

Proyecto Fin de Carrera

Ingeniería de Organización Industrial

La Industria 4.0 en el sector aeronáutico

Autor: María Romero Clavijo

Tutor: Juan Manuel González Ramírez

Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de Organización Industrial

La Industria 4.0 en el sector aeronáutico

Autor:
María Romero Clavijo

Tutor:
Juan Manuel González Ramírez
Profesor asociado

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2021

Proyecto Fin de Carrera: La Industria 4.0 en el sector aeronáutico

Autor: María Romero Clavijo

Tutor: Juan Manuel González Ramírez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Agradecimientos

Me gustaría agradecer este trabajo a mi familia, a mis padres y mi hermana ya que son siempre mi apoyo incondicional en el día a día y más aún durante los años de carrera, sin vuestra ayuda todo hubiera sido más complicado. A mi tío Jaime, quién desde ahí arriba me guía y me ayuda para conseguir cada uno de los objetivos que me propongo, nunca te voy a olvidar.

A mi tutor Juan Manuel, gracias por ser tan buen profesor y por el apoyo que me has dado en este trabajo.

A mis amigos del grado por estar siempre ahí y hacer estos años más fáciles, por las horas de estudio que hemos disfrutado juntos y qué sé que seguiremos siempre unidos.

María Romero Clavijo

Sevilla, 2021

Resumen

En el presente trabajo, se realiza un estudio de la Industria 4.0 en el sector aeronáutico, centrándonos en aviones militares y civiles, desde sus orígenes hasta la actualidad, analizando distintas tecnologías propias de esta nueva revolución y sus aplicaciones dentro del sector empleadas por distintas empresas aeronáuticas.

En el primer capítulo, se hace un análisis de la evolución de la industria desde la Primera Revolución Industrial, pasando por la Segunda y Tercera hasta la Cuarta Revolución y objeto de estudio del presente trabajo. Se detallan los distintos rasgos que componen esta Industria 4.0, así como las distintas tecnologías que abordan el concepto de 4.0, realizando un balance entre los aspectos positivos y negativos que trae consigo estas nuevas tecnologías.

En el segundo capítulo, se estudia la evolución de los aviones, desde sus orígenes hasta hoy en día, destacando aspectos técnicos de las aeronaves en la actualidad. Además, Se introducen las dos empresas líderes en el sector aeronáutico.

El tercer capítulo se centra en el tema de estudio, la aeronáutica 4.0 en la que se destacan diferentes tecnologías y sus aplicaciones reales en distintas empresas, la forma de implantación, así como características de las distintas tecnologías que involucran al concepto 4.0 en la aeronáutica.

En el cuarto capítulo, se analizan y explican distintas tecnologías que pueden revolucionar el avión de hoy en día transformándolos en aviones más eficientes, a través de la utilización de tecnologías que componen la Industria 4.0 o de nuevas que están en fase de estudio.

Por último, se realiza una conclusión global de los aspectos positivos y negativos que trae consigo la Industria 4.0 en el sector en cuestión, así como posibles trabajos futuros que tienen que ver con nuevas tecnologías que están surgiendo con los años.

Agradecimientos	ix
Resumen	x
Índice	xii
Índice de Tablas	xv
Índice de Ilustraciones	xvi
1 Evolución de la industria	1
1.1 Historia de la Industria	1
1.2 Rasgos de la Industria 4.0	3
1.2.1 La Tecnología	3
1.2.1.1 Internet of Things o Internet de las Cosas	4
1.2.1.2 Big Data o Datos Masivos	6
1.2.1.3 Machine Learning o Aprendizaje Masivo	8
1.2.1.4 Edge Computing o Computación de Borde	8
1.2.1.5 Cibersecurity o Ciberseguridad	9
1.2.2 Las Personas	11
1.2.3 Las Organizaciones	11
1.2.4 El Entorno	12
1.3 Los Principios Básicos de la Industria 4.0	12
1.4 Ventajas de la Industria 4.0	13
1.5 Desventajas de la Industria 4.0	13
2 Evolución del avión	14
2.1 Introducción histórica	14
2.2 El avión del siglo XXI	17
2.3 Características, estructura y tipos de aviones	18
2.3.1 Vuelo de un avión	18
2.3.2 Producción y estructura de un avión	19
2.3.3 Tipos de aviones según uso	21
2.4 Empresas líderes de la industria aeronáutica	23
2.4.1 Airbus	23
2.4.2 Boeing	23
3 La aeronáutica 4.0	26
3.1 El Gemelo Digital	27
3.1.1 Gemelo Digital de Rolls Royce	28
3.1.2 Gemelo Digital de Airbus	28
3.2 Fabricación aditiva e impresión 3D	29
3.2.1 Fabricación Aditiva en Aciturri	32
3.2.2 Fabricación aditiva en ITP Aero	33
3.2.3 Fabricación Aditiva en GE Aviation	34

3.3	IoT	35
3.3.1	IoT en Boeing	35
3.3.2	IoT en aeropuertos	35
3.3.3	IoT en Airbus	35
3.4	Robótica	36
3.4.1	Robótica en Akka Technologies	38
3.4.2	Robótica en Rolls Royce	39
3.4.3	Robótica en Airbus	40
3.5	Ciberseguridad	41
3.5.1	Ciberseguridad en Airbus	43
3.5.2	Ciberseguridad de ThalesRaytheonSystems	43
3.6	Drones	44
3.6.1	Dron de Airbus	45
3.6.2	Dron de Boeing	46
3.7	Inteligencia Artificial	47
3.7.1	Inteligencia Artificial en Airbus	48
3.7.2	Inteligencia Artificial de los Estados Unidos	48
3.8	Realidad Aumentada	49
3.8.1	Realidad Aumentada en Airbus	49
4	<i>El avión del futuro</i>	50
4.1	Aviones de Hidrógeno	50
4.2	Aviones Eléctricos	51
4.3	Aviones Solares	52
4.4	Diseño del avión del futuro	54
5	<i>Conclusiones y trabajos futuros</i>	56
	<i>Referencias</i>	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Fases del ciclo de vida de un avión	19
Tabla 2 – Componentes principales de un avión	21
Tabla 3 – Entrega de aviones de Airbus	23
Tabla 4 – Entrega de aviones de Boeing	24
Tabla 5 – Ventas y limitaciones de los Gemelos Digitales	27
Tabla 6 – Ventajas y limitaciones de la fabricación aditiva	31
Tabla 7 – Ventajas y desventajas de la robótica	38
Tabla 8 - Clasificación de ciberincidentes	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 – Evolución de la Industria	3
Ilustración 2 – IoT aplicada a una cafetera	5
Ilustración 3 – Crecimiento del uso de dispositivos IoT	6
Ilustración 4- Las 7 Vs del Big Data	7
Ilustración 5 – Cifra de ciberataques en España	10
Ilustración 6 – Máquina voladora de Leonardo Da Vinci	14
Ilustración 7 – Aeronave en vuelo de los hermanos Wright	15
Ilustración 8 – Boeing 307 Stratoliner	16
Ilustración 9 – Boeing 787	17
Ilustración 10 – Fuerzas que intervienen en el vuelo de un avión	19
Ilustración 11 – Países fabricantes del Airbus A380	20
Ilustración 12 – Avión A330 MRTT reabasteciendo a un caza	22
Ilustración 13 – Aviones civiles de Airbus	22
Ilustración 14 – Gemelo Digital motor Rolls- Royce	28
Ilustración 15 – Avión Gemelo Digital Airbus	29
Ilustración 16 – Estereolitografía o SLA	30
Ilustración 17 – Fused Deposition Modelling o FDM	31
Ilustración 18 – Selective Laser Melting	31
Ilustración 19 – Visión del estabilizador fabricado con aditiva	33
Ilustración 20 – Componentes de turbina fabricados con aditiva	33
Ilustración 21 – Inyector del motor LEAP	34
Ilustración 22 – Aplicación Airbus Connected Experience	36
Ilustración 23 – Clasificación de robots según campo de aplicación	37
Ilustración 24 – Air-Cobot robot de inspección de Airbus	39
Ilustración 25 – Micro robot de Rolls-Royce	40
Ilustración 26 – Futurassy robot operando en las gradas de montaje de Airbus	40
Ilustración 27 – Dron de uso civil	44
Ilustración 28 – Dron de uso militar	44
Ilustración 29 – Dron de Airbus	46
Ilustración 30 – Boeing Airpower Tearing System	47
Ilustración 31 – Programa ZEROe de Airbus	51
Ilustración 32 – Avión Wright 1	52
Ilustración 33- Zephyr Airbus	53
Ilustración 34- Avión Flying-V	54

1 EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA

A lo largo de la historia, la industria ha ido evolucionando en distintas etapas paralelas a las distintas épocas culturales. Estos procesos de cambio se han llamado “Revolución Industrial”.

En este capítulo se hace una introducción de las distintas revoluciones que han ido transformando la industria a lo largo de la historia. Desde la Primer Revolución Industrial, pasando por la Segunda y Tercera hasta la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0, en el que se centrará el estudio de este trabajo.

1.1 Historia de la Industria

Se llama Revolución Industrial a la transformación económica, social y tecnológica que sufre una sociedad a partir de la forma de producción de un sistema.

A principios del siglo XVII, la economía se basaba principalmente en la agricultura y la artesanía. Las pocas ciudades que existían eran pequeñas y poco desarrolladas. Con la llegada de la Primera Revolución Industrial surge un nuevo modelo de organización social, aparecen nuevas ciudades y civilizaciones, además se pasa de un sistema rural basado en la agricultura a un sistema de producción industrial.

La Primera Revolución Industrial surge en Gran Bretaña a mitad del siglo XVIII, extendiéndose más tarde por Europa Occidental y América.

El avance más importante de esta revolución fue la invención de la máquina de vapor. La introducción de ésta en las distintas industrias fue el paso de éxito de la Revolución Industrial, aumentando la capacidad de producción y disminuyendo los tiempos de fabricación de los productos, dando paso a la producción en serie. Se simplificaron tareas complejas en operaciones más simples, que pudieron realizar obreros sin necesidad de que fueran mano de obra cualificada y de este modo, se disminuyeron costos en producción y se elevaron las cantidades de unidades producidas.

El avance de la máquina de vapor fue el primer paso hacia la invención del ferrocarril, hecho muy importante ya que se pudo acortar el tiempo de los desplazamientos tanto de mercancías como de personas, y se pudo vertebrar el comercio interior. A demás, se aplicó a la navegación, dando paso al barco de vapor.

Las industrias más importantes de esta revolución industrial fueron la siderúrgica y la textil, esta última gracias a la invención de las ruedas mecánicas que tejían las telas.

La Segunda Revolución Industrial se inicia tras la crisis de 1873, y termina con el inicio de la Primera Guerra Mundial en 1914. Fue una época de importantes cambios económicos, como consecuencia del importante avance tecnológico. Se transformó la vida cotidiana con las nuevas fuentes de energía, el transporte, la producción y las telecomunicaciones.

En la Primera Revolución Industrial la fuente principal de energía era el carbón, mientras que durante la Segunda Revolución se desarrollaron otras alternativas como el petróleo, u otros combustibles como la gasolina y el motor de explosión, siendo la base de los medios de transporte. Otra energía que se descubre es la electricidad, gracias a Thomas A. Edison y Nikolas Tesla, permitiendo el alumbrado y el desarrollo de las telecomunicaciones.

En la Segunda Revolución nos encontramos con el desarrollo de una nueva industria siderúrgica, con la mejora del acero y la fabricación de aleaciones como el aluminio. La industria química vive una revolución, con el desarrollo y fabricación de nuevos fármacos. Así como la industria alimentaria, con el invento del frigorífico y la industrialización de la alimentación, permitiendo la producción en masa de muchos alimentos.

Todos estos avances comenzaron a formar una sociedad cuyo destino era el consumo en masa. Con el invento de la electricidad y la producción en cadena comenzó un crecimiento económico que trajo consigo el concepto

de “Primera Globalización”, conduciendo a aumento de la internacionalización de la economía en los países.

La Tercera Revolución Industrial también llamada Revolución Científica-tecnológica, comienza al acabar la Segunda Guerra Mundial. Esta etapa de revolución está influida por la investigación y el desarrollo de la energía nuclear, las telecomunicaciones y el espacio universo, así como la informática robótica y la biotecnología.

El concepto de tercera revolución fue lanzado por Jeremy Rifkin y alabada por el Parlamento Europeo en 2007. Este se basa en el cambio a las energías renovables, convirtiendo los edificios en plantas de energía, la importancia del hidrógeno, las baterías recargables y otras tecnologías de almacenamiento, la tecnología de distribución de energía eléctrica inteligente y el desarrollo del transporte basado en vehículos híbridos o eléctricos, que usan energías renovables como fuente de propulsión.

En cuanto a la economía, las empresas trasladan parte de sus procesos productivos a terceros, descentralizando la producción. Además, las empresas comienzan a utilizar distintas formas de energías renovables y los trabajadores son más cualificados y especializados.

Por último, surge la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0, impulsada por el desarrollo de los sistemas, la conectividad y la interconexión del mundo virtual y el mundo físico. Su origen nace en Alemania, concretamente en la feria de Hannover en 2013, impulsado por el gobierno alemán y el sector automovilístico, se presente la Estrategia de Alta Tecnología del Gobierno de Alemania, donde la Industria 4.0 aparece como el conjunto de acciones cuyo objetivo es lograr la denominada “Fábrica Inteligente o Smart Factory”.

Esta Cuarta Revolución se está desarrollado poco a poco, pues aún no está totalmente implantada, se ha ido introduciendo la electrónica y las nuevas tecnologías de la información a la producción industrial. Para contextualizar esta cuarta revolución se distinguen distintas etapas.

La primera etapa, comienza en la década de los 80 hasta principios de los 90. Entonces se buscaba la eficiencia de los procesos productivos, siendo la época de los sistemas de fabricación integrada por computadora (CIM), los sistemas de fabricación flexible (FMS) y similares. Los objetivos de integración y flexibilidad de los sistemas de fabricación eran similares a los de hoy en día, estando un poco limitados.

La segunda etapa llega hasta los años 90, cuando Internet se hace accesible para toda la población mundial, las tecnologías asociadas como las páginas webs de Internet consiguieron solucionar y tener información de manera mucho más accesible, facilitando la colaboración y la integración de la cadena de valor.

Finalmente, en el inicio del nuevo siglo, la conectividad de expande a las máquinas, popularizándose conceptos como M2M (Machine to Machine) o el Internet de las Cosas (IoT). Además, es a finales de la pasada década cuando aumenta de forma exponencial el uso de dispositivos móviles, convirtiéndolos hoy en día en Smartphone. Este último movimiento es considerado como la tercera etapa con la que se inicia la Industria 4.0, con la utilización y aumento desarrollo de las TIC.

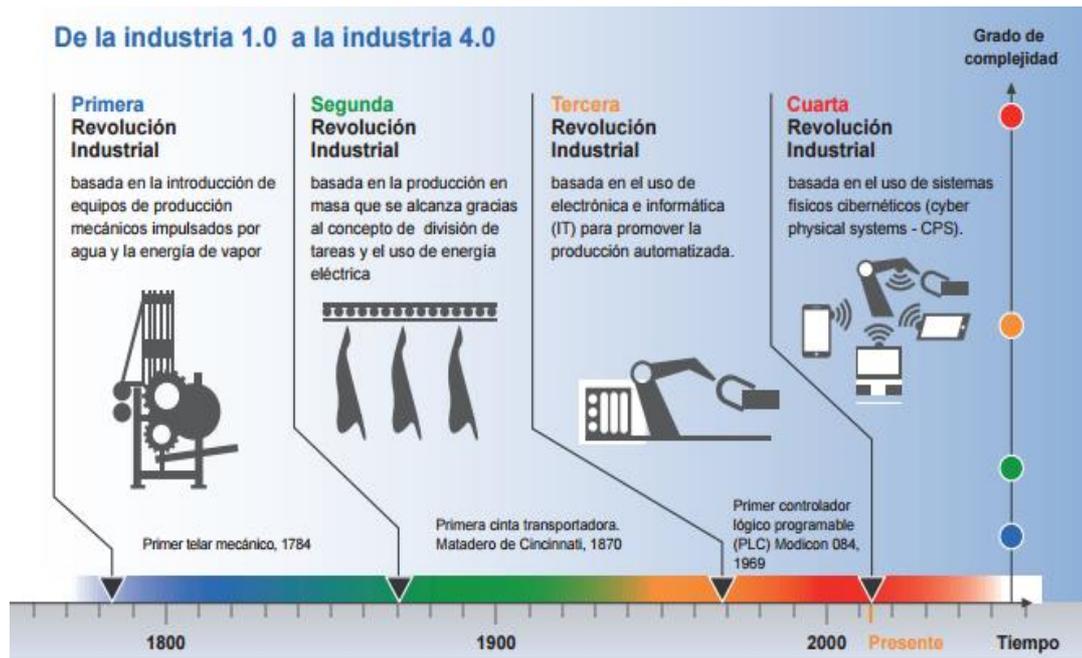


Ilustración 1 – Evolución de la Industria

1.2 Rasgos de la Industria 4.0

La Industria 4.0, término que actualmente no está totalmente implantado, es una Cuarta Revolución Industrial que se considera que se va a llegar a ella en unos años a través de la digitalización y la interconexión de la actividad productiva.

Existe un debate sobre si la Industria 4.0 es una revolución o una evolución, pues hay autores que defienden que son más los cambios en los métodos de producción y trabajo que una novedad tecnológica. Kogermann et al., defiende que “*la implementación de la visión de la Industria 4.0 implicará un proceso evolutivo, que progresará a diferentes ritmos en compañías particulares y sectores*”. Se indica también que “*La expresión ‘Cuarta Revolución Industrial’ hace referencia a un cambio radical en la tecnología de producción. Aunque los efectos de este cambio se caracterizan como revolucionarios, considerados en retrospectiva, su impacto en las operaciones manufactureras existentes será más gradual. El camino hacia el modelo Industria 4.0 será evolutivo -como lo fue en anteriores revoluciones industriales en tecnologías de la producción*”. Slasky señala “*Como un período de transformación industrial, Industria 4.0 puede ser realmente más una evolución que una revolución. Sin embargo, la historia ha mostrado que algunos cambios que tienen lugar en períodos de tiempo más largos tienen un impacto más significativo que otros que ocurren en un espacio de tiempo más concentrado*”.

La Industria 4.0 se basa principalmente en la tecnología, pero las personas, las organizaciones y el entorno son tres pilares fundamentales sobre los que también se aprobó el modelo. En los siguientes apartados se describen los distintos pilares de la Industria 4.0

1.2.1 La Tecnología

La Industria 4.0 basada principalmente en la tecnología, especialmente por el desarrollo de la Tecnologías de la

Información y de la Comunicación o TIC, cuyos objetivos son las mejoras de flexibilidad y eficiencia de los procesos industriales, y la calidad de los productos.

El creciente crecimiento de estas tecnologías ha llevado a que su precio disminuya, siendo más accesibles para las empresas y facilitan a las compañías manufactureras el acceso a sistemas ciber-físicos. En estos sistemas, los componentes físicos y de software están conectados, donde los elementos interacciones entre ellos en diferentes escalas espaciales y temporales.

Para que las empresas puedan llevar a cabo una exitosa transición hacia la Industria 4.0 deben tener presentes y asimilados los conceptos tecnológicos de Internet de las Cosas, Big Data, Machine Learning, Edge Computing y Ciberseguridad. A continuación, se desarrolla cada una de las distintas tecnologías.

1.2.1.1 Internet of Things o Internet de las Cosas

Internet of Things o Internet de las Cosas, IoT, es un concepto referido a la interconexión digital de los objetos con Internet. Este fue usado por primera vez en 1999 por Kevin Ashton.

El IoT permite la obtención de datos, para almacenarlos y que más tarde sean analizados, mediante un control remoto con capacidad de automatización de los procesos, permitiendo a las empresas proporcionar un mejor servicio a sus clientes y obtener beneficios de la reducción de costes que esto conlleva.

La forma tradicional de la comunicación es de humano a humano, H2H (Human to Human), pero con el IoT y la Industria 4.0 éste se ha transformado a ser una comunicación máquina a máquina, M2M (Machine to Machine), permitiendo una interconexión digital y haciendo posible un intercambio de información entre objetos o centros de control sin necesidad de una intervención humana.

Para que el IoT se pueda llevar a cabo hay tres factores que son necesarios:

- Los dispositivos: son objetos que están presentes en nuestro día a día, como son los frigoríficos, lámparas, relojes, televisión, cafeteras, entre otros. Estos deben estar equipados con los ítems necesarios para proporcionar la comunicación con los demás dispositivos, pudiendo ser sensores, chips, antenas, etc.
- La Red: es el medio de comunicación. Puede ser el Wi-Fi, Bluetooth y datos móviles como 3G, 4G y 5G.
- El sistema de control: una vez que la información es capturada y almacenada, se procesa y se envía a un sistema que la analiza y controla los distintos aspectos creando nuevas conexiones.

Los casos de éxito y aplicaciones del IoT pueden ser:

- Smart Homes: las “Casas Inteligentes” o Smart Homes son hogares que están en auge, pues se intenta que sean lo más inteligente posible y esto se consigue mediante el IoT. Los dispositivos de las casas están conectados unos entre otros y establecen conexiones digitales, siendo posible poder controlarlos mediante la voz.

Para poder comprenderlo mejor, en una cocina el frigorífico podría avisarnos sobre que alimento se está acabando o falta, de tal manera que el frigorífico podría hacer un estudio sobre dónde comprar los alimentos necesarios o que super mercado es el más económico. Así mismo, el despertador podría enviar a la cafetera un mensaje para que comience a preparar el café cuando suene o notificar a las cortinas y persianas de que se vayan abriendo por las mañanas.



Ilustración 2 – IoT aplicada a una cafetera

- **Wearables:** estos son dispositivos u objetos tecnológicos que las personas se ponen como complementos ya que tienen un tamaño reducido, integrándose en una parte del cuerpo e interactuando con las personas. Pueden ser relojes inteligentes o “smartwatches”, gafas inteligentes. Con los relojes los usuarios pueden recibir mensajes, hacer llamadas o controlar la actividad física, incluso conocer la frecuencia cardiaca de la persona a través de unos sensores que tiene el reloj incorporado en la zona que está en contacto con la piel.
- **Sector industrial:** las empresas manufactureras están llevando a cabo el concepto de Industria 4.0 o “Smart Factory” que están basadas en el IoT. Estas son capaces de almacenar un gran volumen de datos con el objetivo de optimizar los tiempos de procesos y los costes de producción. El IoT, la inteligencia artificial, y los sistemas automatizados son conceptos que las empresas tienen muy presentes, convirtiendo las industrias en sitios más innovadores con el fin de aumentar los márgenes de beneficios a medio y largo plazo.
- **Ciudades inteligentes o “Smart Cities”:** este tipo de ciudades están en auge pues el interés por el uso de las TIC. El IoT es uno de los principales conceptos en las ciudades inteligentes, permitiendo crear ciudades automatizadas, con una planificación energética urbana, con una gestión inteligente de los residuos con el fin de crear un medioambiente más sostenible y aumentar el bienestar de los ciudadanos.
- **Coche conectado:** estos tipos de coches son aquellos que están conectados a internet y son capaces de mantener una interconexión con los móviles o smartphones y recibir notificaciones para seguir las indicaciones. Estos tipos de vehículos ya no necesitan el sistema tradicional de llaves para encender el motor del coche, mediante sistemas de biometría como la huella dactilar el usuario podrá abrir el coche y encender el motor, siendo un sistema más seguro. Fabricantes como BMW, Jaguar o Tesla hacen uso de esta tecnología por reconocimiento facial con el objetivo de conocer el estado del conductor, si se encuentra fatigado en estado de somnolencia. Mediante el IoT el coche podrá calcular la mejor ruta, considerando los tiempos, el tráfico, o mediante sensores indicar al conductor la distancia que existe con otro coche al aparcar.

Tras distintos estudios, se ha pronosticado que la velocidad a la que está creciendo el IoT, cerca de 34 millones de dispositivos entre smartphones, tabletas, relojes inteligentes están conectados al Internet, lo que equivale a un promedio de cuatro dispositivos en la red por persona en la Tierra, teniendo en cuenta que, en la actualidad la

población cuenta con más de 7,7 mil millones de personas.

Total number of active device connections worldwide

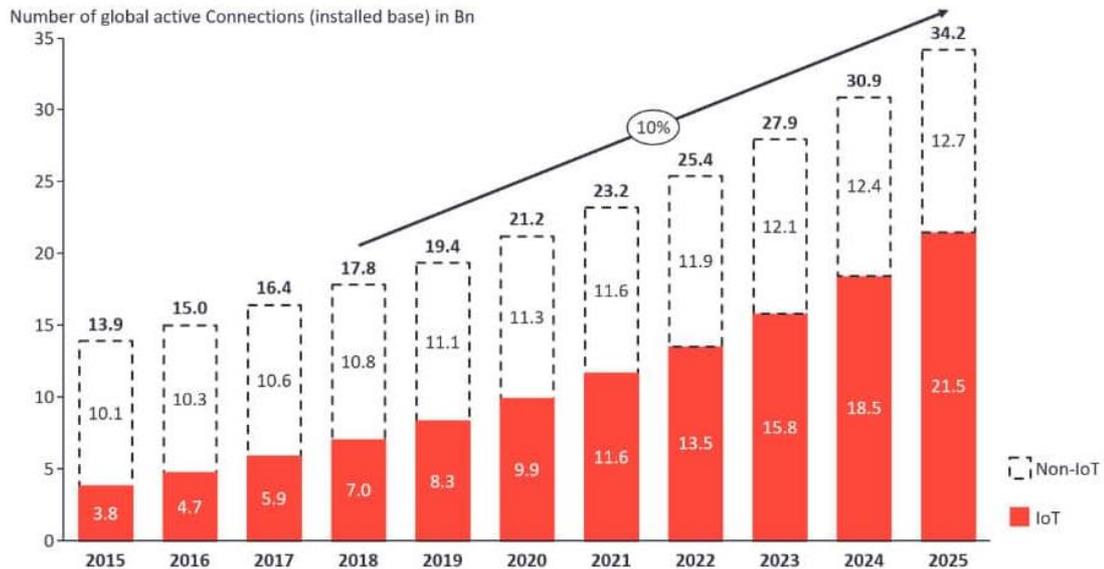


Ilustración 3 – Crecimiento del uso de dispositivos IoT

Según la estadística realizada por la página web 'IoT Analytics', muestra que el número de dispositivos conectados a la red en el año 2020 superó los 21 billones. Se estima que en 2025 el crecimiento de dispositivos conectados a IoT crezca de forma exponencial un 10%, llegando a duplicar el número de dispositivos conectados.

1.2.1.2 Big Data o Datos Masivos

El Big Data o Datos Masivos es un término que englobe desde las recolección y almacenamiento de datos, hasta el posterior análisis y la visualización, además de la inteligencia artificial. Este concepto nace debido al gran volumen de información que existe hoy en día en las empresas, por lo que el Big Data es una solución que se encarga de organizar y analizar los datos, con el fin de tomar buenas decisiones y acciones estratégicas.

Este concepto nace debido al gran volumen de información que existe hoy en día en las empresas, por lo que el Big Data es una solución que se encarga de organizar y analizar los datos, con el fin de tomar buenas decisiones y acciones estratégicas.

La importancia del Big Data no es la cantidad si no la calidad de los datos. Al analizar la información se podrá tomar decisiones cuyos objetivos principales serán la reducción de costos, tiempo, optimización de procesos y toma de decisiones estratégicas e inteligentes. A demás, se podrá determinar fallos o problemas a tiempo real, generar algoritmos basados en los hábitos de los usuarios o detectar comportamientos dañinos antes de que afecte a la organización.

Este concepto puede ser resumido y clasificado en siete características principales, conocidas como las Siete Vs del Big Data, donde las empresas pueden diseñar estrategias y obtener ventajas con los competidores.

1. **Volumen:** es la característica más importante y del que surge el concepto del Big Data, pues cada segundo se generan un volumen masivo de datos que las empresas deben almacenar y analizar. Cada vez estamos más conectados al mundo digital por lo que crece exponencialmente el volumen de datos que se deben almacenar, siendo en 2020 un total de 35 Zettabytes equivalente a 10^{21} bytes, que eran almacenados, habiendo pasado la era del Petabyte (10^{15} bytes) y del Exabyte (10^{18} bytes).

Actualmente, es primordial el mundo digital pues las empresas son capaces de conocer mediante el análisis de datos donde cliquean más los usuarios, cuantas veces pasar por sus páginas webs, o en qué servicios pueden estar más interesados.

2. **Velocidad:** hace referencia al movimiento de los datos por la red. Cuando los datos se crean son almacenados y procesados a tiempo real, de tal forma que la velocidad a la que viajan los datos es muy rápida, siendo el flujo de datos masivo y continuo, pudiendo ser esta rapidez de generación de datos la causa del gran volumen.

Esta rapidez de almacenamiento y análisis es fundamental en la detección de fraudes o en la monitorización de redes sociales.

3. **Variedad:** son los tipos, formas y fuentes en las que se registran los datos. Los tipos de datos pueden ser estructurados o no estructurados, siendo los primeros fáciles de gestionar como pueden ser las bases de datos, y los segundos pueden ser correos electrónicos, imágenes, videos, que necesitan una herramienta específica cualificada.

4. **Veracidad:** es el grado de fiabilidad de la información que se recibe, es decir, en los análisis de datos se buscan datos de calidad.

5. **Viabilidad:** es la capacidad de gestión de las empresas sobre el volumen masivo de datos que deben manejar. La innovación de equipos de trabajo y el uso de tecnologías nuevas guiará a analizar y conocer mejor el mercado, los clientes y diseñando estrategias con el objetivo de aumentar los beneficios.

6. **Visualización:** se refiere a la forma en la que los datos son presentados. La visualización de los datos es importante ya que ayuda a comprender mejor la información.

7. **Valor:** es valor de los datos está en la información que proporcionan, para luego convertirlo en conocimiento y posteriormente en decisiones y acciones a tomar.

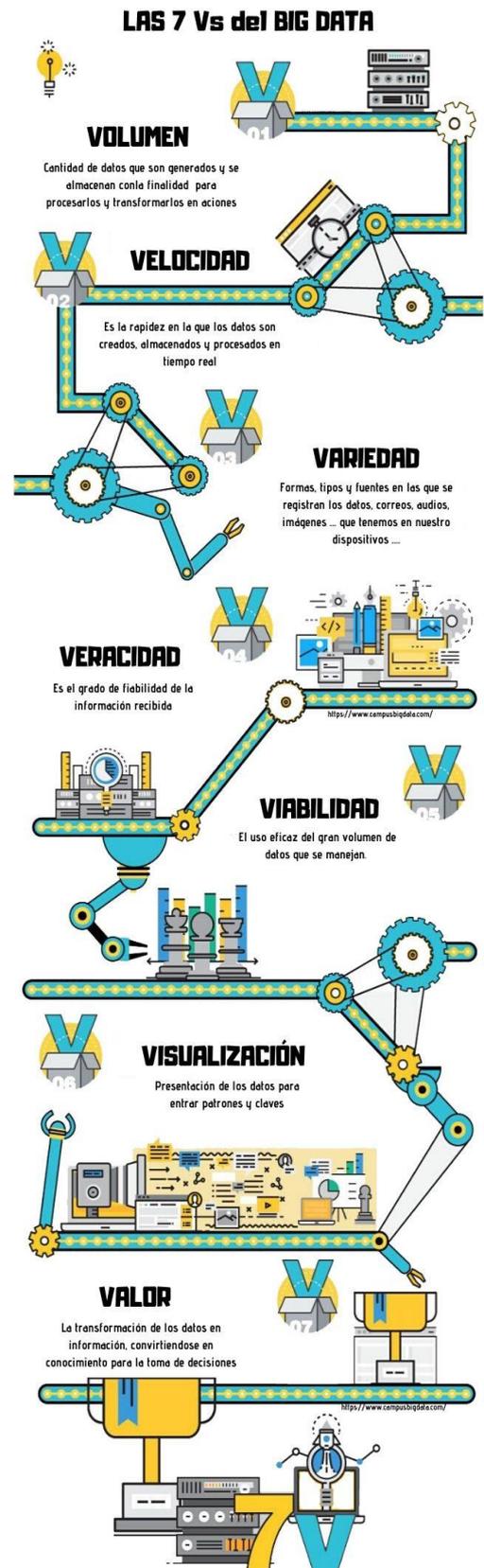


Ilustración 4- Las 7 Vs del Big Data

1.2.1.3 Machine Learning o Aprendizaje Masivo

Hoy en día y gracias al nuevo concepto de Industria 4.0 las máquinas son capaces de aprender por ellas mismas, es por esto por lo que el Machine Learning o Aprendizaje Masivo está detrás de plataformas digitales, del reconocimiento por voz o imagen que usamos en nuestra vida diaria.

El Machine Learning es una rama de la inteligencia artificial, concepto que se desarrollará más adelante, cuyo objetivo es que las máquinas sean capaces de aprender de forma autónoma mediante patrones y algoritmos que surgen en los datos, siendo capaces de predecir comportamientos y de mejorar su aprendizaje con el tiempo.

Existen tres tipos de aprendizaje:

- El aprendizaje por esfuerzo: se da cuando las máquinas aprenden por prueba y error hasta conseguir el objetivo tras varios intentos, mejorando la manera de completar tareas con el tiempo. Este tipo de aprendizaje pretende que la máquina determine qué acciones debe escoger con el fin de recibir una recompensa.
- Aprendizaje supervisado: se da cuando se incluyen etiquetas de información a las máquinas para que detecte los patrones y realice alguna acción. La máquina es entrenada mediante datos de entradas y resultados, para que de forma autónoma sea capaz de predecir los datos deseados tras los datos de entrenamiento.
- Aprendizaje no supervisado: se da cuando de forma automática, la máquina es capaz de modificar los algoritmos sin que tenga conocimientos a priori, es decir no tiene etiquetas de información, por lo que toma acciones de acuerdo con similitudes.

Las computadores y máquinas son capaces de programarse por ellas mismas, pudiendo interactuar con las personas y diseñando respuestas que atraen nuestra atención. Mediante el Machine Learning las personas son capaces de recopilar información mediante herramientas que hacen que el trabajo sea más fácil y que facilite información valiosa para el trabajador.

1.2.1.4 Edge Computing o Computación de Borde

El Edge Computing es un tipo de herramienta informática que facilita el uso de los dispositivos acortando el tiempo en la recepción de la información.

Minimizar el tiempo en la transmisión de datos es lo más requerido hoy en día en las empresas, esta rapidez de transmisión de datos se consigue gracias al concepto de Cloud Computing o Nube que almacena toda la información con el fin de disminuir las exigencias computacionales y el coste de banda ancha.

Este tipo tecnología se fundamenta en:

- Cloud Computing: es la central de datos a la que los usuarios pueden acceder desde cualquier parte del mundo, mediante un dispositivo con conexión a internet. Es decir, es una plataforma donde se encuentra almacenada toda la información del dispositivo.
- Edge Computing: son los componentes de red, distintos según el tipo de dispositivo que se use.
- Edge Devices: son los dispositivos que envían datos en el borde de la red.
- Edge Gateways: son computadoras encargados de gestionar la comunicación y transmisión de datos.

Estos conceptos están relaciones entre sí y hacen uso de esta tecnología para poder funcionar. Para poder comprender mejor este término un tanto abstracto se expone un ejemplo:

Para poder entrar en una red social es necesario ingresar los datos de perfil, como usuario y contraseña, desde un ordenador o un Smartphone (Edge Devices), los cuales envían dicha información a través de una conexión (Edge Gateways) para conectar con el servidor o nube más cercana y acceder a los datos de perfil para verificarlos, de manera que con los datos obtenidos se puede ingresar y navegar por la red.

A través del Edge Computing es posible acceder a la información de forma rápida. Ya que está almacenada en la nube para que la conexión sea momentánea y satisfactoria.

El edge computing proporciona grandes beneficios como:

- Reducción de costes
- Optimización de la transferencia de datos
- Disminución de la cantidad de dispositivos y transmisores
- Reducción del tiempo de transferencia de datos, de tal manera que si existe una menor distancia se comprende que su rapidez incremente considerablemente.
- Mayor accesibilidad debido a que si los datos están almacenados en un lugar próximo, su envío y procesamiento será más factible, haciendo que la información este en constante uso y efectuando respuestas casi inmediatas.
- Seguridad de la información debido a la baja transmisión de datos, haciendo que los datos sean menos vulnerables y que la información personal sea confidencial y de difícil acceso a terceros.

1.2.1.5 Cibersecurity o Ciberseguridad

Cuanto más interconectado está el mundo digital, más vulnerable es la seguridad de la información.

Las industrias basadas en esta cuarta revolución son vulnerables en cuanto a la seguridad digital, y necesitan de un sistema que les proporcione una seguridad o ciberseguridad ante cualquier ataque en la red como forma de defensa.

Este concepto de seguridad debe tratar de conseguir los siguientes conceptos:

- Proporcionar una seguridad a las instalaciones y su operabilidad, con el fin de proteger los procesos de producción de las fábricas y de los sistemas ciber-físicos.
- Proteger la integridad de la comunicación y el manejo de datos entre los diferentes dispositivos de las empresas.
- Asegurar la vulnerabilidad de los datos más importantes y confidenciales de la producción de las empresas.

El mundo físico y virtual están relacionado entre sí, en cuanto a la interconexión de datos, ya que cualquier problema que sufra la seguridad física de las personas puede desembocar en un problema cibernético y viceversa.

En los últimos años, la ciberseguridad ha alcanzado una gran importancia, pues de ella dependen muchos factores. Los sistemas de seguridad deben seguir una serie de pautas:

- “Security by design”, esto es que las máquinas y dispositivos deben incluir medidas de ciberseguridad desde que el primer momento que estas se diseñen, con el objetivo de disminuir los riesgos.
- Debe haber un plan estratégico que potencie la ciberseguridad de los dispositivos mediante la combinación de las medidas de seguridad de fábrica de los propios dispositivos.

La Industria 4.0 está presente en las industrias y por ello es necesario tomar medidas en todos los frentes y de

forma coordinada. Los ataques cibernéticos no sólo pueden causar pérdidas de datos o de información confidencial, sino que puede desembocar en fallos que pongan en riesgo la salud e integridad de los trabajadores.

En 2021, España sufrió 102.414 ataques cibernéticos; mientras que, a niveles mundiales, los ataques en red han aumentado hasta un 350%, alcanzando pérdidas desorbitadas de hasta 74,15 billones de dólares. España, al igual que otros países del mundo llevan a cabo una inversión y un plan estratégico de ciberseguridad, con el objetivo de minimizar los ataques cibernéticos que ponen en riesgo a las empresas del país. Actualmente, según un estudio, en España casi tres millones de empresas están poco o nada protegidas contra hackers de red.

Se debe tener en cuenta que los costes medios de un ciberataque a una empresa pyme en España es de 35.000 euros, causando el cierre del 60% de las empresas que lo sufren. Por otro lado, tan sólo un 36% de las pymes tienen establecidos planes y protocolos de ciberseguridad, posicionando a las empresas españolas por debajo de la media europea en cuanto a niveles de ciberseguridad.

En 2019, con visión de solventar este problema se invirtieron en ciberseguridad 185 millones de euros al Instituto Nacional de Ciberseguridad de España y CNI, para reforzar la seguridad de las empresas españolas y llevar a cabo un plan estratégico. Esta cifra está lejos de los 1.500 millones dólares que destinó Estados Unidos en ciberseguridad y de los 2.300 millones de euros que invirtió el gobierno británico.

En la siguiente figura se muestran las cifras de los ataques cibernéticos que ha sufrido España a lo largo de los años.



Fuente: Instituto Nacional de Ciberseguridad (INCIBE).

Ilustración 5 – Cifra de ciberataques en España

Cómo se puede comprar, a medida que la digitalización avanza y que las empresas se modernizan e incluyen en sus sistemas el internet y el uso de sistemas automatizados, los ataques cibernéticos crecen, es por ello por lo que tantas empresas pequeñas como grandes deben tener muy presentes planes de ciberseguridad.

1.2.2 Las Personas

La Industria 4.0 requiere de profesionales que la controlen y la dirijan pues la tecnología no sustituye en su totalidad a las personas.

Los profesionales y trabajadores forman parte directa o indirecta de los cambios que se producen o se producirán en las industrias. El creciente desarrollo de las nuevas tecnologías hace que a nivel de recursos humanos, los procesos de captación y selección de profesionales hayan cambiado y la demanda laboral vaya dirigida a buscar profesionales con perfiles que se adapten a esta evolución tecnológica, siendo clave la actualización de conocimientos y para ello, los profesionales tendrán una formación continuada cuyo objetivo será una cualificación específica, pero además ser capaces de ser interdisciplinarios, adaptándose a los cambios continuos que está sufriendo la industria.

A continuación, se analizan distintos aspectos de la influencia de las personas en este sentido:

- Carácter integrador de la Industria 4.0 debido a la combinación de conocimientos que tienen las empresas o departamentos del producto que venden, procesos o servicios, además de las nuevas oportunidades que ofrece la implementación de las TIC, de igual manera en las empresas tradicionales como en las nuevas compañías. Por todo esto, las personas deberán tener una alta capacidad de adaptación, ser flexibles, capaces de formarse de forma continuada y ser multidisciplinares.
- La relación entre la innovación tecnológica y las personas puede llegar a ser compleja, siendo positiva en algunos aspectos como pueden ser el desarrollo de las empresas en cuanto a producción, a creación de nuevos mercados, demanda y mayor versatilidad de los empleos, pero puede ser negativo pues si las máquinas superan a las personas, la empleabilidad podría verse reducida, es decir, se produciría la misma cantidad con menos trabajo. Se debe tener en cuenta que los empleos que quedan protegidos de esta digitalización son aquellos en lo que es necesario la creatividad, la intuición o el sentimiento que sólo los humanos tienen y de los que las máquinas carecen.

1.2.3 Las Organizaciones

Las empresas industriales son las protagonistas del cambio que se está viviendo con la Industria 4.0, son quienes deben gestionar la relación de los empleados con estos nuevos sistemas productivos que trae consigo esta cuarta revolución.

Las organizaciones deben tener presentes las nuevas estrategias que surgen del nuevo concepto de industria, teniendo flexibilidad para adaptarse satisfactoriamente y sin quedarse atrás. Los negocios ya no serán como lo han sido hasta ahora, sino que las empresas deberán crear planes de cultura de las organizaciones y centrarse menos en las capacidades técnico-productivas.

- Modelos de negocio: la Industria 4.0 busca encontrar nuevos modelos de negocio, ya sean transformando los que ya existen o creando y sustituyendo aquellos que no sean tan adecuados. Las TIC están muy presentes en estos nuevos modelos, pues las empresas industriales en su totalidad hacen uso de ellas, pero no suelen ser parte de la propuesta de valor que estas ofrecen a sus clientes. La Industria 4.0 llevará a un cambio cultural en las empresas, cambiando el modelo de negocio que se basaba en el control y la minimización de costes a centrarse más en el aporte de valor que la empresa puede servir a los clientes.
- Cultura corporativa: mientras antes las empresas intentaban trabajar por ellas mismas, ahora las compañías colaboran unas con otras. Además, ya las empresas no enfocan su trabajo en la oferta del cliente sino en las necesidades de este.
- Internacionalización: es uno de los conceptos principales de la Industria 4.0, que busca aportar valor a los clientes de forma independiente al nivel de renta de los países proveedores debido al crecimiento de la globalización de la economía.

1.2.4 El Entorno

El cambio o evolución hacia el nuevo sistema de Industria 4.0 no sólo implica a las propias empresas, sino que distintos entornos que se van a desarrollar a continuación pueden ayudar a conseguir de forma exitosa este cambio.

- **Administración:** en el caso de la Administración Pública de España, el Estado y las Comunidades Autónomas mediante sus instituciones deben proporcionar unas herramientas y leyes claras para que las empresas puedan desarrollar sus actividades sin problemas administrativos. Por esto, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo lleva a cabo un sistema fundamental de política industrial, con el fin de las industrias sean fuertes, competitivas a nivel nacional e internacional y aporten valor al país y den empleo a los ciudadanos.
- **Capital y mercados:** la implantación de la Industria 4.0 supone un cambio enorme para las empresas, pues desarrollaran nuevos servicios y productos teniendo que invertir en nuevas maquinarias y en distintos sistemas más automatizados que hagan las empresas más digitalizadas. Es por esto porque las empresas pueden buscar formas de financiarse que hasta ahora no eran las habituales. Las empresas que lleven a cabo su trabajo en un entorno en el que haya un mayor acceso a tipos de financiación menos convencional las que tendrán una mayor ventaja competitiva frente a las que no.

1.3 Los Principios Básicos de la Industria 4.0

Para hacer posible la transformación a la industria 4.0 las empresas deben seguir los principios básicos en los que está basado esta revolución industrial:

- **Interoperabilidad:** es la capacidad que tienen los dispositivos, objetos, máquinas y las personas para que sea posible la interconexión entre ellos, mediante el Internet de las Cosas, siendo un principio primordial para que las fábricas o empresas puedan llegar a ser inteligentes.
- **Descentralización:** es la capacidad de que los departamentos o trabajadores hagan sus tareas de forma independiente con el fin de obtener productos más personalizados y ante problemas tomar soluciones autónomas, creando un entorno más flexible.
- **Análisis a tiempo real:** es la capacidad de recoger, almacenar y analizar y tomar decisiones de un gran volumen de datos, mediante el Big Data, permitiendo optimizar los procesos de investigación del mercado, fallos en las máquinas, o realizar estrategias.
- **Virtualización:** es la capacidad de crear una copia virtual del mundo real, pudiendo tener un objeto totalmente similar en un ordenador y poder personalizarlo o estudiarlo en distintos entornos, sin la necesidad de tener que hacerlo en el mundo real.
- **Orientación a servicios:** la producción está orientada a las necesidades de los clientes. Gracias al análisis de datos y la personalización de los productos las empresas centrarán su trabajo en conseguir que el cliente acabe satisfecho con el servicio dado.
- **Modularidad y escalabilidad:** es importante que las empresas tengan claro que procesos deben modificar para implantar el concepto de Industria 4.0, convirtiendo las fábricas en lo que se conoce como Smart Factory, de manera rápida y progresiva.

1.4 Ventajas de la Industria 4.0

Esta cuarta revolución industrial traerá consigo beneficios para las empresas y fábricas:

- Optimización de los niveles de calidad, al ser una industria más automatizada los productos podrán ser más precisos, es decir, las mediciones serán más exactas, consiguiendo evitar errores humanos.
- Minimización de los costes debido a la automatización, las industrias serán más eficientes por lo que requerirá de menos personal realizando tareas, por lo que las empresas gastarán menos salarios en personal.
- Reducción de los tiempos de producción.
- Mayor seguridad al reducirse el personal, serán menos las personas que puedan estar expuestas a procesos productivos peligrosos.
- Aumento de la competitividad y mayor respuesta a las necesidades del mercado.
- Al conseguir una mayor eficiencia de los recursos, se conseguirá un mayor cuidado del medio ambiente, reduciendo además en materiales desechados.
- Producción personalizada y masiva gracias a las nuevas tecnologías.

1.5 Desventajas de la Industria 4.0

Algunas empresas pueden considerar esta revolución un inconveniente debido a los cambios que van a sufrir los sistemas de producción que no están al alcance de todas.

En España, el 68% de las industrias se encuentran en una situación de digitalización medio-bajo, siendo sólo el 32% de las empresas que están en un nivel avanzado en cuanto a la transición a la Industria 4.0. A nivel mundial, España sólo cuenta con un 5% de empresas que son punteras en la digitalización frente al 10% de la media mundial.

Algunas desventajas que se encuentran de la Industria 4.0 pueden ser:

- Hoy en día, son muchas las empresas que se encuentran desactualizadas no estando preparadas a los cambios que la Industria 4.0 trae consigo, encontrándose lejos de los avances tecnológicos.
- Para controlar la automatización de los procesos será necesario personal altamente cualificado y especializado, teniendo que formar a los trabajadores en las tecnologías específicas no siendo una tarea fácil.
- Al inicio, el coste de inversión es muy alto ya que las empresas deberán comprar maquinarias de nuevas tecnologías, con softwares actualizados, recuperando esa inversión a medio y largo plazo.
- Aumentará la competencia, si algunas empresas implantan el concepto de Industria 4.0 y otras no, se producirán altas competencias pudiendo ser inalcanzables para aquellas empresas que no adopten este concepto.
- Las industrias serán dependientes de las máquinas, pues en su totalidad los procesos serán automatizados, debiendo solventar los problemas que surjan en las máquinas de forma inmediata sino esto podrá afectar al proceso productivo.
- Debido a que la tecnología está en constante actualización y cambio, las empresas deberán estar a la orden del día de los softwares de gestión y de las distintas tecnologías.

2 EVOLUCIÓN DEL AVIÓN

Este capítulo se centra en la industria aeronáutica, desde sus comienzos hasta el tema de estudio, la Industria 4.0 y sus aplicaciones dentro del sector aeronáutico.

2.1 Introducción histórica

La historia de la aeronáutica comienza con la ilusión del hombre por volar como los pájaros.

Desde las anteriores civilizaciones el hombre ha creado artilugios para intentar volar. El primer diseño fue dibujado por Leonardo Da Vinci en 1496. Este diseñó la 'máquina voladora' que se asemejaba a un avión imitando el planeo de las aves o el despegue de los pájaros por sus alas, de tal forma que el piloto movería las alas con su cabeza, pero con su intento no consiguió el vuelo de la aeronave ya que el piloto no era capaz de producir la energía necesaria para conseguir la elevación de la máquina de la tierra.

Aunque la máquina voladora de Da Vinci fue un fracaso, hoy en día se ha convertido en un éxito pues algunos de los conceptos aeronáuticos que desarrolló Da Vinci siguen utilizándose en la actualidad, tras más de quinientos años.

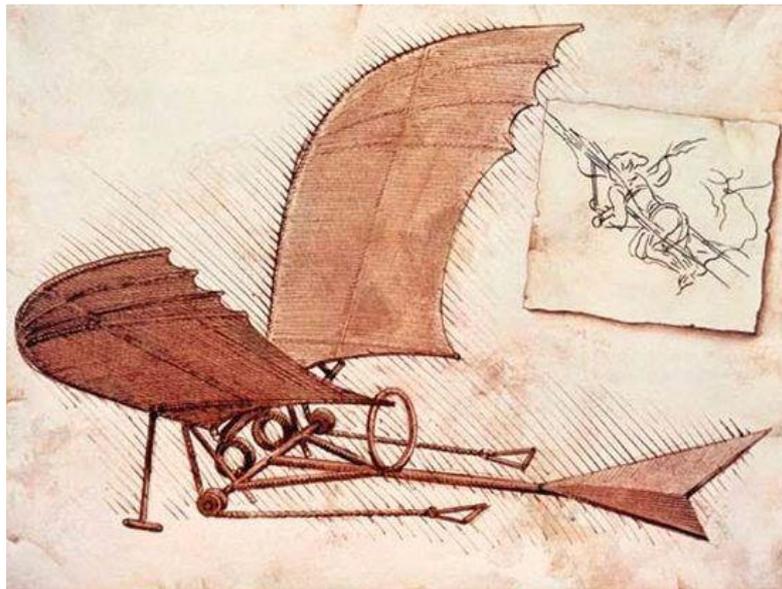


Ilustración 6 – Máquina voladora de Leonardo Da Vinci

A partir del siglo XIX, el vuelo se consiguió a través de planeadores. George Cayley y Otto Lilienthal fueron personajes de la historia de la aviación que aportaron adelanto. Pero fue en 1903 con los hermanos Wright en Estados Unidos, cuando se consigue el primer vuelo con éxito, gracias a que añadieron un motor a su aeronave consiguiendo mantener durante 12 segundos, recorriendo 37 metros y a una velocidad de 10,9 kilómetros por hora a la aeronave en vuelo. A lo largo del tiempo fueron alargando los tiempos de vuelo. Además, le añadieron un control del movimiento, alas delanteras y traseras a través de cables. Consiguiendo, dos años más tarde, en octubre de 1905, que su invento durara 40 minutos en vuelo y recorriera más de 35 kilómetros.



Ilustración 7 – Aeronave en vuelo de los hermanos Wright

En Europa, concretamente en Francia la primera aeronave que despegó fue en 1906 abordo del brasileño Alberto Santos Dumont, con una aeronave autopropulsada que recorrió 60 metros contando despegue y aterrizaje. Un mes más tarde, consiguió recorrer 200 metros a una altitud de seis metros sin ser propulsado.

La Primera Guerra Mundial llevó a la aviación a la búsqueda de nuevas mejoras. Se trabajó en las hélices, y en el motor consiguiendo desarrollar motores con turbina de compresor centrífugo, y motores de compresión axial de turbina. El primer vuelo que se llevó a cabo para fines bélicos fue el 23 de octubre de 1911 en Libia en un Bleriot XI. El primer ataque aéreo se produjo en noviembre de ese mismo año, cuando se lanzaron cuatro bombas desde una aeronave. La Primera Guerra Mundial impulsó el desarrollo de la aviación, además se dividieron los tipos de aviones en diferentes grupos: cazas, bombarderos, aviones de ataque, etc. Según el tamaño, el número de tripulantes, los motores, entre otras características.

En 1930 se desarrollaron y surgieron las primeras compañías de aerolíneas y se mejoraron las telecomunicaciones, equipamientos y surge el piloto automático.

En 1935, se fabrica el avión Douglas DC-3. Un avión que debido a su gran diseño sigue operando hoy en día. Este avión fue una revolución en su época pues volaba a una velocidad de 150 km/h y estaba fabricado con grandes avances en diseño como el tren de aterrizaje retráctil o las alas no arriostradas, entre otras cosas.

En 1939, se consigue el primer vuelo de la historia de un avión propulsado por un motor a reacción con el Heinkel He 178, dando origen a una nueva etapa en el desarrollo de los motores a reacción.

En la Segunda Guerra Mundial todas las potencias mundiales apuestan por la necesidad de tener aviones para sus combates. Surgen las “Fuerzas Aéreas” con aviones de reconocimientos y a partir de este momento, con el desarrollo conseguido se comienzan a fabricar aviones de vuelos comerciales.

En 1940, la empresa Boeing desarrolla la primera cabina presurizada con el Boeing 307 Stratoliner, permitiendo que la aeronave pudiera volar a seis mil metros de altitud. Este avión civil tenía una capacidad de seis personas de tripulación y 33 pasajeros, además fue el primer vuelo que incluyó a un ingeniero de vuelo. El Boeing 307 fue también un avión militar usado por las Fuerzas Aéreas del Ejército de Estados Unidos.



Ilustración 8 – Boeing 307 Stratoliner

La evolución del avión es continua en la historia. A continuación, se detallan algunos de los acontecimientos más importantes:

En 1952, se crea el primer avión comercial de la historia el De Havilland Comet, un avión británico capaz de volar a 850 km/h.

En 1958, vuela por primera vez el Boeing 707 considerado como el “padre” de los jets comerciales actuales.

En 1968, vuela por primera vez un avión supersónico fabricado por la Unión Soviética llamado Túpolev Tu-144.

Ese mismo año, comenzó a volar el Boeing 747 apodado como “Jumbo” debido a su gran tamaño. Este avión fue el mayor avión de transporte de pasajeros hasta las siguiente cuatro décadas, considerado como uno de los aviones más famosos de la aeronáutica. Además, fue el primer avión de fuselaje ancho.

En 1970, el avión supersónico Concorde realiza su primer vuelo. Fue el primer avión a reacción supersónico que realizaba vuelos comerciales y es considerado como una maravilla de la ingeniería, siendo el primer avión en romper la barrera de sonido.

En 1980, el Boeing 777 es el avión más usado para vuelos transatlánticos

En 1990, Airbus fabrica el A380 con una capacidad máxima de 853 pasajeros. Es el avión más grande del mundo, superando al Boeing 747.

Actualmente, el modelo de avión más moderno que existe en el mundo es el Boeing 787. Gracias a las tecnologías innovadoras es un avión eficiente en cuanto al consumo de combustible, pues consume el 20% menos de combustible que los demás aviones de su tamaño.



Ilustración 9 – Boeing 787

Todos estos aviones evolucionaron en su estructura y materiales. Los primeros aviones de los hermanos Wright se construyeron con madera, cables de acero y telas. El Junker -J1 fue el primer avión construido de metal con acero, introduciéndose más tarde el uso del aluminio. La industria aérea comenzó a diseñar aviones más rápidos, por ejemplo, la empresa Airbus fue la primera en usar fibra de carbono y redujo el peso de las aeronaves en 250 kilogramos, más tarde le siguió el plástico de fibra reforzado.

Actualmente, las aleaciones de aluminio, litio, y de fibra de carbono son las más usadas y se siguen estudiando nuevos materiales más ligeros y que puedan ser usados con nuevas tecnologías.

También se ha evolucionado en el motor de propulsión y las hélices, buscando siempre lo más óptimo entre su peso y potencia. Se ha pasado de un motor de cuatro con cinco kilogramos por caballo de fuerza (avión de los hermanos Wright) a un motor de turbo con cuatro kilogramos por caballo de fuerza, por motores de turbina de gas. Esta búsqueda de ligereza y potencia va acompañada de la evolución de las alas, que llegan a hacerse más pequeñas y con superficies inclinadas a determinados grados.

Los avances en la electrónica, informática (con sus distintos sistemas), y las telecomunicaciones, han llevado a que el control de mandos y el automatismo den a la tripulación una seguridad muy considerable en la actualidad.

Actualmente, la industria aeronáutica está en una constante búsqueda de nuevos métodos y tecnologías más innovadoras en cuanto a la construcción de la aeronave, al diseño de estructuras, sistemas de control, sistemas digitales y búsqueda de nuevos materiales, con el objetivo de fabricar aviones más eficientes, revolucionarios y sostenibles con el medioambiente.

2.2 El avión del siglo XXI

Se cree que el siglo XXI será un siglo de avances en el sector aeronáutico.

Las empresas aeronáuticas tienen como misión revolucionar la industria mediante metodologías más innovadoras con la ayuda de la digitalización. Es por ello, que en este sector las empresas hacen un esfuerzo en invertir la mayor cantidad de recursos posibles en I+D+i.

Uno de los temas principales de innovación de la aeronáutica es la disminución de emisiones contaminantes por el uso de nuevas fuentes de energías más limpias como el etanol, la electricidad o la energía solar fotovoltaica entre otras, en sustitución del combustible fósil altamente contaminante que usan los aviones de hoy en día. Se debe tener en cuenta que un avión emite de media 258 gramos de CO₂ por kilómetro y pasajero, siendo un 1,3% del total de la contribución del hombre al calentamiento global. Con la importancia de la contaminación medioambiental y el cambio climático, son muchos los proyectos que se han llevado a cabo y se siguen

desarrollando por fabricar un avión libre de emisiones. La NASA creó un avión alimentado por energía solar gracias a paneles fotovoltaicos instalados en las alas. Este avión es capaz de mantenerse en vuelo durante días.

Sin embargo, queda aún mucho por mejorar para poder volar en aviones libre de emisiones. En cuanto a aviones eléctricos, se debe mejorar en autonomía, tiempos de carga e implantar estos sistemas en aeropuertos o distintas infraestructuras.

Por otro lado, la industria aeronáutica ha pasado por diferentes etapas en cuanto a lo que a materiales se refiere. Acero, aluminio, aleaciones y otros materiales de tipo compuesto como fibra de carbono o de vidrio y nanomateriales. Es por ello, por lo que las empresas fabricantes de aeronaves estudian sobre diferentes materiales y métodos de fabricación que hagan las estructuras más ligeras, las piezas más eficientes, automatizadas y flexibles.

Otro de los objetivos que tiene la aeronáutica desde principios de siglo, es sustituir a los pilotos por aeronaves dirigidas por ordenadores, consiguiendo que los aviones estén totalmente automatizados, reduciendo la importancia de los pilotos con la intención de disminuir los accidentes aéreos causados por fallos humanos.

Estos métodos innovadores que se están implantando en este sector llevarán a una revolución de la industria aeronáutica en toda su totalidad.

2.3 Características, estructura y tipos de aviones

En los siguientes subapartados se realiza una introducción técnica sobre los aviones.

2.3.1 Vuelo de un avión

El avión es considerado el medio de transporte más seguro del mundo, pues actualmente están equipados con tecnología muy moderna y en el diseño intervienen ingenieros y científicos altamente cualificados.

Se puede decir como avión a un medio de transporte que puede desplazarse por el aire gracias a los motores y alas, y puede volar debido a unos principios aerodinámicos, basados en las cuatro fuerzas que actúan sobre el avión cuando está en vuelo.

Las cuatro fuerzas que actúan sobre un avión en vuelo son la resistencia, el empuje, la sustentación y el peso; actuando en pares. La resistencia es opuesta al empuje, mientras que la sustentación es opuesta al peso. Cuando un avión está volando la resistencia es igual al empuje y la sustentación es igual al peso, siendo la fuerza neta sobre el avión nula.

La resistencia es la fuerza que actúa en dirección contraria al movimiento de un objeto en el fluido por el que está rodeado, en este caso el aire. La energía que se usa para impulsar un avión a través del aire genera una resistencia que disminuye su velocidad.

La energía que impulsa al avión es transformada en empuje gracias a los motores. Existen dos tipos de motores que funcionan por reacción o por propulsión. En el caso de un motor de reacción, el aire penetra por la entrada del motor, este es comprimido y finalmente es descargado por la parte trasera del motor proporcionando el empuje, y haciendo avanzar al avión.

Sin embargo, son las alas las que permiten principalmente el vuelo de un avión ya que producen la fuerza de sustentación. Es por esto, por lo que las alas se diseñan con un perfil aerodinámico especial. Las alas al desplazarse a través del aire crean una desviación de este en su parte superior e inferior con una presión del aire mucho mayor en la parte de abajo que en la parte de arriba. Al dividirse el flujo de aire, se consigue que los caminos del aire no sean simétricos, haciendo que las partículas del aire tomen trayectorias distintas. Por arriba la trayectoria es curva y por abajo más recta, apareciendo una distribución de presión. Disminuyendo la presión

en la parte de arriba de las alas, haciendo que las partículas de aire se aceleren; mientras que abajo la presión es mayor, creando un desequilibrio y dando lugar a la fuerza de sustentación haciendo que sea posible el vuelo del objeto, en este caso un avión.

En el aire la fuerza neta es cero porque la sustentación es igual al peso del avión que incluye la gravedad.



Ilustración 10 – Fuerzas que intervienen en el vuelo de un avión

2.3.2 Producción y estructura de un avión

La fabricación de un avión es un proyecto complejo, pues el ciclo de vida de un avión puede ser de hasta 60 años. De forma general los aviones tienen tres fases o etapas en su ciclo de vida como se muestra en la siguiente tabla:

FASES	AÑOS
Pre-desarrollo	10
Producción	20
Explotación	30
TOTAL	60

Tabla 1 – Fases del ciclo de vida de un avión

La fabricación de un avión implica a miles de personas, siendo las fases generales en la producción de un avión las siguientes:

1. Diseño de la aeronave

2. Producción de las piezas que componen el avión en los distintos talleres o empresas de fabricación y su posterior transporte a la compañía principal
3. Ensamblaje final e instalación del motor
4. Certificación del avión
5. Entrega al cliente

De forma general los aviones están compuestos por millones de piezas producidas por más de 30 países, dependiendo de las dimensiones de este. En el caso del avión más grande del mundo, el Airbus A380 de doble cubierta y con una capacidad de 853 pasajeros, está fabricado con más de cuatro millones de piezas producidas en países como España, Francia, Alemania y Reino Unido principalmente.

FABRICANTES DEL A380

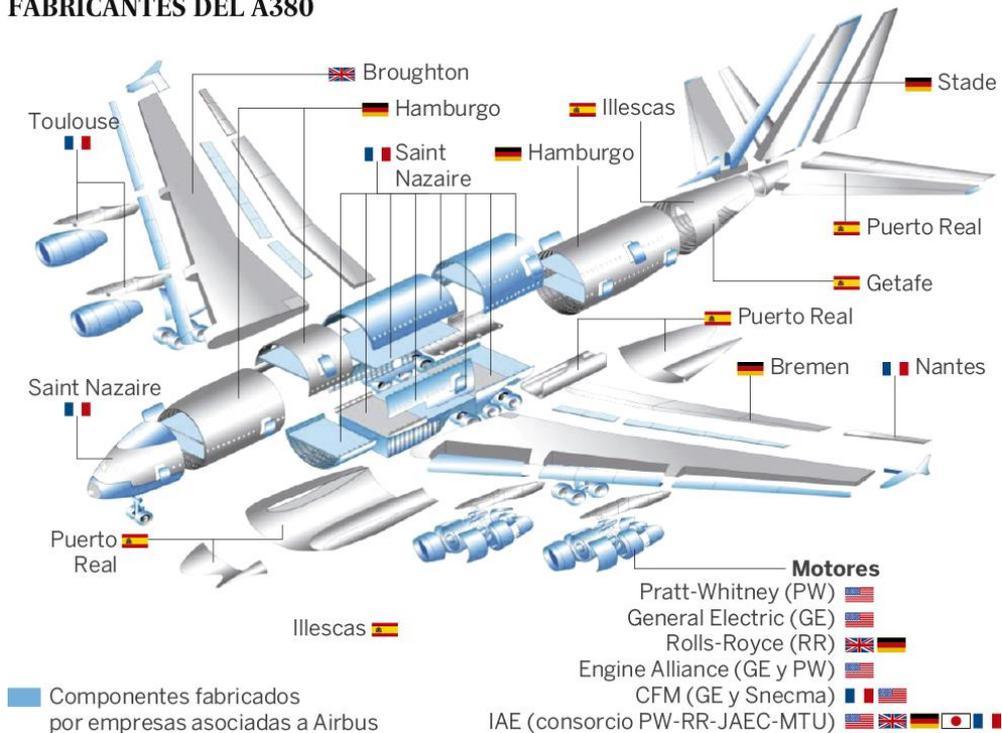


Ilustración 11 – Países fabricantes del Airbus A380

La estructura de los aviones cambia dependiendo del tipo de avión, pero la gran mayoría tienen los mismos componentes estructurales, variando según el propósito del avión. A continuación, se muestra una tabla donde se definen las distintas partes de un avión:

COMPONENTES	FUNCIÓN
Fuselaje	Es la estructura central de la aeronave, donde se encuentran los pasajeros en el caso de los aviones civiles o la mercancía en los aviones de carga, además del combustible, los sistemas y equipos. A esta se acoplan otras partes del avión como las alas o el tren de aterrizaje.
Alas	Son el elemento principal de una aeronave pues mantienen el vuelo y dan sustentación al avión. Sujetan a los motores, y en muchos aviones es donde se aloja el combustible.
Alerones	Estructuras que se encuentran en las alas y hacen virar al avión, permitiendo cambios en la dirección.
Estabilizadores	Se asemejan a pequeñas alas situadas en la cola del avión cuya función es dar equilibrio a la aeronave.
Tren de aterrizaje	Es la parte del avión que se encarga de absorber la energía cinética que se produce en el aterrizaje o despegue de un avión, y donde están situados los neumáticos de este.
Cabina	Es el área del avión donde se encuentran el piloto y el copiloto, y desde donde controlan y dirigen el vehículo.

Tabla 2 – Componentes principales de un avión

2.3.3 Tipos de aviones según uso

En cuanto a los tipos de aviones que hay según su propósito son principalmente dos: civiles o militares. Dependiendo del uso pueden cambiar su estructura o diseño, tanto interior como exterior.

AVIONES MILITARES O DE DEFENSA

Las funciones principales de los aviones militares son dar defensa, vigilancia, transporte, rescate y ataques; y normalmente forman parte de avión del Estado de un país.

Las aeronaves de combate se usan con fines bélicos, como por ejemplo pueden ser los cazas de Airbus llamados Eurofighter, que están armados y disponen de radares de búsqueda de aeronaves enemigas. Aviones bombarderos, que como su propio nombre indican bombardean contra la superficie terrestre distintas cargas. Así como aviones de reabastecimiento en vuelo, como puede ser el Airbus A330 MRTT, que tienen como objetivo proporcionar combustible a otros aviones para aumentar el alcance y la autonomía de los aviones militares.



Ilustración 12 – Avión A330 MRTT reabasteciendo a un caza

AVIONES CIVILES

Los aviones civiles son aquellos que están destinados al ocio, transporte de pasajeros o de carga.

Por otro lado, hay aviones que son usados para la formación de pilotos y para realizar actividades de ocio como paracaidismo.



Ilustración 13 – Aviones civiles de Airbus

2.4 Empresas líderes de la industria aeronáutica

Desde los años 90, Airbus y Boeing han sido las empresas pioneras en el sector de la aeronáutica, habiendo un duopolio en el mercado mundial de estas dos grandes compañías. En el año 2011, Airbus se convierte en el mayor fabricante de aviones a nivel mundial superando a Boeing.

2.4.1 Airbus

Airbus es una empresa europea con sede principal en Francia, fundada en 1970, siendo desde 2011 hasta la actualidad la empresa más importante en el sector aeronáutico. Airbus diseña, fabrica y es vendedor de aviones militares y civiles, teniendo sus principales fábricas en Francia, Alemania, España, China y Reino Unido. Airbus cuenta con más de 144.671 empleados en todos los países nombrados anteriormente, que hacen posible la entrega de los aviones.

La empresa cuenta con el avión civil más grande del mundo, el A380 de dos cubiertas a lo largo de su fuselaje, con una capacidad máxima de 853 pasajeros. En su flota de aviones se puede encontrar también aeronaves como el Airbus A320-910 también conocido como 'fly by wire', siendo el primer avión comercial que usa sistemas de pilotaje por mandos eléctricos; el modelo A320 siendo uno de los más vendidos del sector, entre otros.

Airbus es una compañía que tiene muy presente la innovación y el desarrollo de sus aeronaves y lleva a cabo distintos proyectos de I+D y de nuevas tecnologías consiguiendo que su producto sea una revolución. Es por ello, por lo que Airbus está inmerso en distintos proyectos que revolucionarán la aeronáutica, así es como la compañía quiere ser el primer fabricante de un avión propulsado por hidrógeno, es decir un avión con emisiones libres o cero de contaminantes. Se espera que para 2035 se pueda volar en estos modelos de aeronaves.

En cuanto a las entregas de aviones, en 2019 Airbus hizo entrega de 863 aviones batiendo récords, mientras que en 2020 disminuyó un 34% la cifra debido a la pandemia de COVID-19, consiguiendo 566 entregas de aviones. Por otro lado, la compañía cuenta con una cartera de pedidos de 7.184 aviones.

En 2019 y 2020 las entregas de la compañía fueron las siguientes:

Año	2019	2020
Familia A220	38	48
Familia A320	446	642
Familia A330	19	53
Familia A350	59	112
A380	4	8
TOTAL	566	863

Tabla 3 – Entrega de aviones de Airbus

2.4.2 Boeing

Boeing Company es una empresa estadounidense que diseña, fabrica y vende aviones, helicópteros, misiles y satélites, siendo uno de los principales fabricantes de aviones del mundo. Con sede principal en Chicago, cuenta con más de 159.469 empleados que trabajan para la compañía alrededor de todo el mundo.

Los aviones de Boeing representan cerca de la mitad de la flota mundial de aviones, con más de 10.000 aviones

de pasajeros en servicio, dando productos y servicios a clientes en más de 150 países.

En 2018, Boeing batió récords de entrega de aviones con 806 aeronaves entregadas, mientras que en 2020 la cifra disminuyó un 60% debido a la pandemia del COVID-19 y las complicaciones ocasionadas por el avión 737 MAX, consiguiendo 380 aviones entregados en 2019 y 157 entregas en 2020. Además, Boeing tiene un retraso de 5.400 pedidos, siendo una de las principales causas la prohibición del vuelo del avión 737 MAX debido a los accidentes aéreos producidos por fallos en el sistema.

El 10 de marzo de 2019 un vuelo del avión 737 MAX de Boeing despegaba, accidentándose ocho minutos después del despegue y causando la muerte de 149 pasajeros y ocho tripulantes. El 18 de octubre de 2018, otro 737 MAX causaba la muerte de 189 (181 pasajeros y ocho miembros de la tripulación) personas tras impactar en el mar de Java debido a supuestos problemas de control de vuelo.

Tras estos accidentes, se suspendió el vuelo del Boeing 737 MAX no certificándose hasta el 18 de noviembre de 2020 su aprobación por la Administración Federal de Aviación para volver a reanudar su servicio.

En 2019 y 2020 las entregas de Boeing fueron las siguientes:

Año	2019	2020
Familia 737	127	43
Familia 747	7	5
Familia 767	43	30
Familia 777	45	26
Familia 787-Dreamliners	158	53
TOTAL	380	157

Tabla 4 – Entrega de aviones de Boeing

3 LA AERONÁUTICA 4.0

La industria aeronáutica es una de las industrias líderes en esta cuarta revolución industrial, y esto es debido a la creciente demanda que hay de producción de aviones. Se estima que durante las próximas dos décadas sea necesario producir cerca de 40.000 nuevos aviones para entregarlos a las distintas aerolíneas. Todo esto surge porque el mundo está cada vez más conectado y las personas tienen cada vez más el deseo de viajar de una punta a otra del mundo.

Las empresas productoras de aviones y piezas deben saber adaptarse a las tendencias 4.0 y contar con un capital tanto económico como humano para poder estar preparado para esta nueva etapa industrial.

Airbus, fabricante europeo es un ejemplo de empresa que impulsa la Industria 4.0. La investigación y el desarrollo forman parte de su misión como empresa, y buscan impulsar la innovación para poder convertirse en una empresa líder y referente en el mundo de la aeronáutica. En 2016, Airbus invirtió 3.600 millones de euros en I+D y registró más de 40.000 patentes.

Gracias a la recopilación de datos y los análisis que se han realizado a lo largo de los años sobre la industria aeronáutica, se ha podido mejorar en los tiempos de entrega a clientes, que unido a los avances de la Industria 4.0, como la interconexión o IoT en las líneas de producción, se ha conseguido visualizar fallos en el momento y mejorar los procesos de ensamblaje. Se debe tener en cuenta, como se ha tratado en el capítulo anterior, que un avión puede estar compuesto por más de cuatro millones de piezas individuales y pueden estar producidas por más de 1.500 empresas de 30 países diferentes de todo el mundo, por lo que estos avances que está sufriendo la industria aeronáutica son de gran importancia para toda la cadena de valor de un avión.

Analizando de manera cuantificada el sector aéreo a nivel mundial según el Grupo de Acción del Transporte Aéreo:

- El sector aeronáutico genera 65,5 millones de empleos en todo el mundo.
- Más de 10 millones de personas trabajan de forma directa en la industria de la aviación.
- Esta industria aporta 2,7 billones de dólares a la economía mundial.
- Aproximadamente 1.303 líneas aéreas vuelan 31.717 aviones en 45.091 rutan entre 3.759 aeropuertos en el espacio aéreo administrado por 170 proveedores de servicios de navegación aérea.

Es por esto, por lo que la transformación digital será de total importancia en la mejora de la producción hasta un 50% del plazo de lanzamiento.

Esta industria tiene como objetivo la fabricación de aviones en un tiempo más corto, siendo posible con las nuevas soluciones que propone la Industria 4.0, como pueden ser la utilización de Gemelos Digitales, la fabricación aditiva o 3D para la producción de piezas, u otras aplicaciones que se desarrollarán más adelante con detalle. Estos distintos métodos de producción permitirán producir elementos más ligeros, conseguir una mayor coordinación en áreas como el mecanizado o fabricación de piezas que componen un avión, así como la fase de sub-ensamblaje de las partes elementales y ensamblaje final del avión.

En los siguientes apartados se tratarán distintos procesos, tecnologías y métodos de producción que están relacionados con el avance tecnológico que conlleva la Industria 4.0 en el sector aeronáutico, así como aplicaciones dentro del sector aeronáutico y ejemplos que hoy en día están implantados o en fase de desarrollo.

3.1 El Gemelo Digital

El término de Gemelo Digital fue utilizado por primera vez por el ingeniero Michael Grieves, en una conferencia en la Universidad de Michigan, aunque su origen nace en los años 80 en trabajos realizados por la NASA. La agencia espacial de Estados Unidos comenzó a realizar simulaciones sobre el comportamiento de las naves para asegurar la viabilidad de las misiones y garantizar la integridad física de los astronautas.

Un gemelo digital es un programa de ordenador que usa los datos del mundo real con el fin de crear simulaciones que puedan predecir el comportamiento de un producto o proceso. Estos programas hacen uso de Internet de las Cosas, de la Inteligencia Artificial y de análisis de softwares para mejorar los resultados.

El gemelo digital comienza con expertos en matemáticas o analistas de datos que estudian la física y los datos de un objeto o sistema físico con el fin de desarrollar un modelo matemático que simule el objeto real. Los expertos recopilan información de la versión original, consiguiendo que la versión digital simule e imite a la perfección el comportamiento o lo que está sucediendo en la versión original a tiempo real. Pudiendo recopilar información sobre el rendimiento o posibles problemas y fallos.

Entre las nuevas técnicas de diseño, ingeniería y fabricación asistida por ordenador se pueden encontrar:

- CAD (Computer Aided Design) o Diseño Asistido por Ordenador: es el uso de programas de ordenador que permiten la creación, modificación y personalización de diseños, incluyendo además información y documentación del objeto que es diseñado.
- CAE (Computer Aided Engineering) o Ingeniería Asistida por Ordenador: es el uso de un programa o software que permite simular el comportamiento de un diseño con el objetivo de verificar su rendimiento para así poder tomar acciones en cuanto a mejora de diseños o posibles fallos del producto final.
- CAM (Computer Aided Manufacturing) o Fabricación Asistida por Ordenador: es el uso de un programa o software de control numérico cuyo fin es guiar a la maquinaria con los datos que se han originado con el sistema CAD.

Por lo que estas nuevas tecnologías o los gemelos digitales permite investigar soluciones para aumentar el ciclo de vida de un producto, mejoras de procesos de fabricación, el desarrollo de productos y las pruebas de prototipado, por lo que de forma virtual se puede probar posibles problemas que puedan ocurrir y así una posible solución, en lugar de hacerlo en el mundo real.

En cuanto a la implementación de los gemelos digitales, no es un camino fácil ya que se deben tener en cuenta distintos factores como es la transformación digital que las industrias están sufriendo con este nuevo concepto de Industria 4.0, así como la involucración de las empresas en optar por estos tipos de tecnologías teniendo en cuenta que supondrá una inversión económica y de personal. Un estudio realizado por la consultora Gartner prevé que en 2021 habrá un incremento del 10% la eficiencia global gracias a que la mitad de las empresas industriales harán uso de gemelos digitales.

En cuanto a las ventajas y limitaciones que puede suponer el uso de digital twins en las industrias se encuentran:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Predicción de problemas antes de que se produzcan. Aumento de la eficiencia al evitar tiempos de inactividad. Planificación del futuro, adelantándose a posibles incidencias. Personalización de la producción. Mejora de calidad de los procesos y productos.	Dificultad de implantación en las industrias. Incremento de la gestión de datos teniendo que asumir costes de Big Data.

Tabla 5 – Ventas y limitaciones de los Gemelos Digitales

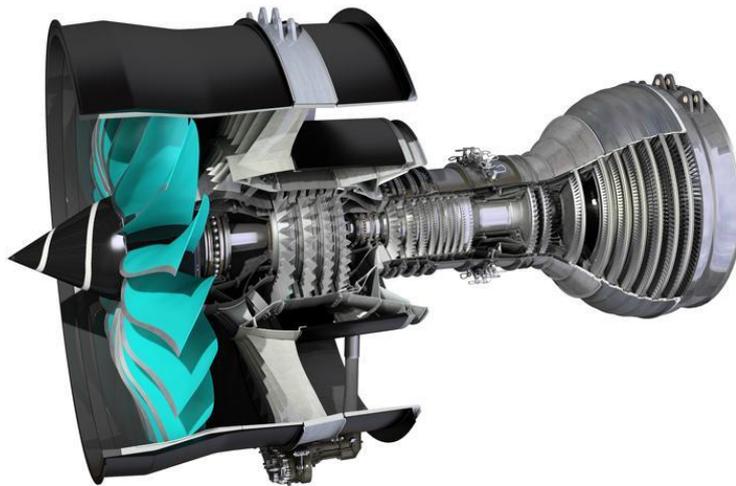
A continuación, se exponen algunas aplicaciones de gemelo digital que son usadas en la industria aeronáutica.

3.1.1 Gemelo Digital de Rolls Royce

La empresa Rolls Royce, líder en automóviles de lujo y especializada en turbinas y motores de avión, hace uso de los gemelos digitales para crear copias virtuales de los motores aeronáuticos.

Los ingenieros de Rolls Royce crean un gemelo digital de un motor, que es una copia virtual del motor real. Esto es posible gracias a la recopilación de datos mediante la instalación de sensores a bordo y conectividad satelital, que transmiten continuamente a su gemelo digital a tiempo real. Tras esto, el gemelo opera en el mundo virtual como lo haría el motor físico en el ala de la aeronave, y determinará como está funcionando el motor y predecirá cuando hay fallos en el sistema o cuando puede necesitar mantenimiento. Además, esto permite un mantenimiento preventivo del motor, adelantándose al problema y reduciendo el tiempo de inactividad del avión, y a su vez, mejorando la fiabilidad.

Rolls Royce puede estudiar y predecir los comportamientos físicos al que estaría expuesto un motor en condiciones extremas gracias al Gemelo Digital, lo que permite modelar posibles escenarios de forma totalmente digital.



AulaFacil.com

Ilustración 14 – Gemelo Digital motor Rolls- Royce

3.1.2 Gemelo Digital de Airbus

En Avión Gemelo Digital, es un proyecto que está llevando a cabo Airbus Defense and Space, con el objetivo de diseñar y generar un gemelo digital de avión. Esto consiste en digitalizar todo el proceso de producción de una aeronave, desde la concepción, especificación, diseño, fabricación, verificación y soporte al cliente.

El concepto de avión digital parte de un modelo digital, modelado, simulable y trazable de manera bidireccional del cliente, generando los requisitos del sistema, y teniendo en cuenta que si cambian los requisitos del cliente se debe saber cómo afecta al producto. Una vez se tienen todos los requisitos necesarios del avión, se modela en el programa y se llevan a cabo una serie de test y pruebas sobre el funcionamiento y la funcionalidad del modelo

sostenible con el medio ambiente.

Los procesos básicos necesarios para la fabricación aditiva son los siguientes:

1. Creación de un modelo 3D del objeto que se quiera imprimir, mediante un software de diseño (CAD) o mediante el escaneo del propio objeto.
2. El fichero CAD que se ha desarrollado anteriormente se convierte en un formato que define la geometría de objetos 3D, normalmente usando un formato “Standard Triangle Language” (STL). El archivo generado se divide normalmente capas.
3. Se transfiere el archivo STL y se configura la máquina o la impresora. Para imprimir de forma optimizada, maximizando el ahorro de coste y reduciendo el uso y desperdicio de material, debe verificarse el correcto posicionamiento y el adecuado tamaño del objeto en la plataforma donde se va a imprimir.
4. La impresora controlada por un ordenador, ya construyendo capa a capa el modelo, siendo el grosor de cada capa lo que determina la calidad final dependiendo de la máquina y del proceso.
5. Una vez está fabricada la pieza y ha pasado el tiempo de enfriamiento y seguridad, se puede retirar el modelo de la máquina. A veces puede que sean necesarios procesos adicionales como la limpieza, el pulido, la pintura y el acabado de superficies según las necesidades, pudiendo ser necesario el uso de otras máquinas y herramientas.

En cuanto a las tecnologías o procesos de fabricación aditiva, dependen de distintos factores:

- La forma de aportar el material: predepositado, depositado, proyectado, etc.
- El tipo de material que se emplea: polvo, láminas, hilo, metálico, no metálico, etc.
- La fuente de energía: resistencias, arco, láser, Electro Beam, etc.

A partir de estos factores, las técnicas más desarrolladas o relevantes que se pueden encontrar en la actualidad son:

ESTEREOLITOGRAFÍA (SLA o SL)

Esta tecnología se lleva a cabo mediante un haz de luz o láser de tal forma que una resina fotosensible en estado líquido es curada convirtiendo la resina líquida en una forma sólida. Luego, las piezas son bañadas en químicos para eliminar el exceso de material y, por último, se someten a un horneado.

La estereolitografía es usada principalmente para modelos de fundición, o moldes de inyección, soplado, etc.

Este tipo de tecnología permite es un proceso muy rápido, se pueden fabricar piezas muy detalladas y de tamaño superior a 0,5 mm y es posible el mecanizado. Por otro lado, al tener que procesar con químicos estos pueden ser tóxicos, además es necesario personal especializado.

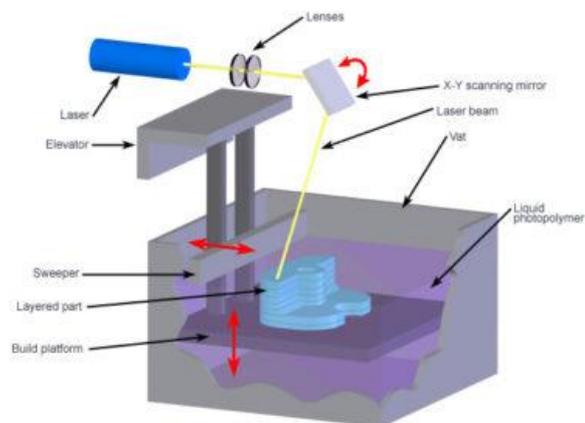


Ilustración 16 – Estereolitografía o SLA

FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM)

Esta técnica se basa en el suministro a través de una bobina de hilo de un material polímero que se encuentra por encima de la temperatura de transición vítrea, y es depositado mediante un cabezal que funde el material haciéndolo hilo y se va depositando capa a capa.

Este tipo de tecnología aditiva se aplica en piezas de bajo coste o diseños conceptuales.

En cuanto a las características que ofrece el FDM pueden ser bajo coste de las máquinas necesarias, la limitación de precisión de las piezas fabricadas, así como la poca resistencia que ofrecen.

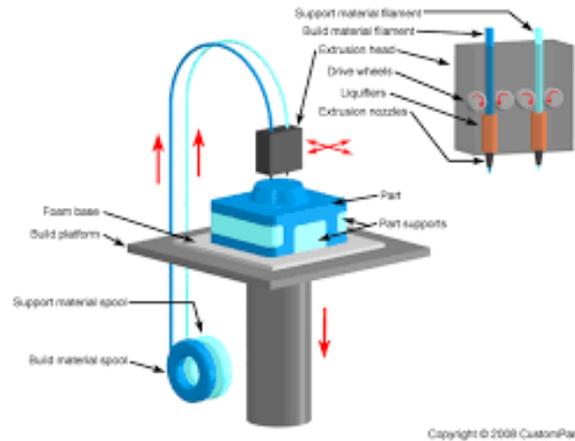


Ilustración 17 – Fused Deposition Modelling o FDM

SELECTIVE LASER SINTERING ó SELECTIVE LASER MELTING (SLS, SLM)

Esta tecnología se basa en la fundición de partículas de polvo de plástico, metal, cerámica o vidrio a través de un láser de alta potencia, de tal forma que el láser funde únicamente el material ligante. Este proceso minimiza el uso de estructuras de soporte ya que se trabaja en una cama de polvo.

El SLS o SLM es aplicado a prototipos o piezas funcionales.

En cuanto a las características principales de estos procesos son la buena precisión y poca distorsión de las piezas. Tecnología de coste elevado, con acabado rugoso teniendo que llevar a cabo procesos de pulido de la pieza.

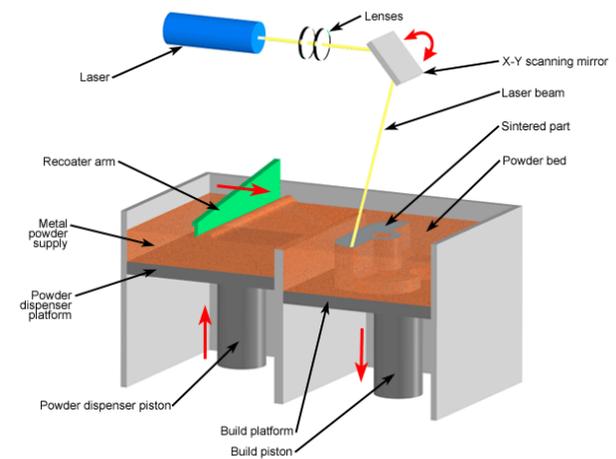


Ilustración 18 – Selective Laser Melting

En cuanto a las ventajas y limitaciones que se pueden encontrar en la fabricación aditiva puede ser:

VENTAJAS	LIMITACIONES
Personalización y complejidad de piezas	Procesos auxiliares (baños químicos, pulidos, etc)
Libertad de diseño	Acabado superficial
Reducción de peso	Velocidad de fabricación
Reducción de costes de procesos	Tamaño limitado de las piezas
Mecanismos integrados	Coste de la maquinaria
Reducción del <i>time to market</i>	

Tabla 6 – Ventajas y limitaciones de la fabricación aditiva

En la industria aeronáutica, la fabricación aditiva es una de las grandes revoluciones ya que hace posible la fabricación de piezas más ligeras, fiables y de mayor complejidad. La aditiva ofrece las siguientes ventajas:

- **Flexibilidad y personalización:** con la fabricación aditiva se pueden diseñar formas geométricas complejas, siendo capaz de fabricar una pieza como unidad sin que sea necesario hacer remaches o ensamblajes, mientras que el mecanizado tradicional no permite tanta flexibilidad en cuanto a diseño y se debe hacer remaches. Además, este tipo de fabricación permite cambios en el diseño de la pieza reduciendo los riesgos de inutilidades.
- **Disminución del tiempo de fabricación:** con la aditiva no será necesario la fabricación de utillajes como es necesario en la fabricación por mecanizado CNC, consiguiendo que los tiempos de fabricación de una pieza disminuyan dando lugar a plazos de producción más rápidos. En cuanto a la reparación e inspección de la máquina también es un punto a favor, ya que pueden ser reparada instantáneamente disminuyendo los tiempos de parada por avería.
- **Ahorro y optimización:** se pueden obtener réplicas exactas de otros productos mediante procesos muy controlados y de gran precisión, optimizando el material ya que no se crean desechos. Se puede trabajar bajo demanda, reduciendo la existencia de grandes almacenes de materiales.
- **Calidad y precisión:** la fabricación de la pieza se basa únicamente en la deposición capa a capa del material, donde sea necesario, optimizando el uso de materiales y medios necesarios para la producción, consiguiendo una alta presión y limitando los desechos.

Este tipo de fabricación conlleva grandes retos para todos los integrantes de la cadena de valor, desde los fabricantes de equipos y sistemas 3D, hasta las empresas y usuarios finales, pasando por los centros que desarrollan esta tecnología.

A continuación, se introducen aplicaciones de la impresión 3D o fabricación aditiva en la aeronáutica.

3.2.1 Fabricación Aditiva en Aciturri

La empresa española Aciturri, líder en el sector aeronáutico en España, está inmersa en distintos proyectos con grandes clientes como Boeing, Rolls-Royce o Airbus, siendo la primera compañía española en fabricar piezas de aviones fabricadas con aditiva para Airbus.

Aciturri lleva trabajando desde 2015 en el diseño y desarrollo de productos fabricados mediante la impresión 3D. Es por esto, por lo que el departamento especializado en el desarrollo y fabricación de componentes aeronáuticos mediante aditiva, Aciturre Additiva Manufacturing, ha instalado en el estabilizador vertical del avión Airbus A350, las primeras piezas de vuelo fabricadas en España usando esta tecnología.

En 2019, Aciturri consiguió la certificación de estas piezas convirtiéndose en el primer proveedor cualificado.

Estas piezas son fabricadas por deposición fundida o FDM, con un material termoplástico resistente, ligero y no inflamable. Estos componentes están instalados en la cámara de video que se encuentra en el estabilizador vertical del Airbus A350, permitiendo a los pasajeros y a la tripulación una visión del avión desde la pantalla de su asiento, y de la antena de transmisión de largo alcance que mantiene al avión en contacto con tierra



Ilustración 19 – Visión del estabilizador fabricado con aditiva

3.2.2 Fabricación aditiva en ITP Aero

La empresa española ITP Aero, líder en motores y componentes aeronáuticos, fabrica componentes con tecnología aditiva. Se trata de dos componentes principales: los segmentos de la turbina de baja presión del motor Trent XWB-84 de Rolls-Royce para el avión de Airbus A350, y los álabes, las paletas de las turbinas, del TEC (caja de escape de la turbina) del motor TP400 que forma parte del avión militar de Airbus A400M.

Estos dos componentes de producción por fabricación aditiva consiguen reducir hasta un 40% del peso de los componentes, además de reducir en costes de fabricación.

La turbina está compuesta por segmentos fabricados con aditiva que están testados, validados y certificados con vistas a incorporarlos en los motores de Rolls-Royce, cuyo objetivo será minimizar el flujo de aire que pasa entre los álabes rotatorios y la carcasa de la turbina.

En cuanto a los álabes del TEC del motor del avión A400M, están en proceso de desarrollo y con vistas a validación y estandarización. Este es uno de los puntos de anclaje al ala del avión, el cual se somete a temperaturas muy altas de hasta 600 grados que canaliza el aire que expulsa el motor.

Estos componentes están fabricados mediante impresión 3D, de forma que la impresora va depositando el material en capas individuales y luego un láser funde la superaleación en polvo hasta formar el componente capa por capa, consiguiendo un ahorro en material necesario y una disminución del uso de herramientas.



Ilustración 20 – Componentes de turbina fabricados con aditiva

3.2.3 Fabricación Aditiva en GE Aviation

La empresa GE Aviation, líder a nivel mundial de motores de reacción, ha desarrollado un proyecto de producción de inyectores de combustible fabricados con impresión 3D, que permitirá a las aeronaves disminuir en un 15% menos el combustible necesario, que en términos de coste supondrá un ahorro de alrededor un millón de dólares al año por avión, además de la reducción de gases contaminantes.

El inyector de combustible permite que el combustible entre en la cámara de combustión, siendo una parte fundamental del avión. Este está fabricado con materiales cerámicos reforzados con fibras de carburo de silicio capaces de soportar altas temperaturas.

Antes de llevar a cabo este proyecto, el inyector estaba compuesto por 20 piezas soldadas, mientras que con la fabricación aditiva del mismo se reduce en una única pieza, sin ensamblajes ni remaches, consiguiendo disminuir el peso del inyector en un 25% y haciéndolo más fuerte.

Por otro lado, han disminuido los tiempos de producción del inyector. Anteriormente, el tiempo medio en producir 20 inyectores era de 5 a 7 meses, mientras que con la tecnología aditiva se tarda entre 2 o 3 semanas. Además, las aeronaves disminuirán su precio en 3 millones de dólares al usar esta fabricación.

GE Aviation fabrica el inyector de combustible para el motor LEAP que equipan a aviones de un solo pasillo como es el avión de Airbus A320neo, el 737 MAX o 777X de Boeing.

Teniendo en cuenta que cada motor LEAP está compuesto por 19 inyectores impresos en 3D, eleva a 1.578 motores que están producidos con esta tecnología.



Ilustración 21 – Inyector del motor LEAP

3.3 IoT

La digitalización y el avance tecnológico que están sufriendo las industrias, concretamente la aeronáutica tiene como objetivo una mejora de la productividad mediante la simplificación de los procesos. El Internet de las Cosas combinado con otras tecnologías innovadoras ayudan a conseguirlo.

IoT está presente en la aeronáutica en distintas áreas como seguimiento, gestión y seguimiento de activos.

Uno de los usos principales del IoT en la aeronáutica es la realización de trabajos de mantenimiento e identificación de piezas que sean necesarias reponer, reduciendo los tiempos de parada por reparación. La identificación de piezas en malas condiciones no es tarea fácil, ya que pueden ser componentes muy pequeños y de difícil acceso, es por esto por lo que IoT es parte del fuselaje de un avión y de los motores, además de la cabina de piloto que está conectada con los pasajeros y con el equipo que lleva a cabo el monitoreo del avión.

A continuación, se introducen algunas aplicaciones del IoT en la aeronáutica.

3.3.1 IoT en Boeing

Un caso de IoT en una aeronave puede ser 'vCabin', un proyecto anunciado por la empresa Boeing que consiste en una interacción entre los pasajeros y el propio avión.

Los ingenieros de Boeing han desarrollado un proyecto piloto que reproduce el interior de una cabina con tecnología innovadora, mediante la que se pueden conectar distintos conceptos tecnológicos. vCabin permite al pasajero controlar la iluminación de su asiento, pedir alimento o bebida, comprobar la disponibilidad de los pasajeros, todo a través de su Smartphone.

El sistema de vCabin hace uso de microchips, pudiendo ser muy importante para la tripulación ya que podría usar este concepto para monitorear los sistemas la cabina durante el vuelo. En el caso de problema o fallo, el dispositivo podría enviar una señal reportando de dicha incidencia a tierra de forma automática y a tiempo real al personal para su posterior reparación, una vez se haya aterrizado.

Por otro lado, la tripulación podría tener información sobre los pasajeros que habitualmente hacen el mismo viaje, y conocer sus preferencias haciendo que la experiencia del viaje sea más personalizada.

3.3.2 IoT en aeropuertos

En los aeropuertos, el IoT es muy usado para automatizar el edificio y la gestión de las instalaciones. Los sensores ofrecen información sobre las experiencias de los pasajeros y se pueden tomar, medidas y acciones sobre mejoras posibles de las instalaciones.

Actualmente, Airbus trabaja con la empresa biotécnica Koinku, que desarrolla sensores de IoT que detectan explosivos y otras sustancias químicas en aviones y aeropuertos. Además, debido a la pandemia de COVID-19 están desarrollando sensores detectores de pasajeros que tienen o portan el virus. De esta forma el objetivo de los sensores será identificar olores, que son marcadores químicos que pueden indicar la presencia de este virus.

3.3.3 IoT en Airbus

Airspace Connected Experience es una plataforma creada por Airbus, presentada en la APEX Expo en 2018 y que actualmente está siendo probada en vuelos de un avión A350-900 Flight Lab, un avión de pruebas de nuevas tecnologías.

Esta plataforma tiene como objetivo desarrollar una experiencia personalizada de los pasajeros de la aeronave, de tal forma que estará conectada con los componentes de la cabina central a tiempo real, como los carritos de comida, asientos, baños, etc. Permitiendo, además, el intercambio de datos en toda la cabina para la tripulación.

Las cabinas conectadas proporcionarán a las líneas aéreas, a la tripulación y a los pasajeros importantes beneficios; para la tripulación significará el acceso a una plataforma integrada que mantiene datos previos al vuelo y en tiempo real en un solo lugar, mientras que los pasajeros podrán recibir un servicio más personalizado.

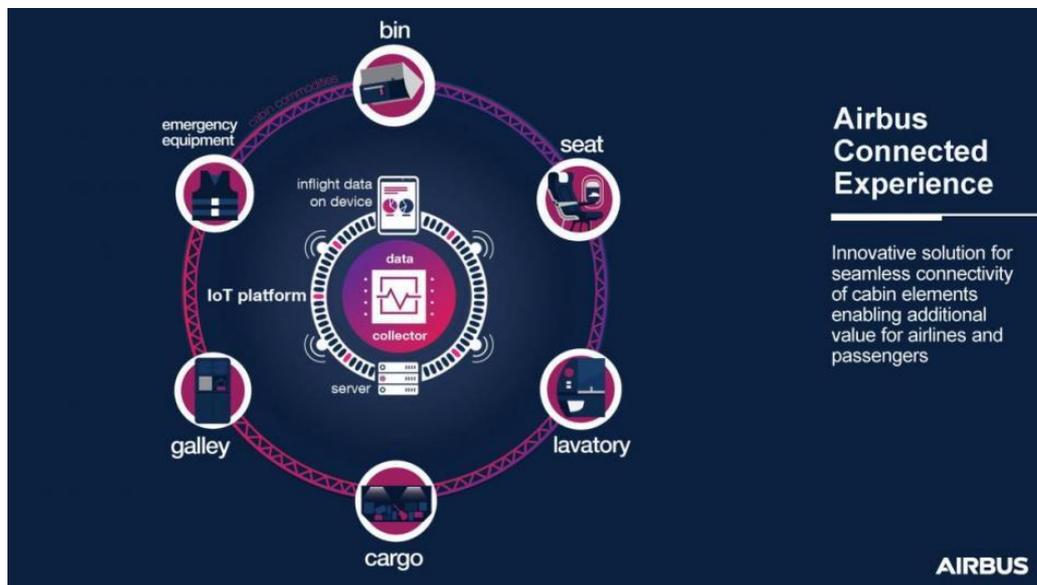


Ilustración 22 – Aplicación Airbus Connected Experience

A través de la aplicación, los pasajeros podrán hacer pedidos de comida o bebidas con antelación, a través de sus Smartphone consiguiendo una disminución de los desperdicios de comida, un aumento de la satisfacción de los pasajeros, y facilidad para la tripulación al conseguir un servicio de comida y bebida más rápido y personalizado para cada pasajero.

Los pasajeros podrán personalizar su asiento, cambiar la posición, en sus pantallas podrán elegir sus películas o entretenimientos de interés, así como hacer el pedido de comida o bebida a bordo.

Además, esta plataforma permitirá a los pasajeros mostrar espacios libres donde poder colocar sus equipajes, por lo que el pasajero podrá ver con antelación donde se debe o puede colocar el equipaje haciendo que la gestión del equipaje sea más rápida y agilizada.

3.4 Robótica

La robótica puede ser definida como la ciencia que estudia distintos campos de la tecnología, cuyo principal fin es diseñar o fabricar máquinas capaces de realizar tareas automatizadas. La robótica es crucial en esta cuarta revolución.

En cuanto a los robots, son máquinas automatizadas programadas capaces de realizar tareas u operaciones de forma autónoma, sustituyendo a los seres humanos en algunas tareas. Los robots se fueron desarrollando tras la segunda Guerra Mundial debido al auge de la automatización industrial de la automoción. Hoy en día, existen los conocidos robots inteligentes capaces de detectar cualquier alteración en un proceso, medio ambiente y actuar en consecuencia.

Los robots pueden clasificarse según el entorno en el que operan, siendo fijos o móviles. Los robots fijos son

robots que trabajan en entornos que están muy bien adaptados, ya que en las industrias realizan tareas como soldar o pintar piezas. Estos son están dotados de sensores y dispositivos que permiten la interacción del robot con los trabajadores humanos. Mientras que los robots móviles, se mueven y pueden realizar tareas en grandes entornos, mal definidos y que no están totalmente diseñados para robots.

Los robots fijos suelen estar conectados a un soporte estable en el suelo, mientras que los robots móviles se mueven y deben tener la percepción del entorno para calcular su ubicación.

Por otro lado, los robots pueden ser clasificados según el campo de aplicación y las tareas que desempeñan.

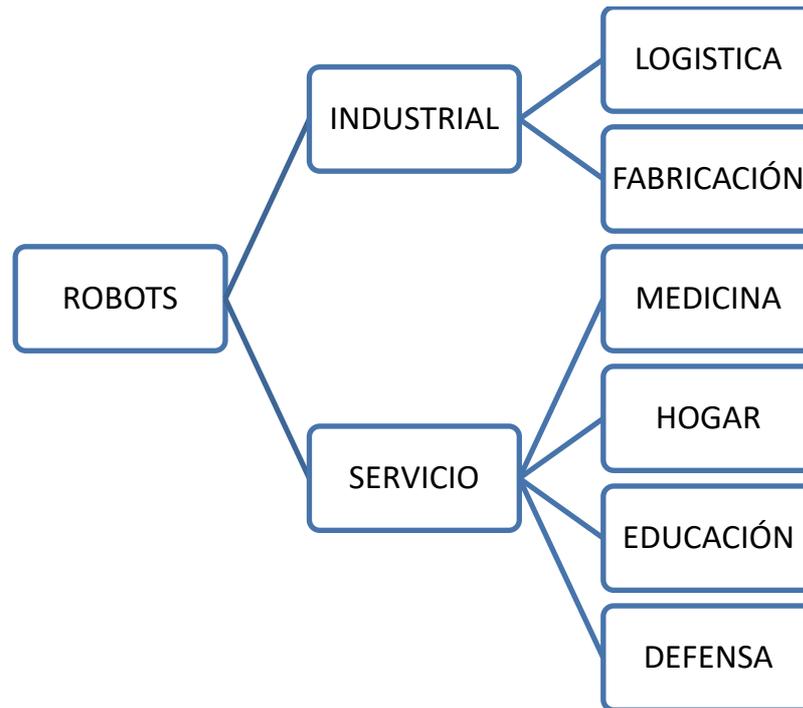


Ilustración 23 – Clasificación de robots según campo de aplicación

Los robots industriales son los primeros que se inventaron ya que reemplazaron a las personas o trabajadores en las industrias. Gracias a estos robots las líneas de producción pueden operar sin personas humanas, debido a la automatización de estas, en entornos bien definidos, de tal manera que los robots reemplazan a los trabajadores en tareas de dificultad alta o peligrosas. Estos robots son capaces de manipular objetos o reconocer diferentes productos y empaquetarlos en el orden correcto, o transportar mercancías entre otras tareas.

Los robots industriales son capaces de trabajar con humanos por lo que se introducen requisitos de seguridad. La velocidad de los brazos robóticos o robots móviles debe reducirse para disminuir la peligrosidad. La ventaja de este trabajo humano-robot es que cada uno puede realizar lo que mejor sabe hacer, los humanos las tareas con pasos más complejos, mientras que los robots realizan tareas repetitivas o peligrosas.

En el sector de la industria se pueden encontrar cinco tipos de robots industriales:

- Manipuladores: son robots multifuncionales de control sencillo que pueden ser manejados en remoto, no tienen altos grados de libertad y llevan a cabo tareas sencillas, básicas y repetitivas.
- Control por computador: son los robots más populares. Caracterizados por la precisión ya que están programados, capaces de desarrollar diferentes secuencias. Estos incluyen sensores y suelen tener cuatro grados de libertad.
- Micro-robots o Nano-robots: estos tipos de robots se emplean con fines educativos, investigación, mantenimiento. Son robots con alto valor para la innovación y desarrollo de las tecnologías ya que

pueden realizar tareas con grado de dificultad alto sectores como la medicina o la industria.

- Robots de repetición: son aquellos robots que pueden realizar secuencias repetidas por aprendizaje, programadas por un trabajador, actúan de forma similar al lenguaje corporal humano.
- Robots Inteligentes: son aquellos que pueden aprender de los entornos, son autoprogramables y, por lo tanto, son autónomos para la toma de decisiones.

En cuanto a las ventajas y desventajas que puede encontrar la robótica son:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Realización de tareas peligrosas	Reemplazamiento de mano de obra humana
Realidad ampliada	Ciberseguridad, hackeo de los robots
Mayor velocidad de los procesos	Costes de adquisición
Reducción de costos (mano de obra)	Programados para ser violentos
Buenos niveles de producción y calidad	Escasez de expertos cualificados
Mayor precisión, sin factores humanos como cansancio	
Realización de tareas según programación	

Tabla 7 – Ventajas y desventajas de la robótica

La automatización y la robótica están muy presentes en el sector aeronáutico, principalmente a niveles de producción. En los procesos de fabricación de una aeronave se pueden encontrar procesos artesanales, como los procesos de laminado de fibra, o procesos muy técnicos como los controles de calidad, que deben ser exhaustivos y muy restrictivos.

Los aviones están sometidos a constante inspecciones de mantenimiento, pudiendo ser diarias, mensuales, correctivas, preventivas, entre otras. Hay inspecciones que se suelen realizar cada seis meses, pudiendo durar dicha inspección entre uno y tres días, siendo necesarios más de 150-180 horas/hombre, dependiendo del tipo de aeronave. Es por esto, por lo que la robótica está muy presente en las aeronaves, ya que disminuyen el tiempo y ofrecen una mayor precisión en las inspecciones, reduciendo costes de mantenimiento, de personal, mejorando la seguridad y haciendo que los ingenieros tengan más tiempo para dedicarle a otras tareas.

A continuación, se detallan algunas aplicaciones de robótica en la industria de estudio.

3.4.1 Robótica en Akka Technologies

Air-Cobot es un robot móvil regulado por la empresa Akka Technologies, que se utiliza en los procesos de inspección visual de las aeronaves. Este robot, es un robot todo terreno que realiza inspecciones detalladas, siendo capaz de detectar y cuantificar el impacto, y mediante los sensores que contiene puede localizar fugas, perforaciones o defectos que pueda tener el fuselaje de la aeronave.

En Airbus, Air-Cobot lleva a cabo el 70% de las inspecciones visuales diarias de mantenimiento, reparación y verificación de los aviones con muy buenos resultados, dando soporte y consiguiendo una colaboración con los profesionales durante la inspección previa al despegue o durante las fases de mantenimiento de las aeronaves. Además, este robot es capaz de trabajar en cualquier condición climatológica y ambiental o incluso en la noche.

Air-Cobot visualiza lo que una persona u operario normal puede ver, pudiendo decidir sobre lo relevante en el diagnóstico de forma automática como rayones, desperfectos u otros daños que pueda sufrir el avión con gran precisión. Tras la inspección, el robot envía los datos recopilados al ordenador de forma digital, reemplazando los métodos tradicionales de inspección basados en documentación en papel.



Ilustración 24 – Air-Cobot robot de inspección de Airbus

3.4.2 Robótica en Rolls Royce

Swarm es un prototipo de micro robot de inspección de motores de Rolls-Royce, que está inspirado en las cucarachas. Es un robot que contiene una cámara en miniatura y puede trabajar dentro de un motor para inspeccionar los componentes de difícil acceso. El fabricante Rolls-Royce tiene como objetivo desarrollar versiones de 1 cm de largo, pudiendo eliminar y reemplazar el material defectuoso, consiguiendo que los micro robots sean capaces de reparar partes del motor que estén dañadas.

Actualmente, para llevar a cabo las revisiones de los motores de los aviones es necesario abrir estos para poder inspeccionarlos o repararlos, siendo tareas que llevan mucho tiempo, ya que hay que desmontar el fuselaje para poder acceder a los motores. Con este robot, se podrán hacer revisiones sin tener que desmontar los motores debido a su tamaño, lo que supondría una disminución de tiempo en las reparaciones. Estos estarían controlados por ingenieros, equipándolos con cámaras ópticas que permitan hacer un escáner 3D.

Swarm pesa 1,48 gramos, y está compuesto por unas almohadillas electro adhesivas que se adhieren a los álabes del motor, además cuenta con articulaciones que le permiten moverse en tres dimensiones dentro de los motores.

Rolls-Royce y la Universidad de Harvard están trabajando en él para ponerlo en marcha en el mantenimiento e inspección de motores, y tienen como objetivo que estos micro robots sean capaces no sólo de hacer inspecciones sino de realizar reparaciones dentro de los motores. Además, están trabajando el diseño de un robot serpiente capaz de reptar e introducirse en el interior de los motores como si fueran un endoscopio.

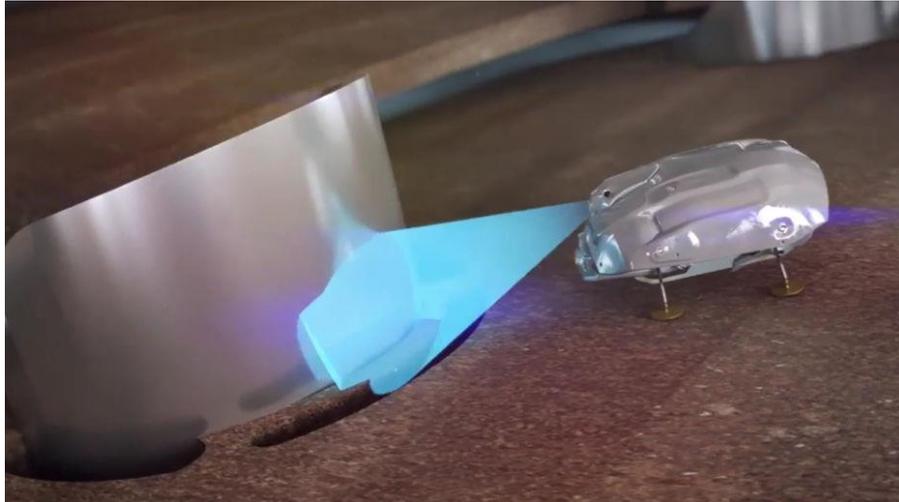


Ilustración 25 – Micro robot de Rolls-Royce

3.4.3 Robótica en Airbus

Airbus hace uso de robots de fisionomía humana que disponen de dos brazos y que trabajan junto a los operarios de planta, concretamente en el área de montaje aeronáutico como si fuera un operario más. El primer robot de estas características fue implantado en la planta de Airbus de Puerto Real, Cádiz, operando en la grada de montaje de los timones del Airbus A320.

La mayor ventaja de este robot es que está preparado para trabajar en entornos preparados para humanos, por lo que todas las fábricas están preparadas para poder incluir a este tipo de robot.

Por otro lado, Futurassy es capaz de taladrar y sellar los remaches, operaciones que son peligrosas para la salud de los trabajadores, ya que la operación de taladrar trata de realizar perforaciones que sueltan fibras de carbono y que son peligrosas para la salud de las personas.



Ilustración 26 – Futurassy robot operando en las gradas de montaje de Airbus

3.5 Ciberseguridad

Tras lo explicado en el apartado 1.2.1.5 , se pueden distinguir distintos tipos de seguridad informática o ciberseguridad: la seguridad de red cuyo fin es proteger la integridad de los datos de la red; de software, cuyo objetivo es proteger de peligros el propio software; o de hardware, cuyo fin es proteger objetos frente a ataques provocadas mediante el uso del hardware.

En cuanto a las amenazas se pueden dividir en internas, causadas por los propios trabajadores de las empresas, normalmente sin ser intencionadas; y las amenazas externas, que provienen del exterior.

Las amenazas internas suelen ser errores de los trabajadores o malas acciones, sin ser intencionadas al interactuar con el propio sistema. Además, puede considerarse amenaza interna cualquier sistema mal configurado que pueda ser usado como una amenaza al entorno o pueda desproteger información confidencial.

En cuanto a las amenazas externas, proceden del exterior de las compañías y normalmente son intencionadas con el objetivo de causar pérdidas a las empresas, obtener información o causar daños en forma de ataques informáticos sin ninguna intervención por parte de los trabajadores internos.

Los tipos de ataques de ciberseguridad más comunes pueden ser:

CLASE CIBERATAQUE	DESCRIPCIÓN	TIPOS
Código dañino	Tipos de software cuyos fines son infiltrarse o causar daños en ordenadores u otros dispositivos sin el consentimiento del usuario.	Virus
		Gusanos
		Troyanos
		Spyware
		Ransomware
Política de seguridad	Incidentes relacionados por violación de usuarios de las políticas de seguridad aprobadas por las organizaciones.	Abuso de privilegio por usuarios
		Acceso a servicios no autorizados
		Sistema desactualizado
Disponibilidad	Ataques dirigidos a paralizar y bloquear los sistemas, con el fin de causar daños en la productividad de las organizaciones.	Denegación del servicio distribuido (DDoS)
		Fallo (Hardware/Software)
		Error humano
		Sabotaje
Obtención de información	Ataques con fines de obtener información confidencial, a través de ingeniería social o de identificación de vulnerabilidad.	Identificación de activos y vulnerabilidades
		Sniffing
		Ingeniería social
		Phishing

Fraude	Incidentes relacionados con acciones fraudulentas relacionadas con la suplantación de identidad.	Spoofing
		Uso de recursos no autorizados
		Uso ilegítimo de credenciales
		Violaciones de derechos de propiedad intelectual o industrial
Intrusiones	Ataques dirigidos a la explotación de vulnerabilidades de diseño, de operación o configuración de tecnologías, introduciéndose de forma fraudulenta.	Compromiso de cuenta de usuario
		Desfiguración
		Cross-Site Scripting (XSS)
		Cross-Site Request Forgery (CSRF)
		Inyección SQL
		Spear Phishing
		Pharming
		Ataque de fuerza bruta
		Inyección de Ficheros Remota
Explotación de vulnerabilidad software/hardware		
Compromiso de la información	Incidentes relacionados con el acceso y fuga, modificación o borrado de información confidencial no pública.	Acceso no autorizado a información
		Modificación y borrado no autorizada de información
		Publicación no autorizada de información
Contenido abusivo	Ataques con fines de dañar la imagen de una organización o utiliza sus medios electrónicos para otros usos ilícitos.	Spam o correo basura
		Acoso, extorsión, mensajes ofensivos
		Pederastia, racismo, violencia, delito

Tabla 8 - Clasificación de ciberincidentes

Todas las industrias, incluida la aeronáutica están expuestas a ataques cibernéticos debido a que cada vez más son las organizaciones que están conectadas con otras, con proveedores externos y establecen conexiones e intercambio de información. Es por esto, por lo que las empresas son susceptibles a los ciberataques y a las

consecuencias de esta actividad. Cualquier tipo de ataque cibernético podría desembocar en pérdidas millonarias, además de influir en la cadena de suministro.

En la industria aeronáutica existen algunos campos donde la seguridad digital es clave:

- **Rastreo de vuelos:** con el avance tecnológico que estamos viviendo, cualquier persona puede a través de distintas aplicaciones o webs informarse a tiempo real de los vuelos que están realizando los aviones, siendo esta información peligrosa para la ciberseguridad del propio avión, ya que se podrían realizar o planificar ciber ataques sobre una aeronave que está en vuelo. Como plan de seguridad, las aerolíneas no cifran el número de vuelo ni detallan datos sobre la aeronave.
- **Bases de datos abiertos:** las empresas hacen uso de bases de datos para la identificación de personal, permitiendo el flujo de datos para el chequeo de pilotos, tripulación o personal de mantenimiento. Debido a la política de transparencia, esta información puede ser vulnerable a los hackeos y ataques criminales cibernéticos.
- **Seguridad periférica:** los sistemas de acceso biométrico como la identificación dactilar o facial son vulnerables a ataques de criminales, y deben ser acompañados de sistemas que proporcionen más seguridad, ya que una identificación falsa podría desembocar en graves consecuencias de seguridad.
- **Frecuencias de radio:** las frecuencias de radio pueden ser escuchadas de forma pública, por lo que las personas pueden escuchar las conversaciones entre pilotos y torres de control mediante páginas de monitoreo a tiempo real, haciendo factible para toda persona códigos de lenguajes. Esto causa pérdidas de señal y otros incidentes que podrían acabar en una catástrofe.

Por estas razones, entre otras, es tan importante la ciberseguridad en las aeronaves. Son muy frecuentes las noticias sobre ciberataques a empresas aeronáuticas o compañías aéreas. A continuación, se tratan algunas de ellas.

3.5.1 Ciberseguridad en Airbus

En 2019, Airbus sufrió un ciber ataque que fue dirigido a sus proveedores, como la consultora Expleo, Rolls-Royce y dos subcontratistas franceses. Los criminales informáticos consiguieron información de los VPN, robando datos técnicos sobre las certificaciones de las diferentes partes de un avión y sobre el motor de avión militar A400M, que tiene los turbos propulsores más potentes del mundo. Tras un estudio realizado, se sospecha que los ataques procedieron de China, ya que en dicho país la industria aeronáutica es débil.

Es por esto por lo que Airbus tiene muy presente la importancia de la ciberseguridad, ya que un ataque cibernético podría causar una gran catástrofe y disponen de productos y servicios que hacen lo hacen posible.

3.5.2 Ciberseguridad de ThalesRaytheonSystems

En cuanto a los aviones militares o de defensa, sería peligroso que estos pudieran sufrir un ataque cibernético provocado del robo de información, interrupción de comunicación con tierra o la denegación de acceso. Unos ingenieros de la empresa ThalesRaytheonSystems han desarrollado un sistema anti-hackeo para los sistemas de radares. Estos proporcionan supervisión de los sistemas, detectando comportamientos anormales en los radares o en los centros de control, con el objetivo de poder dar alarma a los operadores.

En las pantallas de los aviones militares se muestra lo que puede ver un piloto en un radar, además de todas las alertas que son analizadas por el propio sistema, ya que cuenta con conocimientos sobre el tráfico aéreo, sobre ataques cibernéticos o fallos en el propio radar.

Además, como cualquier sistema, podría ser hackeado pero su propio sistema cuenta con un software que lo protege de ataques cibernético.

3.6 Drones

Un dron es un vehículo no tripulado capaz de mantener el vuelo de forma controlada y sostenida de manera autónoma y motorizada, a través del impulso de un motor eléctrico, de explosión o de reacción.

Los drones fueron concebidos para uso militar, aunque con el crecimiento de esta tecnología son muchas las personas que hacen uso de drones como forma de ocio o distracción. En cuanto a los tipos de drones según su uso son:

- Drones de uso civil: son drones que cualquier persona puede acceder a ellos, además de aquellos cuyas funciones son medir terrenos, hacer reportajes de fotografías y vídeos, explorar espacios de difícil acceso, etc.



Ilustración 27 – Dron de uso civil

- Drones de uso militar: fueron los primeros en nacer y hoy en día se sigue haciendo de su uso. En el entorno militar son conocidos comoUCAV (Unmanned Combat Air Vehicle), Vehículo Aéreo de Combate no Tripulado, además de uso en combate estos drones también son usados para abastecer aprovisionamientos en catástrofes, o lugar de difícil acceso, en rescate de personas, para examinar terrenos en busca de personas desaparecidas, etc.



Ilustración 28 – Dron de uso militar

Por otro lado, también se pueden clasificar los drones según el medio en el que se desplazan:

- Drones aéreos: son aquellos que viajan por el aire y son controlados de forma remota y cuyos fines son diversos.
- Drones marítimos: son drones que se desplazan sobre y debajo del agua. Pueden ser controlados de forma autónoma o también pueden estar guiados por un cable. Son utilizados para salvamento, para explorar las profundidades de los océanos o para reparar tuberías o cables, además de poder limpiar los fondos marinos.
- Drones terrestres: son aquellos que están adaptados para desplazarse por los terrenos. Son usados para explorar zonas donde el hombre no puede llegar o donde el humano pondría en peligro su vida, por ejemplo, La Luna, además de ser usados para rescates o limpiar terrenos.

Por último, podríamos clasificar los drones por el método de control pues con el avance tecnológico los drones han ido evolucionando e incorporando nuevas tecnologías de control, estando mucho de ellos equipados con sensores, sistemas GPS, cámaras de infrarrojos, etc.

- Drones autónomos: son aquellos que están programados y se desplazan por el medio de forma autónoma, sin necesidad de un piloto remoto que controle su vuelo. Estos drones están equipados con sistemas que planifican y programan su ruta, además de sistemas GPS para tener su localización exacta a tiempo real.
- Drones controlados remotamente: son aquellos que están controlado de forma remota mediante sistemas de radio control, son los más utilizados.
- Drones supervisado o monitorizado: son aquellos que pueden realizar ciertas tareas de manera autónoma, pero siempre con la supervisión de un piloto remoto.

El uso de drones es clave en los conceptos de Industria 4.0 ya que aporta soluciones en la mejora de procesos. Teniendo en cuenta que hasta ahora los drones se usaban con fines de ocio, este nuevo concepto de industria abre las puertas hacia el uso de los drones en las industrias, es por ello por lo que Europa prevé para 2050 la creación de 150.000 nuevos empleos vinculados a estos vehículos voladores.

Entre sus beneficios y aplicaciones más comunes dentro de las industrias pueden ser:

- Disminución del tiempo de las inspecciones.
- Poder inspeccionar lugares de difícil acceso.
- Reducir la peligrosidad al sustituir en algunas tareas a los operarios por drones.
- Automatización de los entornos industriales.
- Prevención de fallos gracias al Condition Monitoring, monitorización del dron.
- Reducción de costes.

El uso de drones está muy presente en la industria aeronáutica en temas de identificación e inspección de aeronaves. Los drones disponen de sensores y cámaras de alta definición que recorren el fuselaje de las aeronaves proporcionando información a través de fotografías. Luego estas imágenes son analizadas para determinar si existen arañazos, abolladuras u otros defectos en la superficie de la aeronave.

3.6.1 Dron de Airbus

En Airbus la inspección de aeronaves se realiza unas 30 veces al año, cada 100 horas de vuelo. El tiempo medio

que se emplea para inspeccionar un avión puede durar varios días pudiendo llegar a durar una semana, además en una inspección detallada puede haber más de cinco personas implicadas, mientras que un dron lo puede hacer en un 20 o 50 por ciento más rápido. Es por esto, por lo que la aplicación de este tipo de tecnologías como es el uso de drones en la inspección de aeronaves disminuye los costes, así como el tiempo empleado.

El ‘Airbus Inspection Drone’ es un dron que usa Airbus para inspeccionar las aeronaves, aumentando la calidad de las inspecciones y acortando el tiempo empleado en ello, además, de reducir en costos. Un dron puede reducir el tiempo de una inspección de un día a tres horas.

En cuanto al modo de empleo, los operadores hacen volar el dron alrededor del avión, y el dron sigue la ruta marcada de forma autónoma gracias a un radar láser que es capaz de detectar obstáculos y modificar la ruta o detener el vuelo si fuera necesario. Durante el vuelo el dron va tomando fotografías de alta resolución ya que tienen incorporadas sensores termográficos y los operadores pueden visualizar dichas imágenes a tiempo real desde una Tablet. Posteriormente, estas imágenes son analizadas mediante un algoritmo informático que localiza cualquier tipo de daño que pueda estar sufriendo la superficie del avión y son comparadas con el modelo 3D de la aeronave.

Por otro lado, los drones también son usados para crear bases de datos que ayuden a mejorar el seguimiento, la previsión y la reducción de daños en los aviones y en los futuros modelos.



Ilustración 29 – Dron de Airbus

3.6.2 Dron de Boeing

Boeing presentó en 2020 un dron llamado ‘Boeing Airpower Teaming System’ no tripulado que hace uso de inteligencia artificial, desarrollado en Australia. Su diseño y fabricación tiene como objetivos dar soporte inteligente a aviones militares en las misiones aéreas.

Este dron de Boeing proporciona distintas ventajas disruptivas en las misiones tripuladas y no tripuladas ya que tiene un rendimiento similar al de un caza, midiendo 11,7 metros de longitud y volando a más de 2000 millas náuticas. Cuenta con sensores a bordo para otorgar inteligencia, vigilancia y reconocimiento en misiones tácticas ofreciendo alertas tempranas. Además, hace uso de inteligencia artificial para volar de forma independiente o dando soporte a otras aeronaves tripuladas manteniendo distancias seguras con las demás aeronaves.



Ilustración 30 – Boeing Airpower Teaming System

Por otro lado, Boeing ha desarrollado un dron llamado MQ-25 T1, siendo a primera nave no tripulada capaz de repostar en vuelo a un caza F/A-18E-F Super Hornet perteneciente a la Armada de los Estados Unidos. Durante las pruebas, el dron consiguió con éxito reabastecer de combustible al caza demostrando la capacidad de llevar a cabo este tipo de misiones, tras 25 vuelos de prueba y de simulaciones de reabastecimiento de combustible mediante modelos digitales.

Este proyecto de la armada de los Estados Unidos junto a Boeing comenzó en 2006, realizando el primero vuelo de prueba a finales de abril de 2019.

El MQ-25 está propulsado por un motor turbofán Rolls-Royce, mide uno 16 m de longitud y consigue alcanzar una velocidad en vuelo de 930 km/h.

3.7 Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial también conocido como IA, se puede definir como la facultad de razonamiento que tiene un sistema que no está vivo, siendo capaz de desarrollar conductas y actividades que los humanos llevan a cabo como puede ser resolver un problema matemático o realizar operaciones.

Este concepto fue usado por primera vez por el informático John McCarthy en 1956.

La inteligencia artificial se puede clasificar en cuatro tipos:

- Máquinas reactivas: son los sistemas IA más básicos ya que no son capaces de recordar por lo que no son capaces de tomar decisiones basadas en acciones pasadas.
- Memoria limitada: estos tipos de sistemas son capaces de recordar acciones pasadas y son capaces de añadir experiencias para así tomar decisiones, no por mucho tiempo, gracias al monitoreo.
- Teoría de la mente: este tipo de máquinas son capaces de comprender cómo pensamos y sentimos los humanos. Este tipo de sistemas se acerca más al sistema ideal de IA que se desea en el futuro.
- Autoconciencia: los investigadores de IA buscan construir máquinas que tengan conciencia y sean

capaces de formar representaciones sobre sí mismos.

Según un estudio realizado por la consultora Accenture, más de dos tercios de las empresas invertirán y

Relacionando la IA con el sector de estudio, la industria aeronáutica es un sector que se verá altamente beneficiado por este tipo de tecnologías. Teniendo en cuenta el aumento del crecimiento de la aeronáutica será necesario gestionar el tráfico de aviones, siendo posible con herramientas de IA, siendo más sencillo la toma de decisiones. Por otro lado, llegará un momento en el que la IA reemplace, no en su totalidad, a los pilotos, dando apoyo y ayudando en operaciones complicadas con el objetivo de aumentar la seguridad y la eficacia de las operaciones.

En la inteligencia artificial se pueden distinguir cuatro generaciones:

1. La Primera generación: centrada en el razonamiento por reglas, es decir, centrada en la información que recibe un piloto o el sistema de la cabina.
2. La Segunda generación: centrada en el Big Data y el gran volumen de datos recopilados para posteriormente estudiarlos, por ejemplo, los procesos de seguridad de reconocimiento facial.
3. La Tercera generación: relacionada con el Big Data enfocado a un concepto más “humano”, suponiendo la optimización y acortamiento de tiempo en cuanto a la captación y almacenamiento de datos.
4. La Cuarta generación: se centra en la idea de crear aviones que tengan autonomía y sean capaces de tener en cuenta todos los parámetros necesarios para hacer un vuelo seguro y de tomar decisiones ante situaciones adversas.

3.7.1 Inteligencia Artificial en Airbus

Airbus lleva a cabo el MRO mediante drones, IA y Realidad Aumentada, como se ha explicado anteriormente en el punto 3.6.1 una vez que el dron realiza la inspección y ha recopilado la información, el Sistema de Airbus realiza un análisis digital y un técnico visualiza en un ordenador los posibles defectos que ha captado el dron, de acuerdo a una base de datos de tal manera que el dron va comparando los desperfectos del avión, incluso siendo capaz de medir y detallar los posibles defectos. Es aquí donde entra la IA, ya que las imágenes y datos que están contenidos en una base de datos son utilizados como algoritmos matemáticos con el objetivo de aumentar la precisión del dron, creando sistemas complejos y autónomos.

Además, la IA se encarga de que el sistema se vaya entrenando a raíz de realizar inspecciones, puesto que va aprendiendo qué es un defecto y qué no, consiguiendo dotarlo de más inteligencia.

3.7.2 Inteligencia Artificial de los Estados Unidos

Las fuerzas aéreas de los Estados Unidos han conseguido con éxito el primer vuelo de un piloto artificial totalmente autónomo y capaz de tomar decisiones propias para atacar a enemigos y defender a su líder humano. Este proyecto llamado Skyborg tiene como objetivo reemplazar a los pilotos humanos de combate por estos sistemas que hacen uso de Inteligencia Artificial.

Hasta entonces, los sistemas de IA estaban diseñados para que los aviones, en este caso, siguieran las pautas de una persona que tuviera su control, mientras que Skyborg no necesita seguir los comandos de ninguna persona pues es totalmente autónomo, siendo capaz de simular el comportamiento de un piloto humano.

En vuelo, Skyborg sigue las pautas de su líder y está atento a cualquier orden humana. Por otro lado, al no ser un humano no tiene sentimientos por lo que no siente cansancio, ansiedad ni miedo, desapareciendo el factor psicológico que afectan a los pilotos humanos.

Estados Unidos pretende poseer una gran flota de aviones con esta innovadora tecnología con el fin de volar

junto a aviones con pilotos humanos o por su cuenta, abaratando el coste de estos cazas y realizando operaciones más complejas.

3.8 Realidad Aumentada

En cuanto a la realidad aumentada también conocida como RA, es una tecnología que permite tener una visión de la realidad en objetos u elementos virtuales. Este término fue usado por primera vez por Thomas P. Caudell en 1992, cuando se encontraba inmerso en el desarrollo del avión Boeing 747. Un día pensó que los operarios encargados del ensamblaje de dicho avión consumían mucho tiempo leyendo las instrucciones y pautas para llevar a cabo las tareas, fue entonces cuando emergió el concepto de Realidad Aumentada. Pero no fue hasta el año 2016, cuando gracias al juego Pokemon Go que consistía en buscar y capturar pokemons con el móvil, cuando se popularizó este concepto.

La Realidad Aumentada es una tecnología muy usada en la aeronáutica en término de diseño, fabricación y mantenimiento. El uso de esta tecnología comprende dispositivos, aplicaciones para su control y el uso de distintas áreas de conocimiento como es el diseño del producto, la simulación de los procesos, mantenimiento y montaje. Esta tecnología permite que los trabajadores que realizan tareas relacionadas con la producción y MRO (mantenimiento, reparación y overhaul) disminuyan los tiempos de procesos al disponer de gafas, o aplicaciones de realidad aumentada en lugar de instrucciones a papel, conocidas como instrucciones técnicas o IT.

En el sector de la aeronáutica existen distintos casos de aplicación de la RA:

- **Formación:** mediante la RA aumentará la eficiencia de los procesos mediante una visión más realista de las piezas o de elementos complejos de los aviones.
- **Guiado:** teniendo en cuenta que los operarios de fábrica deben seguir las pautas marcadas por planos, manuales, a veces complejos de entender. El uso de RA con gafas o tablets puede mejorar los procesos optimizando el tiempo empleado y costes.
- **Localización:** el uso de elementos de realidad aumentada puede mejorar la precisión de ubicación de elementos de un avión o fábrica aeronáutica.
- **Documentación:** de la misma forma que el punto ‘Guiado’, el uso de RA mejorará el orden de trabajo y las operaciones de mantenimiento.
- **Soporte remoto:** la realidad aumentada se puede usar como complemento a las plataformas, dando valor añadido a la información virtual sobre los sistemas reales.

3.8.1 Realidad Aumentada en Airbus

Tras la inspección del avión realizada por el dron que usa Airbus y lo explicado en el punto 3.7.1 entra en juego la RA, los trabajadores de MRO hacen uso de gafas 3D y tablets de tal forma que ven un avión virtual, siendo capaces con estos sistemas de comprobar el tiempo de defecto, la importancia, donde se encuentra, el estado y si hubiera una solución posible.

4 EL AVIÓN DEL FUTURO

El futuro de la aeronáutica estará marcado por las nuevas tecnologías que van surgiendo gracias al desarrollo de ellas, a la industria 4.0 y a las posibles nuevas revoluciones que surgirán a lo largo del tiempo. Este sector busca fabricar aviones más eficientes a través de distintos métodos, y con la ayuda del desarrollo tecnológico y la digitalización de la producción será posible el alcance de estos objetivos.

Aunque se habla de futuro y el futuro no es previsible a largo plazo, los fabricantes y aerolíneas de aviones buscan y proponen nuevas técnicas que se emplearán para la creación de aviones más eficiente, sostenibles y centrados en el concepto de ‘Smarter Skies’ o ‘Cielos más Inteligentes’. Este concepto iniciado por Airbus tiene como principal visión la aviación sostenible a partir de 2050, yendo más allá del diseño y centrándose en cómo volaremos en las futuras décadas.

El Futuro según Airbus se centra en cinco pilares fundamentales:

1. Despegue ecoeficiente: mediante energías renovables se conseguirá un despegue más sostenible, permitiendo un mayor ángulo de ascenso, reduciendo el ruido y alcanzando la altitud crucero en menos tiempo. Además, con el aumento de la población y la reducción de espacios, las pistas de despegue y aterrizaje se verán afectadas y serán más reducidas en cuanto a tamaño, por lo que este sistema permitirá operar en pistas más cortas, reduciéndose, así, el uso del suelo.
2. Vuelo libre y pasillos aéreos exprés: los aviones inteligentes serán capaces de auto-organizarse y realizar rutas más óptimas y sostenibles, teniendo en cuenta factores como las condiciones meteorológicas. Mediante estos sistemas de optimización de rutas se conseguirá una mayor eficiencia en la fase de crucero gracias a una menor resistencia y un menor consumo de energía.
3. Reducción del ruido y aterrizajes planeando: al planear los aviones reducirán emisiones y ruido ya que no será necesario ni empuje ni el uso de los frenos. Además, la distancia de aterrizaje se verá disminuida al reducirse la velocidad, siendo más fácil el aterrizaje en las pistas más cortas.
4. Reducción de emisiones: el apagado de los motores antes del aterrizaje y despegue reducirá las emisiones. Gracias a los avances tecnológicos, un remolcador impulsado por energía renovable estará listo para retirar el avión de forma inmediata consiguiendo una optimización del espacio en pista y eliminando las limitaciones en ella.
5. Fuentes de energía: el uso de energías renovables como biocombustibles, electricidad, hidrógeno, energía solar, entre otras, asegurará la disminución de la huella medioambiental a largo plazo. Introduciendo, también, energías renovables en los aeropuertos para abastecer a los aviones e infraestructuras de forma sostenible.

Los siguientes apartados de este capítulo se centran en distintas tecnologías que se centran en conseguir el avión eficiente y sostenible del futuro.

4.1 Aviones de Hidrógeno

El uso del hidrógeno va a ser un factor clave en el futuro de los aviones, consiguiendo como objetivo principal una disminución de la emisión de CO_2 (Dióxido de Carbono) a la atmósfera y reduciendo el impacto ambiental, tan importante y presente hoy en día.

Airbus ha comenzado una campaña de descarbonización de la industria aeronáutica, presentando distintos modelos de aviones con cero emisiones contaminantes. Estos aviones estarían en servicio a partir de 2035.

Los ingenieros estudian el uso de hidrógeno en sus motores en vez de CO_2 , asegurando cielos limpios de

contaminación, pero aún queda mucho por estudiar, puesto que el hidrógeno no tiene el mismo volumen que los combustibles que se usan hoy en día, es por esto por lo que deben estudiar como almacenarlo y como funcionaría en las aeronaves.

Airbus está llevando a cabo un programa llamado ‘ZEROe’ en el que se están desarrollando tres prototipos de aeronaves diferentes en cuanto a diseño, pero con una característica en común, cero emisiones gracias a cápsulas de hidrógeno. Estos aviones son:

- Turbofan: es un avión con capacidad de entre 120 y 200 pasajeros y capaz de alcanzar más de 2.000 millas náuticas, es decir 3704 kilómetros. Estos dispondrían de dos motores de turbina propulsados por hidrógeno, que estaría almacenado en unos tanques ubicados en la parte trasera del avión.
- Turbohélice: este avión tendrá una capacidad de hasta 100 pasajeros y podrán viajar más de 1.000 millas náuticas, es decir 1852 kilómetros. Estos aviones dispondrían de uno motores de turbina de gas que funcionarían con hidrógeno.
- Ala mixta (BWB): es un avión de diseño diferente a los aviones normales, ya que sus alas están fusionadas con el cuerpo central del avión, de tal forma que parece que tiene una única ala gigante. Este avión tendría una capacidad de hasta 200 pasajeros.

Introducing Airbus ZEROe

Concept	Passengers	Range	Engines	System
Turboprop	<100	1,000+nm	Hydrogen Hybrid Turboprop Engines (x 2)	Liquid Hydrogen Storage & Distribution System
Blended-Wing Body	<200	2,000+nm	Hydrogen Hybrid Turbofan Engines (x 2)	Liquid Hydrogen Storage & Distribution System
Turbofan	<200	2,000+nm	Hydrogen Hybrid Turbofan Engines (x 2)	Liquid Hydrogen Storage & Distribution System

AIRBUS

Ilustración 31 – Programa ZEROe de Airbus

4.2 Aviones Eléctricos

El uso de la electricidad como impulsor es también uno de los objetivos que tiene la industria aeronáutica. Airbus junto a Siemens y Rolls-Royce comenzó en 2017 un programa para el lanzamiento de un avión de propulsión híbrido-eléctrico que dado como finalizado en 2020 ya que no cumplía con los objetivos que se esperaban. Aun así, Airbus sigue trabajando para la descarbonización del transporte aéreo.

El proyecto ‘E-Fan X’ consistía en un avión híbrido que realizaría rutas a partir de 2020, con base en el avión BAe 146 capaz de transportar a 100 pasajeros. Este llevaría incorporado un motor eléctrico de 2 MW alimentado por un sistema de baterías funcionando mediante corriente continua a 3.000 voltios.

Por otro lado, Rolls-Royce está llevando a cabo las pruebas en tierra de un motor eléctrico que impulsará al avión más rápido del mundo. Este motor eléctrico de 373 kW (500 CV) será incorporado en el avión eléctrico ‘Spirit of Innovation’ un avión del que se espera que haga historia y que llevará incorporado tres motores eléctricos axiales con 750 kW de potencia (más de 1.000 CV) que harán mover la hélice central.

Rolls-Royce ha llamado a esta prueba ‘ionBird’ en la que nunca antes se habían empleado baterías con tanta densidad de potencia para propulsar un avión. En el interior, existen más de 6.000 celdas que garantizan la máxima seguridad, el mínimo peso y la mejor potencia térmica. La aeronave conseguirá una velocidad de 480 km/h, consiguiendo ser la aeronave más rápida del mundo para vuelos eléctricos.

En cuanto a la compañía EasyJet, se ha aliado con la empresa estadounidense Wright Electric para iniciar un proyecto con el objetivo de desarrollar el motor de un avión eléctrico con capacidad de 186 pasajeros, llamado ‘Wright 1’. Actualmente, están estudiando la magnitud de megavatios que necesitará el avión, implicando un motor de 1,5 MW y un inversor de 3 kW con el objetivo de hacer la aviación comercial más verde orientada a las cero emisiones en Europa y en el mundo.

Wright Electric trabaja en compañía de BAE Systems en cuanto a los controles de vuelo y sistema de gestión de energía, y estiman hacer pruebas del motor en 2021 y del avión en 2023.

El avión Wright 1 es un avión con motor eléctrico muy potente y eficiente, cuyo sistema de propulsión y cuerpo aerodinámico consigue disminuir en un 20% el uso de energía en comparación con un avión de combustible fósil. Además, genera hasta un 20% menos de ruido que un avión normal

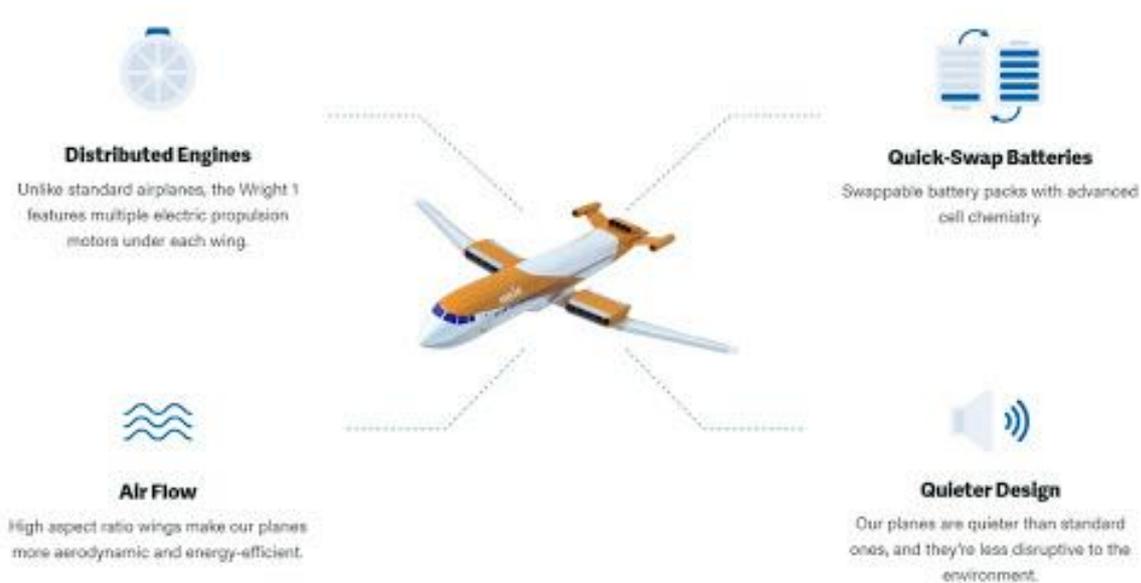


Ilustración 32 – Avión Wright 1

4.3 Aviones Solares

La importancia de las energías renovables está presente también en la industria aeronáutica, con el fin de crear una atmósfera más limpia y disminuir el calentamiento global que actualmente sufre la Tierra. Es por esto, por lo que la fabricación de aviones impulsados por energía solar no es una ficción, sino que muchas empresas del sector tienen la intención y están llevando a cabo proyectos de aviones impulsados por energía solar.

Airbus como empresa líder en el sector y en la innovación, está inmerso en un proyecto de un avión no tripulado

o UAV estratosférico impulsado por energía solar, llamado Zephyr.

Zephyr depende la energía solar, con baterías secundarias cargadas a la luz del día para alimentar el vuelo nocturno, con el fin de llevar a cabo un vuelo nulo en emisiones de carbono, siendo capaz de volar continuamente durante meses, por encima del tráfico aéreo convencional y alrededor de más de 70.000 países.

En 2018, Airbus realizó una maniobra de prueba en la que Zephyr consiguió batir récord de resistencia de 25 días, 23 horas y 57 minutos, sin repostar.

Este avión no tripulado ha obtenido aprobaciones civiles y militares en cinco países de cuatro continentes, y después del despegue y ascenso a la estratosfera en ocho horas controlado desde una estación de control terrestre en cualquier parte del mundo, navegará hasta la ubicación deseada pudiendo estar a miles de kilómetros, todo gracias a la energía solar.

En cuanto a las dimensiones de esta aeronave, está formado por una envergadura de 25 metros y su peso es de 25 kg, además cuenta con una carga visual de 20 por 30 km, proporcionando una gama de vigilancia continua muy útil para las misiones, imágenes y vídeos de alta resolución. Zephyr cuenta con sensores que detectan los cambios climatológicos o en el medio ambiente, y hace una recopilación de datos.



Ilustración 33- Zephyr Airbus

Son muchas las empresas aeronáuticas que están llevando a cabo proyectos de aviones impulsado por energía solar, como es el caso de Suiza con el Proyecto Solar Impulse, un avión alimentado por energía solar fotovoltaica en el día y en la noche. Este avión dispone de células solares en sus alas, que a la vez carga las baterías que le permiten mantenerse en vuelo durante toda la noche, consiguiendo una autonomía completa.

El Proyecto del Solar Impulse comenzó en 2005 con el primer prototipo llamado Solar Impulse HB-SIA, años más tarde se fabricó otro prototipo de aeronave dotada de técnicas mejorada y una cabina mayor para el piloto. Este avión llamado HB-SIB, consiguió dar la vuelta al mundo en 2016 en 17 etapas, volando durante 500 días y más de 558 horas de vuelo.

4.4 Diseño del avión del futuro

El diseño también forma parte de una de las revoluciones que presentarán los aviones del futuro, ya que el diseño de los aviones se llevará a cabo de forma paralela a las ideas innovadoras que surgen en la industria.

El diseño es un determinante muy importante en la fabricación de un avión, ya que los aviones deben ser aerodinámicos y deben disponer de espacios optimizados.

La Universidad de Delft y la empresa de aerolíneas KLM han desarrollado un proyecto llamado Flying-V, este avión tiene un diseño especial ya que la cabina de pasajeros, la plataforma de carga y los tanques de combustible están integrado en el ala en forma de V. La forma de V de este avión consigue una mejora aerodinámica y un menor peso de la aeronave, además de una mejora en eficiencia energética en larga distancias, reduciendo el consumo de combustible en un 20% respecto al Airbus A350.

El proyecto de Flying-V tiene una capacidad de 314 pasajeros y una cantidad de carga de 160 m³, midiendo 55 metros de largo, 17 de alto y con una envergadura de 65 metros.

En cuanto al diseño de la cabina será distinto a los aviones convencionales que conocemos hoy en día, pues este avión dispondrá los asientos escalonados para que los pasajeros puedan ir mirando hacia delante. También se está estudiando otra disposición, como es la distribución en tren, con mesa en el medio, o con camas cerca del borde del ala.

En septiembre de 2020, un prototipo más pequeño del Flying-V realizó su primer vuelo con éxito, tras una primera fase de creación de dos años y tras diferentes pruebas y test en túneles de viento y en suelo.



Ilustración 34- Avión Flying-V

Por otro lado, Airbus presentó en 2020 en el Salón Aerodinámico de Singapur el avión Maveric. Un avión con un diseño innovador, conocido como “cuerpo de ala combinada”, es decir las alas están integrada en el cuerpo del avión, capaz de reducir el consumo de combustible en un 20% en comparación con otros aviones.

Desde 2017 que empezó el proyecto, Airbus está realizando pruebas e introduciendo las nuevas tecnologías que están surgiendo en este avión para formar un avión del futurista que sea eficiente y cuente con mucho potencial. Se espera que para 2030 este tipo de aviones empiecen a volar como aviones comerciales, ya que aún existen problemáticas en cuanto a su integración en aeropuertos, las puertas de salidas de emergencia en caso de

emergencia, entre otros problemas que Airbus debe seguir estudiando para que el proyecto se pueda dar por válido.

En cuanto al interior de los aviones, las cabinas dispondrán de inteligencia artificial, IoT y otras tecnologías que harán que harán posible crear una experiencia inteligente del pasajero.

En los Premios Crystal Cabin de hamburg Avition son distintas empresas las que muestran sus diseños de cabinas futuristas que pretenden reinventar los interiores de los aviones con el objetivo de beneficiar a los pasajeros y a la eficiencia de la propia aeronave, consiguiendo optimizar los espacios.

Airbus tiene un proyecto llamado Airbus Cabin Vision 2030, centrado en el diseño de las cabinas de los aviones del futuro. Estas dispondrán de asientos giratorios con el objetivo de crear espacios homogéneos para las familias o grupos, anulando los compartimentos de maletas para tener una visión completa y abierta de la cabina central. Además, Airbus tiene como objetivo incorporar el concepto de 'cabina conectada' utilizando tecnología interconectada como es el IoT con la finalidad de garantizar un vuelo fluido para los pasajeros y la tripulación.

Otras de ideas propuestas en el certamen, están relacionadas con diseños innovadores que pretenden buscar la máxima comodidad de los pasajeros en la zona económica. Las cabinas de clase turista son aquellas en la que los asientos son más pequeños y los pasajeros tienen menor calidad de descanso, es por esto por lo que está llevando a cabo una iniciativa en la que se ofrecen camas doble ideales para viajes familiares, entre otras comodidades como reposapiés o cojines para poder crear del asiento un sofá.

Otras propuestas fueron más lujosas, como la instalar spas, duchas a bordo o bares en vuelo, así como espacios del avión con vistas panorámicas del cielo.

5 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial está transformando la industria al completo debido a la digitalización gracias a los conceptos vistos a lo largo del trabajo cómo son el IoT, el Big Data, la robótica, el Edge Computing, Machine Learning y la Inteligencia Artificial, además de otras tecnologías que están surgiendo a raíz de esta transformación industrial. El sector aeronáutico es uno de los sectores donde esta cuarta revolución influye, proponiendo mejoras y soluciones en los procesos industriales y en las propias aeronaves. Es por ello, que la Industria 4.0 ofrece a la industria aeronáutica los siguientes aspectos positivos:

- Economía
- Sociedad
- Creación de nuevos puestos de trabajo
- Mejora del impacto medioambiental
- Optimización de los procesos
- Optimización de materiales empleados y reducción de peso
- Crecimiento de la capacidad de procesamiento de la información
- Disminución de tiempos en los procesos productivos

En cuanto a los retos que supone este sector:

- Ciberseguridad
- Costes de implementación de nuevas tecnologías
- Pérdidas de empleo
- Concienciación de las administraciones públicas

Tras el estudio realizado en el trabajo y las distintas aplicaciones que se pueden emplear, el sector aeronáutico es un sector con potencial y que aprovechará las innovaciones tecnológicas que trae consigo la Industria 4.0. A pesar de que las empresas están implantando este concepto poco a poco debido a los altos costes que suponen las distintas nuevas tecnologías, son muchas que ya las llevan a cabo y ven beneficios claros. La Industria 4.0 trae consigo nuevas formas de negocio, de procesos y una mejora en la cadena de suministro que involucra a todo el sector.

Los aviones 4.0 serán aviones eficientes, concienciados con el medioambiente, ofreciendo experiencias inteligentes a los pasajeros y tripulación y reduciendo aspectos negativos como pueden ser la contaminación atmosférica, la seguridad, el peso de los aviones, entre otros, concluyendo que esta nueva revolución será primordial en el sector aeronáutico.

En cuanto a trabajos futuros o interesantes por investigar pueden ser cada una de las aplicaciones o tecnologías que se nombran a lo largo del trabajo, profundizando en ellas. Por otro lado, están surgiendo otras tecnologías

que el sector aeronáutico no ha contemplado todavía pero pueden llegar a ser interesantes para esta industria como pueden ser el BlockChain, la red 5G, Chatbot, la Nanotecnología, etc.

REFERENCIAS

- Aciturri. (2019). *Aciturri*. Obtenido de <https://www.aciturri.com/es/press-media/articulos/additive-manufacturing>
- Adeva, R. (2021). Todos los tipos de dron e según el uso, diseño y control. *AZ adsl zone*.
- Aicad Business School. (2020). Edge Computing: definición, funciones y aporte al mundo digital.
- Airbus desvela su concepto "Cielo más inteligente" pensando en el 2050. (2012). *AeroTendencias*.
- Autor. (2012). Este es el ejemplo de una cita. *Tesis Doctoral*, 2(13).
- Autor, O. (2001). Otra cita distinta. *revista*, pág. 12.
- BBVA. (2019). 'Machine Learning': ¿qué es y cómo funciona?
- Boeing. (2021). Obtenido de Sistema de formación de equipos Boeing Airpower: <https://www.boeing.com/defense/airpower-teaming-system/>
- CiudadesDelFuturo. (2019). *Siemens*. Obtenido de <https://ciudadesdelfuturo.es/la-digitalizacion-llega-a-la-industria-aeronautica-ventajas-y-aplicaciones.php#:~:text=Gemelo%20Digital%20en%20la%20aeron%C3%A1utica,la%20monitorizaci%C3%B3n%20de%20los%20sistemas>.
- Conocimiento, I. d. (2019). Las 7 V del Big Data: Características más importantes.
- European Commission. (2017). *Industry 4.0 in Aeronautics: IoT applications*.
- Excellence, I. (2018). *ISOTools Excellence*. Obtenido de <https://www.isotools.org/2018/07/12/industria-4-0-que-debemos-saber/>
- Fabricación, I. C. (s.f.). *Fabricación Aditiva: Oportunidades y claves para su incorporación en la empresa*.
- Fernando Tablado. (2020). Inteligencia artificial: definición, tipos y aplicaciones. *GRUPO ATICO24*.
- García, G. (2020). Rolls-Rooyce prepara el avión eléctrico más rápido del mundo para batir el récord de velocidad en vuelo. *HE*.

GMV. (2019). Lo que necesitas saber sobre los gemelos digitales. *gmv BLOG Innovation Solutions*.

GRUPO, A. A. (2016). <https://mizaradditive.com/que-es-fabricacion-aditiva/>.

IBERDROLA. (s.f.). *Iberdrola*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-realidad-aumentada>

Imprimalia 3D by 3Dnatives. (2013). Compuesto en 3D ahorrarán combustible en los aviones. *Imprimalia 3D by 3Dnatives*.

ITP Aero. (2018). Obtenido de <https://www.itpaero.com/recursos//doc/portal/2019/01/21/itpaero-air-2018-cas.pdf>

Martínez, C. C. (2017). Ciberseguridad en aeropuertos y compañías de aviación civil. *Segurilatam*.

Ministerio de Defensa de España. (2020). *Esquema Nacional de Seguridad. Gestión de Ciberataques*.

Optical Networks. (2021). Tipos de ataques informáticos y previsiones para el 2021.

Pardo, A. (s.f.). Buscando el Avión Gemelo Digital. *MathWorks*.

Peón, C. d. (2019). *Los gemelos digitales en la Industria 4.0*.

Redacción. (2019). 'El Internet de las cosas' comienza a hacer los vuelos más eficientes. *TRANSPONDER 1200*.

Redacción Hispaviación. (s.f.). Airbus lleva el MRO al 4.0, mediante drones, IA y Realidad Aumentada. *Hispaviación Aviación*.

Redacción Hispaviación. (s.f.). Airbus lleva el MRO al 4.0, mediante drones, IA y Realidad Aumentada. *Hispaviación Aviación*.

Revista de Robots. (2020). Qué es el Machine Learning y el Aprendizaje Automático.

Rozo-García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0.

Serrano, J. (2020). *4 innovaciones obligatorias en la industria aeroespacial*.

Solutions, A. C. (s.f.). *Asidek*. Obtenido de <https://www.asidek.es/areas-de-negocio/fabricacion-aditiva/sub-sector-aeronautico/>

Wright. (2021). *Wright: Zero emissions*. Obtenido de <https://www.weflywright.com/>

Xunta de Galicia, I. (s.f.). Oportunidades Industria 4.0 en Galicia.

Zahera, M. (2012). *La Fabricación Aditiva, Tecnología Avanzada para el diseño y desarrollo de productos*.