

Bajo el paraguas de la **seguridad funcional** y sus normas (IEC 61508, IEC 62061, ISO 13849), los nuevos robots colaborativos han sido diseñados para poder interactuar con humanos en un "**espacio colaborativo de trabajo**" (interacción hombre-máquina).

Los estándares internacionales que se ocupan de la seguridad de los robots industriales (ISO 10218-1 / -2) y los robots diseñados específicamente para las operaciones colaborativas (ISO TS 15066) marcan el camino para el diseño de "aplicaciones colaborativas seguras".

La base normativa de la seguridad funcional de las aplicaciones colaborativas hombre - robot se nutre, por una parte, de **normas generales** como la IEC 61508, la IEC 62061 y la ISO 13849-1/-2; por otra, deben tenerse en cuenta, además, la ISO 10218-1/-2 relativa a la seguridad para robots industriales y, especialmente, la ISO TS 15066 sobre robots colaborativos. Los integradores de sistemas robóticos deben no solo comprobar que las medidas constructivas de protección previstas por el constructor del robot sean conformes con las normas y funcionen correctamente, sino también tener en cuenta los posibles peligros y riesgos residuales. A este respecto, debe realizarse una **evaluación de riesgos** del sistema robótico, sus secuencias de movimiento y la zona de colaboración prevista, según EN ISO 12100, con el fin de extraer de los resultados de dicha evaluación las correspondientes medidas de seguridad; por ejemplo, la implementación del modo de colaboración adecuado, según ISO/TS 15066.

1.5 APLICACIONES ACTUALES

Como se ha expuesto en la introducción y se expondrá en el análisis por sectores, las aplicaciones actuales de la automatización avanzada van enfocadas a la fabricación flexible, a la utilización de sistemas ciberfísicos y a la sensorización avanzada.

La **automatización avanzada** se encamina a dar una mayor flexibilidad a las plantas de producción, disminuyendo el tamaño de los lotes de fabricación para adaptarse a las necesidades personalizadas de los clientes, pero al mismo tiempo, disminuyendo los costes de producción de forma que la fábrica sea más eficiente, y todo esto sin disminuir, e incluso aumentando, la calidad y trazabilidad de los productos.

Las aplicaciones son múltiples, y cada día irán apareciendo nuevas conforme avance la tecnología, tal y como se expondrá posteriormente en las aplicaciones en los sectores industriales con ejemplos de aplicación.

En cuanto a la **robótica avanzada y colaborativa**, a día de hoy, su principal aplicación es en la ayuda al operario en el ensamblaje de piezas, siendo todavía una tecnología que no tiene una gran cadencia ni posibilidades de desplazar un peso elevado.

Los principales **parámetros** que caracterizan a los robots industriales son:

- **Número de grados de libertad:** Es el número total de grados de libertad de un robot, dado por la suma de g.d.l. de las articulaciones que lo componen. Aunque la mayoría de las aplicaciones industriales requieren 6 g.d.l., como las de soldadura, mecanizado y almacenamiento, otras más complejas requieren un número mayor, tal es el caso de las labores de montaje.
- **Espacio de accesibilidad o espacio (volumen) de trabajo:** Es el conjunto de puntos del espacio accesibles al punto terminal, que depende de la configuración geométrica del manipulador. Un punto del espacio se dice totalmente accesible si el PT puede situarse en él en todas las orientaciones que permita la constitución del manipulador y se dice parcialmente accesible si es accesible por el PT pero no en todas las orientaciones posibles. En la figura inferior se aprecia el volumen de trabajo de robots de distintas configuraciones.
- **Capacidad de posicionamiento del punto terminal:** Se concreta en tres magnitudes fundamentales: resolución espacial, precisión y repetibilidad, que miden el grado de exactitud en la realización de los movimientos de un manipulador al realizar una tarea programada.
- **Capacidad de carga:** Es el peso que puede transportar el elemento terminal del manipulador. Es una de las características que más se tienen en cuenta en la selección de un robot dependiendo de la tarea a la que se destine.
- **Velocidad:** Es la máxima velocidad que alcanzan el punto terminal y las articulaciones. La velocidad está limitada tanto por la carga como por la trayectoria y el número de giros.

- **Programabilidad:** Este concepto se refiere a la flexibilidad en cuanto a lenguajes de programación del robot. Es importante que los nuevos equipos se puedan comunicar de forma sencilla y sean compatibles con los lenguajes de programación utilizados en la empresa.

1.5.1 Ejemplos de marcas comerciales de robots colaborativos

ABB



ILUSTRACIÓN 7: COBOT YUMI DE ABB

YuMi es un robot colaborativo de dos brazos, fácil de utilizar destinado a trabajos industriales como por ejemplo el montaje de pequeños componentes, en donde personas y robots trabajan juntos en las mismas tareas.

Modelo: YuMi

País: Suiza

Web: new.abb.com/products/robotics/yumi

FANUC



ILUSTRACIÓN 8: COBOT FANUC

CR-35iA es el robot colaborativo de FANUC compatible con el sistema de visión iRVision

Modelo: CR-35iA

Capacidad de carga: 35 Kg

País: Japon

Web: www.fanuc.eu

GOMTEC



ILUSTRACIÓN 9: COBOTS GOMTEC

Roberta dispone de 6 ejes y ha sido desarrollada específicamente para todas las empresas que se centran en la automatización flexible, en particular, las pequeñas y medianas empresas. Un robot ágil y ligero que fácilmente podría ser movido alrededor de la planta de producción.

Modelo: Roberta

Capacidad de carga: 4, 8 y 12 Kg

Velocidad: 15 cm/s

País: Alemania

Web: www.gomtec.de

KINOVA



ILUSTRACIÓN 10: COBOT KINOVA

Herramienta robótica portátil y ligera que permite a los usuarios interactuar con su entorno, con total seguridad. Dispone de 6 Ejes y solo pesa 5.7 Kg y un alcance de 90 cm. Dispone además de una pinza de 3 dedos con movimientos independiente que permite por ejemplo agarrar un huevo. Puede trabajar con agua ya que tiene una protección IPX2

Modelo: JACO

Capacidad de carga: 1.5 Kg por brazo

Velocidad: 20 cm/s

País: Canadá

Web: www.kinovarobotics.com

KUKA



ILUSTRACIÓN 11: COBOT KUKA

Basado en el robot Justin diseñado por el Robotics and Mechatronics Center (RMC). La innovación robótica con capacidades sensoriales para la seguridad, rápido aprendizaje del robot y sencillo manejo, abre nuevas áreas de aplicación. Dispone de 7 ejes y un alcance máximo de 800mm con protección IP54.

Modelo: LBR iiwa - LIGHTWEIGHT ROBOT

Capacidad de carga: 7Kg / 14Kg

País: Alemania

Web: www.kuka-lbr-iiwa.com

MABI



ILUSTRACIÓN 12: COBOT MABI

Codificadores absolutos de 18 bits y un controlador KeMotion de KEBA. Ofrece una alta precisión de posicionamiento para aplicaciones de alta velocidad gracias a una alta resolución de captación a través de un encoder absoluto.

Modelo: SPEEDY 10

Capacidad de carga: 10 Kg

Velocidad: 120 - 180 °/Seg

País: Suiza

Web: www.mabi-robotic.com

PI4

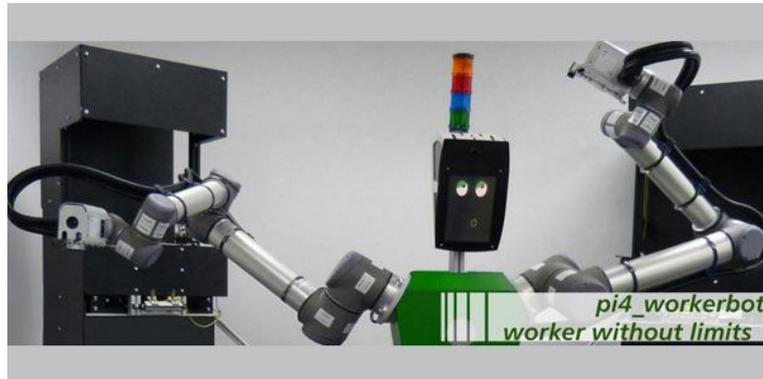


ILUSTRACIÓN 13: COBOT PI4

Dispone de 6 ejes por 2 brazos más 1 eje de giro en el torso.

Modelo: Workerbot3

Capacidad de carga: 5Kg / 10Kg

Velocidad: 120 - 180 °/seg

País: Alemania

Web: www.pi4.de

PRECISE AUTOMATION



ILUSTRACIÓN 14: COBOT PRECISE AUTOMATION

El PF400 es el primer robot SCARA colaborativo del mundo. Dispone de 4 ejes y todas las fuerzas generadas por este mecanismo son limitadas por lo que el robot no puede hacer daño a un usuario, incluso si choca con ellos a toda velocidad. PF400 reduce significativamente el tamaño y el costo de una célula automatizada

Modelo: PF400

Capacidad de carga: 1KG

Velocidad: 500 mm/s

País: EEUU

Web: www.preciseautomation.com

RETHINK ROBOTICS



ILUSTRACIÓN 15: COBOT RETHINK ROBOTICS

Rethink Robotics ofrece su robot Baxter. Una solución de robot colaborativo asequible y seguro para operar alrededor de la gente. Fácil de integrar a la perfección en entornos de producción.

Baxter puede manejar una amplia gama de tareas repetitivas de producción, incluido el envasado, material de elevación, carga, máquina herramienta. Los propios trabajadores de línea pueden entrenar Baxter en cuestión de minutos, sin experiencia en software, robótica o ingeniería.

Baxter dispone de pantalla LCD, sonar 360º y 3 cámara de visión, detección de fuerza, y dos brazos con 7 grados de libertad cada uno. Además, ofrece una serie de complementos como son ventosas de vacío, pinzas paralelas, etc.

Capacidad de comunicación: 1 Ethernet, 1 USB tipo A, 1 15 pin D-sub con conexiones compatibles con PLC.

Modelo: Baxter

Capacidad de carga: 2.3 Kg

Velocidad: 1 mt/s

Precio: 25.000 \$

País: EEUU

Web: www.rethinkrobotics.com

ROLLOMATIC



ILUSTRACIÓN 16: COBOT ROLLOMATIC

NEXTAGE es el robot colaborativo de Rollomatic, un robot de 2 brazos con una geometría similar a la humana pensada para realizar trabajos tediosos. El robot dispone de cuatro cámaras de video (dos en la cabeza y uno en cada brazo)

Dispone de una precisión de 0,5 mm y una repetición de 0,03 mm.

Modelo: NEXTAGE

Capacidad de carga: 1.5 Kg por mano

País: Suiza

Web: www.rollomatic.ch

UNIVERSAL ROBOTS



ILUSTRACIÓN 17: COBOT UNIVERSAL ROBOTS

La filosofía de Universal Robots es hacer la robótica accesible a todo el mundo, y en particular facilitar la implementación de la robótica en las PYMES. Dispone de tecnología de sensores que permite limitaciones de movimiento en función de la fuerza ejercida medida por el consumo de los motores.

Modelo: UR5 - UR10

Capacidad de carga: 5-10Kg

Velocidad: 1mt/s

Web: www.universal-robots.es

YASKAWA - MOTOMAN



ILUSTRACIÓN 18: COBOT YASKAWA

Yaskawa Motoman dispone de su robot de doble brazo con 15 ejes, incluyendo dos brazos de 7 ejes conectados a un torso que gira en la cintura.

Modelo: Dexter Bot

Capacidad de carga: 5Kg

Velocidad: 180 - 350º/seg

País: Japón

Web: www.motoman.es

Este listado es orientativo de los principales fabricantes, ya que están saliendo nuevos modelos, aplicaciones y marcas en continuo dado el auge de esta tecnología en estos momentos.

El coste de la robótica colaborativa ya no representa una barrera infranqueable para las PYMES, **el coste de un cobot ha disminuido mucho**, situándose entre 25.000€ y 50.000€ como promedio, con un ROI entre 12 y 24 meses en la mayoría de los casos.

2. PRINCIPALES TECNOLOGÍAS EN LA INDUSTRIA

La irrupción de la digitalización en la industria está cambiando los procesos productivos y por tanto las máquinas y sus sistemas de automatización.

Hablar en general de **tecnologías de automatización** nos llevaría a tener que desgranar prácticamente todas las tecnologías habilitadoras 4.0, ya que en mayor o menor medida, gran parte de ellas estarían involucradas en procesos tanto de automatización avanzada como de robotización avanzada y colaborativa, por ello se seguirá el mismo esquema empleado hasta este punto, se tratará la **automatización avanzada** como una suma de fabricación flexible, sensorización avanzada, y dispositivos ciberfísicos (en el caso de esta última tecnología, se tratará de forma individualizada en un estado del arte independiente), y por otro lado se tratará la **robótica colaborativa**.

A continuación, se introducirá cada uno de los conceptos por separado.



ILUSTRACIÓN 19: ESQUEMA ORGANIZACIÓN AUTOMATIZACIÓN AVANZADA Y ROBÓTICA COLABORATIVA



ILUSTRACIÓN 20: TECNOLOGÍAS HABILITADORAS QUE PERMITEN IMPLEMENTAR EL CONCEPTO DE AUTOMATIZACIÓN AVANZADA

La transformación de la industria está siendo más rápida que nunca, estas son algunas de las principales **tecnologías y soluciones** en automatización y robótica avanzada y colaborativa.

FABRICACIÓN FLEXIBLE

La **personalización del producto** es una demanda creciente de los clientes. Cubrir estas nuevas necesidades sería inviable desde un punto de vista económico si no se flexibilizan las plantas de producción.

La fabricación flexible no es una tecnología de fabricación propiamente dicha, sino que sería una forma inteligente de trabajar, de forma modular, que permita rápidos cambios en las líneas de producción que impliquen cambios de las características finales del producto.

Una fabricación flexible permite combinar ágilmente diferentes módulos de producción para crear productos personalizados en una sola instalación. Esta nueva forma de fabricar requiere tanto **interconexión digital** entre los equipos, como **sistemas de gestión automatizados**.

AUTOMATIZACIÓN EN LA NUBE

La automatización se digitaliza y se conecta, cada vez habrá mayor conexión de máquinas y procesos a **soluciones Cloud** que permitan el análisis de todos los datos permitiendo una industria cada vez más flexible, inteligente y eficiente.

Los desarrolladores de automatización colaboran con empresas que están poco relacionadas con la automatización industrial hasta el momento como Google o Microsoft para implementar soluciones Cloud.

La Nube permite reducciones significativas en la infraestructura de TI y los costes de soporte, pero también aumenta el riesgo percibido de **seguridad de los datos**, que debe ser examinado detenidamente, más aún dado el gran volumen de datos que alimenta soluciones de Big data.

SENSORIZACIÓN AVANZADA

Para poder tener información en tiempo real hay que medir, y la sensórica es una de las principales **tecnologías de captura de datos**, tanto para gestión de la producción y de la calidad, como soporte al mantenimiento de las máquinas, una línea de trabajo que está iniciando su camino, con resultados muy interesantes sería el Mantenimiento Predictivo.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Uno de los mayores desafíos para los usuarios finales es el **tiempo de inactividad no programado**. El mantenimiento predictivo es un concepto muy ligado a la sensorización avanzada. Las soluciones habilitadas para el IIoT (Industrial Internet of Things, Internet de las Cosas Industrial), la monitorización remota y el mantenimiento predictivo, pueden ayudar a minimizar, si no eliminar totalmente, estos tiempos de inactividad no programada, lo que proporcionaría un retorno de la inversión muy atractivo.

SISTEMAS CIBERFÍFICOS (CPS)

Sistemas Ciberfíficos (CPS), se trata de forma independiente es un estado del arte propio.

ROBÓTICA AVANZADA Y COLABORATIVA

Por otro lado, se analizarán las nuevas tecnologías de robótica colaborativa, que es una corriente imparable, el volumen de negocio en el entorno de la robótica avanzada y colaborativa se ha multiplicado en los últimos años.

La robótica avanzada y colaborativa se aplica fundamentalmente a procesos tediosos y repetitivos, dotando a la fábrica de una **mayor productividad reduciendo costes**, a través de una ejecución de procesos con alta calidad. Los robots colaborativos tienen su fortaleza en la colaboración de forma segura con los operarios, siendo un reto la gestión de esa relación entre hombre y máquina.



ILUSTRACIÓN 21: TECNOLOGÍAS HABILITADORAS QUE PERMITEN IMPLEMENTAR EL CONCEPTO DE FÁBRICA AVANZADA

2.1 TECNOLOGÍAS EN SENSORIZACIÓN AVANZADA A NIVEL FÁBRICA

Como ya se comentó anteriormente, la Sensorización es una tecnología o grupo de tecnologías transversales al resto de habilitadores digitales, ya que los datos digitales provienen de sensores en la mayor parte de los casos. El concepto de sensorización avanzada hace referencia a las tecnologías que, mediante la utilización de diferentes sensores, permiten **analizar y obtener datos de diferentes máquinas, operarios u objetos** de forma no invasiva.

Se pueden considerar como tecnologías de sensorización avanzada:

2.1.1 Visión

VISIÓN ARTIFICIAL

La visión artificial permite la **caracterización automática en 2 o 3 dimensiones** a partir de una o varias imágenes bidimensionales. Las imágenes pueden ser monocromáticas o a color; pueden ser capturadas por una o varias cámaras, y cada cámara puede ser estacionaria o móvil. Es aplicable para hacer controles dimensionales 2D, análisis de color, reconocimiento de patrones, etc.

ESCANEADO 3D

Los escaneos 3D, bien de luz estructurada o laser lineal, nos permiten analizar un objeto o una escena para reunir datos de su forma y ocasionalmente su color. La información obtenida se puede emplear para construir **modelos digitales tridimensionales** que se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones.

ESPECTROMETRÍA

Las **tecnologías de visión espectral** combinan las ventajas de la visión artificial (obtención de imágenes mediante máquinas) con la potencia de la espectroscopia del infrarrojo. Obtienen la huella espectral de la materia de todos los puntos de una muestra. Para ello se ilumina el producto con luz infrarroja, que es absorbida de diferente modo según la estructura molecular de cada punto. Analizando la respuesta espectral es posible medir la cantidad de un determinado compuesto o identificar de qué materia se trata.

TERMOGRAFÍA

La termografía es una técnica que permite **calcular y determinar temperaturas a distancia**, con exactitud y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. La termografía permite captar la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termográficas o de termovisión. Aplicando esta tecnología, podríamos hacer el control, mantenimiento de los fluidos en conductos, búsqueda de gases, mantenimiento preventivo en cuadros eléctricos, mantenimiento de líneas eléctricas, etc.

ULTRASONIDOS

Dentro de la Sensórica Avanzada, también cabe destacar los ultrasonidos: las **ondas mecánicas, no ionizantes**, cuya frecuencia está por encima del umbral de audición del oído humano y la acústica; rama de la Física que estudia la producción, transmisión, almacenamiento, percepción o reproducción del sonido.

2.1.2 Acústica

Los sensores avanzados acústicos se utilizan para **monitorizar el flujo de material**. El sensor captura las ondas acústicas de alta frecuencia que generan las mismas instalaciones y el material en movimiento. Reacciona de inmediato a los cambios que experimenta el flujo del material y con ello avisa de costosas obstrucciones, la ausencia de material o un fallo en la instalación. Gracias a ello, el usuario puede tomar las medidas de prevención pertinentes y evitar daños mayores.

Un ejemplo de sensores acústicos sería los utilizados para la vigilancia de bombeo, con el que es posible detectar fugas en las válvulas de alimentación de bombas de desplazamiento positivo (por ejemplo, bombas de pistón) mediante la medición del ruido estructural.

Entre las aplicaciones más habituales, a mayores de fluidos, se cuentan los pellets, el polvo y prácticamente todas las clases de sólidos granulados en tubos, conductos de salida o cintas transportadoras vibratorias, transportadores neumáticos y transportadores gravimétricos aireados.

2.1.3 Fotónica

Por último, la fotónica, ciencia de la **generación, control y detección de fotones**, en particular en el espectro visible e infrarrojo cercano, pero que también se extiende a otras porciones del espectro que incluyen al ultravioleta, infrarrojo de onda larga, e infrarrojo lejano. Por ejemplo, mediante la fotónica, se pueden detectar los microporos en envases opacos.

2.2 TIPOS DE ROBOTS INDUSTRIALES

Existen múltiples formas de clasificación de los robots, algunas podrían ser:

- Por **aplicación**
 - Industriales
 - Domésticos
 - Servicios
- Por **grado de autonomía**
 - Semi-autónomos
 - Autónomos
 - Cognitivos
- Por **sistema de tracción**
 - Ruedas/orugas
 - Patas

Por su configuración, esta clasificación se detalla a continuación.

2.2.1 Tipos de robots industriales por su Configuración

Existen robots industriales dentro de una gran gama de tamaños y configuraciones. La configuración hace referencia a la **forma física** que le ha sido dada a los brazos.

ROBOT CARTESIANO

Este robot dispone de carriles deslizantes perpendiculares entre sí, de forma que genera movimientos en los tres ejes cartesianos X, Y, Z.



ILUSTRACIÓN 22: ROBOT CARTESIANO

ROBOT CILÍNDRICO

Su configuración está basada en un apoyo vertical que gira sobre la base. Dispone de dos dispositivos deslizantes que pueden generar movimientos sobre los ejes Z e Y.

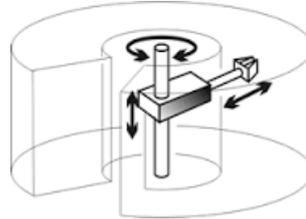


ILUSTRACIÓN 23: ROBOT CILÍNDRICO

ROBOT ESFÉRICO O POLAR

Tiene un brazo telescópico que puede moverse en torno a un eje horizontal. Este eje telescópico está montado sobre una base giratoria. Las articulaciones proporcionan al robot la capacidad de desplazar el brazo en una zona esférica.

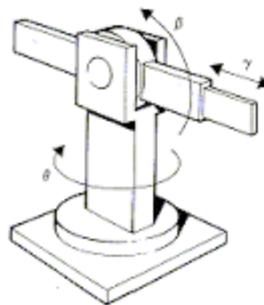


ILUSTRACIÓN 24: ROBOT ESFÉRICO O POLAR

ROBOT DE BRAZO ARTICULADO

Se trata de una columna que gira sobre la base. El brazo contiene una articulación, pero sólo puede realizar movimientos en un plano. En el extremo del brazo contiene un eje deslizante que se desplaza en el eje Z. El robot más común de este tipo es el robot SCARA (Selective Compliant Articulated Robot Arm).



ILUSTRACIÓN 25: ROBOT TIPO SCARA

ROBOT ANTROPOMÓRFICO

También conocidos como robots de codo o robots angulares. Es un robot cuya configuración es similar al brazo humano. Sus partes, al igual que el brazo humano serían hombro, brazo y muñeca.

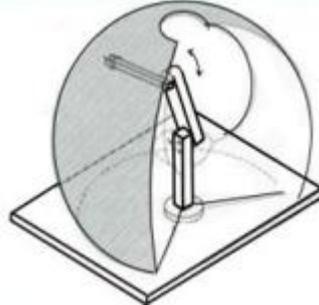


ILUSTRACIÓN 26: ROBOT ANTROPOMÓRFICO

ROBOT DELTA

Es un tipo de robot paralelo de tres grados de libertad conformado por dos bases unidas por tres cadenas cinemáticas basadas en el uso de paralelogramos. La base superior se encuentra fija mientras la base inferior, donde se ubica el efector final, es móvil y siempre está paralela a la base fija. Para su construcción se pueden utilizar actuadores rotacionales o lineales según la aplicación para la cual quiera usarse.



ILUSTRACIÓN 27: ROBOT DELTA CON 2 Y 3 BRAZOS

ANDROIDES

Son robots que intentan reproducir al ser humano. Es una rama de la robótica que unida a la inteligencia artificial está teniendo un gran auge en estos momentos.

ZOOMÓRFICOS.

Se caracterizan por intentar simular el movimiento de algunos animales. Su utilización suele ser para entornos de orografía compleja. Su aplicación práctica tiene bastante interés en la exploración de otros planetas, así como el estudio de volcanes, y entornos de difícil acceso.

3. APLICACIONES POR SECTOR

3.1 AERONAUTICO

El crecimiento del mercado global de la aviación y los cambios en los procesos de fabricación de los aparatos han supuesto una revolución en la industria aeroespacial española, que en 15 años ha triplicado su tamaño para convertirse en un negocio de 7.600 millones de euros que crea más de 42.000 empleos directos. Galicia, participa activamente en este sector mediante la **“Civil UAVs Initiative”**, estrategia de especialización en el sector aeronáutico, en este caso de los vehículos aéreos no tripulados.

En el sector aeronáutico, las principales aplicaciones de automatización y la robótica avanzada y colaborativa son a nivel producción.

Aunque pueda parecer que la construcción de aeronaves es un proceso muy tecnificado, la realidad es que la **construcción**, sobre todo en los procesos de laminado de fibra, es bastante artesanal, lo que sí está muy tecnificado son los **controles de calidad**, que son tremendamente exhaustivos y restrictivos.

3.1.1 Robótica

Un ejemplo en el sector aeronáutico de automatización y la robótica, son máquinas ATL para componentes en material compuesto de gran tamaño, o máquinas de taladrado para tareas de remachado específicas. No obstante, éstas son por lo general grandes máquinas cuyo coste solo se justifica para tareas muy específicas, y su adopción fue principalmente impulsada por motivos de precisión o complejidad.

La aeronáutica, para algunos una de las áreas más avanzadas de desarrollo humano, se queda atrás en comparación con otras industrias. Probablemente, la principal razón es la **naturaleza artesanal** que requiere la fabricación del sector aeronáutico. Los aviones son máquinas complejas y en general de gran tamaño, y para producirlas se requieren múltiples tareas, desde la más mundana hasta las operaciones de montaje más sofisticadas, que se producen generalmente en series muy breves.

La empresa **MTorres** es un buen ejemplo de automatización avanzada, dispone de nuevos sistemas de automatización enfocado a la industria aeronáutica, con productos como Torreslaser Welding, Torresclip, Torreslayup o Torresmill.

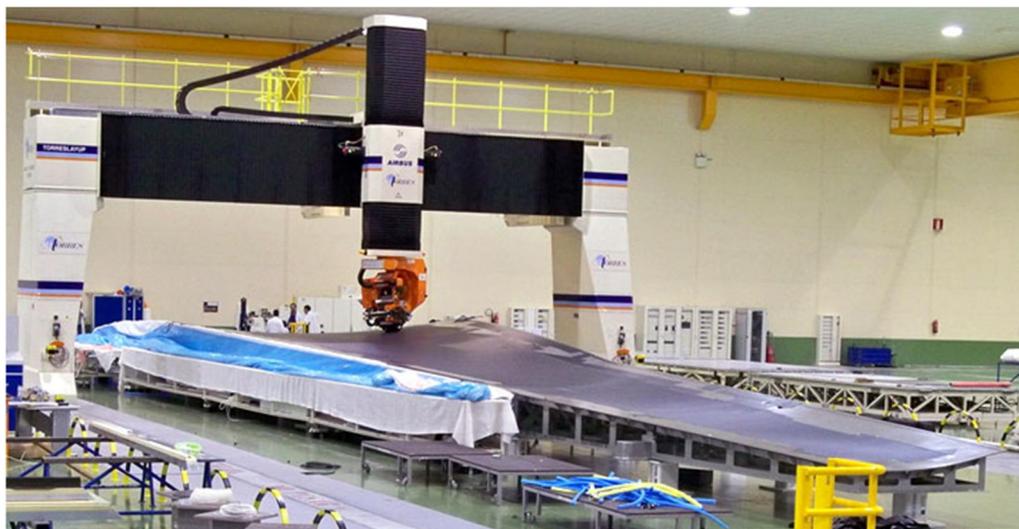


ILUSTRACIÓN 28: EQUIPO DE AUTOMATIZACIÓN AVANZADA “TORRESLAYUP”

TORRESLAYUP es una máquina CNC de encintado tipo pórtico con 11 ejes que ha sido especialmente diseñada para el encintado a alta velocidad en componentes estructurales aeronáuticos hechos de materiales compuestos.

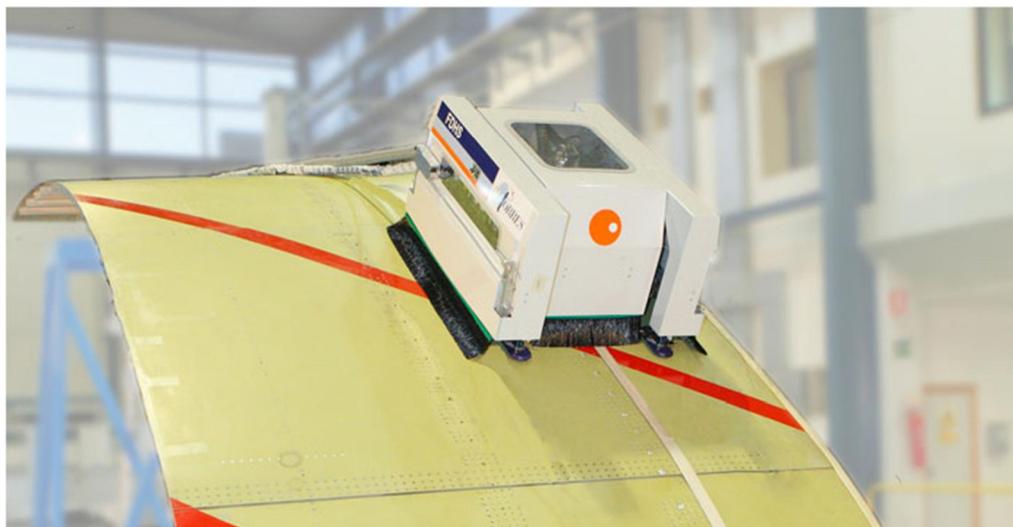


ILUSTRACIÓN 29: ROBOT FLEXIBLE DRILLING HEAD (FDH)

El robot de taladrado progresivo de 5 ejes **FLEXIBLE DRILLING HEAD (FDH)** es un robot independiente de taladrado y remachado, portátil y autónomo.



ILUSTRACIÓN 30: CÉLULA PILOTO PROYECTO FUTURASSY EN LAS INSTALACIONES DE AIRBUS

Futurassy es el nombre dado a este proyecto de investigación y tecnología, que tiene como objetivo introducir plataformas robóticas para automatizar los procesos en las cadenas de montaje en las fábricas de Airbus.

Este primer robot ha sido instalado en la planta de Puerto Real, cerca de Cádiz en el sur de España. Se trata de un **robot semihumanoide colaborativo (cobot)**, del tipo con dos brazos y un busto, pero con ruedas en lugar de las piernas. Cada brazo tiene elementos de fijación para agarrar diversas herramientas de acuerdo con las necesidades del operador.



ILUSTRACIÓN 31: AIR-COBOT, AIRCRAFT ENHANCED INSPECTION BY SMART & COLLABORATIVE ROBOT

Lanzada en enero de 2013, el proyecto **Air-Cobot** es parte del programa del Fondo Único Interministerial del clúster Aerospace Valley. Con un total de más de un millón euros, tiene como objetivo desarrollar un innovador robot móvil de colaboración, autónomo en sus movimientos y capaz de realizar la inspección de una aeronave con sensores de ensayo no destructivo antes del despegue o durante las fases de mantenimiento hangar. Las pruebas se realizan en las instalaciones de Airbus y Air France Industries.

3.1.2 Sensorización

SARITSU



Un buen ejemplo de sensorización en el sector aeronáutico, podría ser el proyecto de investigación llamado SARISTU (Smart Intelligent Aircraft Structures).

Este proyecto se basa en el desarrollo de **estructuras inteligentes de avión** con el objetivo de alcanzar reducciones de peso de la aeronave y de costes de operación, así como mejora en la performance aerodinámica específica del perfil de vuelo. El proyecto se ha centrado en actividades de integración en tres áreas tecnológicas diferentes: conformal morphing de superficial sustentadora, auto-sensorización y estructuras multifuncionales a través del uso de resinas nanoreforzadas. Se orientó a casos de uso seleccionados, los cuales se priorizaron y tradujeron en escenarios de aplicación.

3.2 AGROALIMENTACIÓN Y BIO

Las nuevas tecnologías, la mejora de la productividad de las operaciones y la personalización de productos exigida cada vez más por los clientes finales, están impulsando a la industria agroalimentario y bio a la cuarta revolución industrial.

La automatización de la industria de la alimentación y bio tiene el **objetivo** de:

- Cumplir con los máximos niveles de exigencia en calidad.
- Productividad.
- Eficiencia.
- Seguridad alimentaria que el mercado y los consumidores exigen hoy en día.

La integración de diferentes niveles de automatización asegura la competitividad y los robots proporcionan a la industria alimentaria ventajas, a la vez que trabajan de forma fiable, precisa y rápida incluso en condiciones de trabajo difíciles, principalmente en los siguientes **ámbitos industriales**:

- La producción
- El embalaje
- El almacenamiento
- La logística

En la actualidad las principales aplicaciones de la automatización y la robótica en la industria alimentaria es en la parte final del proceso productivo, sobre todo en **el empacado, el paquetizado y el paletizado** de producto terminado.

Algunos ejemplos de automatización y robotización en este sector serían los siguientes:

3.2.1 Automatización

UNIDAD MIXTA DE INVESTIGACIÓN ANFACO-EMENASA

Esta Unidad Mixta de Investigación, propone en una de sus líneas de investigación buscar soluciones mediante automatización y robótica para los procesos que, por tradición y falta de evolución tecnológica, no han podido ser automatizados hasta el momento. Las nuevas soluciones aportarán un ciclo de mejora continua en el sector, y mejorará los tiempos y calidad por proceso, disminución de la merma, aumento del rendimiento, y por lo tanto aumentará la productividad y reducirá los daños en el trabajo por dichos trabajos repetitivos.

Se pretende **parametrizar diferentes materias primas** a estudio (carne, pescado, vegetales, etc.) y realizar el estudio de la posibilidad de utilizar soluciones robotizadas y automatizadas sobre esta materia prima. Esto incluirá el diseño y simulación en plataformas informáticas de las posibles soluciones de robotización/automatización de los procesos productivos a estudio. Dentro de esta línea de trabajo el pelado de atún es un proceso clave por su difícil automatización, por lo que es una línea prioritaria de investigación el mejorarlo.



ILUSTRACIÓN 32: EQUIPO DE VISIÓN ARTIFICIAL + ROBOT DELTA EN LA PLANTA PILOTO DE LA UMI ANFACO-EMENASA

Otro de los parámetros críticos que se acometen en esta investigación es la alta cadencia de producción y la **manipulación de la materia prima**. Las herramientas de manipulación en robótica están en una fase avanzada en sectores como la automoción (corte, agarre, soldadura, posicionamiento y ajuste fino), pero la manipulación de alimentos en fresco requiere un alto grado de sensibilidad en el agarre, desplazamiento y posicionamiento. Esto implica que la búsqueda y diseño de nuevas garras ha de tener en cuenta estas premisas.

Un punto crítico en la instalación de soluciones robotizadas en ambientes industriales en el sector de la alimentación es la **instalación en ambientes húmedos**, donde aparecen exigencias de estanqueidad, las superficies del brazo deben tener tratamientos especiales para evitar la formación de biofilms, y se debe facilitar la limpieza de los equipos. Este será otro de los parámetros a estudiar.

PROYECTO TUNASCAN

La colaboración entre las empresas **Marexi** y **Hermasa** ha permitido desarrollar el primer escáner del mundo que clasifica automáticamente los atunes por especie, talla y calidad. El equipo autónomo clasifica piezas de entre menos de 1 kg y 80 kg a velocidades de hasta 50 toneladas por hora. El Tunascan utiliza la tecnología 3D láser.



ILUSTRACIÓN 33: EQUIPO TUNASCAN DE CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE TÚNIDOS

PROYECTO BLUE FISH

La empresa gallega **TACORE**, a través de un proyecto de I+D ha desarrollado un equipo para clasificación por tamaños y especies en la industria conservera de pelágicos mediante visión artificial. El sistema alcanza una producción entorno a las 1000 unidades por minuto.



ILUSTRACIÓN 34: EQUIPO DE CLASIFICACIÓN DE PELÁGICOS PARA INDUSTRIA CONSERVERA MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL (PROYECTO BLUE FISH)

3.2.2 Sensorización

VITICULTURA DE PRECISIÓN

Son varias las bodegas que emplean métodos de viticultura de precisión, entre ellos sensorización avanzada de viñedos, utilización de estaciones meteorológicas en situ o la **utilización de drones** o **imágenes de satélite**.

En el caso de los drones, se pueden subir a bordo tanto cámaras fotográficas o de video, para su posterior análisis, o equipos más avanzados como **cámaras hiperspectrales**, que permiten conocer el grado de maduración de los viñedos, o sus necesidades hídricas.

Bodegas como Martín Códax, Viña Costeira, Abadía da Cova o Bodegas Laval han aplicado estas tecnologías a sus viñedos, a través de empresas gallegas proveedoras de estos servicios como MONET VITICULTURA DE PRECISIÓN o PROYESTEGAL.



ILUSTRACIÓN 35: SENSORIZACIÓN AVANZADA EN VIÑEDOS.

DETECCIÓN DE CUERPOS EXTRAÑOS EN ALIMENTOS Y BEBIDAS

Tecnologías como la **visión hiperspectral (visión química)** o la **tecnología NIR (visión penetrante)**, permiten la sensorización avanzada de equipos para aumentar la seguridad alimentaria retirando cuerpos extraños de las líneas de producción. Estas tecnologías, unidas a la visión artificial tradicional, son de gran utilidad para el sector alimentario ya que son capaces de captar características invisibles para el ojo humano

Centros de investigación como **ANFACO–CECOPESCA** o **AINIA** están desarrollando proyectos de I+D en estas líneas de trabajo.

Investigadores de la Universidad de Valencia han desarrollado un sensor colorimétrico autónomo y pasivo para la detección de amoníaco y aminos alifáticos, contaminantes atmosféricos nitrogenados tóxicos y olorosos.

Nima Sensor es un nuevo dispositivo que puede detectar gluten. Para ello se deposita una pequeña muestra de alimento o bebida en el interior de una capsula que se introduce en el dispositivo que lo mezcla con una solución, lo que permite la detección del gluten. En unos dos o tres minutos aparece el resultado del análisis en el display del propio sensor, indicando si la muestra contiene o no gluten.



ILUSTRACIÓN 36: NIMA SENSOR, DISPOSITIVO DE SENSORIZACIÓN AVANZADA QUE DETECTA GLUTEN. FUENTE: NIMASENSOR.COM

Penguin es un dispositivo que permite la detección de antibióticos y pesticidas, así como otros elementos como pueden ser el nivel de acidez, salinidad o glucosa.



ILUSTRACIÓN 37: PENGUIN, SENSOR AVANZADO QUE DETECTA ANTIBIÓTICOS Y PESTICIDAS. FUENTE: BIOSENSOR LABORATORIES.

3.2.3 Robótica colaborativa

Los robots colaborativos están diseñados especialmente para interactuar con humanos en un espacio de trabajo compartido sin necesidad de instalar vallas de seguridad.

Tienen aplicaciones especialmente interesantes en entornos con **condiciones climáticas o higiénicas especiales**, pueden trabajar en un amplio intervalo de temperaturas o entornos con poco oxígeno especialmente complejos para el personal humano.

El coste de este tipo de soluciones avanzadas de automatización ya no es una barrera, ya que se pueden adquirir a partir de 20.000€, con unos ROI menores a 12 meses.

3.2.4 Fabricación flexible

PROYECTO FACTFOODTURE

La empresa gallega **Grupo Calvo** está inmersa en el proyecto **FactFoodTure**, relacionado con la creación de nuevas tecnologías digitales de fabricación que permitan mejorar, utilizando tecnologías relacionadas con la industria 4.0, la flexibilidad y eficiencia de las operaciones de intercambio de información con la cadena de valor y en los procesos de fabricación de alimentos.

PROYECTO FLEXINET (FABRICACIÓN FLEXIBLE)

La empresa gallega de bebidas **Custom Drink** (Grupo Estrella Galicia) a través de un consorcio internacional, desarrolla un nuevo modelo de gestión empresarial apoyada en la digitalización y construida a partir de sistemas información en red donde las tecnologías de inteligencia artificial, tecnologías semánticas y la innovación de modelado empresarial han sido implantadas en toda la cadena de valor, a través del proyecto de I+D **FLEXINET**.

3.3 AUTOMOCIÓN

La automoción es el principal sector de implantación de tecnologías 4.0, de hecho, es el sector donde nace este nuevo paradigma. Se podría decir que prácticamente todos los procesos productivos dentro de una fábrica de automoción tienen aplicaciones de automatización y robótica avanzada y colaborativa, se expondrán a continuación algunos ejemplos interesantes.

3.3.1 Robótica

El concepto INDUSTRIA 4.0, nace en el sector automotriz alemán. **Alemania** es un gran productor de vehículos, pero a diferencia de Asia, con un gran valor añadido. La única vía para mantener ese valor añadido frente a sus competidores es realizar una innovación disruptiva apoyándose en las tecnologías digitales para satisfacer las necesidades del cliente tanto en calidad, como en plazos, como en diseño personalizado, disminuyendo así mismo los costes de producción para poder seguir siendo competitivos.

PSA

La empresa automovilística PSA ha elegido la planta de producción de Vigo para probar la nueva generación de robots colaborativos, los llamados **cobots**, diseñados para que sean capaces de trabajar codo con codo con humanos sin peligro para su integridad física. El objetivo es cubrir aquellos puestos que exigen un mayor esfuerzo físico, colaborando con los propios operarios en las tareas más duras. La incorporación de esta nueva generación de autómatas forma parte del proyecto “**fábrica del futuro**”, una visión a largo plazo de cómo serán los centros de producción del grupo francés siguiendo las líneas tecnológicas propuestas por la Industria 4.0.



ILUSTRACIÓN 38: ROBOT COLABORATIVO O COBOT AYUDANDO A UNA OPERARIA

COPO E IZMAR

Las empresas gallegas COPO e IZMAR colaboran en un proyecto de I+D denominado **ROBERTO** para desarrollar un robot colaborativo con una alta capacidad de carga, a día de hoy, los cobots comerciales tienen en la mayoría de los casos una capacidad de carga reducida (por debajo de los 10 kg), aunque algunos modelos pueden llegar hasta los 35kg, restringiendo el tipo de trabajos y la colaboración con los operarios por medidas de seguridad. El objetivo del proyecto ROBERTO es lograr superar a los equipos comerciales actuales.

FAURECIA

La auxiliar del automóvil Faurecia desarrolla planes de sensibilización y cualificación del personal para adaptarlo a las nuevas necesidades de la industria 4.0. El reciclaje incluye la mejora de los procesos productivos mediante modelos de transformación digital. Implantan tecnologías habilitadoras 4.0 como los cobots, vehículos autónomos guiados, sistemas de trazabilidad e identificación por radiofrecuencia (RFID) y aparatos inalámbricos.

CONTINENTAL

La multinacional Continental es un buen ejemplo de la transición que se lleva a cabo en la industria. Como una empresa líder en el sector de la automoción, Continental se encuentra entre los fabricantes españoles más robotizados en el negocio y de los primeros en liderar el movimiento hacia la industria 4.0. En el 2016, la empresa decidió adquirir varios cobots de UR10 para automatizar la fabricación y manipulación de placas PCB, y redujo los tiempos de cambio en un 50 %, de 40 a 20 minutos, cuando se compara con la tarea realizada de forma manual.

FORD

Ford utiliza cobots en su planta de montaje de Colonia (Alemania) que colaboran con los operarios a la hora de fabricar vehículos. Estos robots colaborativos ayudan a los trabajadores a instalar amortiguadores en unidades del Ford Fiesta, una tarea que requiere una altísima precisión, fuerza y un alto nivel de destreza.

Los cobots están equipados con sensores de alta tecnología y se detienen inmediatamente si detectan un brazo o incluso un dedo en su trayectoria, garantizando la seguridad del trabajador. El programa robótico, desarrollado durante dos años, se ha ejecutado en estrecha colaboración con el fabricante alemán de robots **KUKA Roboter**.



**ILUSTRACIÓN 39: COBOT COLABORANDO CON UN OPERARIO EN LA PLANTA ALEMANA DE COLONIA DE FORD.
FUENTE: KUKA**

3.3.2 Sensorización

SENSORES PARA NOX EN GASES DE ESCAPE PARA VEHÍCULOS DE ÚLTIMA GENERACIÓN (SENSONOX)

El objetivo de este proyecto de I+D es el diseño y fabricación de un sensor planar de bajo costo para monitorizar la cantidad total de NO₂ en el gas de escape, en un rango de concentración de oxígeno de entre 2 y 8% en volumen y a temperaturas de trabajo de entre 500 y 700°C.

IDENTIFICACIÓN DE CARROCERÍAS

La carrocería se identifica de forma fiable en cada etapa de fabricación mediante el sistema de **RFID UHF**. En la estación de repasado, se lee la etiqueta RFID al pasar a gran distancia (colgado del cubrerrueda). En función de la información escrita automáticamente en el transpondedor durante el proceso de fabricación, se escogen las operaciones manuales necesarias.

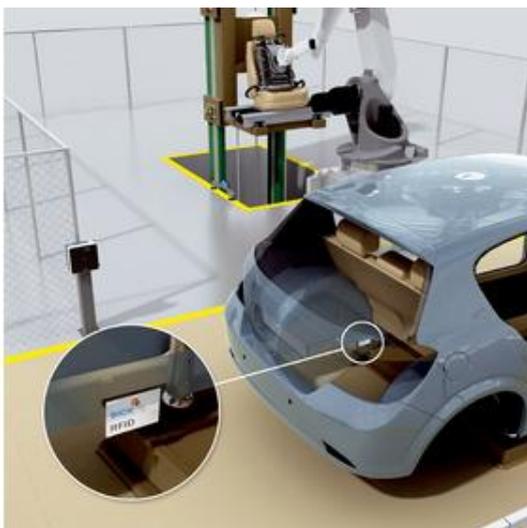


ILUSTRACIÓN 40: IDENTIFICACIÓN DE CARROCERÍA MEDIANTE TECNOLOGÍAS RFID. FUENTE: MONTRASOLUTIONS.COM

3.4 ENERGÍAS RENOVABLES (EERR)

3.4.1 Robótica

Las aplicaciones de automatización y robótica avanzada y colaborativa en el sector de las energías renovables, más allá de la construcción de los propios productos, son principalmente de **mantenimiento de los equipos** una vez instalados, evitando a los trabajadores trabajos en altura o trabajos de bajo valor añadido (de limpieza principalmente).

Como en la industria aeronáutica, también se utilizan robots ATL para la fabricación de palas de composite para aerogeneradores.



ILUSTRACIÓN 41: ROBOT PARA LIMPIEZA DE PANELES SOLARES. FUENTE: KICT.

Un instituto de investigación coreano, especializado en infraestructuras tecnológicas, ha desarrollado un sistema automático de **limpieza y refrigeración de paneles solares fotovoltaicos** que, según indica, permite reducir la pérdida de energía alrededor de un 18% y ayuda a superar los inconvenientes y riesgos asociados con la limpieza de los paneles solares durante toda su vida útil.



ILUSTRACIÓN 42: ROBOTS PARA TAREAS DE MANTENIMIENTO EN AEROGENERADORES. FUENTE: TSR WIND.

La empresa **Tratamiento Superficial Robotizado (TSR Wind)** ha completado recientemente con éxito las primeras pruebas de campo de su Robot M2 en un parque eólico ubicado en la provincia de Albacete. Diseñado para realizar tareas de mantenimiento en aerogeneradores, M2, que es capaz de desplazarse por la superficie vertical de la torre del aerogenerador, es un robot que porta cuatro cámaras de video y un elemento de limpieza a presión y que está preparado para llevar a cabo labores de inspección y limpieza en las palas, la torre y la parte inferior de la góndola.

PROYECTO AEROS

Inspección autónoma de aerogeneradores en funcionamiento. Financiado por: Ministerio de Economía y Competitividad dentro de la convocatoria Retos-Colaboración del Programa Estatal de Investigación,

Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016.

Objetivo: Desarrollar soluciones para poder inspeccionar estructuras de aerogeneradores (palas principalmente) en funcionamiento, de forma automática/autónoma, bien desde tierra o bien mediante el uso de RPA's.

3.5 MADERA

Los principales ejemplos en este sector relacionados con tecnologías de automatización y robótica avanzada y colaborativa son a nivel de producción, mediante nuevos procesos y nuevos productos a partir de materiales innovadores.

PROYECTOS DE I+D FORESTAL

Galicia no puede perder el tren de la llamada 'industria 4.0'. Por eso, el **Clúster da Madeira e o Deseño de Galicia (CMD)** ha puesto en marcha dos proyectos innovadores enfocados a cambiar el modelo tradicional de las fábricas: 'Cambium' y 'Lignum'.

El proyecto **Cambium** busca mejorar los rendimientos industriales a través del aprovechamiento de restos intermedios como materia prima para nuevos usos. Con una inversión privada de 855.000 euros y desarrollado dentro de la iniciativa 'Contectapeme 2013' de la Axencia Galega de Innovación, el proyecto contribuye a impulsar la competitividad de la industria de la madera, uno de los objetivos del CMD y de las empresas socias comprometidas en el proyecto: Hermanos García Rocha, Laminados Villapol y Seistag.

Lignum, por su parte, ha permitido el desarrollo de tecnología y conocimiento para la valorización de la madera sólida de eucalipto. Uno de los hitos más impactantes de este proyecto ha sido el diseño, cálculo y ensayo a escala real de un prototipo de fuste de aerogenerador de madera de eucalipto. Para ello, se ha contado con el liderazgo de Norvento, empresa con trayectoria en las energías renovables.

3.5.1 Robótica

La industria de la madera se podría dividir en **cuatro subsectores**: mobiliario, materiales de construcción, materias derivadas y mecanizado (serrado, cepillado o impregnación, por ejemplo). Estos sectores se caracterizan por una utilización extensiva de mano de obra y, en muchos casos, duras condiciones de trabajo, por ejemplo, los operarios que trabajan en el sector de la impregnación se ven constantemente expuestos a sustancias químicas, mientras que en las máquinas de serrado y fresado existe un elevado riesgo de sufrir graves lesiones. En el mecanizado de precisión de grandes piezas, exigen una importante exigencia física a los trabajadores. Este tipo de trabajos podrían ser automatizados mediante cobots de ayuda al operario.

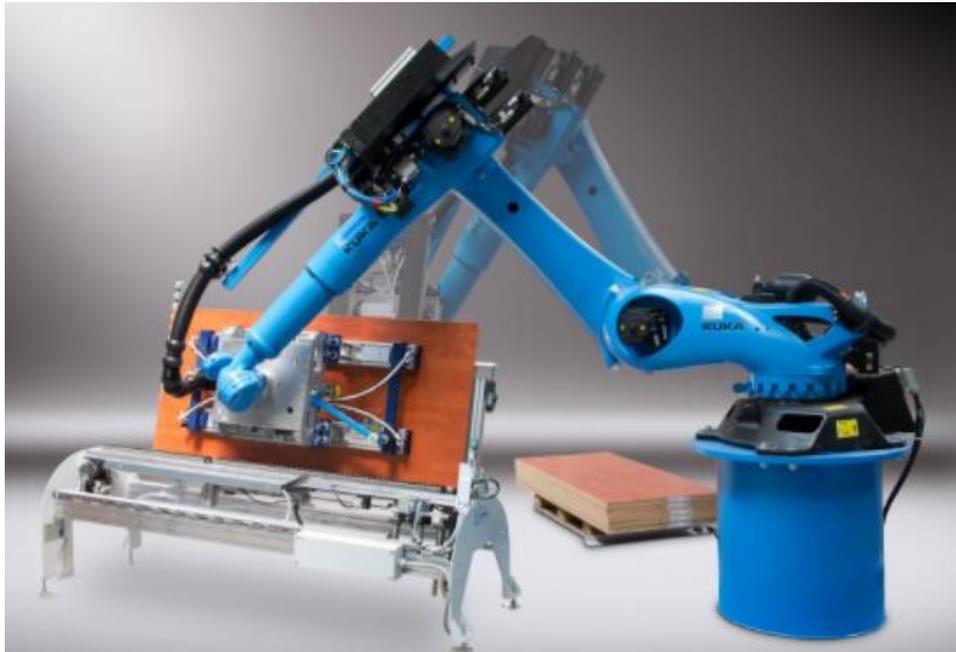


ILUSTRACIÓN 43: ROBOT APLICADO AL SECTOR DE LA MADERA PARA EL APILADO DE TABLEROS. FUENTE: HOMAG.

3.5.2 Sensorización

MEDICIÓN LÁSER SIN CONTACTO

Los **sensores láser LAP** miden las dimensiones sin tocar la superficie. Los procesos de producción se pueden monitorizar en tiempo real garantizando la calidad. Los sistemas de medición LAP son flexibles y fáciles de integrar. Al no tener que tocar el objeto a medir, también puede medir superficies blandas, adhesivas, calientes u otros tipos de superficies delicadas. No se producirá ningún desgaste ni rotura en el sensor. No se dejan marcas en la superficie.

Los sensores láser reducen el tiempo de producción, mejoran el rendimiento y reducen el rechazo.



ILUSTRACIÓN 44: SENSORES LÁSER LAP. FUENTE: LAP.

PROYECTO MEPOS

Sensores avanzados y automatización para el lijado de madera.

Project ID: 507747. Financiado con arreglo a: FP6-SME. País: Italia.

El proyecto MEPOS abordó los problemas de automatización de maquinaria lijadora de madera mediante el desarrollo de un equipo robótica basado en **3 agentes interactuantes**:

- a) Un sistema de detección óptica para detectar la forma y posición del panel de madera;
- b) Un sistema de control inteligente;
- c) Un conjunto mejorado de actuadores neumáticos.

3.6 METALMECÁNICO

El sector metalmecánico está constituido en Galicia principalmente por pequeños talleres que realizan muy poco trabajo en serie, ya que suelen ser proveedores de empresas integradoras (naval, automoción, aeronáutica, etc.), cada pieza es prácticamente única, por lo que todavía no ha adoptado metodologías 4.0 quizás más enfocadas a producción en serie.

ASIME, la asociación de industriales metalúrgicos de Galicia, lidera un gran proyecto sectorial donde tendrán cabida empresas de actividades que componen el Sector Metalúrgico Gallego como automoción,

metalmecánica y transporte; aeronáutica; naval; construcciones y estructuras metálicas; logística, suministros, etc. Además de asesorar a las empresas, agrupar y gestionar los proyectos de ASIME 4.0, ASIME está en contacto con proveedores de referencia de soluciones 4.0 que pondrán a disposición de las empresas dichas soluciones, así como formación específica.

3.6.1 Robótica

PROYECTO ROBOTRACK

Un robot automatiza la construcción de las vías de tren El proyecto Robotrack supone la robotización de las obras ferroviarias de un nuevo concepto de vía de tren en placa aligerada

El objetivo general del proyecto Robotrack es el desarrollo de un **nuevo concepto de vía en placa**, sostenible económica y medioambientalmente, diseñada especialmente para establecer un innovador proceso de puesta en obra totalmente automatizado mediante un nuevo sistema robotizado.

Este objetivo general responde a una necesidad de tipo estratégico del actual modelo productivo ferroviario español, dependiente en gran parte del mercado extranjero, creando una nueva cadena de producción, aumentando su competitividad y mejorando la exportación del sector.

3.6.2 Sensorización

NIVELES DE LLENADO DE SILOS EN ALTOS HORNOS

Conociendo las **cantidades exactas de material disponible** en los depósitos de almacenamiento, puede garantizarse un suministro suficiente del proceso para que la producción de acero no se interrumpa. La robustez, el ángulo de emisión y el campo de medición de los sensores de ultrasonido son factores decisivos para esta importante tarea. Con la tecnología de medición de tiempo de vuelo integrada se pueden detectar materiales a granel y fluidos. El proceso de medición es insensible al polvo y a la suciedad (situaciones típicas en los silos de almacenamiento). Como alternativa, también se pueden utilizar para medir el nivel sistemas mecánicos, que funcionan según el principio de horquilla vibratoria e igualmente lo hacen de forma óptima.

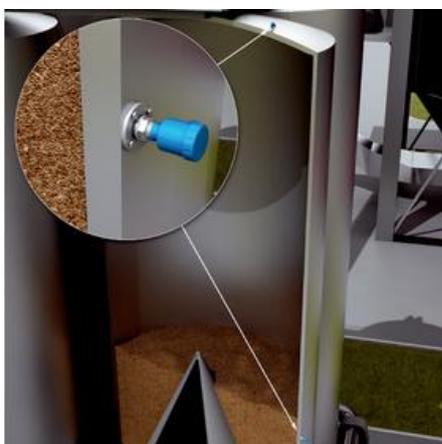


ILUSTRACIÓN 45: SENSORES EN LOS DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO PARA CONOCER EL NIVEL DE LLENADO DE LOS SILOS. FUENTE: SICK.

3.7 NAVAL

PROGRAMA SHIPBUILDING 4.0 GALLEGO

La industria naval gallega ha abrazado el modelo “4.0” impulsado por la Xunta de Galicia a través de la iniciativa Shipbuilding 4.0. Cerca de **200 empresas** han participado ya en el programa, se han celebrado 13 seminarios y un total de 8 sesiones formativas para con el fin de acercar y transferir tecnología avanzada al sector de la construcción naval. Se abordan en este proyecto tecnologías como la robotización de la soldadura, el aligeramiento de estructuras navales mediante la incorporación de materiales compuestos de base polimérica o la reparación y fabricación avanzada de componentes mediante tecnología láser, así como tres demostradores de realidad virtual relativos a buques construidos en astilleros gallegos.

3.7.1 Robótica

PROYECTO CARLOS

Financiado con arreglo a: FP7-SME. País: España.

Los requisitos específicos de **detección de procesos** (como la orientación precisa de la herramienta) se sometieron a evaluación y los resultados confirman la eficacia de los componentes elegidos para llevar a cabo las tareas programadas. La automatización de la soldadura de pernos y del marcado de las operaciones de instalación en los astilleros ofrecida por el proyecto CARLOS aumentará la productividad, reducirá los errores y mejorará la competitividad de las empresas europeas dedicadas a la construcción de buques y la construcción civil en general.

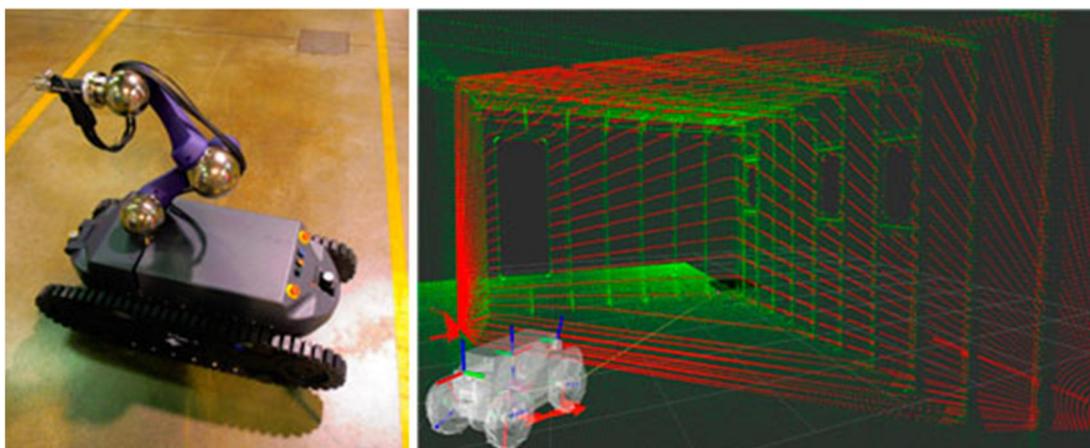


ILUSTRACIÓN 46: VISTA DEL ROBOT CARLOS, UTILIZADO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA SOLDADURA DE PERNOS. FUENTE: AIMEN.

En concreto, el robot puede llevar a cabo soldaduras de espárragos de manera automática empleando un manipulador móvil y una pistola de soldar fijada a su muñeca. Asimismo, a partir de datos procedentes de un archivo de diseño informatizado, puede aplicar marcas informativas sobre mamparos para facilitar las tareas de aparejamiento. Las pruebas preliminares realizadas con el prototipo final han arrojado resultados satisfactorios.

3.7.2 Sensorización

TRANSDUCTOR CERTIFICADO T40MAR

El transductor de par de alta precisión T40MAR adquiere **señales de carga de motores navales**, facilitando su control. La señal de carga se determina midiendo el par y la velocidad en la cadena cinemática.

Como resultado, es posible obtener un ahorro significativo de combustible.

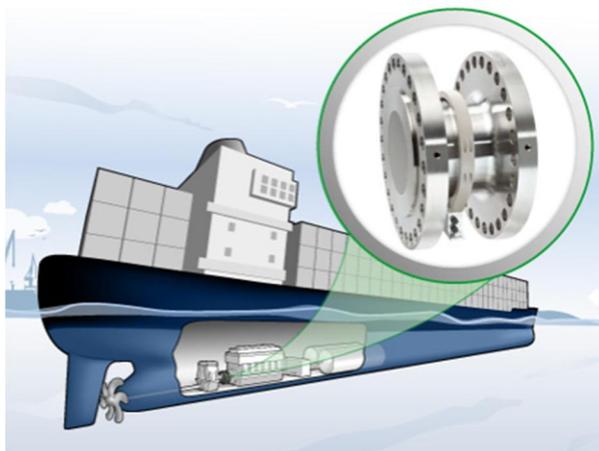


ILUSTRACIÓN 47: EJEMPLO DE SENSORIACIÓN AVANZADA DE MOTORES EN EL SECTOR NAVAL. FUENTE: HBM.

3.8 PIEDRA NATURAL

El sector de la piedra natural todavía no ha adoptado en Galicia de forma generalizada tecnologías 4.0 para mejorar sus procesos productivos, ya que es un sector tradicional, donde la maquinaria empleada es básicamente de corte y acabado de la piedra. Las principales aplicaciones de la automatización y la robótica avanzada y colaborativa son referidas a los **procesos puramente productivos** de corte o esculpido. Como ejemplos de aplicación se podrían nombrar los siguientes:

3.8.1 Robótica

ROBOT MULTITAREA MULTI-ROB 40

Robot Multifunción DGF Multi-Rob 40 aúna en una sola máquina las funciones de **taladro, cortadora, ranuradora y paletizado**, con el consiguiente ahorro de costes, espacio y tiempo.

Robot para la elaboración de bordillos de todo tipo de piedra, con detección del tamaño de la pieza, fresado y flameado en automático. Con un robot FANUC R-2000iB 165 kg. Este robot dispone de 165 kg. de capacidad y 6 ejes interpolados. Su repetibilidad se encuentra en el intervalo de los +/-2 mm, con acoplamiento para adaptar fresa en la cabeza del disco. Puede ver un vídeo con todo el proceso de trabajo.

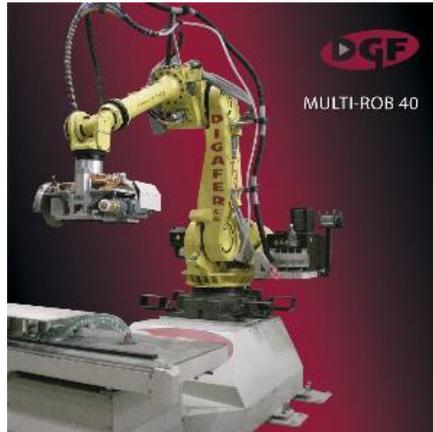


ILUSTRACIÓN 48: VISTA DEL ROBOT MULTITAREA MULTI-ROB 40. FUENTE: DGF.

LAPISYSTEM MINI

Lapisystem Mini es una solución flexible a la necesidad de **esculpir y contornear** pequeños objetos de mármol, granito y piedra con el uso de herramientas en seco: pequeños relieves y esculturas.

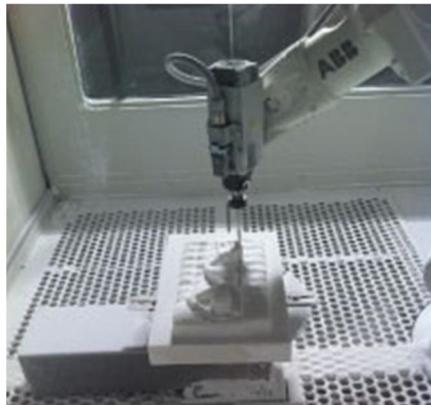


ILUSTRACIÓN 49: ROBOT PARA EL DISEÑO DE PIEDRA. FUENTE: TDROBOTICS.COM.

3.9 TEXTIL

El sector textil gallego, con el grupo Inditex a la cabeza, es un sector **altamente tecnificado**, con procesos automatizados y robotizados a nivel producción, a continuación se exponen algunos ejemplos de automatización del proceso productivo.

3.9.1 Robótica

ROBOT LOWRY

El robot LOWRY de SoftWear, es un sistema de recolección y colocación del tejido que se puede integrar con una máquina de coser existente en la empresa.

Cuando el producto fue introducido, la compañía tenía la expectativa que los fabricantes en Estados Unidos y en Europa mostrarían un gran interés por el mismo. Sin embargo, un gran número de llamadas provinieron, no de Estados Unidos, sino de fábricas subcontratadas en países de mano de obra barata tales como Bangladesh y China.



ILUSTRACIÓN 50: ROBOT LOWRY. FUENTE: SOFTWEAR.

SISTEMA WHOLEGARMENT

Los robots son el arma de la **industria textil japonesa** frente a la competencia. Con el sistema WholeGarment, un trabajador gestiona simultáneamente 10 máquinas. Además, emplea la cantidad justa de materia prima para fabricar prendas de una sola pieza, ya que con las máquinas se prescinde del corte y la costura, y no sobra nada.



ILUSTRACIÓN 51: SISTEMA DE GESTIÓN WHOLEGARMENT PARA EQUIPOS TEXTILES AUTOMATIZADOS. FUENTE: WHOLEGARMENT.

STARTUP SEWBO

Un ejemplo más reciente lo ha dado la startup Sewbo Inc., quien acaba de informar que tiene a disponibilidad del mercado una nueva técnica que permite confeccionar una playera completa con el apoyo de un **brazo robótico industrial**.

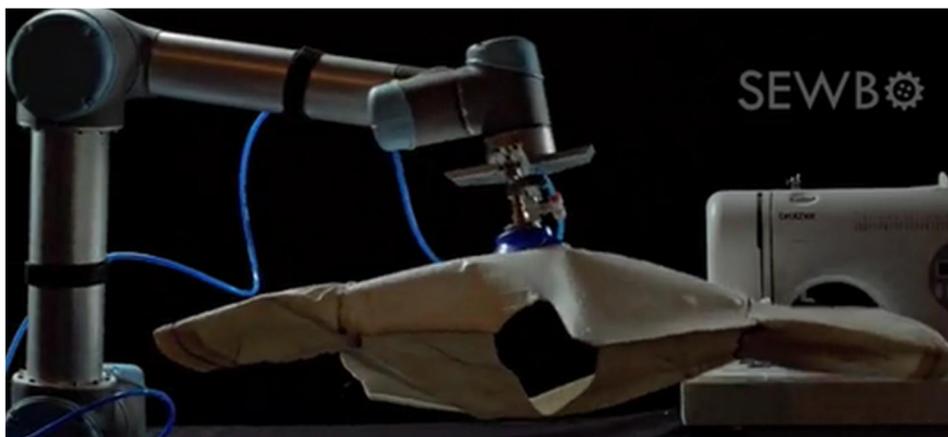


ILUSTRACIÓN 52: ROBOT COLABORATIVO INDUSTRIA TEXTIL. FUENTE: SWEBO.

3.9.2 Fabricación sensible

INDITEX

La compañía gallega ha creado un modelo empresarial estudiado en las universidades y que sus competidores intentan imitar. Inditex es capaz de conseguir que una prenda pase de la cabeza de un diseñador a las perchas de sus tiendas en un plazo de entre dos y tres semanas. En **la flexibilidad, la velocidad y la logística** están las claves del éxito.

La empresa textil gallega es capaz de aumentar sus beneficios incluso cuando las condiciones climáticas no son propicias (veranos largos, inviernos secos...) gracias a su capacidad de adaptarse a los gustos del mercado en un tiempo récord gracias a su fabricación flexible.

Agilidad, flexibilidad de producción y precisión para identificar tendencias y satisfacer la demanda del consumidor son los pilares que sustentan a la empresa textil gallega INDITEX.

4. CONCLUSIONES/IMPACTO EN LA INDUSTRIA

4.1 RETOS DE LA AUTOMATIZACIÓN Y LA ROBÓTICA AVANZADA Y COLABORATIVA

Las compañías del sector industrial se enfrentan a un importante reto a la hora de adaptarse al nuevo concepto de industria 4.0, por un lado, lo primero será **medir para poder analizar**, por lo que la sensorización avanzada aplicada a la digitalización de los procesos empresariales es un importante desafío en las empresas. A partir de la sensorización a gran escala que permita la recolección de datos, y mediante sistemas de aprendizaje automatizados, permita **tomar decisiones en tiempo real** a nivel de líneas de producción.

La **sensorización avanzada** permitirá asegurar una trazabilidad controlada en todo momento y de todos los componentes de la cadena de valor, con el objetivo de asegurar una calidad óptima mediante la reducción de errores, defectos y fallos en los procesos productivos.

La sensorización avanzada va muy ligada al **IIoT** (Industrial Internet of Things), que permitirá la comunicación y visualización de datos e informes en cualquier tipo de aplicación multiplataforma.

En cuanto a la **fabricación flexible**, sus principales retos son la adaptación ágil a las necesidades o gustos del mercado, de forma que se pueda responder en tiempo real a las necesidades de producción en planta con unos tiempos de respuesta inmediatos. Esta nueva forma de fabricar supondrá introducir nuevas tecnologías de fabricación tanto que maquinaria automatizada como de sistemas de transporte entre máquinas, además de suponer un cambio en la filosofía de producción adaptándola a series más cortas, como respuesta a la necesidad de personalización de los productos impulsado por el mercado.

El principal reto de los cobots o robots colaborativos no es simplemente su instalación en las industrias, que ya se está comenzando a realizar, si no el **desarrollo de aplicaciones colaborativas** que permitan extraer todo el potencial de automatización de este tipo de equipos en condiciones de seguridad para los operarios que están trabajando a su lado.

4.2 PERSPECTIVAS A MEDIO Y LARGO PLAZO

El World Robotics Report 2016, presentado por la International Federation of Robotics (IFR), se resalta la tendencia en el mercado de un aumento de al menos un 13% en las ventas de robots industriales en todo el mundo entre 2017 y 2019. Más de 1,4 millones de nuevos robots industriales serán instalados en industrias alrededor del mundo entre 2016 y 2019.

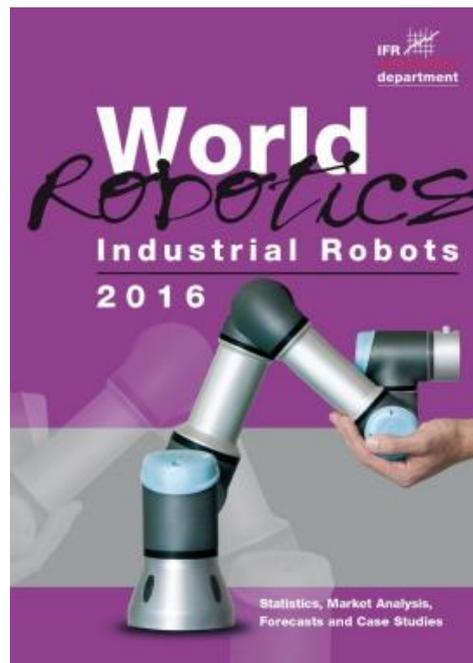


ILUSTRACIÓN 53: PUBLICACIÓN WORLD ROBOTICS INDUSTRIAL REPORT 2016

China, con su plan a 10 años **“Made in China 2025”**, se convertirá en uno de los principales países en adopción de esta tecnología. Corea y Japón se sitúan en segundo y tercer lugar tras China en la adopción de tecnologías de robotización. EEUU es a día de hoy el cuarto mercado por importancia, si la situación económica continúa estable, se prevé que EEUU tenga un crecimiento anual entre un 5% y un 10% entre 2016 y 2019 en la adopción de tecnologías robóticas.

El crecimiento en el suministro de robots a nivel mundial se estima en un 13% anual hasta 2019, llegándose a instalar 1,4 millones de nuevos robots entre 2016 y 2019.

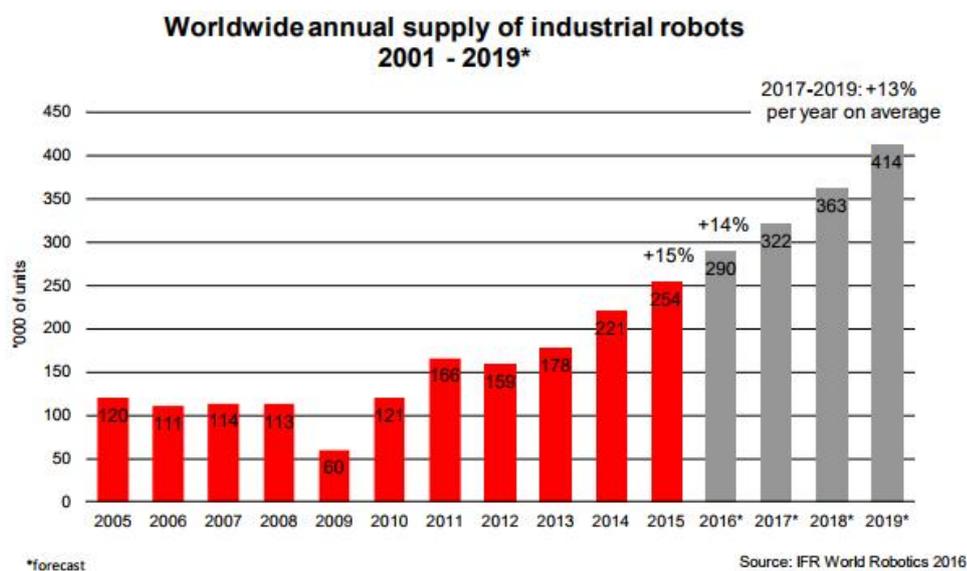


ILUSTRACIÓN 54: CRECIMIENTO DEL SUMINISTRO DE ROBOTS A NIVEL MUNDIAL HASTA 2019. FUENTE: IFR WORLD ROBOTICS 2016

Los principales sectores de adopción de tecnologías de robotización son el sector **automoción** y el **eléctrico/electrónico**.

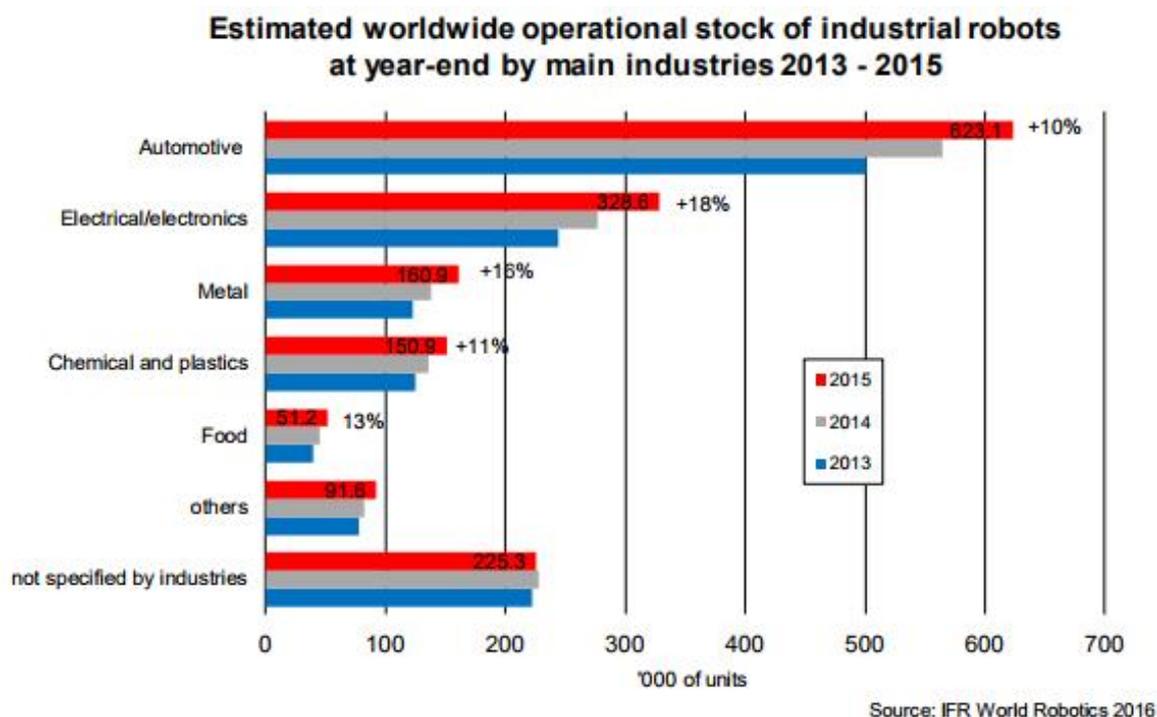


ILUSTRACIÓN 55: PRACTICAMENTE EL 70% DE LOS ROBOTS ESTÁN INSTALADOS EN LAS INDUSTRIAS DE AUTOMACIÓN, Y ELÉCTRICA/ELECTRÓNICA. FUENTE: IFR WORLD ROBOTICS 2016

China será sin duda en los próximos años, el principal cliente de los fabricantes de equipos robotizados, con un crecimiento anual estimado de un 20% hasta el 2019.

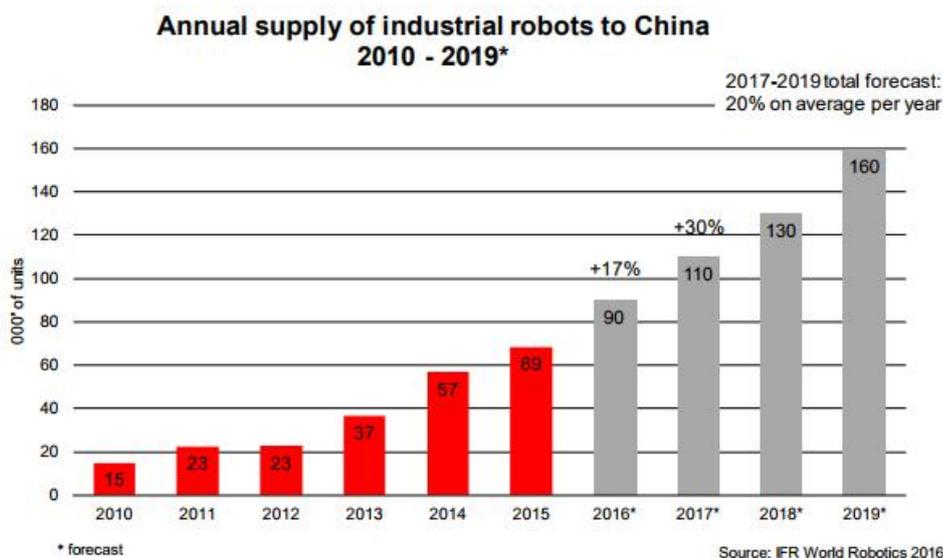


ILUSTRACIÓN 56: EN 2019 UN 40% DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ROBOTS SE INSTALARÁ EN CHINA. FUENTE: IFR WORLD ROBOTICS 2016

4.3 CONCLUSIONES

En este documento se ha analizado el estado del arte de la automatización y la robótica avanzada y colaborativa desde un punto de vista tecnológico y de aplicaciones industriales.

La automatización y la robótica avanzada y colaborativa van muy ligadas al concepto de industria 4.0, de forma que, tanto la **fabricación flexible**, como la **sensorización avanzada**, como la utilización de **dispositivos ciberfísicos**, tres conceptos englobados bajo el paraguas de la automatización avanzada, son parte muy significativa dentro de las tecnologías habilitadoras 4.0.

Así mismo, otro concepto tratado en este estado del arte, la **robótica colaborativa**, que es un nuevo concepto de robots diseñados para trabajar codo con codo con los operarios sin barreras físicas entre ellos, sin duda tendrá un importante desarrollo en los próximos años, eliminando tareas duras y repetitivas para los operarios, al contar con la colaboración de un robot en condiciones de seguridad. El mercado de este tipo de robots crecerá a ritmos por encima del 10% a nivel mundial en los próximos años.

Como principal inconveniente de estas tecnologías de automatización está el **importante coste inicial** de adquisición de equipos, aunque en muchos casos, como el de los robots colaborativos, su ROI está por debajo de los 12 meses. Así mismo otra de las principales barreras es el desconocimiento por parte de la dirección de las empresas tanto de las tecnologías, como del retorno de la inversión asociada, incertidumbre que va en contra de su adopción de forma generalizada.

Existen grandes diferencias de adopción de estas tecnologías entre los diferentes sectores, estando a la cabeza en automatización y robótica avanzada y colaborativa el sector de la **automoción** (germen del nuevo paradigma de la industria 4.0), como sectores que todavía no han adoptado estas tecnologías de forma extensiva, se podrían nombrar el **metal-mecánico** o el **sector de la piedra**, principalmente por el pequeño tamaño de las empresas del sector.

5. BIBLIOGRAFÍA

INFORME

- INICIATIVA Española “Industria Conectada 4.0”.
<http://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/Index.aspx#inicio>
- IGAPE 4.0. <http://www.igape.es/es/ser-mais-competitivo/galiciaindustria4-0>
- IGAPE 4.0. <http://gain.xunta.gal/artigos/62/captacion+inversiones+industria+4>
- IGAPE – PWC
 - Retos e oportunidades industria 4.0 en España e Galicia.
<http://www.igape.es/images/industria4.0/skills4.0/SKILLS%204.0%20-%20EMILIO%20ALVAREZ-MIRANDA.pdf>
 - Identificación del posicionamiento de Galicia ante los nuevos requerimientos competenciales ligados a la industria 4.0.
<http://www.igape.es/images/industria4.0/skills4.0/ATC%20Skills%20IGAPE%20Industria%204.0.pdf>
- Unión Europea
 - Digital Transformation Scoreboard 2017.
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/21501/attachments/1/translations/en/renditions/native>
 - Roland Berger: “Industrie 4.0, Challenge and Chance”.
<https://www.rolandberger.com/en/Dossiers/Industry-4.0.html>
 - The Industrie 4.0 Transition Quantified.
https://www.rolandberger.com/en/Publications/pub_the_industrie_4_0_transition_quantified.html
- PWC
 - INDUSTRY 4.0: BUILDING THE DIGITAL ENTERPRISE
<https://informes.pwc.es/industria40/assets/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Boston Consulting Group
 - Embracing Industry 4.0—and Rediscovering Growth.
<https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>
 - Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries.
https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx
- McKinsey
 - Manufacturing’s Next Act. <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>
 - Supply Chain 4.0 en bienes de consumo.
<https://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/supply-chain-4-0-in-consumer-goods/es-es>
- IFR (International Federation of Robotics)
 - World Robotics Report 2016. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-report-2016>

- Plataforma Tecnológica Manufuture. www.manufuture.org
- EFFRA: European Factories of the Future Research Association. www.effra.eu
- EUROBOTICS. <https://eu-robotics.net>
- SPARC Robotics – The partnership for robotics in Europe. <http://sparc-robotics.eu>
- I4MS INITIATIVE – ICT Innovation for Manufacturing SMEs. <http://i4ms.eu/>
- SPIRE – Sustainable Process Industry through resource and energy efficiency. <https://www.spire2030.eu/>

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

- "Artificial Cognition in Production Systems", In IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol. 7, no. 3, pp. 1-27, 2010.
- "Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0". Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wirtschaft e.V., Berlin (2013)
- "SmartFactory - Towards a Factory-of- Things". IFAC Annual Reviews in Control, 34 (2010)
- "A multi-agent-supported, product-based production control," in Proc. IEEE Int. Conf. Control Automat. (ICCA'09), Christchurch, New Zealand, 2009.
- "The cognitive factory," in Changeable and Reconfigurable Manufacturing Systems, ser. Springer Series in Advanced Manufacturing, H. A. ElMaraghy, Ed. London, U.K.: Springer, 2009,
- "Approach for a decentralised product-oriented production control," in Proc. 5th Int. Conf. Digital Enterprise Technol. (DET 2008), Nantes, France, Oct. 22–24, 2008.
- "Adaptive, product based control of production processes," in Proc. 3rd Int. Conf. Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2009), Munich, Germany, 2009.
- "Intelligent operations control: Architecture for seamless integration of scheduling and execution," Prod. Eng., vol. 2, no. 3, pp. 293–301, 2008.
- "Safety Aspects in a Human-Robot Interaction Scenario: A HumanWorker is Co-OperatingWith an Industrial Robot," FIRA. Incheon, Korea, 16. bis 18, Aug. 2009.
- "A multimodal human-robot-interaction scenario: Working together with an industrial robot," in Proc. Int. Conf. on Human-Comput. Interaction HCI 2009, J. Jacko, Ed., San Diego, CA, 2009.

TENDENCIAS

- National Intelligence Council. 2014. Global Trends 2030: Alternative Worlds. s.l. : NIC, 2014.
- Pflanz, Rosemberg. 2014. Cross-sectoral trends and geographic patterns in Logistical Services. Brussels : European Commission, 2014.
- KPMG & Mowat Institute. 2014. Centre Future State 2030: The global megatrends shaping governments. s.l. KPMG, 2014.

PROYECTOS PILOTO INDUSTRIA 4.0 GALICIA

- Resolución 2016: <http://www.igape.es/images/resoluciones-definitivas/IG223.2016.1.pdf>
- Resolución 2017: <http://www.igape.es/images/resoluciones-definitivas/IG223.2017.1.pdf>

OTROS ENLACES DE INTERÉS

- <https://www.openfuture.org/es/new/la-democratizacion-de-la-robotica-colaborativa>
- <https://www.openfuture.org/es/new/la-industria-40-tambien-llega-a-la-alimentacion>
- <http://ametic.es/es/areas-de-actuacion/idi/comisi%C3%B3n-industria-40>
- http://ametic.es/sites/default/files/BORRADOR_AMETIC-Espa%C3%B1a%20Estrategia%20i40_md.pdf
- https://www.rockwellautomation.com/es_ES/industries/food-beverage/overview.page
- <http://www.martincodax.com/blog/es/noticia/industria-4-0/>
- <https://www.alimarket.es/alimentacion/noticia/225319/la-industria-4-0-se-instala-en-el-sector-alimentario>
- <http://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2017/04/03/58db816e268e3e872d8b45ef.html>
- Industria Alimentaria 4.0 https://issuu.com/clusaga/docs/revista_4.0_03_7_2017_final