

# Aplicaciones estratégicas de la transformación digital en el sector aeroespacial

**Alexander González Prieto**

Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (UOC-URL)

**Consultor:** Dídac López Viñas

**Profesor responsable:** José Ramón Rodríguez Bermúdez

Fecha: 14/06/2018



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-

SinObraDerivada [3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

## FICHA DEL TRABAJO FINAL

<b>Título del trabajo:</b>	<i>Aplicaciones estratégicas de la transformación digital en el sector aeroespacial</i>
<b>Nombre del autor:</b>	<i>Alexander González Prieto</i>
<b>Nombre del consultor/a:</b>	<i>Dídac López Viñas</i>
<b>Nombre del PRA:</b>	<i>José Ramón Rodríguez Bermúdez</i>
<b>Fecha de entrega:</b>	<i>14/06/2018</i>
<b>Titulación:</b>	<i>Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación</i>
<b>Área del Trabajo Final:</b>	<i>Dirección estratégica</i>
<b>Idioma del trabajo:</b>	<i>Castellano</i>
<b>Palabras clave</b>	<i>Estrategia, transformación digital, sector aeroespacial</i>

### Resumen del trabajo

El concepto de transformación digital surgido en los últimos tiempos simboliza la aplicación de la cultura digital y las nuevas tecnologías a las cadenas de valor de las organizaciones, con el objetivo de aumentar el beneficio socio-económico. Este proceso de cambio debe ser cuidadosamente dirigido y apoyado desde las estructuras de liderazgo, ya que conlleva ciertos riesgos importantes. El principal obstáculo será la barrera cultural; es decir, la oposición al cambio dentro de la propia organización. Por otra parte, los beneficios asociados al uso masivo de la tecnología pueden hacer olvidar a la dirección que, en todo momento, debe ser la estrategia y los objetivos de negocio los que dirijan la transformación, y no la tecnología.

Este TFM se refiere al sector aeroespacial, el cual se ha caracterizado históricamente por ser altamente dependiente de la tecnología y la innovación. Además, se trata de un sector fuertemente regulado por estrictos estándares de seguridad y aeronavegabilidad. Sin embargo, es también un sector con grandes expectativas de crecimiento. En este TFM se demuestra cómo la transformación digital puede ayudar al sector a cumplir con sus desafíos de

futuro. Se propone una estrategia de aplicación basada en capas, conectada en la parte superior con la estrategia y los objetivos de negocio, y situando a la tecnología en la parte más baja. De esta forma es la estrategia la dirige la transformación, y no la tecnología.

En la parte final del TFM se presenta un caso real de transformación digital en el sector aeroespacial, el de la empresa Airbus.

## **Abstract**

The new digital transformation paradigm promises to change how firms will work and will interact with customers in the future, bringing along several other benefits. The adoption of this model implies a deep transformation of the value chain and culture of the organizations, with the aim of increasing the socio-economic profit. The transformation process has to be driven by the organizations' leaders, assuring enough support and resources at all levels. The resistance to cultural change inside the organization itself is among the main risks to be managed. Moreover, leadership must always bear in mind that is the strategy, not technology, who must drive the digital transformation.

The scope of this document covers the application of the digital transformation to the aerospace industry. This sector has been traditionally characterized by a high dependency on innovation and technology, in addition to a tight control of safety and airworthiness regulations. The aim of this document is to justify and propose strategies for success in applying the digital transformation to this sector, as a tool for leaders to achieve the goals of the industry in the next decades. The strategy proposed in this document empowers business strategy as driver for the transformation, instead of the technology itself.

Finally, the real case of an aerospace firm (Airbus) involved today in a transformation process is presented and analyzed.

# Índice

<b>1. Introducción.....</b>	<b>5</b>
1.1 Contexto y justificación del trabajo.....	5
1.2 Objetivos y alcance del trabajo .....	6
1.3 Enfoque y método seguido.....	7
1.4 Planificación del Trabajo .....	8
1.5 Sumario de los capítulos de la memoria .....	10
<b>2. Análisis del sector aeroespacial .....</b>	<b>11</b>
2.1 Introducción.....	11
2.2 Cadena de valor y análisis de las cinco fuerzas.....	14
La cadena de valor del sector aeroespacial .....	15
Actividades primarias de la cadena de valor aeroespacial .....	17
Diseñar.....	17
Proveer.....	18
Fabricar .....	19
Vender.....	20
Dar servicio .....	22
Actividades secundarias de la cadena de valor.....	23
Análisis de las cinco fuerzas.....	23
Entrada de nuevos competidores.....	24
Poder de negociación de los suministradores .....	25
Poder de negociación de los compradores .....	25
Amenaza de productos sustitutivos .....	26
Rivalidad entre los competidores .....	26
2.3 Análisis global del mercado.....	27
Aviación comercial.....	27
Perspectivas de futuro.....	30
Más aviones significan más servicios.....	32
Subsector espacial .....	35
El futuro: Space Age 2.0 y el conglomerado NewSpace .....	38
2.4 Riesgos más relevantes y estrategias asociadas.....	39
Fiabilidad y flexibilidad de la cadena de suministros .....	40
Aumento de la competencia y reducción de los márgenes .....	42
Regulaciones y legislación .....	43
Capacidad para innovar y alta dependencia del desarrollo tecnológico .....	45
Economía internacional y efectos de la globalización .....	46
<b>3. La transformación digital.....</b>	<b>47</b>
3.1 ¿Qué es (y qué no es) la transformación digital? .....	47
La estrategia en el mundo digital .....	48
El factor tecnológico .....	49
3.2 ¿Por qué adoptar la transformación digital?.....	51
3.3 ¿Cómo implementar la transformación digital? .....	53
Las claves del éxito .....	55
3.4 Desafíos y riesgos de la transformación digital .....	56

El cambio cultural .....	57
El dilema del innovador .....	58
Formación y habilidades tecnológicas .....	59
El rol de la dirección .....	59
Las dificultades técnicas.....	60
3.5 La cuarta revolución industrial.....	60
<b>4. Aplicación de la transformación digital al sector aeroespacial .....</b>	<b>62</b>
4.1 Impulsores, oportunidades y habilitadores .....	62
Los 4 impulsores digitales del sector aeroespacial.....	64
Oportunidades de valor y habilitadores .....	67
4.2 Estrategias para la transformación digital del sector aeroespacial.....	68
Herramientas y estrategias para el cambio cultural .....	70
Transformación de la cadena de valor aeroespacial .....	72
Diseñar.....	73
Proveer.....	73
Fabricar .....	74
Vender.....	74
Dar servicio .....	75
4.3 Beneficios esperados.....	77
4.4 Barreras digitales en el sector aeroespacial.....	78
<b>5. La transformación digital de Airbus.....</b>	<b>80</b>
5.1 La compañía .....	80
Misión, visión y valores.....	81
Estrategia y objetivos de negocio .....	82
5.2 Cómo se construye el cambio .....	83
Impulso del cambio cultural .....	83
Arquitectura del cambio .....	84
Gestión del cambio.....	86
Capacidades digitales como habilitadoras del cambio .....	87
5.3 Ejemplos programas de transformación.....	89
Skywise .....	89
Materiales inteligentes .....	90
IflyA380.....	92
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>94</b>
6.1 Resumen y conclusiones del trabajo.....	94
6.2 Estado de los objetivos del proyecto.....	96
6.3 Seguimiento de la planificación y metodología .....	97
6.4 Líneas de trabajo futuras .....	97
<b>7. Lista de acrónimos.....</b>	<b>99</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>100</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Contexto y justificación del trabajo

Los avances tecnológicos actuales plantean interesantes oportunidades a las empresas que quieran adoptarlos, aunque también implican nuevos riesgos desconocidos hasta ahora. La transformación digital es la aplicación e integración de las tecnologías más modernas y complejas a todo el ciclo de la cadena de valor.

En el ámbito industrial, este proceso supone una transformación de tal magnitud que algunos la han venido a denominar cuarta revolución industrial o industria 4.0. Los expertos vaticinan que estamos a punto de entrar en una revolución tecnológica sin precedentes que alterará, de manera fundamental, no sólo la forma en la que trabajamos, sino también la forma en la que nos relacionamos y vivimos. De esta manera, se consigue fusionar tres esferas fundamentales: física, biológica y digital; y se revoluciona profundamente el sistema completo: producción, gestión y gobernanza.

Existe una profusión de términos tecnológicos en la actualidad que prometen remodelar completamente las cadenas de valor, proporcionar ventajas competitivas frente a los competidores y aumentar los beneficios. La labor de los líderes del negocio es la de saber elegir, valorando y analizando las implicaciones estratégicas de esta transformación y los desafíos que presenta. Es decir, cómo afectará a la organización y al ecosistema de la industria, qué nuevas oportunidades y modelos de negocio se crearán, y qué nuevos riesgos aparecerán. Todo ello sin olvidar que, cuando se trata de la transformación digital, el mayor cambio no es tecnológico, sino cultural. La transformación digital sólo beneficiará a quienes sean capaces de innovar y de adaptarse al desafío permanente que supone el cambio del *mindset*.

Este TFM pretende estudiar la aplicación de la transformación digital al sector aeroespacial, un sector que se enfrenta a importantes retos en los próximos años.

Según las predicciones, en 20 años, habrá sido necesario construir 35.000 nuevos aviones comerciales (con un valor estimado de \$4.4 billones) para cubrir la demanda de transporte de pasajeros y de mercancías. Debido a este incremento de aeronaves en servicio se estima que el valor del negocio MRO (mantenimiento y reparación) llegue a los \$1.8 billones. Además, serán necesarios 500.000 nuevos pilotos para cubrir el aumento de la demanda. En cuanto al subsector espacial, se prevé que en 20 años su valor se multiplique por 8, llegando a los \$3 billones. Los retos tecnológicos que se plantean no son nada triviales, entre ellos se incluyen la exploración del espacio exterior o el envío de misiones tripuladas a Marte.

En resumen, el sector aeroespacial se enfrenta a importantes desafíos que justifican la adopción de estrategias nuevas y renovadoras. La misión de este TFM será estudiar y proponer aplicaciones de la transformación digital en este contexto.

## **1.2 Objetivos y alcance del trabajo**

El objetivo final del proyecto es estudiar la aplicación de la transformación digital al sector aeroespacial y proponer estrategias para ello, analizando el impacto en las cadenas de valor y la forma en la que habilita a las empresas el cumplimiento de sus objetivos de negocio.

Este objetivo se articulará en cuatro fases:

### **1. Estudiar el contexto actual y evolución el sector aeroespacial**

Se analizará el contexto actual y las particularidades del sector. También se estudiarán las tendencias del mercado a medio plazo y los horizontes futuros. Se determinarán cuáles son las estrategias que adoptan las organizaciones del sector, y se obtendrá una visión de los retos a los que se enfrenta la industria en los próximos años.

### **2. Entender la transformación digital y lo que supone como revolución industrial**

En esta fase trataremos de comprender lo que es y lo que no es la transformación digital. Nuestro objetivo es entender las oportunidades que ofrece y los riesgos que implica su implementación, para de esta forma poder determinar la mejor forma de adaptarla a las particularidades estratégicas del sector aeroespacial.



### **3. Proponer aplicaciones estratégicas de la transformación digital a la industria aeroespacial**

En esta parte se adaptan las premisas de la transformación digital, obtenidas en el objetivo 2, al contexto del sector aeroespacial, definido en el objetivo 1. Nuestra intención es proponer estrategias de adaptación de dicha transformación al sector, valorando los riesgos y oportunidades que ofrece. Asimismo, se planteará cómo los líderes deben integrar la estrategia digital con la estrategia global de las compañías.

### **4. Presentación de un caso práctico (Airbus)**

Finalmente, presentamos el caso práctico de Airbus, una empresa aeroespacial involucrada en un programa de transformación digital.

Los siguientes aspectos quedan fuera del alcance del proyecto:

- El TFM no cubre aspectos de gestión de proyectos de transformación digital. Es decir, la forma en la que planificar o ejecutar estos proyectos. Únicamente se centrará en aspectos estratégicos.
- Si bien puntualmente puede ser necesario mencionar alguna tecnología a lo largo del proyecto, no se pretende dar una explicación técnica detallada de ellas.
- Aunque tradicionalmente el sector aeroespacial se ha asociado a la industria militar y de defensa, este trabajo se circunscribe exclusivamente a las actividades civiles del sector. En particular, en el trabajo se analizará la aviación comercial y las aplicaciones espaciales con fines civiles o de investigación.

## **1.3 Enfoque y método seguido**

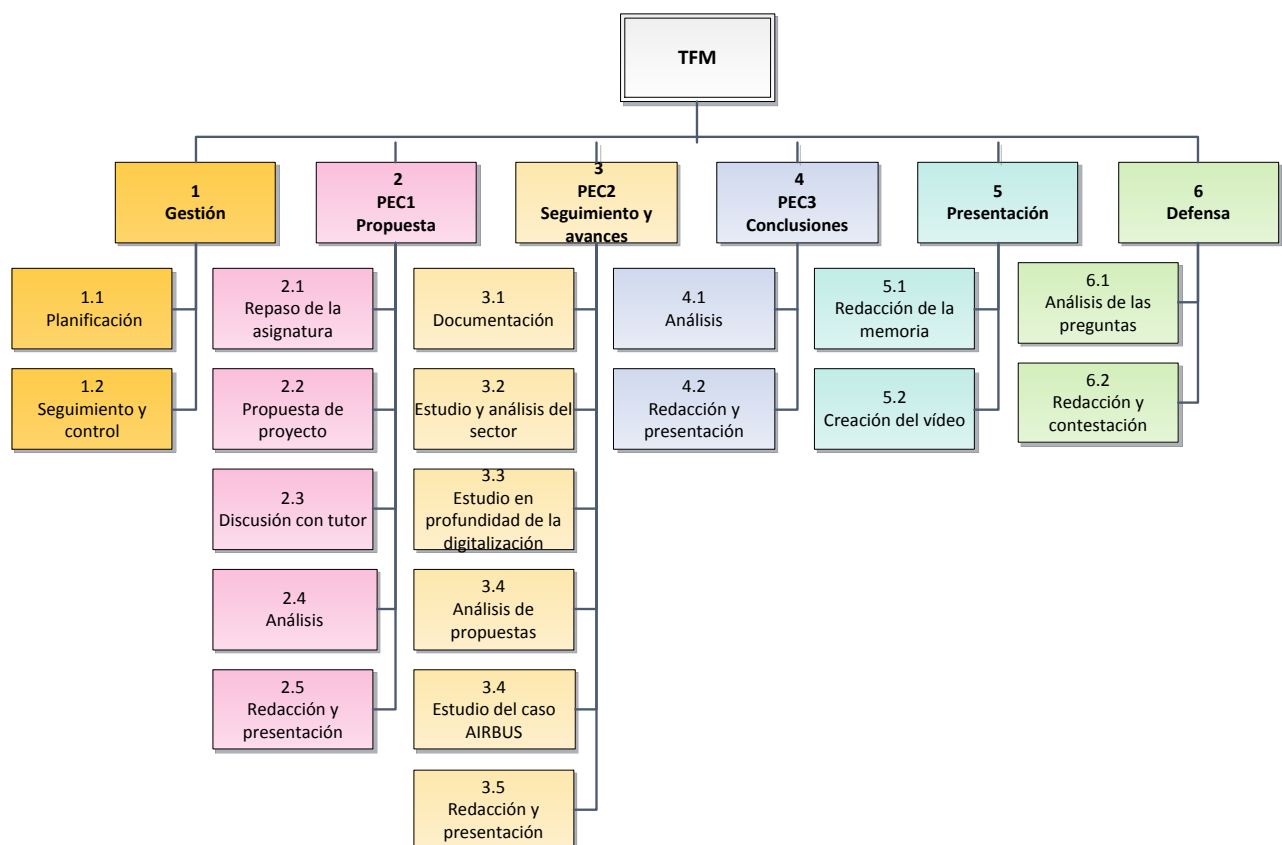
El trabajo se estructurará en 4 capítulos principales correspondientes a los 4 objetivos propuestos en la sección 1.2 (cada uno de estos capítulos se corresponde a un objetivo). Los dos primeros capítulos son más analíticos, destinados a dar una idea de cómo es la industria aeroespacial (lo que se pretende transformar) y qué es la transformación digital (cómo se aplica y qué beneficios puede proporcionar). En el tercero se proponen estrategias de transformación apropiadas para el sector y, finalmente, en el cuarto capítulo, se describe un caso real de aplicación de transformación digital. La lista global de capítulos se detalla en la sección 1.5.

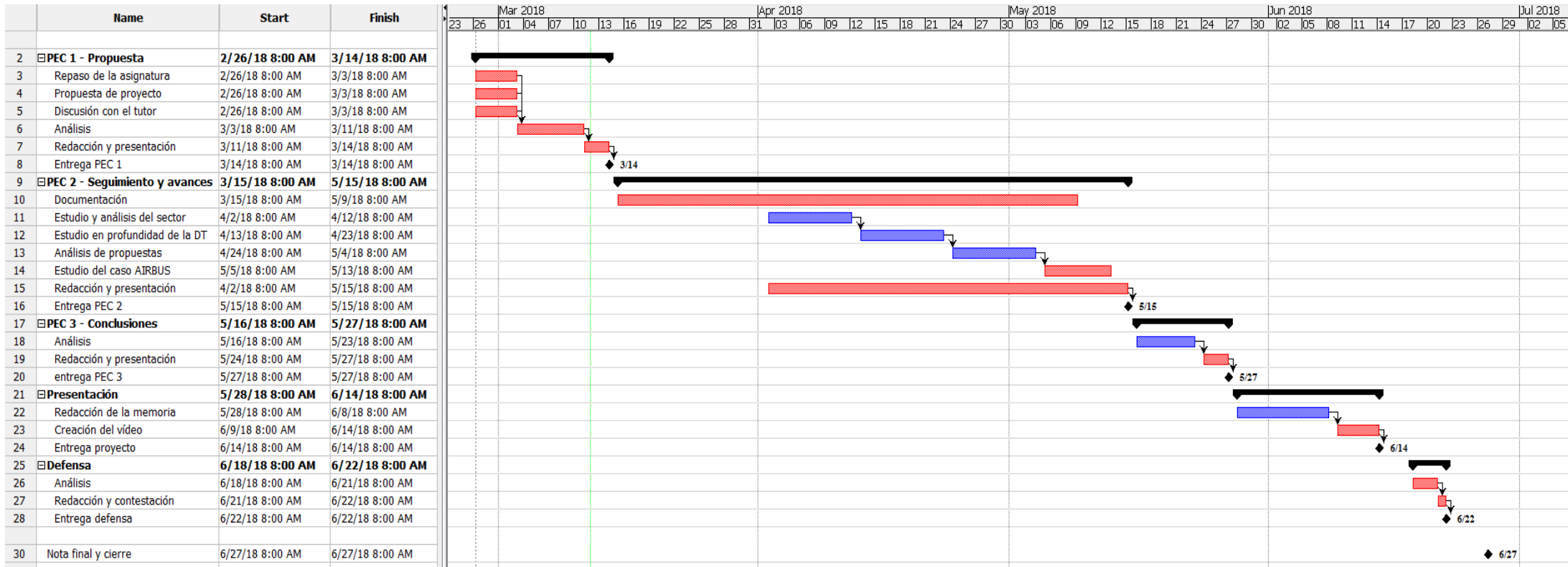
## 1.4 Planificación del trabajo

Las fechas clave del TFM se corresponderán con las fechas de entrega establecidas en el plan docente de la asignatura. Éstas serán los hitos del proyecto. El proyecto se gestionará siguiendo una filosofía PMBOK de grupos de procesos: INIT, PLAN, EXEC, CTRL y CLOSE.

HITO	FECHA	ENTREGABLE	GESTIÓN
PEC 1	14/03/2018	Propuesta, alcance, objetivos y planificación	INIT + PLAN
PEC 2	14/05/2018	Informe de seguimiento y presentación de los avances	CTRL + EXEC
PEC 3	27/05/2018	Conclusiones	CTRL + EXEC
Presentación	14/06/2018	Memoria y vídeo de presentación	CTRL + EXEC
Defensa	22/06/2018		CTRL
Nota final	27/06/2018		CLOSE

A partir de esta planificación, se crea una estructura de descomposición del trabajo (WBS) orientada a paquetes de trabajo, y un cronograma con la planificación temporal.





## 1.5 Sumario de los capítulos de la memoria

La lista de capítulos de la memoria del TFM y su relación con el trabajo global es la siguiente:

### 1. **Introducción**

Presentación del trabajo y su alcance. Se incluye una planificación temporal y una descomposición del mismo orientada a paquetes de trabajo.

### 2. **Análisis del sector aeroespacial**

Se corresponde con el objetivo de presentación del sector aeroespacial. Se analiza la cadena de valor para entender a qué se dedican sus empresas. Se estudian las perspectivas de futuro, los riesgos y las estrategias más comunes.

### 3. **La transformación digital**

Se corresponde con el objetivo de estudio de la transformación digital (qué es y qué no es). Se estudian las estrategias para implantarla y los beneficios que pueden obtenerse de ella, así como los riesgos que representa.

### 4. **Aplicación de la transformación digital al sector aeroespacial**

En este capítulo se proponen estrategias para aplicar la transformación al sector aeroespacial, poniendo especial énfasis en su alineamiento con la estrategia de negocio. Se corresponde con el tercer objetivo del TFM.

### 5. **La transformación digital de Airbus**

Se corresponde con el cuarto objetivo del TFM de presentación de un caso práctico de una empresa aeroespacial (Airbus).

### 6. **Conclusiones**

Conclusiones y resumen de los conocimientos aprendidos.

### 7. **Glosario**

Lista de acrónimos.

### 8. **Bibliografía**

Documentación utilizada en el TFM.

## **2. ANÁLISIS DEL SECTOR AEROESPACIAL**

En este primer capítulo se hará una presentación del sector aeroespacial. La intención es comprender cuáles son sus actividades y a qué se dedican y cómo funcionan sus empresas. Para ello se propone una cadena de valor estándar para todas las empresas del sector, así como un análisis de las cinco fuerzas a las que están sometidas. Posteriormente, se hace un estudio de las previsiones de evolución del mercado y la demanda basado en las predicciones de las propias compañías. Finalmente, se exponen los riesgos más comunes del sector y las estrategias que suelen adoptar las compañías para afrontarlos. El objetivo es entender las particularidades actuales y obtener una visión clara del sector que permita, en capítulos siguientes, diseñar estrategias de transformación digital.

### **2.1 Introducción**

Aunque los primeros intentos de volar del ser humano se remontan varios siglos atrás en la historia, es a partir del vuelo de los hermanos Wright (17 de diciembre de 1903) cuando se empieza a desarrollar la industria aeronáutica. Las dos guerras mundiales acaecidas en el siglo XX favorecieron la investigación, el desarrollo de los medios de producción y el afianzamiento de la industria de la aviación. El empleo de ésta como arma estratégica durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) alimentó un considerable avance de la investigación que desembocó en dos avances que se convertirán posteriormente en el germen del progreso en las décadas posteriores: el primer avión de combate a reacción operativo (Messerschmitt Me-262) y el primer misil balístico suborbital (cohetes V-2), precursor de los cohetes modernos.

Tras la contienda, se inicia la Guerra Fría entre las dos superpotencias vencedoras, EE.UU. y la URSS. Se trata de una disputa durante la cual la

preponderancia de la investigación y el desarrollo de la tecnología aeronáutica se empleó con una doble finalidad: la disuasión militar y el prestigio propagandístico frente al rival. Como consecuencia de ello, la industria aeronáutica se convierte oficialmente en aeroespacial el 4 de octubre de 1957 con el lanzamiento por parte de la Unión Soviética del *Sputnik I*, el primer ingenio humano en órbita terrestre en el espacio.

**Imagen 1 – Messerschmitt Me-262 y cohete V-2 (1944-1945)**



Fuente: Wikipedia

A finales de la década de los 70 el mercado de la aviación comercial está dominado por EE.UU., con el fabricante Boeing a la cabeza. Con el objeto de hacer frente a la supremacía estadounidense, un grupo de fabricantes europeos de Francia, UK, Alemania Occidental y España deciden unirse para formar el consorcio Airbus Industrie, consiguiendo arrebatarse a Boeing una parte importante del mercado durante la década de los 80.

La desintegración de la URSS en 1991 abre una etapa convulsa a nivel económico marcada por la necesidad de la colaboración y las fusiones. El recorte presupuestario espacial estadounidense y los problemas económicos de Rusia hacen necesarios los acuerdos internacionales y comienza la cooperación en proyectos espaciales. Las fusiones en el sector estadounidense en la década de los 90 dejan a Boeing (que se había fusionado con McDonnell-Douglas en 1997) como líder, seguido de Northrop-Grumman y Lockheed-Martin. En Europa, el consorcio Airbus Industrie se convierte finalmente en 1999 en una sociedad anónima denominada EADS, formada por la fusión de la francesa Aérospatiale-Matra, las alemanas Dornier y Daimler-Chrysler Aerospace (DASA) y la española CASA. A ellas se une en calidad de asociada la británica British Aerospace (BAE). Posteriormente, BAE vendería el 20% de su participación en 2006 y abandonaría el accionariado. Más tarde, la empresa pasaría a denominarse Airbus Group y, desde 2017, simplemente Airbus.

El siglo XXI comienza con dos gigantes mundiales, Boeing y Airbus, en competencia reñida y repartiéndose prácticamente todo el mercado aeroespacial. Actualmente, ambas empresas cuentan con más de 130.000 trabajadores en diferentes continentes, con unos activos valorados en miles de millones de dólares y organizadas en diferentes divisiones que cubren diversas áreas del negocio: aviones comerciales y militares, misiles, helicópteros, satélites, lanzadores espaciales... etc.

**Imagen 2 – Boeing 787 Dreamliner y Airbus A350 XWB**



Fuente: Boeing, Airbus

Sin embargo, la pujanza de las economías emergentes amenaza con romper el duopolio en el mercado de la aviación comercial. La brasileña Embraer y la canadiense Bombardier tienen una presencia importante en el mercado de aviones comerciales de medio alcance (mercado regional). En Rusia, los fabricantes se agrupan entorno al consorcio UAC que diseña y fabrica aviones comerciales principalmente destinados al mercado ruso. La mayor amenaza proviene de China, un país decidido desde hace tiempo a dedicarse no sólo a fabricar, sino también a diseñar sus propios modelos. El primer avión comercial íntegramente diseñado y fabricado en China, el C919 de COMAC, voló por primera vez en 2017 y supone un competidor directo para Airbus y Boeing en el mercado oriental, uno de los mercados de los que mayor crecimiento se espera en los próximos 20 años.

En el sector espacial la competencia avanza más rápidamente. El siglo XXI ha supuesto la ruptura del tradicional monopolio gubernamental de las misiones espaciales. El mercado se ha abierto a la inversión privada (SpaceX o Blue Origin) con nuevos y ambiciosos objetivos no necesariamente dependientes de los presupuestos gubernamentales o de las políticas en materia espacial de los gobiernos de turno. De esta forma, están demostrando sus logros con hechos como consecuencia de un

modelo de negocio más próximo al de una *start-up* ágil y flexible del siglo XXI que al de las empresas espaciales tradicionales (Boeing, Airbus DS o Lockheed-Martin).

**Imagen 3 – Cohete lanzador Falcon 9 en la plataforma de lanzamiento**



Fuente: SpaceX

## **2.2 Cadena de valor y análisis de las cinco fuerzas**

Una primera aproximación puede hacerse describiendo la cadena de valor y analizando las cinco fuerzas que se ejercen sobre las organizaciones que compiten en el sector. Ambos conceptos fueron propuestos por Michael Porter en 1985 y 1979 respectivamente. La cadena de valor desglosa las actividades estratégicas que las compañías ejecutan y cómo interactúan entre ellas. Una compañía obtendrá una ventaja competitiva frente a sus rivales cuando ejecute estas actividades más eficientemente que las demás (Porter, 1985). Asimismo, las cadenas de valor de las empresas interaccionan entre sí; es decir, el producto de la cadena de valor de un proveedor (por ejemplo, un fabricante de motores) será a su vez la entrada de la cadena de valor de un fabricante OEM (por ejemplo, un fabricante de aviones). Por



consiguiente, una empresa deberá analizar su propia cadena de valor y además analizar cómo encaja en el sistema global, o flujo, de las otras cadenas de valor.

## LA CADENA DE VALOR DEL SECTOR AEROESPACIAL

En la industria aeroespacial podemos identificar actividades comunes que permiten definir una cadena de valor común a todas las empresas. En su descripción original, Porter identificaba cinco actividades primarias en todas las cadenas de valor: logística de entrada, operaciones, logística de salida, ventas y soporte (Porter, 1985). A su vez, las actividades primarias reciben apoyo de cuatro actividades secundarias: infraestructura, gestión de recursos humanos, desarrollo de tecnología de apoyo y compras. Siguiendo este esquema cualquier compañía debería cumplir con su misión, que es la de diseñar, producir, vender, entregar y dar soporte a productos o servicios.

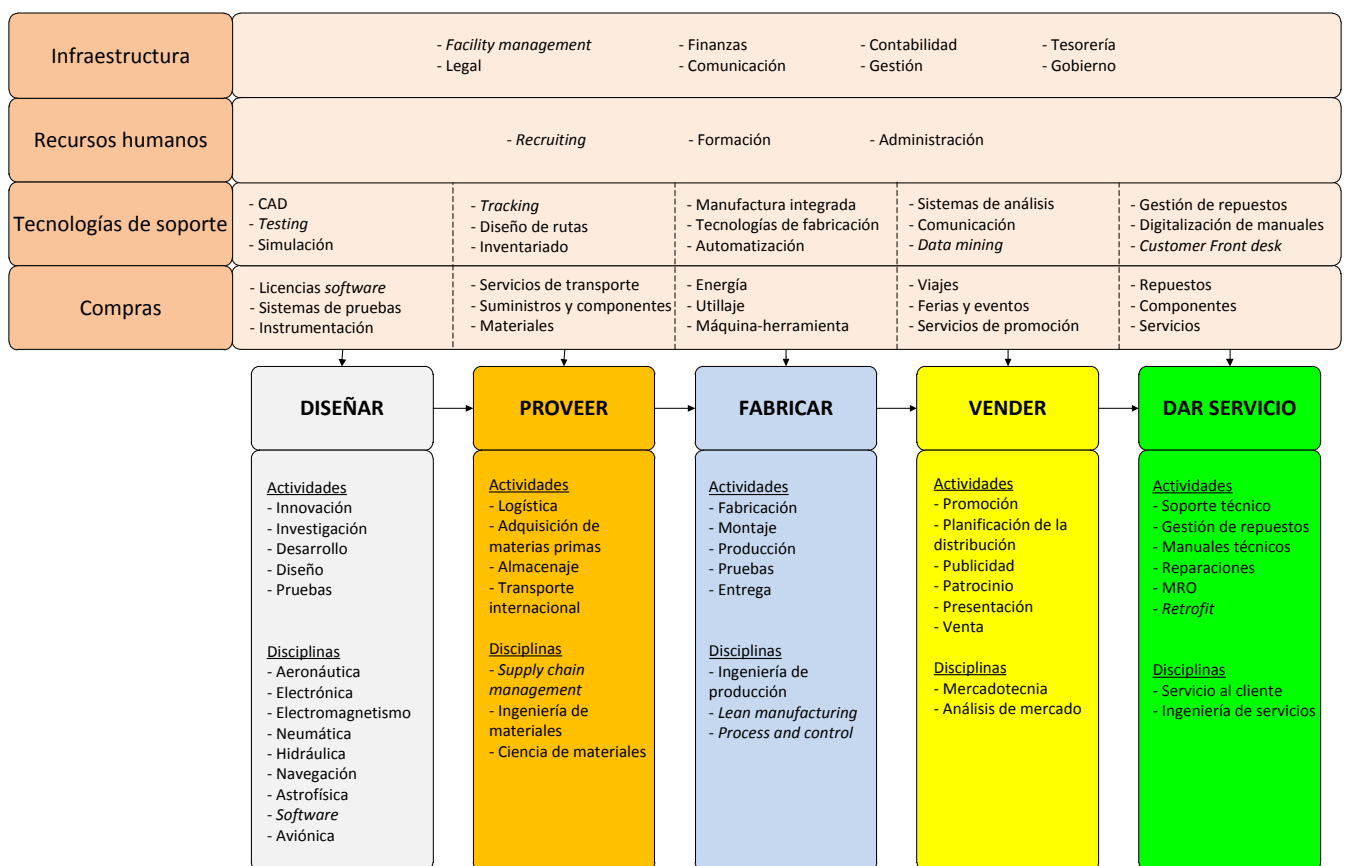
En un primer intento de encaje de estas pautas en la industria aeroespacial, observamos que la logística de salida (almacenaje y distribución de productos) no tiene mucha relevancia en la actualidad. El aumento de la demanda hace que el *backlog* de aviones comerciales (pedidos atrasados) esté en niveles récord (CAPA, 2018), lo que obliga a las compañías a enfocarse en optimizar la producción para hacerle frente. Normalmente se trabaja bajo pedido y cada unidad está asignada a un cliente determinado antes incluso de entrar en la FAL (línea de montaje final). Los aviones terminados permanecen en las instalaciones del fabricante el tiempo mínimo necesario que tardan en ser aceptados por el cliente. Este proceso de aceptación consiste en una batería de pruebas sobre el producto finalizado en presencia del cliente que habitualmente no dura más de unos pocos días, y que concluye con un vuelo del cliente (*ferry flight*) en su nuevo avión recién entregado, ya aceptado y operativo, con destino a su base de operaciones. Por estas razones no son necesarias actividades excesivas de almacenaje y distribución. En el ámbito espacial igualmente cada unidad es producida para un objetivo o cliente determinado por lo que no tiene mucho sentido hablar de logística de salida.

Por otro lado, se observa una fuerte dependencia de la investigación y desarrollo. Los costes en recursos y tiempo derivados de la puesta en el mercado de nuevos programas son enormes, tanto en tiempo como en costes económicos. Por ejemplo, el desarrollo de los recientes aviones comerciales Boeing 787 y A350 XWB de Airbus ha durado entre 5 y 10 años, con un coste estimado de \$15.000 millones (Leggett, 2013). En el ámbito espacial los periodos de desarrollo pueden alargarse incluso más, como

en el caso de los 12 años de desarrollo de la misión a Marte *Mars Curiosity*. A estos costes hay que añadir imprevistos como retrasos, cambios de diseño... etc.

En resumen, el modelo que se propone para el ámbito del sector aeroespacial consistiría en adaptar modelo original de Porter sustituyendo la actividad de logística de salida por otra actividad de diseño. Por tanto, una cadena de valor estándar de una organización del sector comprendería 5 actividades primarias: diseñar un nuevo producto (diseñar), adquirir los materiales necesarios (proveer), producirlo (fabricar), venderlo (vender) y dar soporte al cliente (servicio).

**Figura 1 – Cadena de valor de la industria aeroespacial**



Fuente: Autor

En cuanto a las actividades secundarias, serían análogas a las propuestas por Porter: infraestructura, gestión de recursos humanos, compras y desarrollo e implementación de tecnologías de soporte (Porter, 1985).

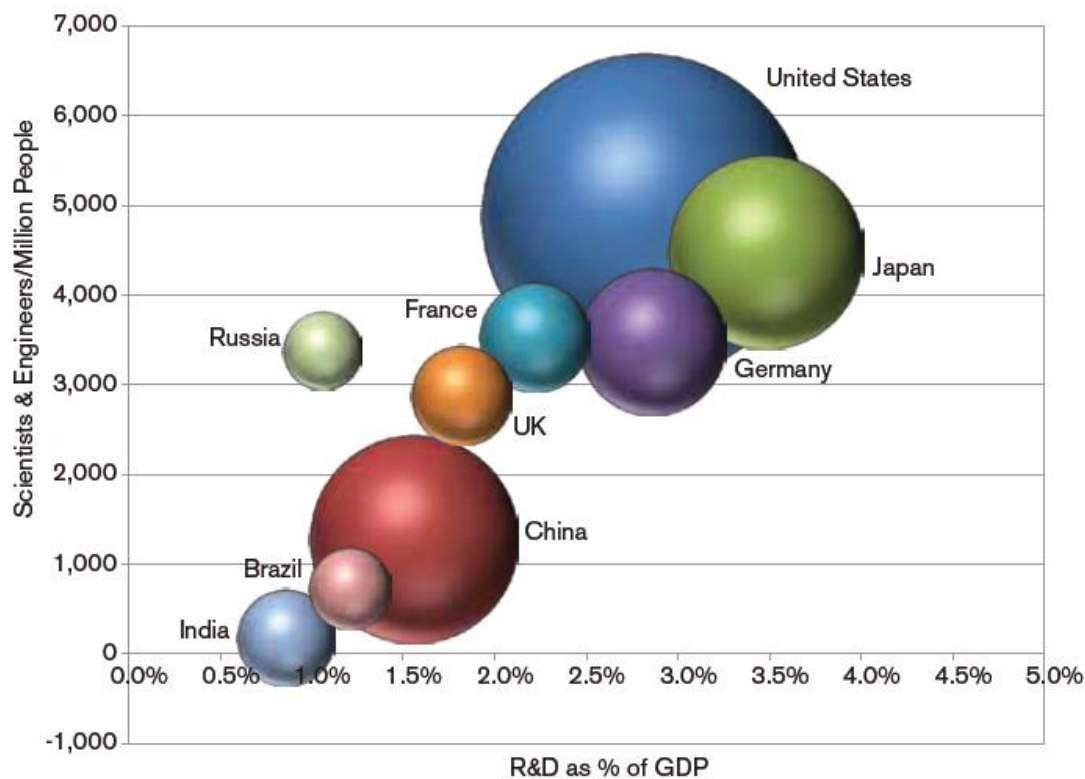
## ACTIVIDADES PRIMARIAS DE LA CADENA DE VALOR AEROESPACIAL

### Diseñar

Los nuevos productos se asocian generalmente con un programa de desarrollo, que a su vez se descompone en un conjunto de proyectos. Los programas tienen su origen en una necesidad concreta de un cliente (como en el caso de las misiones espaciales), o en estudios de mercado. Las actividades de diseño engloban tareas como la creación de las especificaciones técnicas, fabricación de prototipos, pruebas, integración de sistemas, simulaciones... etc.

Los grandes costes en recursos y tiempo de un nuevo programa aeroespacial han mantenido tradicionalmente altas las barreras de entrada para nuevos competidores. La creciente complejidad en los diseños conlleva un aumento de costes que hace que los grandes fabricantes OEM finales adopten políticas de compartición de costes (y beneficios) con proveedores especializados de sistemas y componentes aeronáuticos, que se convierten así en socios a riesgo del diseño.

Figura 2 – I+D e innovación global



Fuente: Materna et al., 2013

Un ejemplo significativo ha sido el desarrollo del Boeing 787 Dreamliner, en el cual Boeing distribuyó aproximadamente el 60% de los costes de desarrollo y manufactura entre 40 socios a riesgo, fabricantes de equipos y sistemas de alta tecnología (Bamber et al., 2013). De esta forma, los *partners* participan de los beneficios del número de ventas del producto final, pero también del riesgo y los costes.

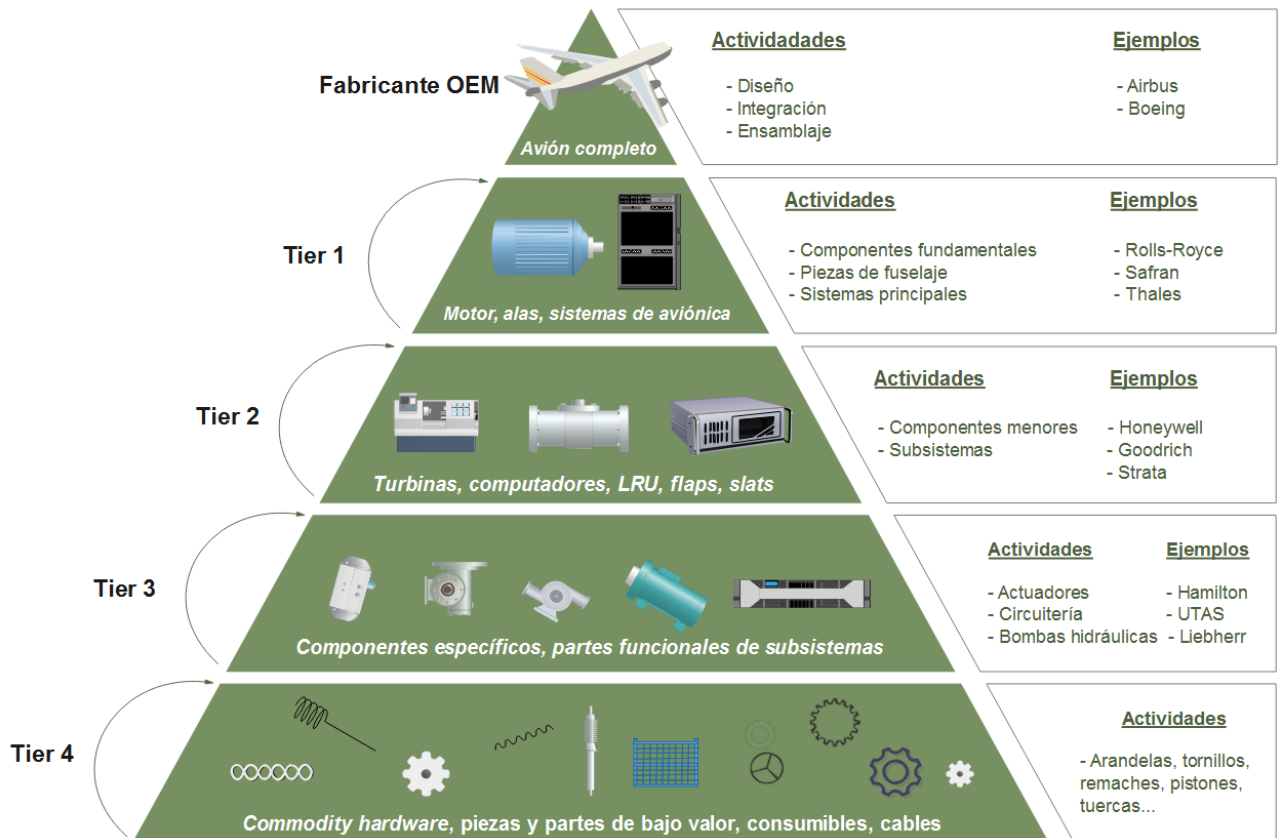
Las tendencias en los últimos años en I+D se centran en el ahorro de costes de operación del cliente final (aerolíneas) y en la mejora de la experiencia del cliente. Los nuevos materiales compuestos (*composites*) consiguen una reducción del peso y la durabilidad de las estructuras. Actualmente, más del 50% del A350 XWB y del 25% del A380 son materiales compuestos de fibra de carbono. Asimismo, se está priorizando el desarrollo de nuevos motores más eficientes y de nuevos sistemas de aviónica.

### *Proveer*

Las compañías han de abastecerse de los materiales, componentes, sistemas o partes necesarias para la fabricación de sus productos. Puesto que generalmente se trata de industrias muy internacionalizadas con diversos centros de producción diseminados por todo el mundo, la logística y el transporte de piezas se han convertido en una actividad crítica.

Una forma de distribuir los riesgos y mejorar la competitividad consiste en estructurar en niveles las cadenas de suministros (*tiered supply chain structure*). Las cadenas de valor se integran verticalmente distribuyendo los riesgos de arriba hacia abajo. Una consecuencia de este modelo es la reducción del número de suministradores con los que el contratista principal (fabricante OEM) interactúa directamente. Otra, es el desplazamiento de la presión hacia los contratistas de nivel más bajo, lo que provoca que éstos deban consolidar y aumentar sus capacidades. Ambas consecuencias suponen un aumento de las barreras de entrada para nuevos actores.

**Figura 3 – Ejemplo de cadena de suministros estructurada**



Fuente: Autor

Por ejemplo, el fabricante Airbus posee fábricas en diversos países europeos. Cada una de ellas fabrica un componente concreto del producto final, siendo necesario transportar todos ellos a la FAL para su ensamblaje final. En el caso del avión comercial A380, el proceso de fabricación se reparte entre fábricas de Francia, Alemania, Reino Unido y España. Cada avión se divide en 6 piezas (morro, fuselaje central y trasero, cola y 2 alas) que llegan por tierra, mar y aire a la FAL de Toulouse para su ensamblado final (Slutsken, 2018). Por tanto, el cumplimiento de los plazos de entrega adquiridos con los clientes está fuertemente condicionado por las actividades de logística de entrada (almacenaje y transporte), la cual es estratégica para las compañías. La optimización de la cadena de suministros y la logística de entrada son clave para la eficiencia y el aumento de los beneficios.

### Fabricar

Comprende las actividades de fabricación de partes y el ensamblaje final en la FAL. El número de piezas a ensamblar en un avión comercial o un vehículo espacial puede

ser muy alto e incluye desde partes del fuselaje (cola, alas...) hasta sistemas de aviónica, hidráulica, generación eléctrica, tren de aterrizaje, antenas, equipamiento interior, decoración de la cabina de pasajeros... etc. La integración de sistemas se refiere al proceso de interconexión de todos los diferentes sistemas y subsistemas que constituyen la aeronave. La responsabilidad de dicha integración corresponde al fabricante, aunque el riesgo se distribuye entre los suministradores de los equipos durante la fase de desarrollo (por ejemplo, incluyendo hitos y revisiones periódicas de diseño de suministros).

Tradicionalmente, la materia prima para la fabricación de la estructura de los aviones comerciales ha sido el aluminio. Sin embargo, desde hace varios años se está desarrollando la investigación de materiales compuestos (*composites*) como por ejemplo CFRP (fibra de carbono) o GFRP (fibra de vidrio). Más ligeros y resistentes, suponen una disminución del peso de la estructura y un ahorro considerable en costes de operación (combustible). Se estima que una reducción de un 1% de peso puede suponer un ahorro de alrededor 2 millones de toneladas de combustible al año para un operador comercial (Aviation Stack Exchange, 2017). En el ámbito espacial, el coste por kilogramo adicional puesto en órbita LEO ronda los \$10.000-\$2.500, dependiendo del cohete lanzador (Quora, 2016). Por consiguiente, fabricar productos con materiales más ligeros implicará una importante ventaja competitiva frente a otros fabricantes.

## Vender

Existen actualmente cuatro segmentos de mercado en el marco del sector aeroespacial civil (aviación comercial y usos civiles del espacio):

1. **Transporte de pasajeros**. En este segmento encontramos varios modelos de negocio:
  - a. **Operadores tradicionales**. Ofrecen rutas entre destinos principales, con altos estándares de servicio y tarifas elevadas. Suelen estar asociados a una "identidad nacional" (*flag carriers*). Interesados en una amplia gama de modelos de aviones (largo alcance, regional, media distancia...). Ejemplos: Lufthansa (DLH), Air France (AFR), Japan Air Lines (JAL).
  - b. **Modelo low-cost**. Ofrecen tarifas asequibles y operan en destinos secundarios a costa de una reducción de servicios y prestaciones para los pasajeros. Suelen estar interesados en aviones de bajo consumo, fiables

y de alcance medio. Ejemplos: Southwest (SWA), Ryan Air (RZR), Easyjet (EZY).

- c. **Modelo Oriente Medio**. Ofrecen vuelos transcontinentales de largo recorrido con escala en un aeropuerto de alta capacidad (aeropuerto *hub*) ubicado en Oriente Medio. Altos estándares de servicio y atención al cliente. Interesados en aviones de gran capacidad y autonomía con excelente equipamiento y comodidades. Ejemplos: Emirates (UAE), Qatar Airlines (QTR), Eithad Airways (ETD).
  - d. **Modelo asiático**. Operan rutas regionales en el extremo oriente (China, Indonesia...). Interesados en aviones de alta capacidad y bajo coste para mover grandes cantidades de pasajeros. Ejemplos: China Southern (CSN), China Northern (CBF).
  - e. **Modelo regional**. Operan en nichos secundarios con baja pero constante afluencia de pasajeros. Interesados en aviones de bajo coste de operación/mantenimiento y capacidad media-baja. Ejemplos: SkyWest (SKW), Sprint AIR (SRN), Air Malta (AMC).
2. **Transporte aéreo de mercancías**. Firmas como Fedex, DHL o UPS que adquieren su propia flota de aviones de transporte.
  3. **Segmento espacial**. Tradicionalmente dedicado al lanzamiento de carga útil al espacio (satélites) y a las misiones de investigación impulsadas por las agencias espaciales nacionales. La liberalización del sector y los recortes presupuestarios han favorecido la aparición de una actividad privada relativamente independiente de la financiación gubernamental en los últimos tiempos.
  4. **Lessors**. Son organizaciones que adquieren aviones a los fabricantes para posteriormente alquilarlos a los operadores. Las ventajas para los operadores son el ahorro de costes y la reducción del tiempo de disponibilidad frente a los dilatados tiempos de entrega de los fabricantes. Casi la mitad de los aviones que operan las aerolíneas actualmente no son suyos en propiedad, sino que han sido alquilados a algún *lessor* (Kaplan, 2017; KPMG, 2018).

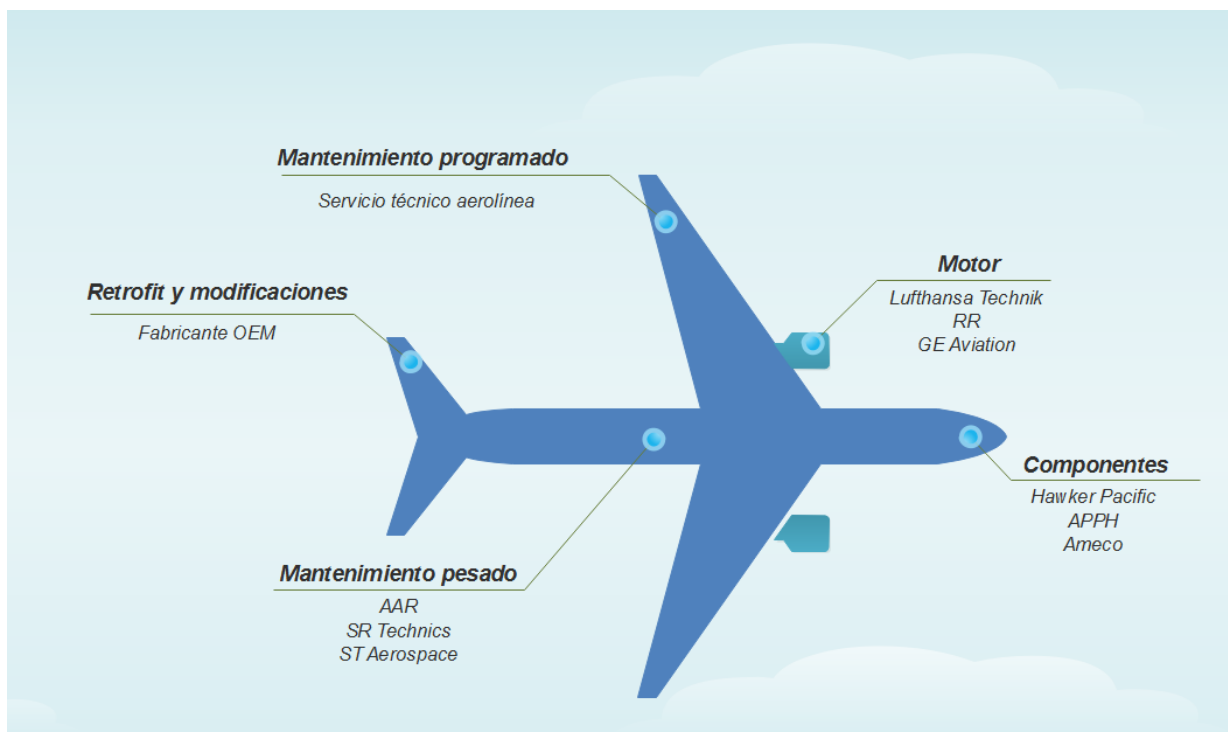
El aumento actual de la demanda en el sector de la aviación hace que exista una lista de espera para la entrega de nuevos pedidos (*backlog*). La mayoría de los contratos se firman en los salones aeronáuticos (*airshows*), que sirven para presentar nuevos productos y cerrar contratos, por lo que es casi obligatorio que todos los fabricantes tengan presencia en dichos eventos. Los eventos europeos han sido tradicionalmente los más importantes, como Le Bourget (París), Berlín o Farnborough

(UK). Sin embargo, otros como el de Dubai o Singapur han ido ganando importancia recientemente a causa de la expansión hacia el mercado asiático.

### *Dar servicio*

Los fabricantes han diversificado las fuentes de beneficios con el aumento de la oferta de servicios post-venta a los clientes. Las actividades *aftermarket* más frecuentes incluyen: soporte técnico al mantenimiento y reparación, gestión de repuestos, formación de pilotos en simuladores, manuales técnicos y servicios MRO. Se prevé que el aumento del tráfico aéreo mundial generará un aumento en la demanda de aeronaves y tripulaciones cualificadas (Airbus GMF, 2017). Las aerolíneas necesitan una red de distribución de repuestos y un plan de mantenimiento eficiente; junto con la documentación técnica adecuada para cada tarea.

**Figura 4 – Actividades MRO y principales proveedores**



Fuente: Autor

Debido a que un avión puede averiarse en cualquier parte del mundo y a los estrechos márgenes de operación, los tiempos de respuesta de soporte del fabricante pueden reducirse hasta las 24-36 horas. Como resultado, el servicio post-venta ha evolucionado con el tiempo de manera considerable para mantener la competitividad.



Desde sus orígenes como meros servicios de almacenaje e inventario de repuestos a servicios globales *aftermarket* generadores de grandes beneficios para los fabricantes.

El mantenimiento y la reparación son parte sustancial de la aeronave y, por tanto, se han convertido en una actividad importante y lucrativa del negocio, que puede ser llevada a cabo por diversos actores. Por un lado, las propias aerolíneas aprovechando el *know-how* adquirido tras décadas de operación han creado sus propios servicios MRO, siendo algunas de ellas (Air France o Lufthansa) líderes en el mercado. Esto les permite dar servicio a otros operadores más pequeños que prefieren externalizar los servicios de mantenimiento para ahorrar costes. También existen organizaciones dedicadas específicamente a servicios MRO (ST Technics, Haeco). A ellos hay que añadir los propios fabricantes originales OEM del avión, o de partes de él, (GE Aviation, Rolls-Royce, Airbus) que han decidido entrar en el negocio con algunas estrategias como la limitación del acceso a manuales y herramientas, de forma que sea más difícil obtener las certificaciones y cualificaciones necesarias para los trabajos.

## ACTIVIDADES SECUNDARIAS DE LA CADENA DE VALOR

Las actividades secundarias sirven de soporte para las actividades primarias durante todo el ciclo de la cadena de valor. Por esta razón pueden ser externalizadas a proveedores o subcontratistas de la industria auxiliar.

Estas actividades incluyen varias áreas como finanzas, legal, comunicación, contabilidad, recursos humanos, gobierno... etc. En el caso de grandes corporaciones muy internacionalizadas con gran número de empleados estas estructuras de apoyo pueden llegar a ser muy complejas y tener muchos recursos.

## ANÁLISIS DE LAS CINCO FUERZAS

Analizando el sector bajo la óptica del modelo de las cinco fuerzas (Porter, 1979) podemos entender las estrategias dominantes de la industria en la actualidad. Las cinco fuerzas se ejercen sobre los competidores del sector y su intensidad determina el nivel de competencia y rivalidad en la industria. Estudiarlas nos permitirá descubrir las oportunidades de rentabilidad como base de los siguientes capítulos de este trabajo.

Asimismo, el análisis de las cinco fuerzas sirve para entender las estrategias que dominan actualmente el sector, ya que los competidores intentan adaptarse a las fuerzas en su propio beneficio, más que luchar en su contra.

### *Entrada de nuevos competidores*

Las barreras de entrada del sector aeroespacial han sido tradicionalmente altas. El alto coste de los nuevos desarrollos y las economías de escala de los fabricantes ya establecidos obligan a los aspirantes a aceptar un alto coste de entrada. Asimismo, los fabricantes establecidos tienen a su favor el conocimiento de la tecnología, la experiencia y el *know-how*.

También a ojos del gran público el sector ha sido percibido como un territorio a veces excluyente. Por ejemplo, el modelo de negocio seguido por las aerolíneas tradicionales en sus inicios provocó que las tarifas del transporte aéreo estuvieran al alcance de muy pocos. Por otra parte, la complejidad de la tecnología utilizada en los aviones, o en las misiones espaciales, contribuía a aumentar el misticismo alrededor del sector. Sólo personas muy cualificadas, con gran sangre fría y capacidades físicas e intelectuales, eran capaces de pilotar estas máquinas.

El auge del negocio *low-cost* en Europa a finales del siglo XX revolucionó la oferta hacia un modelo de tarifas más accesibles y nuevas rutas en destinos secundarios. La bajada de tarifas supuso una apertura del transporte aéreo al gran público e inmediatamente surgió un aumento de la demanda. En paralelo se incrementó la necesidad de nuevos aviones y tripulaciones formadas. Para abordar este incremento los fabricantes han tenido que recurrir a la utilización de tecnologías más eficientes en términos de coste. De este modo, y gracias al importante avance en la automatización de los aparatos, se consigue disminuir los tiempos de desarrollo de nuevos programas y reducir la formación necesaria para las nuevas tripulaciones encargadas de pilotarlos. Esto, sin embargo, conlleva otros riesgos que han sido objeto de debate en la industria a causa de algunos incidentes recientes (Langewiesche, 2014). Inevitablemente, esta “comoditización” de la tecnología, y de la formación necesaria para manejarla, lleva a una disminución de las barreras de entrada. Otro riesgo inherente asociado a la globalización del mercado y el aumento de las ventas es la transferencia indirecta de tecnología a potenciales competidores.

En una industria dominada en los primeros años del siglo XXI por dos gigantes (Airbus y Boeing), la disminución de las barreras de entrada ha supuesto la entrada en el mercado de nuevos fabricantes, principalmente de origen chino y ruso, así como la revitalización de otros ya existentes, como la canadiense Bombardier y la brasileña Embraer.

#### *Poder de negociación de los suministradores*

En la industria aeroespacial el poder de los suministradores es muy alto. Hoy en día los fabricantes OEM son prácticamente meros ensambladores de piezas adquiridas a fabricantes externos, o diseñadas conjuntamente con los *partners*. Esta práctica tiene sus ventajas, como la distribución de los riesgos, pero otorga a los suministradores un poder significativo. Conocen los beneficios que obtiene el fabricante final con la venta de los productos finales (los aviones completos) y eso les permite negociar en mejores condiciones.

Por otra parte, los suministradores innovan continuamente para crear nuevos productos o sistemas más evolucionados y eficientes (un motor más eficiente o un sistema de navegación más avanzado). Esto proporciona aún más diferenciación y exclusividad a sus productos y reduce las posibilidades de que los fabricantes de aviones puedan encontrar productos sustitutivos. Unido a la diversificación de sus actividades (por ejemplo, el fabricante Thales), les otorga un alto poder de negociación.

#### *Poder de negociación de los compradores*

El poder de negociación de los compradores es muy alto también debido a diversas cualidades características de la industria. Generalmente, se hacen adquisiciones de grandes volúmenes de aeronaves y a un alto precio, lo que implica una inversión considerable por parte del comprador. Esto hace que el cliente esté interesado en negociar unas buenas condiciones de compra. Por ejemplo, UAE posee de alrededor de 100 unidades del modelo A380. Los \$437 millones por cada unidad (Airbus Price List, 2018) pronostican que seguramente la negociación será dura por parte del cliente.

A esto hay que añadir que los altos niveles de competencia facilitan que los potenciales compradores puedan dirigirse a otro fabricante para adquirir un producto de similares características. Problemas de calidad del producto también pueden conllevar graves costes y problemas de imagen comercial a los operadores (por ejemplo, averías frecuentes o problemas de diseño). Por estas razones los clientes están interesados en negociar buenas condiciones de compra.

### *Amenaza de productos sustitutivos*

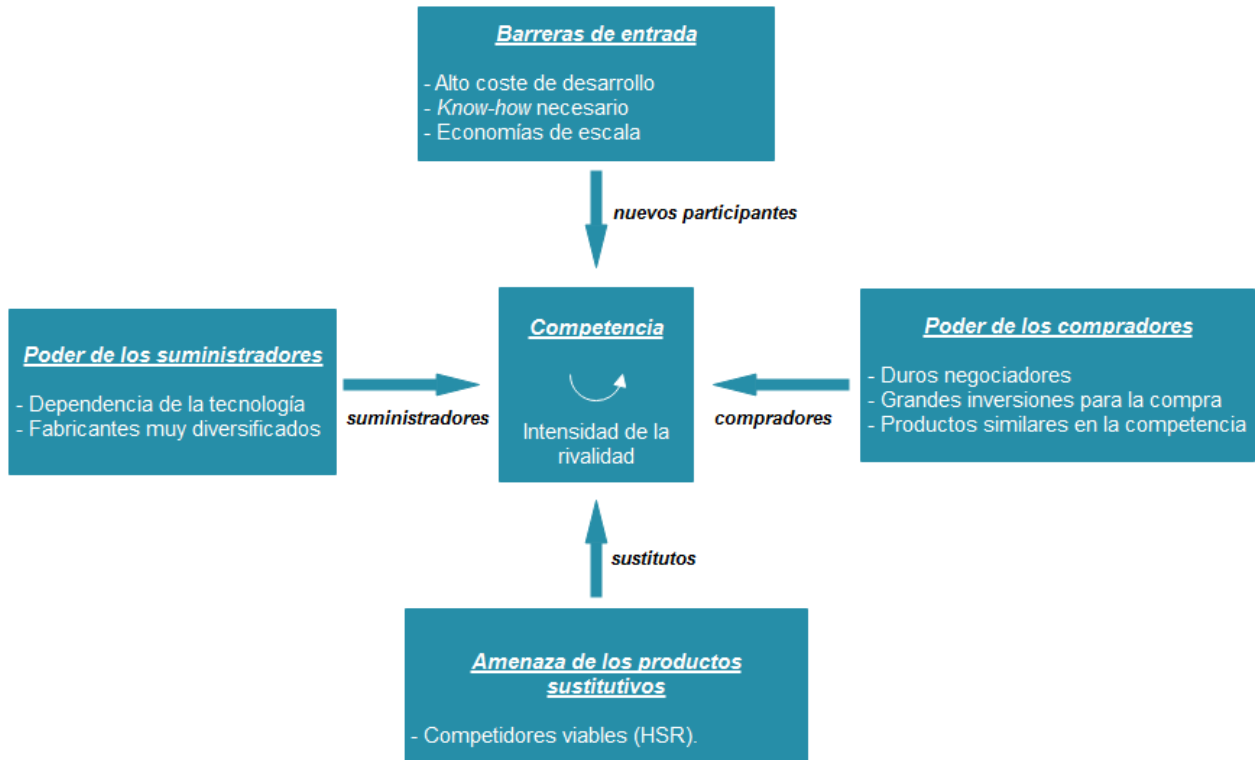
Si bien en el ámbito del transporte transoceánico los productos sustitutivos (por ejemplo el transporte marítimo) no ofrecen grandes amenazas, en el ámbito del transporte de media distancia el transporte por carretera y, principalmente, el desarrollo del ferrocarril de alta velocidad (HSR), plantean una amenaza seria para el transporte aéreo de pasajeros y mercancías. El principal problema viene derivado del hecho de que es precisamente en los mercados donde mayor crecimiento del transporte de pasajeros se espera (asiático: China, Japón y Corea del Sur; y europeo: España, Francia, Alemania, Italia y UK) donde más estudiada y desarrollada está la tecnología HSR en trayectos regionales de media-larga distancia.

La Unión Europea ya consideraba en 2010 al transporte HSR como un competidor viable del transporte aéreo para trayectos de menos de 4½ horas y menos de 1000 kilómetros (European Commission, 2010). El tiempo total de un viajero que utilice el avión se ve penalizado por el desplazamiento al aeropuerto y los trámites en él, como el *check-in* y los controles de seguridad. Por ejemplo, en 2016 un trayecto Madrid-Barcelona era casi un 30% más barato en tren de alta velocidad, mientras que el trayecto Londres-París era casi un 30% más rápido y casi un 40% más barato (Travel Stats Man, 2016).

### *Rivalidad entre los competidores*

En las últimas décadas la industria ha estado dominada por dos gigantes: Airbus y Boeing, muy similares en tamaño y capacidad, y con un portfolio de productos prácticamente idéntico y dirigido a los mismos sectores del mercado. La intensidad de la competencia entre ambos ha sido y sigue siendo muy fuerte.

**Figura 5 – Las 5 fuerzas de la industria aeroespacial**



Fuente: Autor

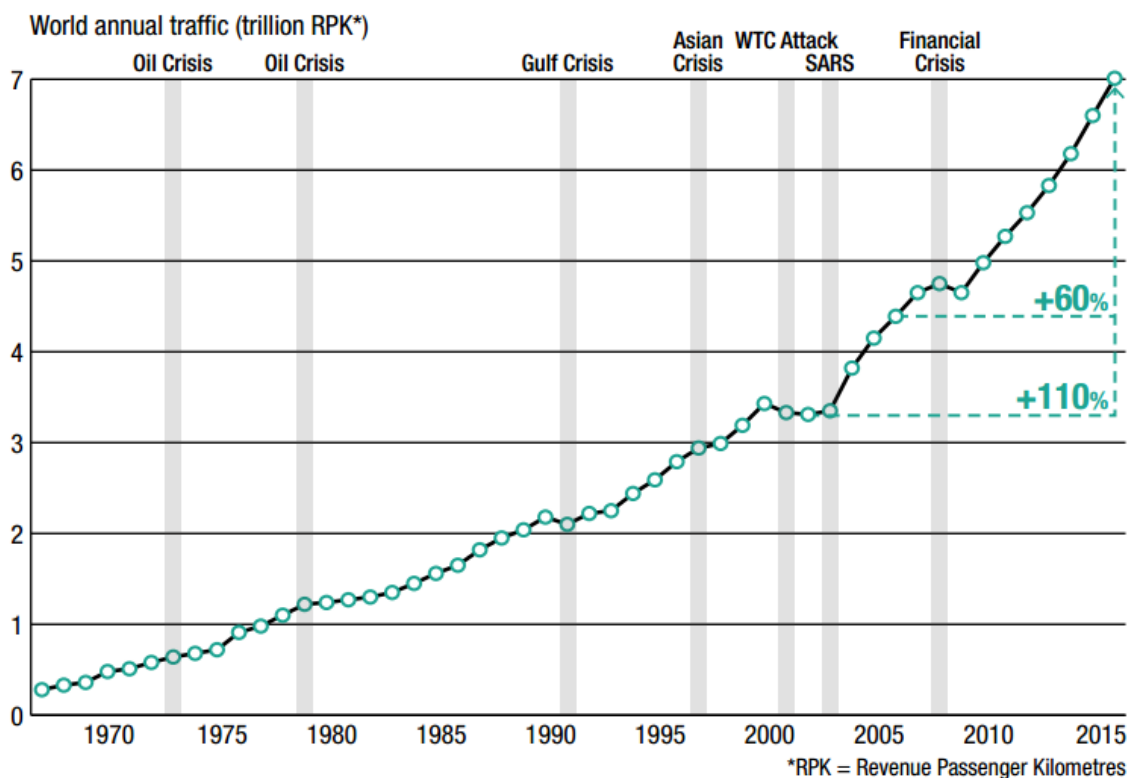
## 2.3 Análisis global del mercado

### AVIACIÓN COMERCIAL

El año 2017 fue un año extraordinario para el sector por tercer año consecutivo desde que el 2015 marcara un hito en la rentabilidad de las aerolíneas que casi triplicaron sus beneficios. Por su parte, las aerolíneas han iniciado la expansión y renovación de sus flotas ayudadas por las favorables tasas de interés y por los bajos precios del combustible.

Desde sus comienzos en los años 1940s, la industria del transporte aéreo de pasajeros ha demostrado ser un sector de crecimiento robusto. El volumen de pasajeros transportados (RPK) se dobla cada 15 años aproximadamente a un ritmo constante. En la última década el mercado ha crecido un 60%.

Figura 6 – Evolución del tráfico de pasajeros



Fuente: Airbus GMF, 2017

El sector se muestra resistente y la industria sigue generando beneficios ante situaciones desfavorables y amenazas como el terrorismo internacional, las guerras en determinadas zonas del mundo o la presión regulatoria y las sanciones. Las recientes bancarrotas de algunas aerolíneas (Alitalia, Air Berlin y Monarch) han pasado relativamente desapercibidas. La caída en un corto espacio de tiempo de las tres compañías fue rápidamente absorbida por el sector y sus aviones adquiridos por otros operadores.




La demanda aumenta en regiones como China, India y el sureste asiático a medida que la clase media de estas zonas empieza a crecer y a ganar poder adquisitivo (y a viajar). Esta demanda alimenta la necesidad de más vuelos, más aerolíneas, más destinos y más aviones. En China, el crecimiento del tráfico de pasajeros ha aumentado a un ritmo de más del 10% al año en los últimos años. En India el mercado doméstico ha crecido más de un 20% anual y se prevé que se convierta en el tercer mercado a principios de los 2020s. La clase media en ambos países creció un 70% en los primeros 15 años del siglo XXI (de 80 a 135 millones de personas).

En las economías desarrolladas (Europa, EE.UU. y Australia) el crecimiento ha sido robusto a pesar de la reciente crisis financiera, debido a que el consumidor prefiere seguir gastando en turismo. De acuerdo a la Organización Mundial del Turismo, el turismo internacional creció un 3.9% en 2016, lo que supone 300 millones de turistas más que en 2008. Se espera que esta tendencia siga en los próximos 10 años.

Otro factor que afecta a la demanda ha sido la liberalización paulatina del mercado en todas las regiones del mundo (desde 1978 en EE.UU.). La desregularización ha permitido a los emprendedores generar nuevos modelos de negocio que previamente estaban restringidos por las regulaciones gubernamentales, y en consecuencia los precios han bajado. Algunos ejemplos incluyen el desarrollo del modelo *low-cost* (LCC) y los acuerdos de liberalización de explotación de rutas por parte de los operadores en cualquier parte del mundo (*open skies*). En todos los casos los pasajeros se benefician de la creación de nuevas rutas y de la bajada de tarifas.

En esta situación los principales fabricantes han cerrado el año 2017 con cifras récord: Airbus entregó 718 aviones y recibió 1.109 nuevos pedidos que a precio de catálogo suponen un importe de \$137.000 millones. Por su parte, Boeing cerró el año con 763 entregas y 912 nuevos pedidos valorados en \$134.800 millones. Estos éxitos de ventas se acumulan en el *backlog* (pedidos pendientes de entrega) más grande de la historia, 13.500 unidades. Al ritmo de producción anual, representarían 9.5 años de trabajo asegurado (Captain, 2017).

Figura 7 – Resultados en 2017 de las principales firmas del sector

 AIRBUS		 BOEING		<b>BOMBARDIER</b>		 EMBRAER	
HQ	Toulouse	HQ	Chicago	HQ	Montreal	HQ	Sao Paulo
Revenue	*\$67	Revenue	*\$93.4	Revenue	*\$7.4	Revenue	*\$5.8
EBIT	*\$4.3	EBIT	*\$8.9	EBIT	\$793 mill.	EBIT	\$132.7 mill.
Deliveries	718	Deliveries	763	Deliveries	213	Deliveries	210
Workforce	138.600	Workforce**	140.000	Workforce**	69.500	Workforce**	18.000

\* En miles de millones

Fuente: Airbus, Boeing, Bombardier, Embraer

## Perspectivas de futuro

Los principales fabricantes prevén que en los próximos 20 años el mercado crezca a un ritmo de entre el 4,4% (Airbus GMF, 2017) y el 4,7% (Boeing CMO, 2017), lo que supondrá un total de entre 34.900 (Airbus GMF, 2017) y 41.030 (Boeing CMO, 2017) nuevos aviones fabricados. De ellos, aproximadamente un tercio se dedicará a reemplazar las unidades actuales.

El valor de los nuevos aviones se estima en \$4.4 billones (Clearwater, 2014). Se estima que Asia-Pacífico concentrará el 41% de la demanda, mientras que Europa y EE.UU. cubrirán el 36%. Le siguen a mucha distancia América Latina y Oriente Medio.

Figura 8 – Entregas estimadas por región (2017-2036)

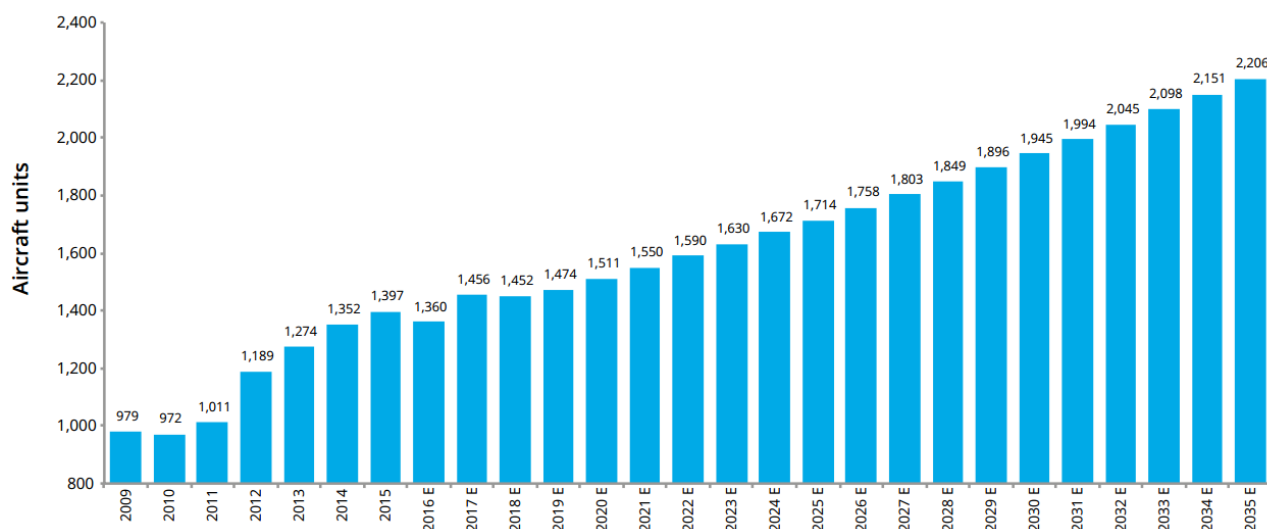


Fuente: Boeing CMO, 2017

Para dar respuesta a este aumento de la demanda el *ramp-up* (incremento de la producción) ha de ser constante en los próximos 20 años, lo cual va a implicar un serio desafío para la industria y las cadenas de suministro en términos de capacidad, coste, calidad y tiempos de entrega. Algunos desafíos apremiantes que se deben afrontar urgentemente son la reducción de costes, el aumento de la eficiencia, la reducción del tiempo de respuesta de la cadena de suministros y el aumento de la inversión en innovación.



**Figura 9 – Progresión estimada de la producción de aviones comerciales (2009-2035)**

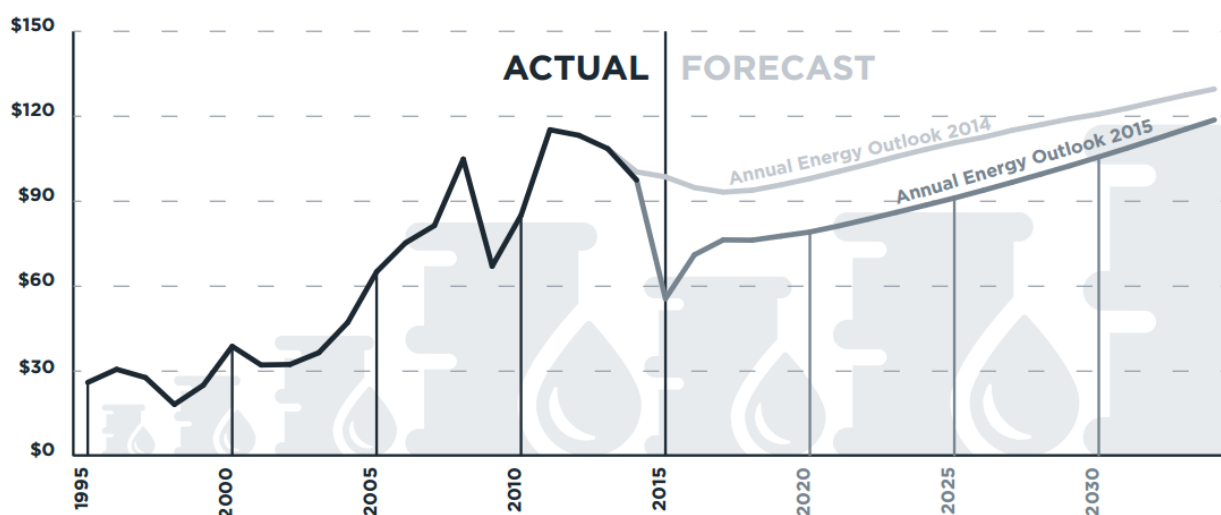


Fuente: Captain, 2017

Otras exigencias a tener en cuenta serán la capacidad de aumentar los recursos financieros y la inversión en situaciones puntuales, la pericia en la gestión de proyectos y la sabiduría a la hora de elegir qué riesgos tomar. En paralelo, el progreso técnico deberá seguir avanzando en los dominios acostumbrados: electrónica, aerodinámica, aviónica, factores humanos, diseño de cabina...etc. Algunas de las firmas más pequeñas pueden no ser capaces de seguir el ritmo por lo que se plantea un escenario de eventuales fusiones en el sector.

En el horizonte también aparecen algunas nubes. La moderación reciente de los precios del crudo es un arma de doble filo. Por una parte, es obvio que el bajo precio de las *commodities* supone un ahorro de costes de combustible para las aerolíneas y, por consiguiente, un aumento de los márgenes de la industria del transporte aéreo de pasajeros. Sin embargo, también aplaca la necesidad de las aerolíneas de modernizar su flota con modelos más eficientes en términos de consumo. Eventualmente, podría también llegar a mermar el crecimiento económico (y por tanto la demanda de aviones) de los países cuya economía está basada en la producción de crudo. En contraposición, en los países menos subordinados a la producción de *commodities*, la rebaja en la factura energética puede dinamizar el consumo y aumentar la disponibilidad de efectivo destinado a ser empleado en viajes. Sea como fuere, la industria prevé que las aerolíneas continuarán reemplazando sus aeronaves a un ritmo anual de entre el 2.5% y el 3%. A largo plazo, la eficiencia seguirá siendo el factor determinante en las decisiones de las aerolíneas (Captain, 2017; Bombardier, 2015)

Figura 10 – Evolución precio del petróleo



Fuente: Bombardier, 2015

Otro aspecto que inevitablemente va a ser necesario tener en consideración es el compromiso con el desarrollo sostenible de la industria. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de la ONU estima que la contribución de la aviación comercial a las emisiones de CO<sub>2</sub> será del 3% en 2050.

El organismo internacional que regula la aviación civil, ICAO, trabaja actualmente con los reguladores regionales (FAA y EASA) para asegurar la claridad y eficiencia de las regulaciones al respecto de las emisiones. Los nuevos estándares de consumo de combustible eficiente son ambiciosos y serán obligatorios para cada nuevo modelo diseñado a partir de 2020, y para cada nuevo avión en producción, independientemente del modelo, a partir de 2028.

### *Más aviones significan más servicios*

Desde comienzos de la década de los 2010 los fabricantes han venido potenciando la venta de servicios *aftermarket* (soporte técnico, manuales técnicos, gestión de repuestos, MRO, recambios, formación de tripulaciones... etc.) con el objeto de diversificar fuentes de beneficio.

La función de proveedores de servicios ha ido ganando terreno paulatinamente a las de ingeniería o desarrolladores de nuevos productos. Airbus recientemente ha anunciado que prevé que en los próximos 10 años el negocio de los servicios alcance los \$10.000 millones (Investir Les Echos, 2018).

Por otra parte, se estima que el aumento de la demanda genere un valor de negocio MRO de en los próximos años, así como la formación de más de 500.000 nuevos pilotos y técnicos de mantenimiento (Airbus GMF, 2017).

## ASIA-PACÍFICO

- Transformación de China en economía de servicios
- Aparición de otras potencias en fabricación (Vietnam)
- India se acerca a China en términos de crecimiento económico
- Crecimiento medio anual del PIB estimado en +4,1%



Estimación a 20 años:



Valor negocio MRO: \$664.000 millones



Pilotos necesarios: 219.890



Técnicos necesarios: 228.200

## EUROPA

- Confianza renovada tras una década de incertidumbres (e.g. Brexit, crisis financiera...)
- Crecimiento basado en consumo privado
- Crecimiento medio anual del PIB estimado en +1,7%



Estimación a 20 años:



Valor negocio MRO: \$364.000 millones



Pilotos necesarios: 96.970



Técnicos necesarios: 96.600

## AMÉRICA DEL NORTE

- Crecimiento estable y equilibrado en EE.UU.
- Crecimiento en EE.UU. basado en consumo privado, inversión en capital fijo, construcción y gasto público
- Dólar fuerte e inversión en I+D
- Crecimiento medio anual del PIB estimado en +2,1%

Estimación a 20 años:



Valor negocio MRO: \$321.000 millones



Pilotos necesarios: 72.860



Técnicos necesarios: 77.900



## ORIENTE PRÓXIMO

- Significativa cantidad de recursos petrolíferos
- Estratégica posición geopolítica cercana a las potencias asiáticas demandantes de energía
- La bajada del precio del crudo y la presión fiscal limitan el crecimiento
- Auge reciente del turismo
- Crecimiento medio anual del PIB estimado en 3,4%

Estimación a 20 años:



Valor negocio MRO: \$190.000 millones



Pilotos necesarios: 52.890



Técnicos necesarios: 58.200



## AMÉRICA LATINA Y CARIBE

- Recuperación lenta liderada por Brasil y Argentina
- Necesidad de adecuar las infraestructuras, equilibrar los ingresos y adaptar los entornos de negocio
- Crecimiento medio anual del PIB estimado en 3%

Estimación a 20 años:



Valor negocio MRO: \$139.000 millones



Pilotos necesarios: 49.130



Técnicos necesarios: 53.800



## CEI

- Estabilización de la economía rusa tras una fuerte recesión motivada por la bajada de los precios del crudo
- Se requerirán reformas estructurales para atraer la inversión y diversificar la economía
- Crecimiento medio anual del PIB estimado en 2%

Estimación a 20 años:



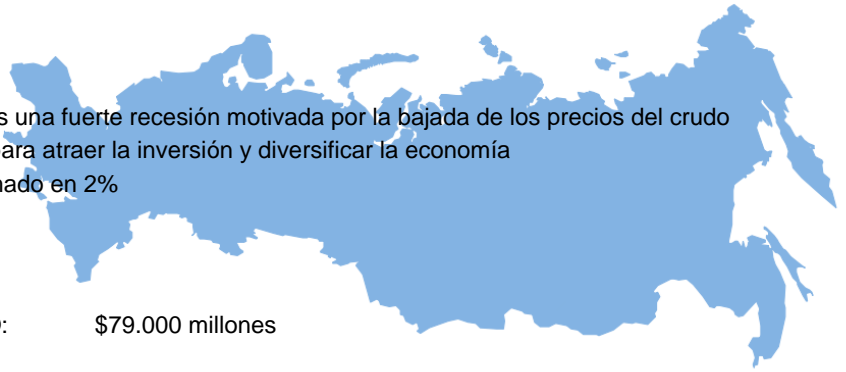
Valor negocio MRO: \$79.000 millones



Pilotos necesarios: 20.270



Técnicos necesarios: 23.200



## ÁFRICA

- Crecimiento basado en la estabilización de los precios de las *commodities* y el sector industrial chino
- El crecimiento requerirá de la expansión de los mercados y de la clase media
- Igualmente será necesaria la integración de los mercados regionales
- Crecimiento medio anual del PIB estimado en 3,6%

Estimación a 20 años:



Valor negocio MRO: \$83.000 millones



Pilotos necesarios: 21.580



Técnicos necesarios: 29.900



## SUBSECTOR ESPACIAL

20 de junio de 1944, un cohete alemán experimental V-2 lanzado desde el centro de investigación de Peenemünde (noreste de Alemania) asciende hasta los 176 Km de altitud y se convierte en el primer ingenio humano en realizar un vuelo suborbital. Trece años después, el 4 de octubre de 1957, la Unión Soviética consigue poner en órbita el primer satélite artificial alrededor de la Tierra, el *Sputnik I*, dando comienzo oficialmente a la Era Espacial y ampliando el alcance de la aviación tradicional al ámbito espacial.

Durante décadas la industria se desarrolló bajo el paraguas de la Guerra Fría entre los bloques occidental y soviético. La gran cantidad de recursos y costes que

implicaban los programas espaciales, así como la complejidad técnica y necesidad de personal altamente cualificado, mantenían extremadamente altas las barreras de entrada al mercado. Sólo las grandes potencias, EE.UU. y la URSS, eran capaces de desarrollar programas a través de sus respectivas agencias espaciales, usualmente con fines propagandísticos y militares. El colapso de la Unión Soviética en los años 90 supuso el comienzo del cambio y la apertura a la iniciativa privada. Por un lado, los problemas económicos de Rusia, heredera del programa espacial soviético, forzaron la búsqueda de aliados y nuevas formas de financiación. Del lado estadounidense, la desaparición del principal competidor y el desinterés de los máximos dirigentes provocaron el recorte del apoyo económico gubernamental.

Actualmente, la actividad se divide en tres áreas: militar, civil y comercial. El área civil conduce misiones científicas y de investigación, como por ejemplo la exploración espacial, y suele estar coordinada por agencias gubernamentales como la NASA o la ESA. Por su parte, el área comercial provee servicios de pago a clientes, como por ejemplo los satélites de comunicaciones y de navegación.

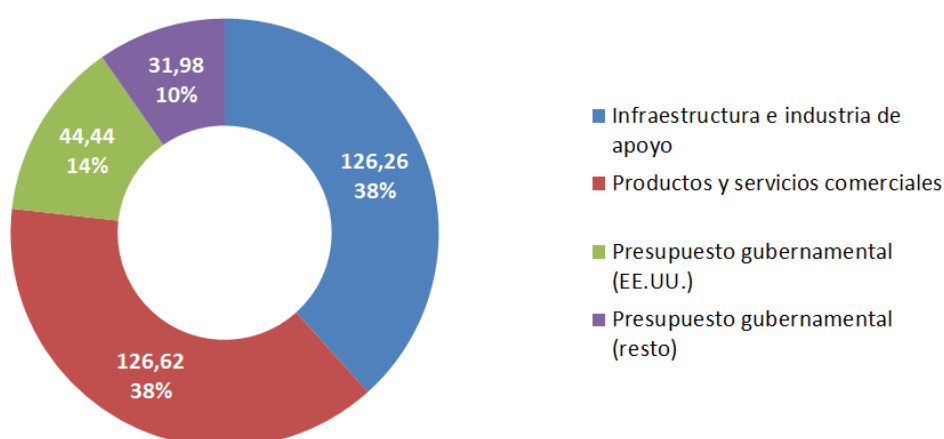
Las actividades del subsector espacial se han centrado tradicionalmente en tres segmentos:

1. **Lanzamiento de carga útil (payload)**. Diseño y fabricación de sistemas lanzadores capaces de transportar carga útil al espacio exterior. Normalmente, el cometido del lanzamiento suele ser realizar un vuelo suborbital con el objeto de colocar la carga útil en una determinada órbita (por ejemplo satélites de comunicaciones) o de lanzar una nave espacial fuera de la influencia del campo gravitatorio terrestre. Algunos fabricantes tradicionales de lanzaderas espaciales son ULA (fusión de Boeing y Lockheed-Martin) o Arianespace; a los que se ha unido otros fabricantes de reciente creación que siguen el modelo *start-up*, como SpaceX. En 2016 los lanzamientos de SpaceX ya supusieron el 36% del total de los lanzamientos en EE.UU. El valor del mercado global de lanzadores llegó a los \$7.370 millones en 2016 (The Space Report, 2017).
2. **Satélites**. Segmento que engloba las actividades de diseño y fabricación de satélites, por lo que requiere una significativa inversión en I+D y un profundo conocimiento técnico. El valor del mercado global de la construcción de satélites alcanzó los \$32.942 millones en 2016 (The Space Report, 2017). La provisión de servicios comerciales desde el espacio comenzó el 1 de julio de 1962 con el lanzamiento del *Telstar I*, el primer satélite comercial de comunicaciones. Desde entonces la oferta de servicios se ha multiplicado hasta incluir difusión de señales de televisión, radio, geo-posicionamiento y observación.

3. **Soporte en tierra.** Comprende la infraestructura terrestre para operar, controlar e interactuar con los componentes en el espacio. Esto incluye los dispositivos de usuario como teléfonos satélite, receptores de TV satélite o dispositivos de geo-localización y navegación. El valor en 2016 llegó a los \$118.750 millones (The Space Report, 2017).

En total, los ingresos generados por las diferentes actividades del subsector espacial en 2016 fueron de \$329.310 millones (The Space Report, 2017)

**Figura 11 – Actividad global del subsector espacial en 2016**



<b>Infraestructura e industria de apoyo (2016)</b>	
<b>Categoría</b>	<b>Ingresos</b>
Soporte en tierra	\$118.750
Fabricación satél. comerciales	\$4.830
Lanzadores comerciales	\$2.050
Primas (seguros)	\$0.63
Vuelo privado suborbital	\$0.01
<b>TOTAL</b>	<b>\$126.260</b>

<b>Productos y servicios comerciales (2016)</b>	
<b>Categoría</b>	<b>Ingresos</b>
Difusión TV	\$97.700
Comunicaciones por satélite	\$21.000
Radio satélite	\$5.020
Observación terrestre	\$2.900
<b>TOTAL</b>	<b>\$126.620</b>

Fuente: The Space Report, 2017

El total de trabajadores ronda los 300.000 profesionales de alta cualificación.

## *El futuro: Space Age 2.0 y el conglomerado NewSpace*

Desde finales del siglo XX la iniciativa privada ha ido abriéndose un hueco en el panorama de la industria del espacio. El avance ha sido consecuencia de algunos acontecimientos importantes como la desintegración de la URSS, el abandono financiero de algunos programas espaciales estadounidenses (como el transbordador espacial) o la liberalización de mercado en EE.UU.

El siglo XXI comenzó en un contexto de desarrollo tecnológico, globalización de la economía y liberalización del uso comercial del espacio que permitió el florecimiento de multitud de emprendedores privados con capacidad de inversión para hacer frente a los requisitos de la industria. El auge del segmento de los satélites de telecomunicaciones ha proporcionado incentivos y oportunidades de negocio suficientemente atractivas para favorecer la inversión privada. En consecuencia, desde la década de los 2000s los emprendedores privados diseñan y despliegan sistemas espaciales.

El término *NewSpace* ha sido acuñado para aglutinar a todos los actores de este nuevo movimiento de emprendedores privados con el objeto de diferenciarse de las compañías tradicionales (el "*OldSpace*"). Al no depender, en principio, de agencias, presupuestos gubernamentales o programas políticos, los motores impulsores del movimiento son del tipo socio-económico o incluso filosófico.

El modelo empresarial elegido se corresponde al de una *start-up* pequeña y ágil del siglo XXI, basada en la innovación, el ahorro de costes y el crecimiento rápido; en contraposición con los extensos programas millonarios y la lentitud de movimientos de los gigantes del "*OldSpace*". Ejemplos representativos del *NewSpace* son SpaceX, Blue Origin, Virgin Galactic o Bigelow Aerospace, y sus logros son ya una realidad: los lanzadores reutilizables, el turismo espacial o los hábitats espaciales.

Los desafíos planteados para el futuro son igualmente ambiciosos. Los nuevos emprendedores sueñan con la colonización del espacio, la exploración de nuevos mundos, la minería de asteroides (ASTRA, 2010) o la construcción de fábricas en el espacio (Skomorohov, 2016). A estos objetivos se añaden nuevos modelos de negocio en forma de servicios de pago, como el turismo espacial, servicios de *real estate* o los servicios funerarios estelares.

En 2010, la FAA ya estimaba que el turismo espacial podría convertirse en un mercado de \$1.000 millones en 2030. En 2014, Virgin Galactic tenía una cartera de



pedidos de 700 tickets, con un precio de \$250.000 cada uno, para futuros servicios de turismo espacial (Space Travel, 2018). Las mencionadas minería de asteroides y manufactura de productos en el espacio se encuentran en fases más preliminares, aunque la aparición de la iniciativa privada ha revitalizado el debate sobre ellos.

**Imagen 4 – Dos propulsores reutilizables del cohete Falcon Heavy aterrizan simultáneamente (Febrero 2018)**



Fuente: SpaceX

BofAML estimó en 2017 que toda la actividad futura global del *NewSpace* octuplicará el valor actual del mercado en 2040 hasta alcanzar un valor de \$2.7 billones (Sheetz, 2017). Sin embargo, también considera que el trabajo para conseguirlo será enorme. El desarrollo tecnológico de los próximos 20 años habrá de ser igual al del conjunto de la historia de la humanidad hasta ahora.

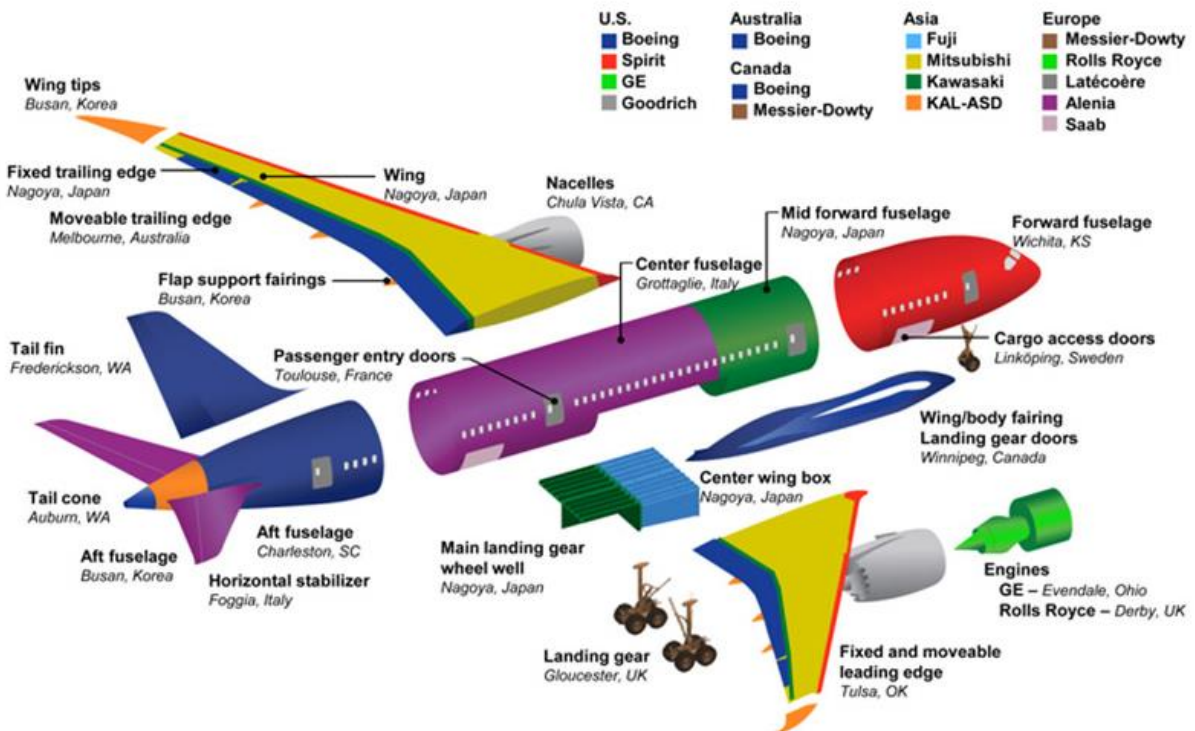
## **2.4 Riesgos más relevantes y estrategias asociadas**

En el apartado anterior se ha expuesto la situación actual y un panorama futuro favorable para el sector, con grandes expectativas de crecimiento de negocio y aumento del mercado. Sin embargo, también se pueden identificar riesgos importantes.

## FIABILIDAD Y FLEXIBILIDAD DE LA CADENA DE SUMINISTROS

Un fallo en la cadena de suministro puede implicar importantes retrasos en la entrega y consecuencias económicas para el fabricante. Por ejemplo, el montaje del último diseño de Boeing, el 787 Dreamliner, depende de 40 suministradores de distintos países.

Figura 12 – Piezas y fabricantes del Boeing 787 Dreamliner



Fuente: Boeing

Con la situación actual de pedidos récord, el trabajo acumulado y el aumento de la demanda previsto, los fabricantes OEM necesitan que los suministradores *tier 1*, *tier 2*... etc. sean capaces de seguir el ritmo de la producción, con la misma excelencia en términos calidad, y de mantener los tiempos de entrega en rangos razonables.

El paradigma futuro que se persigue en la actualidad es el de una cadena de suministro con capacidad de sincronizar sus operaciones con la demanda en tiempo real (*right part at the right time*). Debería estar compuesta por proveedores con capacidades dimensionadas para hacer frente a la demanda y que mantengan la excelencia en la calidad y los costes en un rango aceptable. Asimismo, se hace hincapié en el control de la cadena de suministros y el desarrollo de la tecnología adecuada de soporte IT a la logística.

Las estrategias adoptadas por las empresas del sector para afrontar los riesgos de la dimensión de la cadena de suministros están enfocadas principalmente a la colaboración con los suministradores. Esto supone una ruptura considerable respecto a la tradicional filosofía de desconfianza y protección de secretos entre los miembros de la industria. Las principales estrategias incluyen:

- **Distribución de los riesgos.** Por ejemplo, mediante la involucración de los suministradores *tier 1* como *partners* en el diseño o la firma de acuerdos de compartición de riesgos entre los participantes de la cadena de suministro.
- **Intercambio de información.** Con el objeto de que los miembros de la cadena de suministros puedan gestionar cambios en la demanda y de que se pueda tener un entendimiento casi en tiempo real de los requerimientos de la industria y actuar en consecuencia para satisfacerlos. Por ejemplo, pueden adaptar su planificación, identificar posibles escenarios de escasez en los inventarios o mejorar los procesos de adquisición y compras.
- **Supervisión de proveedores.** El grado de cumplimiento con los estándares de calidad y fiabilidad de los proveedores se audita frecuentemente por la industria a modo de mecanismo de protección. Las nuevas tecnologías de análisis ofrecen una amplia oferta de metodologías para el control de la cadena de suministros en base a diferentes criterios. Por ejemplo, Airbus evalúa diversas características de cada posible proveedor como la capacidad financiera, los recursos humanos, los mecanismos de calidad o los tiempos de entrega, combinándolos con otros factores externos como la situación regulatoria, riesgos monetarios o situación geopolítica del país de origen. De esta forma se obtiene un coeficiente de factor de riesgo que determinará los candidatos con mejores probabilidades de formar parte de la cadena de suministro de cada programa. Periódicamente, Airbus puede realizar auditorías a sus proveedores para determinar si siguen cumpliendo los estándares requeridos o no, en cuyo caso propondrá acciones correctoras. Analizar y entender los riesgos, especialmente el financiero, a la hora de elegir a cada proveedor es fundamental para determinar el impacto de éstos en la cadena de suministros.

- **Trabajo colaborativo.** Los problemas relacionados con la capacidad de los suministradores pueden resolverse mediante las revisiones periódicas y la búsqueda conjunta de soluciones. El fabricante final debe entender las capacidades de sus proveedores para anticiparse a problemas puntuales que puedan implicar importantes pérdidas, retrasos e incumplimiento de los compromisos con los clientes. La tendencia está dirigida a un entorno más colaborativo, con más visibilidad e información, que facilite la consecución del modelo de suministro adaptado a la demanda.

## AUMENTO DE LA COMPETENCIA Y REDUCCIÓN DE LOS MÁRGENES

Si bien Airbus y Boeing han mantenido un duopolio en el mercado de la aviación comercial en los últimos tiempos, nuevos competidores han aparecido en escena como consecuencia del aumento de la demanda y la bajada de las barreras de entrada. Bombardier y Embraer tienen presencia en los mercados regionales, y los consorcios aeronáuticos rusos proveen al mercado asiático. La mayor amenaza proviene de la china COMAC, cuyos diseños amenazan directamente el mercado Asia-Pacífico, el de mayor proyección en los próximos años. El aumento de la competencia significa una reducción de los márgenes de los fabricantes establecidos.

La apertura de mercados conlleva otros riesgos como puede ser la transferencia indirecta de tecnología a países que pueden usarla para desarrollar su propia industria. La distribución de tecnología a nivel global implica un riesgo de copia a bajo coste por parte de otros fabricantes o proveedores. Como consecuencia de ello, desaparecen las barreras de entrada relacionadas con la ventaja de conocimiento y la experiencia de los fabricantes establecidos (Porter, 1979).

En el ámbito espacial la competencia crece a pasos agigantados de mano de las nuevas iniciativas privadas, más ágiles y flexibles. Por ejemplo, SpaceX empieza a ser una seria amenaza para fabricantes de lanzadores tradicionales como Boeing, Lockheed-Martin o Airbus DS. En un escenario de recortes, los gobiernos se abren a la búsqueda de otras soluciones más asequibles. Es aquí donde las nuevas opciones del mercado espacial, basadas en una filosofía de eficiencia en coste, encuentran una oportunidad de entrada y de competir con los fabricantes tradicionales.

La fortaleza de los principales suministradores *tier 1* y *tier 2*, así como de algunos clientes, les permite negociar mejores acuerdos y ampliar sus márgenes a costa de los

fabricantes OEM. En el negocio MRO los propios clientes ofrecen una competencia seria. El conocimiento obtenido en las grandes aerolíneas a partir de la operación continuada durante décadas de diversos modelos de avión les permite ofrecer servicios de mantenimiento y reparación de excelente calidad. Por otra parte se espera que el desmantelamiento de aviones retirados inunde el mercado de los recambios con un excedente de piezas de repuesto.

En cuanto a las estrategias adoptadas para hacer frente al incremento de competencia y al poder de los proveedores y clientes, podemos destacar las siguientes:

- **Economías de escala y de alcance** para mantener altas las barreras de entrada. Escalar las economías reduce los costes de producción propios respecto al de los competidores.
- **Identificación de marca**. Generar lealtad a la marca en los clientes mantiene las barreras de entrada altas para los nuevos competidores. La identificación puede conseguirse por ejemplo aumentando la calidad del producto, definiendo y difundiendo los valores de la compañía o con un excelente servicio *aftermarket*.
- **Involucrar a los clientes en las fases de diseño**. Se trata de orientar el diseño al cliente y no a la ingeniería, como se hacía tradicionalmente. De esta forma es el mercado el que dirige al diseño de nuevos productos y no al revés, y se consigue la identificación del cliente con el producto como algo que responde a sus necesidades específicas.

## REGULACIONES Y LEGISLACIÓN

Las compañías del sector aeroespacial están sometidas a un alto número de legislaciones y regulaciones. Los sistemas aeronáuticos deben cumplir, en mayor o menor medida, con una serie de estándares de seguridad y calidad con la finalidad de evitar incidentes que podrían tener graves consecuencias. Las autoridades que velan por la seguridad aérea, principalmente en EE.UU. y en Europa, son FAA y EASA respectivamente. Entre otras funciones, su principal labor es la de crear estándares de aeronavegabilidad que garanticen la seguridad de los ciudadanos. Antes de que un nuevo modelo de avión pueda volar, el fabricante debe obtener la certificación de estas autoridades, por lo que es habitual que desde las primeras fases del diseño se tengan en cuenta las regulaciones de aeronavegabilidad en los programas de ingeniería. Un

cambio en las últimas fases de diseño motivado por la no conformidad con las normativas puede resultar muy costoso, además de implicar retrasos adicionales.

La alta internacionalización de la industria hace que esté presente en gran cantidad de países, siendo los más importantes los mercados de exportación. Como consecuencia es necesario cumplir las legislaciones locales de cada mercado. Los contratos con diferentes gobiernos pueden incluir cláusulas relativas al control de la exportación o imponer límites el uso de la tecnología. Los errores a la hora de cumplir con estas normativas conllevan importantes multas, penalizaciones o exclusión de futuros contratos. Asimismo, se ha de rendir cuentas habitualmente ante organizaciones de control anti-monopolio y anti-fraude.

La situación geopolítica afecta también a los mercados. Han de tenerse en cuenta los embargos a algunos países y las listas negras (por ejemplo, aerolíneas que no cumplen los estándares de seguridad) a la hora de elegir a los clientes a los que se puede vender productos. El no cumplimiento de estas regulaciones acarrea graves consecuencias económicas para las firmas.

Igualmente, la industria está sometida a leyes de protección intelectual, patentes y secretos comerciales. La información y el *know-how* es un activo estratégico y puede ser clasificada en niveles de acuerdo a la sensibilidad, o puede limitarse su uso y acceso. El incumplimiento con la legislación sobre información estratégica puede conducir incluso a penas de cárcel en algunas naciones.

Algunas estrategias para hacer frente a estos riesgos son:

- **Tener en cuenta la legislación desde las primeras fases diseño.** Los representantes de las autoridades de aeronavegabilidad se integran con los equipos de ingeniería con el objeto de ir validando los desarrollos a medida que éstos avanzan. De esta manera se evita que aparezcan no conformidades en fases avanzadas del diseño.
- **Utilizar agentes o representantes locales.** Se utilizan para introducirse en nuevos mercados desconocidos a modo de asesores y guías locales debido a su conocimiento de las legislaciones y regulaciones particulares.

## CAPACIDAD PARA INNOVAR Y ALTA DEPENDENCIA DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO

La innovación y el desarrollo tecnológico son fundamentales para que el sector hoy en día se mantenga competitivo. Ambos son útiles para mantener altas las barreras de entrada y para protegerse ante el riesgo de copia de la competencia o los proveedores. En el caso del subsector espacial, el desarrollo de nueva tecnología es obligatorio para afrontar los desafíos futuros y mantener vivo el mercado. Sin embargo, la innovación requiere grandes cantidades de inversión financiera. También es importante crear la infraestructura adecuada y mantener el contacto con *partners* y el mundo académico.

Los desafíos en el campo de la innovación requieren estar al día de las tendencias tecnológicas para identificar mercados futuros, pero innovar también es buscar nuevas aplicaciones de la tecnología presente que satisfagan las necesidades actuales de los clientes. Evidentemente, cada innovación deberá ser eficiente en términos de coste y además cumplir con los estándares y regulaciones actuales de seguridad y aeronavegabilidad.

Estrategias que pueden ayudar a combatir los riesgos de la necesidad continuada de innovación y la dependencia del desarrollo tecnológico son:

- **Impulso continuo de la innovación.** Para reducir costes y mitigar los efectos de la posible copia de tecnología.
- **Contacto con el mundo académico.** Para la detección temprana y reclutamiento del talento.
- **Políticas de atracción y conservación del talento.** Por ejemplo, la creación de una cultura y un entorno donde los trabajadores se sientan cómodos. También la oferta adecuada de promociones es útil para la retención del talento y el mantenimiento del compromiso con la empresa.
- **Centros de innovación y tecnología.** Sirven para impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías y estudiar vías de aplicación en el negocio. Un ejemplo puede ser la reciente creación del centro A<sup>3</sup> de Airbus en California.

## ECONOMÍA INTERNACIONAL Y EFECTOS DE LA GLOBALIZACIÓN

La globalización ofrece ventajas como la apertura de nuevos mercados pero también puede acarrear riesgos como la volatilidad económica y la inestabilidad geopolítica en los mercados principales. En los países desarrollados, la inestabilidad puede afectar al gasto público en programas espaciales, como ha sucedido recientemente en la Eurozona.

Los principales fabricantes (Airbus, Boeing, Bombardier...) son gigantes multinacionales con presencia y empresas subsidiarias en varias partes del mundo (Europa, América del Norte, China, Japón...). Otros actores de la industria, como pueden ser los cientos de proveedores de las cadenas de suministro, están dispersos por prácticamente todas las partes del mundo. Esta internacionalización puede generar problemas de visibilidad sobre ciertas áreas de la cadena de suministros. También llevan a la creación de silos de información dentro de las propias organizaciones. Otro inconveniente es la aparición de falta de entendimiento cultural.

Asimismo, la volatilidad de la economía internacional puede afectar a los costes de fabricación. Algunas *commodities* cuyo aumento de precio puede suponer un riesgo son el aluminio, la fibra de carbono o el titanio. El precio del crudo también tiene influencia en el sector puesto que afecta de manera directa a los costes de operación de las aerolíneas.

Herramientas para la mitigación de estos riesgos pueden ser:

- **Nuevos métodos de fabricación.** Para reducir la dependencia de materias primas. Algunas organizaciones descartan explícitamente algunos materiales “conflictivos” de su cadena de suministros.
- **Trabajo colaborativo.** Para romper los silos de información y promover el intercambio cultural.



### **3. LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL**

En este capítulo se estudiará el concepto de transformación digital. El objetivo es entender en qué consiste, cómo se aplica a las cadenas de valor de las empresas y cuáles son los beneficios que puede aportar. Es decir, por qué las empresas deberían adoptarla. Se describen los riesgos que ésta implica y se proponen estrategias a la dirección para el lanzamiento y seguimiento de procesos de transformación. Finalmente, se explica la idea del cambio cultural dentro de los procesos de transformación.

#### **3.1 ¿Qué es (y qué no es) la transformación digital?**

El término transformación digital (en adelante DT) se refiere a la aplicación de la innovación, de la combinación de nuevas tecnologías y de la cultura digital a la totalidad de las cadenas de valor de las organizaciones, con el objeto de aumentar los ingresos, reducir los costes y generar nuevas oportunidades de creación de valor. Los medios para este fin pueden ser diversos; por ejemplo, mejorando la eficiencia de los procesos o introduciendo nuevas tecnologías de fabricación. El término “transformación” indica una reinención de la forma de trabajar y de la cultura de las organizaciones; y el término “digital” se refiere a que es la tecnología el principal habilitador de esta renovación.

La eclosión de tecnologías permite la aparición de abundantes nuevas oportunidades de valor y estrategias de negocio. El aspecto clave de la DT consistirá en adaptar una combinación de ellas adecuadamente a los objetivos del negocio. Además de mejorar la eficiencia y generar nuevas fuentes de ingresos (o potenciar las ya existentes) la DT impulsa una cultura de cambio y de innovación dentro de las

organizaciones. En este sentido, el cambio más importante será el cultural, y para ello será necesaria una actitud audaz, dispuesta a salir de la zona de confort y una perfecta adaptación al cambio.

La DT no significa necesariamente limitarse a adoptar nuevos sistemas IT o a implantar una nueva tecnología para la automatización de un determinado proceso. Implica un cambio de gran calado de la totalidad de la organización y de su forma de trabajar. Éstas deben diseñar su propio ecosistema digital y, a su vez, encontrar su sitio en el ecosistema digital global.

Según la definición de Gartner, este ecosistema digital global *"interconecta a los diferentes actores del negocio en beneficio mutuo a través de las plataformas digitales adecuadas"*. El objetivo ha de ser abrir nuevas rutas para hacer negocios de acuerdo a los objetivos estratégicos y, en este sentido, el ecosistema digital puede ayudar ya que permite la interacción con los clientes, *partners* e industrias adyacentes.

La abrumadora cantidad de nuevas tecnologías que brotan continuamente en la actualidad puede hacer difícil distinguir "el grano de la paja", y en consecuencia la dirección de las organizaciones puede caer en la tentación del "cambio por el cambio". La tecnología por la tecnología podría ser contraproducente y, en vez de favorecer el crecimiento, bloquearlo. La labor de los líderes es la de hacer una valoración estratégica de la tecnología y diseñar una estrategia digital acorde. En todos los casos las compañías han de modificar la forma en la que las áreas trabajan e interactúan entre ellas.

## LA ESTRATEGIA EN EL MUNDO DIGITAL

Hoy en día ya no existe una estrategia digital específica, sino simplemente estrategia en un mundo digital. Es decir, una estrategia para mantenerse competitivo en un escenario de rápida evolución del negocio. Se parte de una visión de futuro, que no se limita a identificar problemas presentes que sea necesario resolver, sino que se focaliza en los objetivos que se deseen obtener (¿qué consideraríamos un éxito en el futuro?). Posteriormente se identifican los *gaps* en la arquitectura actual y se idean las hojas de ruta para las implementaciones necesarias. La visión estratégica debe estar en línea con los objetivos de una manera ágil y realista.

Los estrategas deben reflexionar sobre qué valor añadido quieren generar y qué tipo de experiencia de cliente exigen los usuarios finales; ya sean éstos internos (empleados de la organización) o externos (clientes que interactúan con ella).

Finalmente, se pone en marcha el ecosistema aprovechando las ventajas que ofrece la tecnología. En todo momento, debe ser la estrategia la que impulsa la tecnología, no la tecnología la que determina la estrategia (Kane et al., 2015).

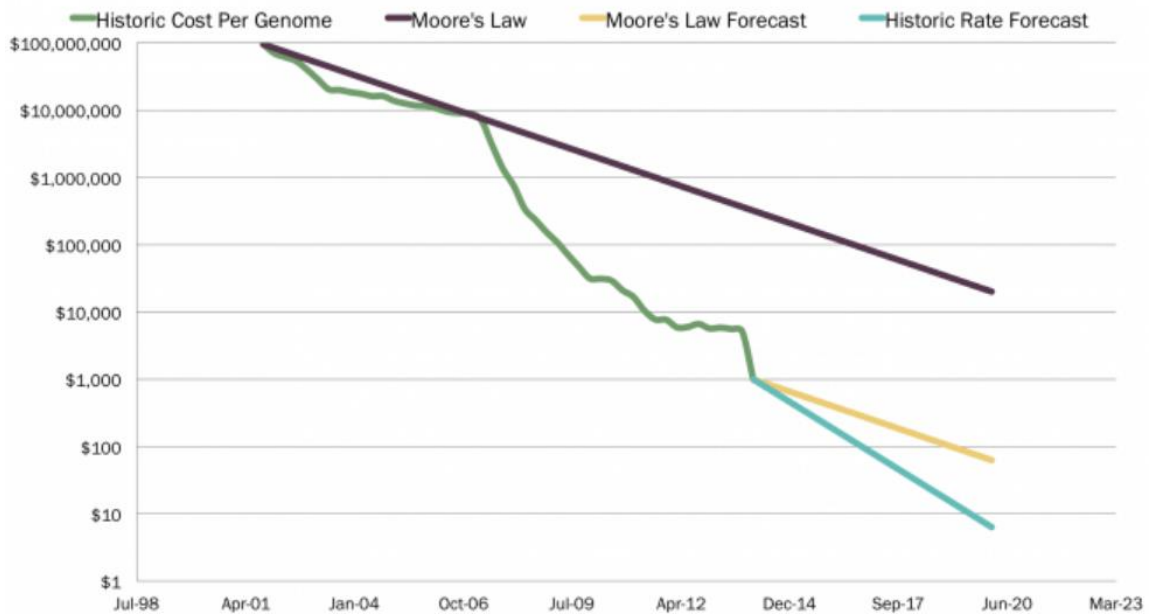
## EL FACTOR TECNOLÓGICO

El cimiento sobre el que se asienta la DT es la tecnología y, en particular, la información y los datos en formato digital. En las últimas décadas la digitalización de la información se ha implantado de forma masiva en multitud de aplicaciones gracias a las ventajas que ésta aporta en términos de integridad, replicación y transmisión de datos a alta velocidad. Éste es el punto de partida tecnológico de la DT. A partir de ahí, la digitalización aporta otras ventajas como son la conectividad masiva, el aumento de la capacidad de computación y la habilitación de una cultura colaborativa y social. Todas estas capacidades servirán posteriormente de aceleradores de la transformación.

El avance tecnológico en las últimas 4 décadas ha sido exponencial. De acuerdo a las predicciones de la Ley de Moore, la capacidad de procesamiento mundial se dobla cada dos años. Este aumento de la potencia de computación está conduciendo a niveles cada vez mayores de progreso tecnológico.

Además, a medida que la tecnología avanza, su coste se va desplomando de manera inversamente proporcional. Por ejemplo, la secuenciación del primer genoma humano en 2000 costó \$3.700 millones y 13 años de trabajo. Hoy en día secuenciar un genoma humano cuesta \$1.000 y 3 días; y se prevé que en los próximos 5 años baje de \$100.

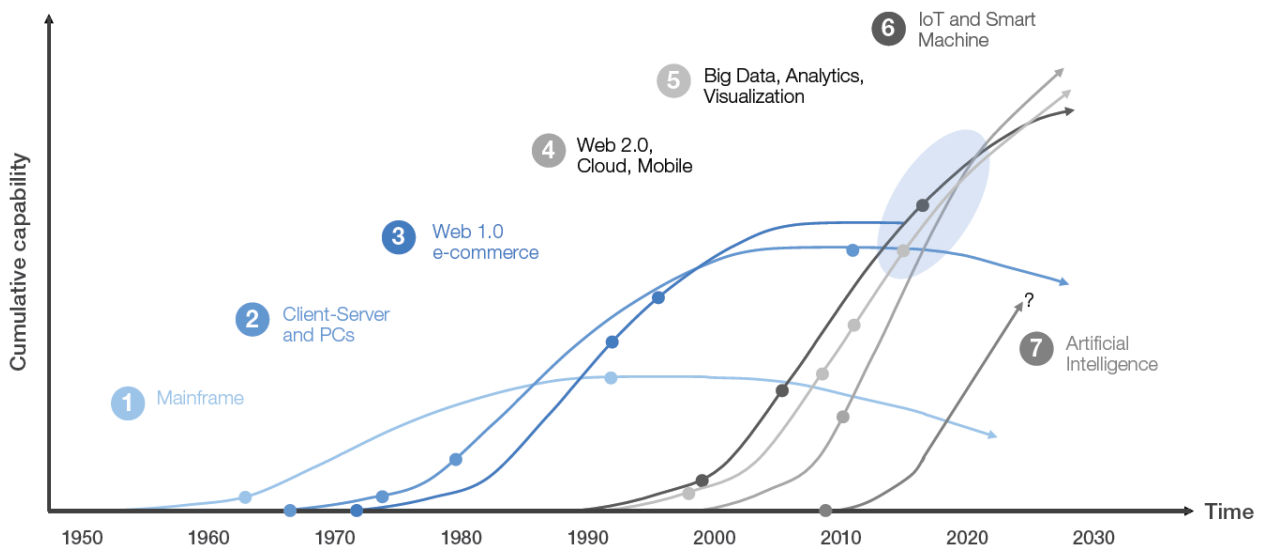
**Figura 13 – Evolución del coste de la secuenciación del genoma**



Fuente: Bannon, 2014

La combinación del aumento exponencial de la capacidad de procesamiento con el desplome de costes tiene un efecto multiplicador para el avance tecnológico. Por esta razón, se espera que en el futuro los cambios lleguen incluso de manera más acelerada y la tecnología más sofisticada se acerque a precios de mercado. Algunos ejemplos son el progreso de la inteligencia artificial (AI) y de la tecnología *drone* en los últimos 5 años.

**Figura 14 – Efecto acelerador de la combinación de tecnologías**



Fuente: WEF, 2016

Aparte de servir de base para el ecosistema digital, hay que tener en cuenta que el aumento de la accesibilidad y la ubicuidad de la tecnología están modificando los hábitos de consumo. La conectividad y el acceso a la información cambian las expectativas de los nuevos clientes digitales, independientemente del tipo de negocio. En consecuencia, las empresas deben cambiar en paralelo la forma en la que satisfacen estas expectativas.

### **3.2 ¿Por qué adoptar la transformación digital?**

Las oportunidades que presenta la transformación digital son inmensas no sólo para la industria, sino también para la sociedad en general. Por ejemplo, la implantación masiva de vehículos autónomos podría suponer que se salven un millón de vidas hasta 2025 (WEF, 2016). Las iniciativas digitales poseen suficiente potencial como para afrontar problemas de gran magnitud como la sostenibilidad ambiental, la escasez de recursos o la superpoblación. Se estima que el valor combinado, para la industria y la sociedad, de la transformación digital podría llegar a los \$100 billones en los próximos 10 años (WEF, 2016).

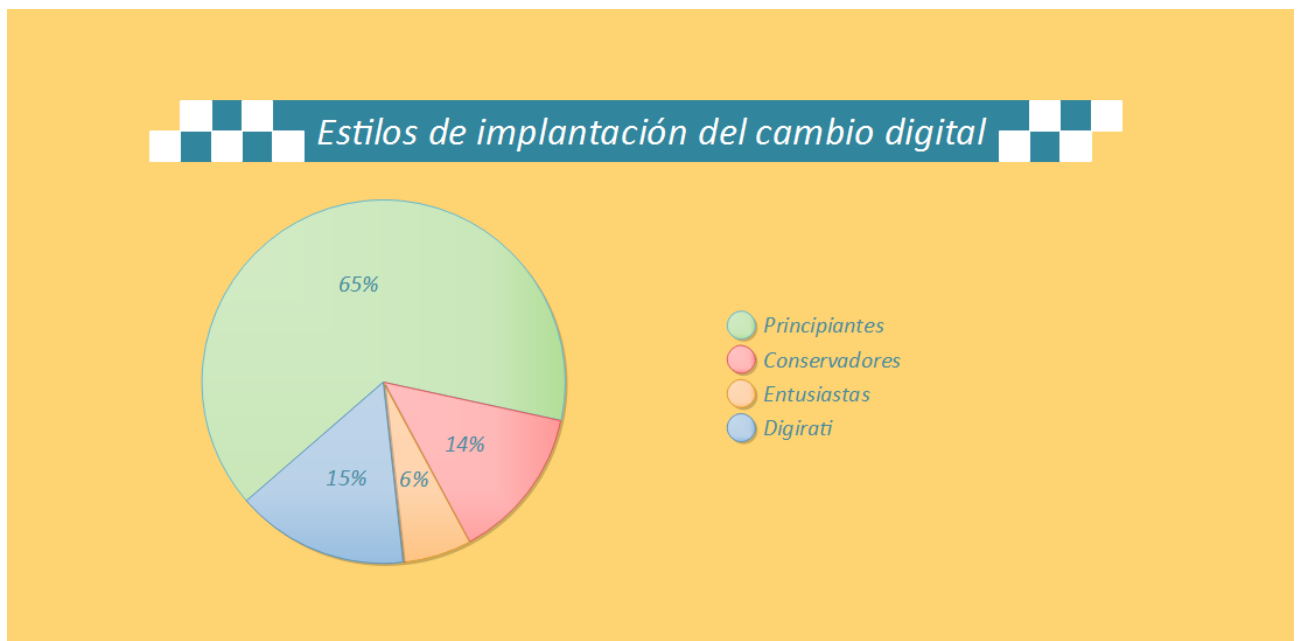
Las empresas deben acelerar su carrera para adaptarse a los nuevos clientes digitales. Estos nuevos clientes han aparecido debido al aumento de la conectividad y el alto nivel de información al que tienen acceso. Al digitalizar sus hábitos de consumo saben mejor qué es lo que quieren. Las nuevas demandas de los clientes implican altas expectativas respecto a la experiencia de usuario que esperan recibir, que deben ser únicas y satisfactorias. También esperan un alto nivel de personalización de los servicios contratados y una alta accesibilidad de los mismos (acceso bajo demanda). Las compañías han de acelerar su carrera por adaptarse a las demandas de los clientes; no sólo a lo que quieren, sino también a cómo lo quieren.

Los modelos de negocio “analógicos” han de afrontar rápidamente la cuestión de la transformación frente a la seria competencia del modelo *start-up*. Éste tiene la virtud de ser nativo al escenario digital. Es el hábitat natural de las empresas digitales puesto que se han creado dentro de él. Si tradicionalmente una empresa necesitaba 20 años para conseguir un valor de \$1.000 millones, hoy en día una *start-up* exitosa puede conseguirlo en 4 años gracias al multiplicador tecnológico (WEF, 2016). A su favor, las grandes empresas “analógicas” con intención de remodelar su negocio poseen grandes

cantidades capital invertido y abundante información de datos del mercado y de los clientes.

El grado de madurez digital de una firma es la intensidad con la que la que invierte en tecnologías habilitadoras para cambiar su funcionamiento, combinada con el impulso con el que sus dirigentes impulsan los cambios. Dependiendo de dicha madurez podemos distinguir entre 4 tipos de compañías (Fitzgerald et al., 2013):

Figura 15 – Madurez digital de las empresas



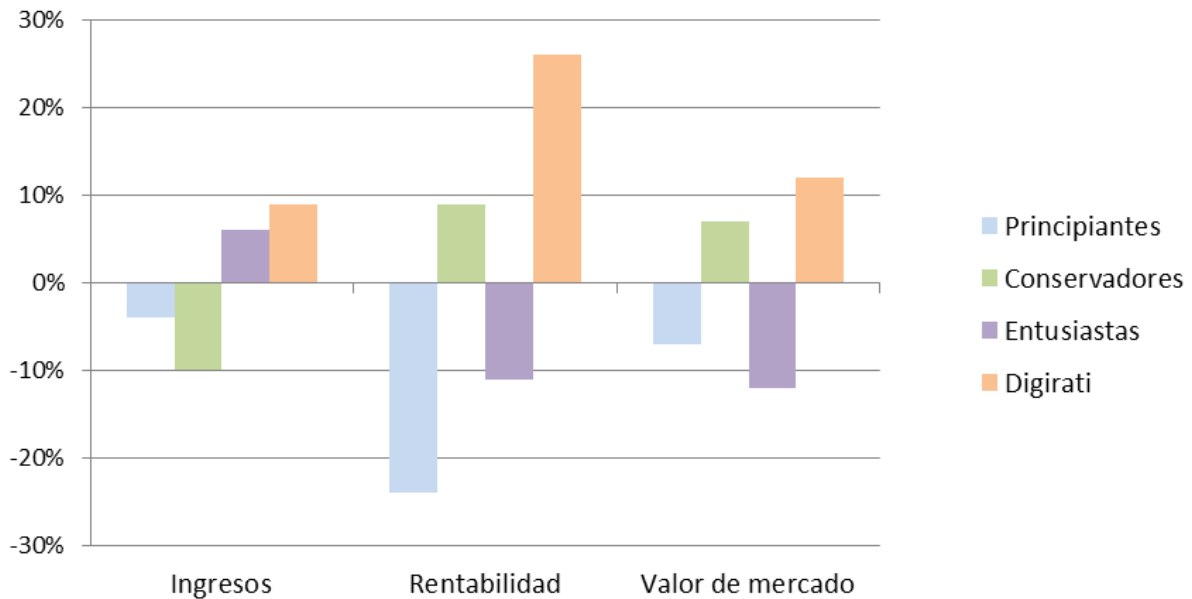
Fuente: Elaboración propia a partir de (Fitzgerald et al., 2013)

- **Principiantes**. Utilizan aplicaciones tradicionales como correo electrónico o ERPs pero hacen muy poco esfuerzo por desarrollar sus capacidades digitales. En consecuencia, las posibles oportunidades pasan desapercibidas para ellas.
- **Conservadores**. Prefieren mostrarse prudentes frente a la innovación y escépticos ante las ventajas de las nuevas tendencias. Su estrategia es la de invertir con cautela, lo cual les puede hacer perder oportunidades de creación de valor frente a competidores.
- **Entusiastas**. No poseen una motivación o estrategia clara de transformación para maximizar sus beneficios. En consecuencia, experimentan con tecnologías atractivas que pueden resultar útiles o no para la creación de valor. Tampoco poseen un conocimiento base que justifique la elección y pueden adoptar tecnologías basándose, por ejemplo, en modas pasajeras.

- **Digirati.** Son las empresas digitalmente maduras con una clara visión de transformación global de toda la organización lo que les permite obtener un beneficio claro. Su alta rentabilidad y eficiencia les distingue de las demás firmas menos maduras digitalmente.

Los estudios demuestran que la madurez digital importa. Las firmas con una mayor inversión en tecnologías habilitadoras obtienen mayores ingresos. Además, un compromiso claro por parte de la dirección implica mayor rentabilidad y mayor valor de mercado. Los digirati son un promedio del 26% más rentables que sus competidores, generan un 9% más de ingresos y tienen mayor valor de mercado (Westerman et al., 2012).

**Figura 16 – Beneficios de la tecnología**



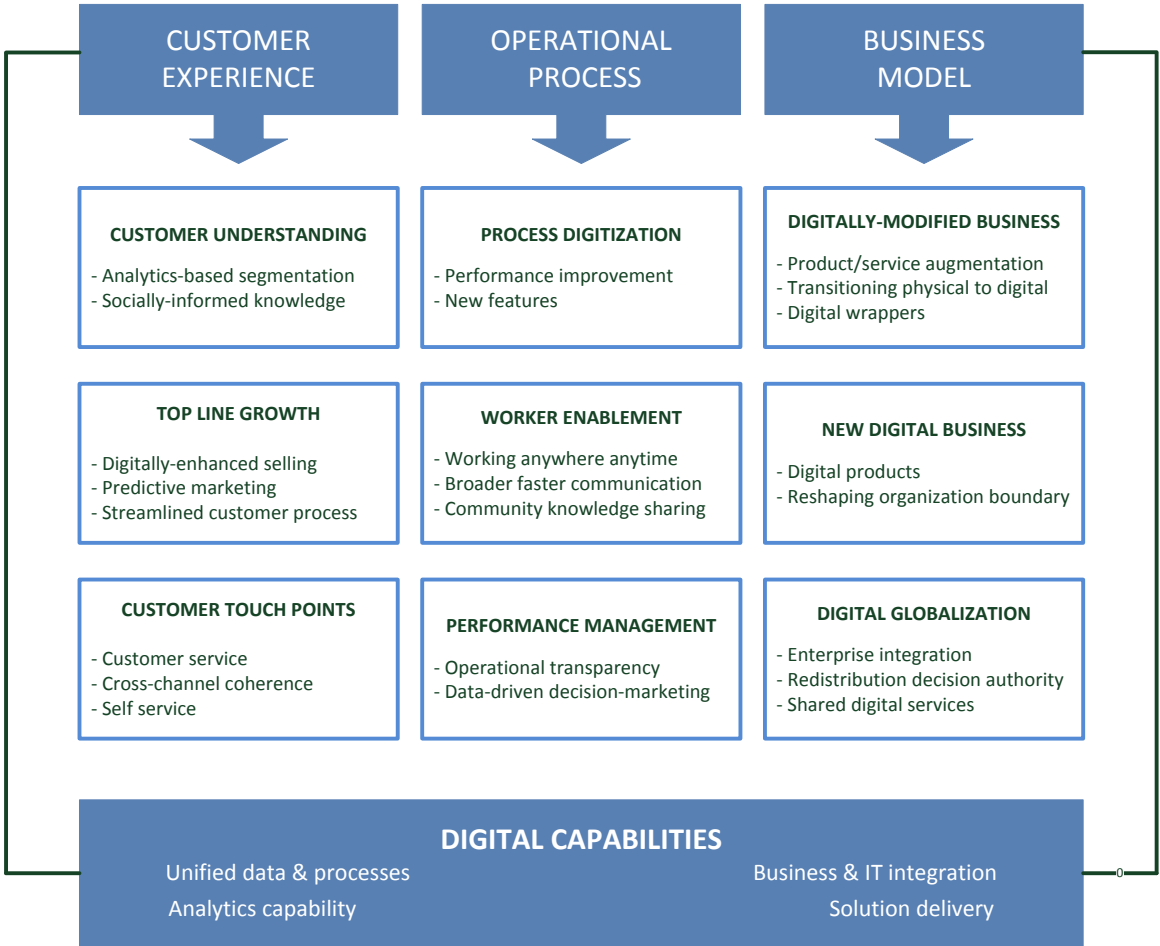
**Fuente:** Elaboración propia a partir de (Westerman et al., 2012)

### 3.3 ¿Cómo implementar la transformación digital?

Habitualmente las firmas suelen centrarse en tres pilares para transformar sus negocios: experiencia de cliente, procesos operacionales y modelo de negocio (MIT Sloan & Capgemini, 2011). La transformación no tiene por qué cubrir todas las áreas sino que puede centrarse en una en particular de interés para la dirección.

Para mejorar la experiencia de cliente es crucial averiguar qué le satisface y publicitarse ese sentido. Aquí pueden aprovecharse los medios digitales sociales. Asimismo, permiten mantener una conexión con el cliente y utilizar su experiencia en beneficio propio (Richardson, 2017). La mejora de los procesos operacionales no tiene por qué significar únicamente un aumento del grado de automatización. Ésta puede por ejemplo combinarse con técnicas de *big data* para adquirir grandes bloques de datos que pueden posteriormente ser analizados. Otro ejemplo podría ser una plataforma integrada de datos y procesos que proporcione una visión unificada y favorezca la eliminación de silos de conocimiento. Los beneficios de la adopción de los procesos digitales van mucho más allá de la mejora de eficiencia, también implican mejorar la colaboración entre los empleados y con los *partners*, así como ser más ágiles a la hora de cambiar los diseños en función de las respuestas del mercado. Los modelos de negocio también son susceptibles de transformación. A medida que la tecnología cambia a las organizaciones, éstas deben adaptar su forma de hacer negocios. Un ejemplo claro es el auge del *e-commerce* o la creación de servicios digitales añadidos (o complementarios) a los productos tradicionales.

**Figura 17 – Los tres pilares de la transformación**



Fuente: Elaboración propia a partir de (MIT Sloan & Capgemini, 2011)



En cualquier caso, es fundamental que las firmas dispuestas a afrontar la DT posean las capacidades adecuadas. La innovación y el desarrollo de las habilidades tecnológicas deben ser continuos para mantener las capacidades digitales e identificar nuevas áreas de creación de valor para el negocio. Asimismo, es fundamental la atracción y retención del talento digital y permitir que las ideas fluyan en todos los sentidos.

## LAS CLAVES DEL ÉXITO

El cambio debe ser de arriba hacia abajo y no al revés. Para ello, el liderazgo de la dirección es fundamental, tanto a la hora de concebir una nueva visión como a la hora de impulsar la filosofía del cambio en todas las áreas de la organización. La gestión del cambio es más una gestión cultural y humana que de tecnología en sí misma. Es decir, no sólo es importante el contenido del cambio que se introduce sino también la forma de introducirlo.

El proceso de cambio se impulsa siempre desde la dirección y se articula en tres aspectos clave (MIT Sloan & Capgemini, 2011)

1. **Visión de futuro digital**. La visión estratégica y la audacia orientada al negocio serán factores determinantes. La estrategia debe dirigir la transformación con el objetivo de aprovechar las ventajas que ofrecen las tecnologías.
2. **Inversión**. Principalmente en talento y en capacidades digitales alineadas con la visión de futuro. La transformación no tiene por qué suponer un cambio de toda la estructura sino que también puede ser posible una reestructuración de los recursos disponibles. En cualquier caso, como en cualquier caso de inversión, la DT requiere una gestión de riesgos y una necesidad de conocimiento del entorno.
3. **Liderazgo**. Habilita el cambio a través de herramientas como la comunicación, gobernanza, coordinación, incentivos o supervisión de indicadores. Las personas y la resistencia al cambio pueden ser un obstáculo mayor que la más compleja de las tecnologías. Para conseguir la implicación del empleado se pueden emplear nuevas tecnologías de comunicación como el *broadcasting* o difusión web de la información. Otras opciones como *wikis* y *blogs* favorecen el debate y el acercamiento a los

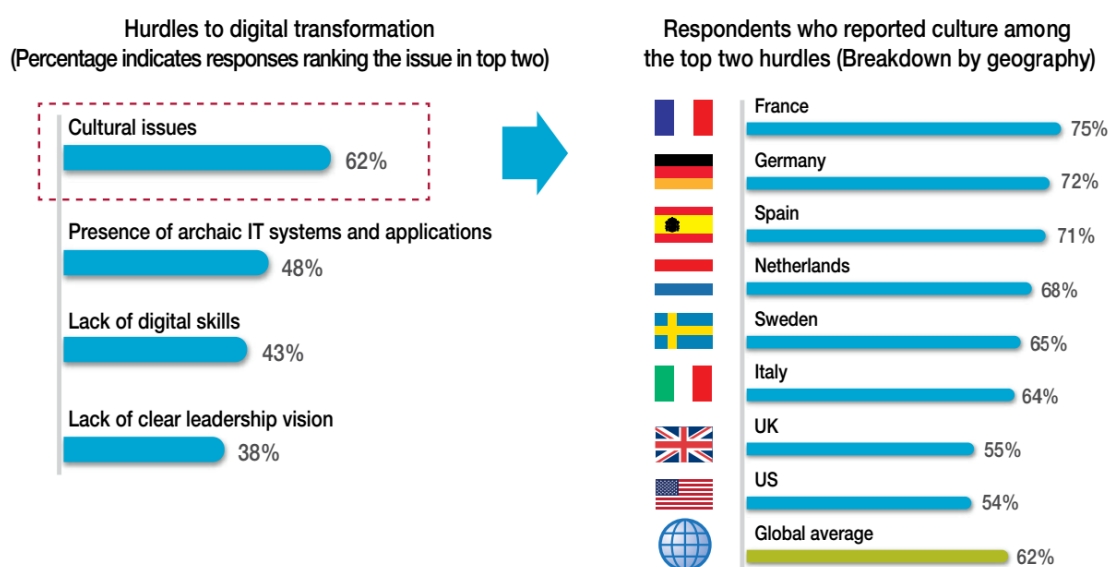
empleados, dando una sensación de proximidad que ayude a relajar la resistencia al cambio.

### 3.4 Desafíos y riesgos de la transformación digital

Como toda inversión, la transformación conlleva ciertos riesgos que necesitan ser gestionados si se desea que los cambios rindan beneficios (hay que tener presente que éstos no aparecerán de forma inmediata). Además de los riesgos conocidos existen otros desconocidos. Por ejemplo, es habitual que las regulaciones avancen a un ritmo mucho más lento que el de las tecnologías por lo que, aunque no existan a día de hoy, algunas de ellas en el futuro pueden llegar a significar un riesgo que gestionar.

Los desafíos más habituales se relacionan principalmente con aspectos como: falta de involucración por parte de la dirección (ya sea por falta de apoyo, financiación o impulso a la transformación), resistencia al cambio dentro de la organización, dificultades técnicas, falta de formación y falta de habilidades técnicas de los empleados y/o dirección.

Figura 18 – Los principales obstáculos para la transformación digital



Fuente: Capgemini, 2017

## EL CAMBIO CULTURAL

Como se ha comentado, la resistencia al cambio cultural en el interior de la propia organización es la principal barrera a la que se enfrentan las firmas en sus procesos de transformación. La evolución de la cultura digital es obligatoria en los procesos de transformación y debe discurrir en paralelo a la evolución tecnológica. En la mayoría de los casos, el mayor cambio no es tecnológico sino cultural. Por consiguiente, para garantizar el éxito deberán entrar en juego las habilidades gestoras y de comunicación de la dirección.

La nueva cultura digital debe estar basada en el trabajo colaborativo entre las diferentes áreas de la organización. Debe ser una cultura abierta y enfocada al cliente, con el propósito de mejorar de su experiencia por medio de la cooperación empresa-cliente.

**Figura 19 – Principales barreras del cambio cultural**



Fuente: Fitzgerald et al., 2013

Respecto a la toma de decisiones, deberá evolucionar y realizarse con más agilidad y flexibilidad, reaccionando a los cambios de la demanda y de las tecnologías. Por ejemplo, puede apoyarse en el uso y análisis masivo de datos. Prevalecerá el pensamiento innovador y las conductas audaces y disruptivas; por defecto, las soluciones correctas serán las soluciones digitales.

La intención del cambio cultural es conseguir que los empleados piensen y actúen de manera diferente. Un buen punto de partida podría ser cambiar la forma en la que se evalúa a los empleados; no por sus éxitos y fracasos, sino por su capacidad de aprender y de cambiar su manera de pensar.

También la cultura del cambio se puede traer de fuera. Por ejemplo, dando preferencia a los perfiles con facilidad para aprender y con mentalidades curiosas y abiertas al cambio durante las nuevas campañas de contratación. En los casos de resistencia más tenaz donde el proceso pueda resultar más fatigoso se puede tener en cuenta que a veces no se puede cambiar lo que las personas piensan, pero sí lo que hacen o la forma en que trabajan.

## EL DILEMA DEL INNOVADOR

La teoría de la disrupción, creada por Clayton Christensen en 1995, distingue entre dos tipos de innovaciones: las innovaciones incrementales o “de sostenimiento” y las innovaciones disruptivas (Christensen, 1997). Las primeras introducen cambios a productos ya introducidos en el mercado dirigidos a la corriente mayoritaria de clientes, los ya establecidos. A ojos de éstos, los cambios se perciben como mejoras a los productos existentes, y se genera una necesidad de compra. De esta forma las firmas dominantes continúan vendiendo en el segmento más rentable (el de los clientes ya consolidados). Por otra parte, las innovaciones disruptivas originan productos, en principio, con peor rendimiento pero más sencillos de usar y más baratos. En consecuencia, están enfocadas al sector *low-end* del mercado y, por esta causa, pueden pasar desapercibidas para las firmas dominantes. Al estar dirigidas al segmento menos rentable, no son consideradas por las grandes firmas como una amenaza. Una vez consolidadas en el sector más bajo del mercado, las innovaciones disruptivas aumentan rápidamente su calidad y rendimiento, lo que hará que desplacen paulatinamente a las firmas dominantes. Con el tiempo, éstas tendrán que acabar cediendo a la presión y aceptar que deben acompasar su paso al ritmo que marquen las innovaciones disruptivas o, en caso contrario, desaparecer del mercado.

En consecuencia, y dado que las innovaciones disruptivas necesitan tiempo para consolidarse, las firmas se enfrentan a un dilema: ¿continuar con el modelo de las innovaciones incrementales para sostenerse en el mercado y conseguir beneficios a corto plazo? ¿O adoptar una política favorable a las innovaciones disruptivas asumiendo que necesitan un tiempo para consolidarse y que puede existir un riesgo para el beneficio a largo plazo? En empresas con alta focalización en los beneficios

inmediatos (por ejemplo, debido una presión por parte de los accionistas) puede resultar complicado el patrocinio de las tecnologías disruptivas.

## FORMACIÓN Y HABILIDADES TECNOLÓGICAS

Los empleados de las empresas del futuro habrán de poseer significativas habilidades tecnológicas. Una labor importante será identificar el *gap* de formación y gestionar las acciones correctoras y la formación necesaria. Asimismo, será crucial para las empresas atraer y retener el talento. A su favor está el hecho de que las generaciones nacidas a finales del siglo XX han vivido la aparición de tecnologías revolucionarias como Internet o los teléfonos móviles. Sin embargo, esta habituación al cambio también puede hacer difícil retenerlos, por lo que las empresas deberán preparar incentivos suficientes (en forma de programas de desarrollo de carrera y oportunidades o similares).

También ha de ser necesario llevar el cambio digital a las áreas de liderazgo y gestionar el reciclaje y la formación cuando sea necesario. La falta de habilidades tecnológicas a ciertos niveles puede suponer una amenaza para las organizaciones.

## EL ROL DE LA DIRECCIÓN

El papel de la dirección es decisivo en el proceso de transformación. El punto de partida del cambio debe estar siempre en lo más alto y después debe propagarse de arriba hacia abajo con el ímpetu necesario. El escepticismo frente a la adopción de nuevas tecnologías es normal y sano hasta cierto punto, ya que no todas las tecnologías han de ser adecuadas para todos los negocios. Sin embargo, es labor de la dirección procurar que la falta de conocimiento no haga perder las oportunidades que ofrece la transformación.

La dirección debe ser capaz de concebir una visión de futuro lo suficientemente radical como para lograr transformar realmente las actividades y alcanzar nuevas fronteras. Además debe mostrar las cualidades de liderazgo necesarias para llevarla a cabo. No es cuestión de limitarse a buscar una nueva forma más rápida o eficiente de trabajar, sino una auténtica revolución de la forma de trabajar. Además la empresa

deberá crear un nuevo marco para la actividad de su negocio, lo cual implica un desafío y un conocimiento importante de la propia organización. La cortedad de miras a la hora de concebir una visión de futuro puede terminar desembocando en la implantación de una o dos tecnologías que no sean lo suficientemente importantes como para transformar de raíz el negocio; es decir, una inversión importante con un resultado mediocre. Por otra parte, no basta con definir una visión, también es necesario crear una hoja de ruta y hacer un seguimiento. En caso contrario algunos mandos intermedios pueden pensar que la transformación no es una prioridad.

Los beneficios de la DT pueden prolongarse si, independientemente de la concepción inicial, la visión se revisa continuamente por parte de la dirección. De esta forma se puede analizar iterativamente cómo mejorar los ingresos, reducir costes y crear nuevas oportunidades de valor.

## LAS DIFICULTADES TÉCNICAS

Algunas organizaciones dispuestas al cambio pueden encontrarse con que sus sistemas están tan obsoletos que su actualización implicaría un auténtico desafío técnico. En empresas con una amplia historia operativa es probable que hayan proliferado los sistemas lo largo de los años, a veces solapándose, o implantando sistemas nuevos sin retirar los que quedaban obsoletos. El cambio a un nuevo modelo más integrado puede suponer una migración costosa en tiempo y dinero. Las grandes cantidades de esfuerzo y el miedo a los riesgos pueden llevar a la paralización por el miedo o al aplazamiento indefinido del cambio.

### **3.5 La cuarta revolución industrial**

La aplicación de la transformación digital en procesos productivos a escala industrial ha venido en llamarse “cuarta revolución industrial” o “industria 4.0”. Se anuncia que esta era industrial estará marcada por la innovación en los procesos de manufactura. Algunos ejemplos son la aparición de sistemas automatizados (robótica), la interconexión de dispositivos (IIoT) o los sistemas ciber-físicos. Implantando la digitalización de forma masiva en las fábricas se conseguirá acelerar la producción y optimizar los recursos.

Se prevé que la magnitud del cambio en términos de alcance y complejidad que propicie la cuarta revolución industrial sea mucho mayor que el de las tres revoluciones que la precedieron (Schwab, 2015). Además, éste será mucho más rápido y afectará profundamente al sistema completo (a diferencia de las anteriores): producción, gestión y gobierno.

La primera revolución industrial se inició en la segunda mitad del siglo XVIII con la aparición de la máquina de vapor, e introdujo la mecanización de la producción. La segunda tuvo su origen a finales del siglo XIX como consecuencia de la aparición de nuevas fuentes de energía y la investigación del fenómeno electromagnético, y dio paso a la producción en masa y a la electrificación. La tercera estuvo ligada al desarrollo de la electrónica y la automatización a mediados del siglo XX. En contraste con ellas, la cuarta revolución industrial estará más relacionada con la fusión de tecnologías en los ámbitos físico, digital e incluso biológico. Los pilares en los que se fundamenta son dos: el aumento de la capacidad de computación a precio asequible y la posibilidad de integración y combinación entre ellas que ofrecen los últimos avances (impresión 3D, nanotecnología, AI, nuevos materiales...).

Este escenario no sólo plantea un importante desafío tecnológico. También se prevé un impacto importante a nivel de negocio. La forma en la que las empresas actuales organizan su cadena de suministros y su producción se verá afectada profundamente. La reducción de costes y la mejora de la eficiencia se verán beneficiadas, pero también será necesario mantenerse al nivel de las expectativas de los clientes a todos los niveles.

Otro aspecto es el impacto a nivel socio-económico. El rápido ritmo de aparición de nuevos avances en los entornos industriales puede suponer desafío para las autoridades a la hora de crear nuevas regulaciones. Por otra parte, algunos autores ya han empezado a anunciar la reducción de empleos que supondrá la automatización de las fábricas (Brynjolfsson & McAfee, 2011; Davenport, 2017) o incluso la sustitución completa de los humanos por máquinas (Brynjolfsson & McAfee, 2014), por lo que se prevé un proceso largo de adaptación por parte de toda la sociedad.

## **4. APLICACIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL AL SECTOR AEROESPACIAL**

Tal y como se ha presentado en el capítulo 2, la industria aeroespacial se enfrentará a poderosos desafíos en las próximas décadas. La necesidad de hacer frente a la demanda plantea un reto a nivel productivo. Además, el aumento de la competencia hace necesaria una mayor diferenciación del producto y una focalización en la satisfacción del cliente. En este capítulo se demuestra que, tanto la transformación digital aplicada a la cadena de valor, como el cambio hacia una cultura digital, pueden ser aliados efectivos. Se propone una estrategia de aplicación de la transformación estructurada en capas donde tanto las capacidades digitales como la cultura son importantes. No todas tienen por qué ser adecuadas para cada organización sino que, partiendo de una visión estratégica particular, cada una de ellas ha de transformar las actividades que considere oportunas de acuerdo a sus objetivos estratégicos.

### **4.1 Impulsores, oportunidades y habilitadores**

Se propone una estrategia de aplicación de la transformación digital estructurada en tres capas que conectan la estrategia con la cadena de valor. En una primera capa estarían los impulsores digitales o activadores, en la segunda capa estarían las oportunidades de creación de valor y finalmente los habilitadores tecnológicos. En todo momento, el disparador de la transformación debe ser la estrategia de negocio, y el objetivo final ha de ser la transformación de una determinada actividad de la cadena de valor, más o menos específica.



Figura 20 – Estructura de capas para la aplicación de la transformación digital al sector aeroespacial



Fuente: Autor

- **Los impulsores digitales.** Son las capacidades o competencias digitales que activan la transformación. Sus *inputs* son los objetivos estratégicos y sus *outputs* son las oportunidades de creación de valor asociadas. Cada sector industrial tendrá sus impulsores característicos, y dentro del sector aeroespacial identificamos 4 impulsores: la automatización, los datos digitales, la conectividad y la cultura digital. Éstas son las herramientas de las que se vale la estrategia de negocio para activar la transformación. Por ejemplo, tal y como se ha comentado en la sección 2.4, una estrategia típica puede ser involucrar a los clientes en las fases de diseño para fidelizarlos y combatir así el aumento de la competencia. En este sentido, para impulsar este cambio asociado a la estrategia utilizaríamos la conectividad y los datos digitales.
- **Las oportunidades de creación de valor.** Están asociadas a un determinado impulsor digital. Constituyen propuestas de generación de algún tipo de beneficio en la cadena de valor. Posteriormente, estas oportunidades se habrán de implementar por medio de uno o varios habilitadores tecnológicos. En todos

los casos las oportunidades de valor aparecen como resultado directo de la activación de un impulsor. Por ejemplo, gracias a los datos digitales se crean oportunidades de creación de valor como es el mantenimiento predictivo (predicción de averías y fallos en aeronaves antes de que éstas ocurran mediante técnicas de *big data* y *smart data*). También son oportunidades de creación de valor la logística bajo demanda (conectividad) o la fabricación integrada (automatización).

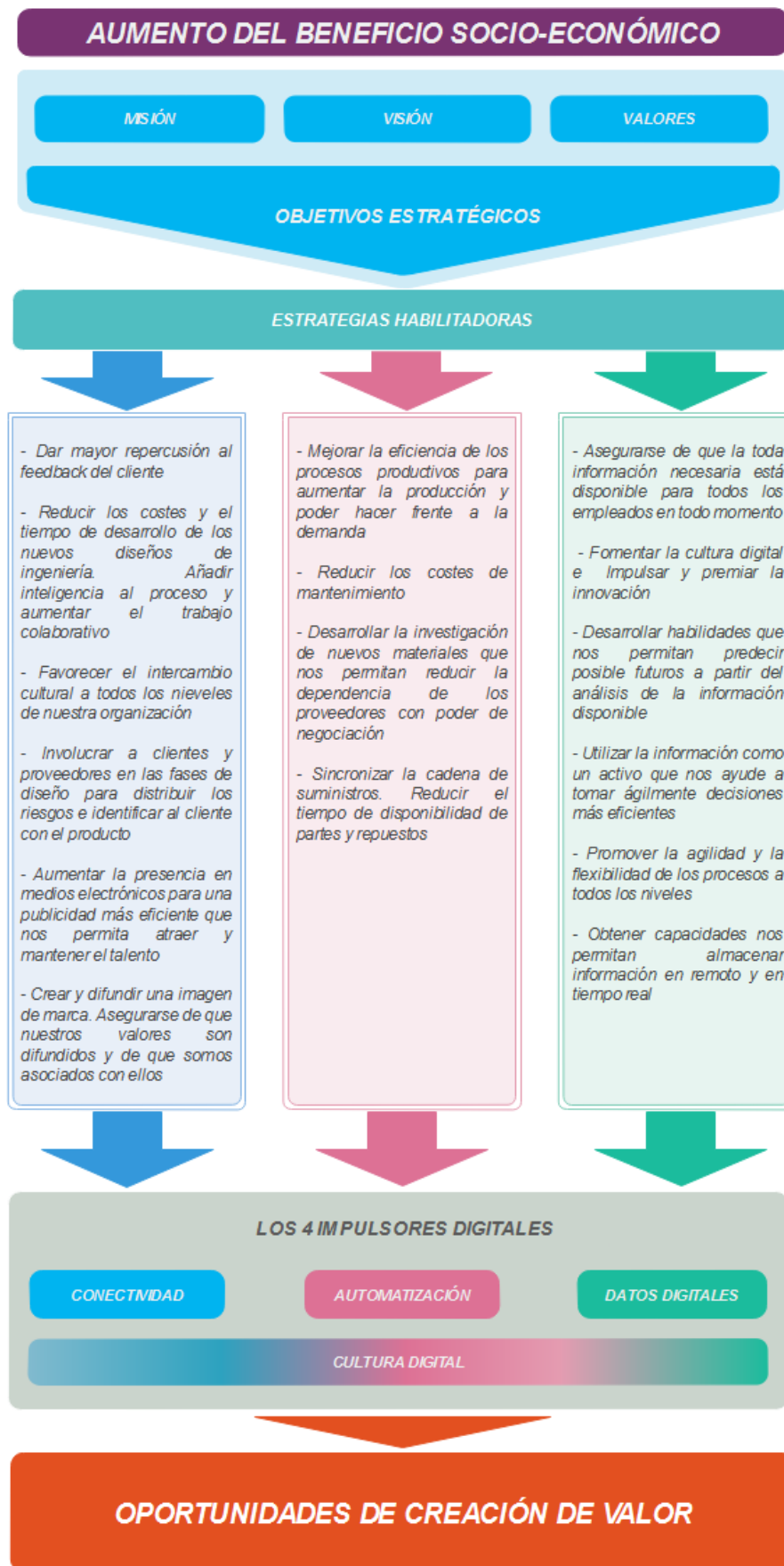
- **Los habilitadores tecnológicos.** Son las innovaciones técnicas aplicadas directamente, y de manera combinada, a la cadena de valor con el objeto de materializar una determinada oportunidad de creación de valor. Pueden cambiar y evolucionar rápidamente dependiendo del nivel de innovación y el desarrollo tecnológico coyuntural. Por esta razón no es aconsejable fundamentar toda la transformación en una sola tecnología, o dejar que sea ésta la que dirige el cambio. La tecnología es una herramienta a disposición de las empresas para la aplicación de la transformación en las cadenas de valor. Su misión es implementar en ellas las oportunidades de valor y hacer realidad el beneficio que se espera obtener de ellas. Puede ser que una misma oportunidad se implemente gracias a diferentes habilitadores. Por ejemplo, una alta conectividad que favorezca el trabajo colaborativo puede conseguirse a través de varias tecnologías: internet móvil 5G, WiFi, VPN, Bluetooth, *cloud* ... etc.

## LOS 4 IMPULSORES DIGITALES DEL SECTOR AEROESPACIAL

Dentro del sector aeroespacial hemos identificado 4 impulsores o activadores de la transformación digital: la conectividad, los datos digitales, la automatización y la cultura digital.

En todos los casos los impulsores digitales están alineados con una estrategia digital clara y con alcance definido, y responden a las necesidades planteadas por ella. De esta forma, la arquitectura de capas propuesta garantiza que es la estrategia la originadora del cambio y no la tecnología (Kane et al., 2015). Las estrategias deben evitar centrarse en una sola tecnología y focalizarse en transformar la totalidad del negocio.

Figura 21 – Impulsores en el sector aeroespacial y su relación con la estrategia



Fuente: Autor

Observamos que el fin último de todas las firmas es aumentar el beneficio social, el económico o ambos; sin embargo, se puede conseguir por diferentes vías. Los tres pilares sobre los que se fundamenta cada organización son: misión (a qué nos dedicamos), visión (cómo queremos ser en el futuro) y valores (cómo es importante para nosotros hacer las cosas) (Rodríguez y Lamarca, 2013). Con esta base se determinan unos objetivos de negocio, que han de ser operativos, conseguibles y representativos. Las estrategias son los planes de actuación que permitan conseguir dichos objetivos. Los impulsores digitales sirven de nexo de unión entre la estrategia y la transformación; activan la transformación de forma alineada con la estrategia. Como consecuencia, aparecerán oportunidades de valor que satisfagan las estrategias.

El aumento de la conectividad abre nuevas vías de comunicación internas (entre diferentes áreas de la cadena de valor) permitiendo el trabajo colaborativo y facilitando el intercambio cultural. También abre vías de comunicación hacia el exterior (por ejemplo, el acceso digital a los datos de cliente y la rápida obtención de *feedback*). La necesidad de satisfacer las expectativas del nuevo consumidor digital hace necesario mantener una proximidad con él. Por ejemplo, estando presente en los nuevos medios digitales y adaptando la publicidad a éstos.

La automatización ofrece innumerables beneficios en un entorno primordialmente industrial como es el aeroespacial. La interconexión de millones de máquinas y sistemas de producción entre sí en las “fábricas inteligentes” les permite trabajar, organizarse y comunicarse autónomamente. La aparición de nuevas tecnologías y procesos de fabricación, combinados con la investigación en nuevos materiales, posibilitará oportunidades de creación de valor como la fabricación bajo demanda (por ejemplo, impresión 3D), un concepto que revolucionará el diseño, la fabricación y el mantenimiento de piezas y repuestos en el futuro.

La digitalización de la información multiplica su capacidad de procesamiento, almacenamiento y transmisión. La cantidad de información digital aumenta de manera exponencial año tras año. La digitalización posibilita el almacenamiento y posterior análisis de grandes bloques de datos. Los algoritmos de análisis proporcionan la capacidad de predecir escenarios de todo tipo (fallos futuros, cambios de mercado, oportunidades...) ayudando así a la toma de decisiones. Además permite obtener y transmitir información del entorno en tiempo real.

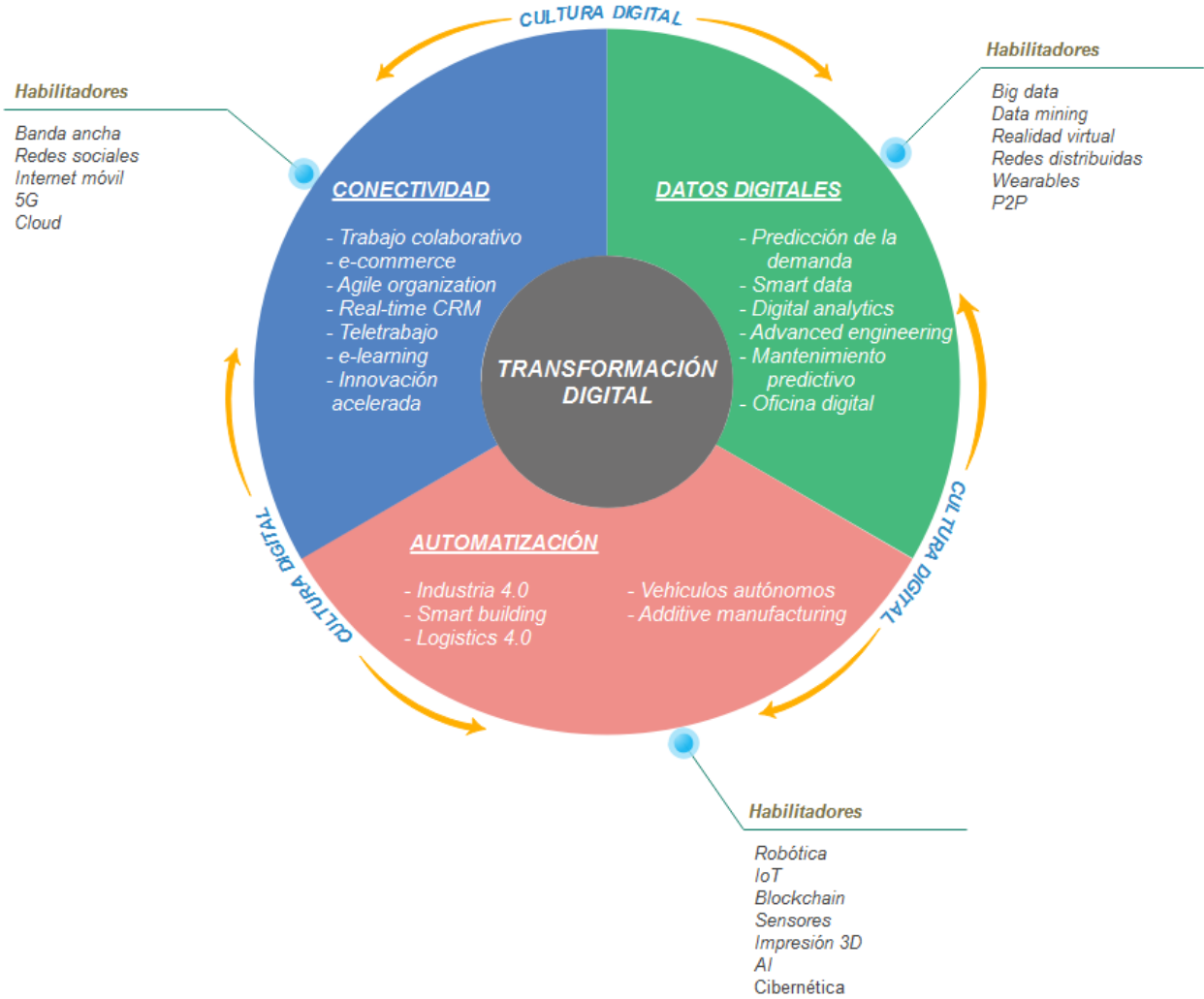
El cuarto impulsor es la cultura digital y engloba al resto de impulsores. Puede afectar a todas las disciplinas y áreas de oportunidad. Tiene relación con la forma en la

que la tecnología modela y mejora la forma de trabajar y de aprender. Como toda cultura, refleja la personalidad de la compañía, su ADN, y las características que la diferencian del resto. Está liderada y respaldada por la dirección. Los tres ejes de la cultura digital son la colaboración, la innovación y la orientación al cliente.

### OPORTUNIDADES DE VALOR Y HABILITADORES

Las oportunidades de creación de valor son propuestas para el aumento del beneficio y la rentabilidad, como resultado directo de un impulsor digital. Por ejemplo, la industria 4.0 y la fabricación aditiva son oportunidades de valor creadas por la automatización. Otros ejemplos pueden ser el mantenimiento predictivo y la predicción de la demanda, asociados a los datos digitales.

Figura 22 – Oportunidades de creación de valor y habilitadores asociados en el sector aeroespacial



Fuente: Autor

Los habilitadores son las tecnologías concretas que se implementan finalmente en las empresas dependiendo de cuál o cuáles son las que mejor se adaptan a sus necesidades. La creación de valor puede materializarse por medio de diferentes tecnologías dependiendo del modelo que se quiera elegir (dependiendo de cada situación concreta puede ser mejor elegir una u otra). Además hay que tener en cuenta que en el futuro es posible que los habilitadores cambien o evolucionen por medio de la investigación y de la innovación.

## 4.2 Estrategias para la transformación digital en el sector aeroespacial

La transformación digital se puede ver como un objetivo final, pero también como una estrategia en sí misma. La estrategia digital ya no existe como tal, simplemente existe la estrategia en un mundo digital. Es decir, ser digitales es la estrategia.

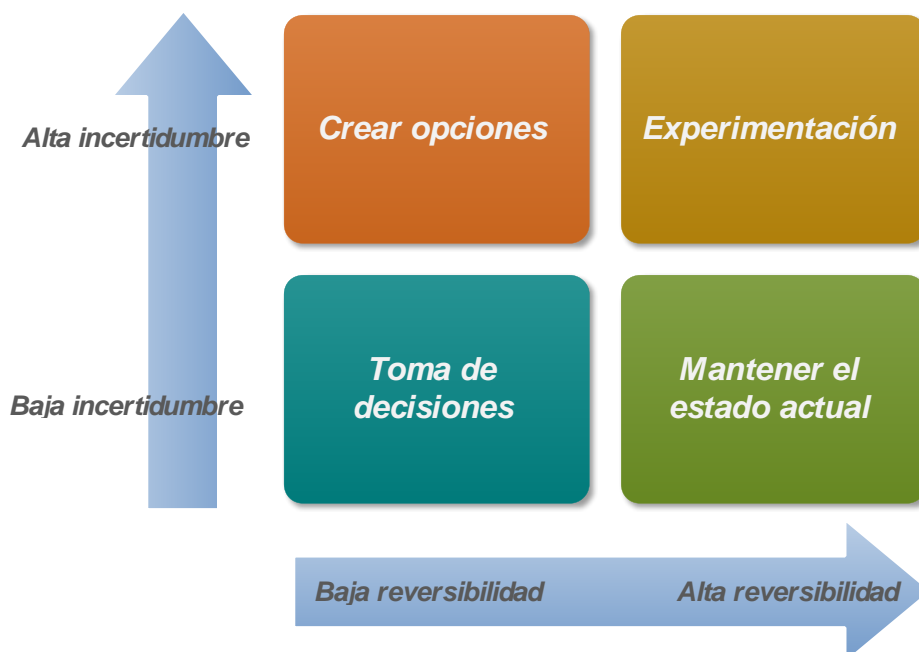
No obstante, la implantación de la transformación necesita de planes de implantación. Éstos deben discurrir en dos vertientes: transformación de la cadena de valor e implantación del cambio cultural. Si bien el cambio cultural es obligatorio, las organizaciones pueden decidir cuáles son las actividades estratégicas principales de la cadena de valor que pretenden transformar y cuáles no. Las estrategias para el cambio digital tienen como objetivo aprovechar las ventajas de las nuevas tecnologías de la manera más rápida e innovadora posible. El mapa de ruta para el cambio debe ser flexible, claro y conectar a todas las partes interesadas.

Gartner sugiere 4 tipos de estrategias basadas en el nivel de incertidumbre y reversibilidad de los efectos que causan: mejora de la situación actual, experimentación, estrategia basada en opciones y estrategia basada en toma de decisiones (Buytendijk et al., 2017).

- **Experimentación**. Consiste en realizar pruebas (por ejemplo en centros o laboratorios de innovación digital) y descubrir qué podría ser de utilidad y qué no, con el objetivo de una posible implementación futura. Ofrece una alta incertidumbre pero también favorece e impulsa la cultura abierta y emprendedora dentro de las organizaciones.

- **Creación de opciones**. Consiste en llevar a cabo grandes inversiones en el presente con la esperanza de obtener nuevas opciones de valor en el futuro. La incertidumbre respecto al futuro hace necesario adoptar esta estrategia con cautela y estudiar con cuidado las inversiones. A su favor está su carácter multifuncional y colaborativo.
- **Toma de decisiones**. Representa la visión tradicional de la estrategia. Se basa en la certidumbre que ofrece el análisis de los datos objetivos del presente. Éste permite obtener una visión clara de las opciones posibles y sus eventuales ventajas (por ejemplo, observando lo que están haciendo los competidores o cómo evoluciona el mercado). A la vista de dichas opciones, se toman las decisiones oportunas seleccionando determinadas alternativas y desechando otras. Favorecen la obtención de objetivos en tiempo y coste determinados.
- **Mantener el estado actual**. Al contrario de lo que pudiera parecer, no hacer nada es una estrategia válida. Se trata de una estrategia conservadora fundamentada en el “observar y esperar”. El objetivo es mantener las soluciones existentes y focalizarse en optimizar los procesos actuales y reducir los costes de acuerdo a las prioridades.

Figura 23 – Tipos de estrategias para la transformación

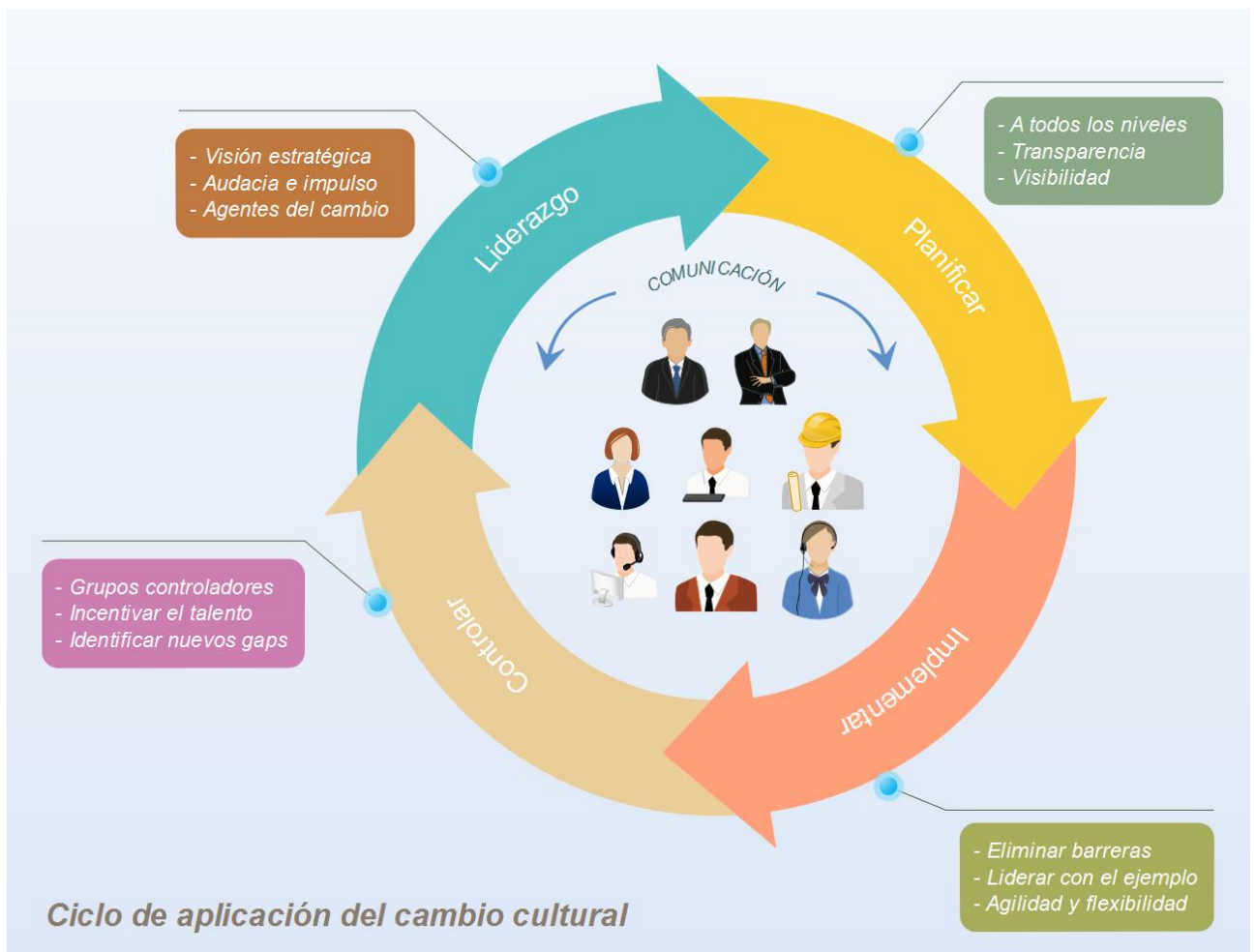


Fuente: Elaboración propia a partir de (Buytendijk et al., 2017)

## HERRAMIENTAS Y ESTRATEGIAS PARA EL CAMBIO CULTURAL

Como se ha comentado en el capítulo 3, el cambio cultural es el principal cambio a llevar a cabo durante la transformación digital. La aplicación del cambio cultural sigue una estrategia iterativa basada en la comunicación y articulada en 4 ejes: liderar, planificar, implementar y controlar.

Figura 24 – Estrategia iterativa de aplicación del cambio cultural



Fuente: Autor

En cuanto a las herramientas para abordar el cambio cultural, Steve Denning propone 3 métodos a disposición de la dirección (Denning, 2011):

- **Liderazgo.** El líder inspira el cambio cultural a la organización partiendo de la visión estratégica y haciendo uso de la comunicación, la negociación y la persuasión.



- **Gestión**. Haciendo uso de herramientas de gestión como los sistemas de seguimiento y control, la formación, la planificación, la creación de procedimientos operativos o los programas de incentivos. El objetivo es conseguir el cambio a través de la información.
- **Coerción**. Hacer cumplir el cambio por métodos intimidatorios. Desde cualquier punto de vista, es el método menos recomendable.

En el caso particular del sector aeroespacial, además hay que tener en cuenta que se trata de empresas por lo general muy internacionalizadas y multiculturales, con presencia dispersa en múltiples localizaciones geográficas. En este sentido, puede ser doblemente complicado impulsar un cambio cultural. A su favor está el hecho de que se trata de un sector tradicionalmente vinculado a la tecnología y a la ciencia, y los *mindsets* deberían estar acostumbrados al cambio frecuente.

Asimismo, el multiculturalismo y la división del trabajo entre localizaciones geográficas típico de las grandes corporaciones multinacionales favorecen la creación de silos. El cambio hacia una cultura digital orientada a la colaboración es una oportunidad de creación de valor en sí misma, además de una pieza clave de la transformación digital.

Los desafíos tecnológicos a los que se enfrenta la industria, particularmente en el subsector espacial, requerirán una cultura ágil y centrada en la innovación. Para las recientes empresas espaciales, nacidas en un contexto *start-up* y por tanto digitalmente “nativas” (como SpaceX o Blue Origin), la cultura digital es parte de sus fundamentos. Sin embargo, los gigantes tradicionales deberían poner el foco en mejorar la flexibilidad y la agilidad de movimientos.

Las empresas deben reforzar la importancia de la innovación y abrir vías para que fluyan las nuevas ideas, manteniendo los niveles de seguridad y calidad. El trabajo colaborativo y las asociaciones con los *partners* aeronáuticos favorecen la creación de una mentalidad abierta y cooperativa entre los empleados, fomentando así el cambio cultural. La innovación no tiene por qué ser necesariamente a nivel tecnológico sino también a nivel de procesos (optimización y agilidad). En el caso particular del sector aeroespacial, aumentar la agilidad y la innovación puede representar un reto adicional debido a la gran cantidad de regulaciones y estándares de seguridad que es necesario cumplir en todo momento.

**Figura 25 – Cultura analógica vs Cultura digital**



Fuente: Autor

## TRANSFORMACIÓN DE LA CADENA DE VALOR AEROESPACIAL

Tal y como se ha definido en la sección 2.2, la cadena de valor típica de una firma aeroespacial se compone de 5 actividades primarias: *Diseñar* → *Proveer* → *Fabricar* → *Vender* → *Dar servicio*. El fin de la transformación digital es modificar dichas

actividades para aumentar el beneficio socio-económico. Si combinamos los retos y las estrategias expuestas en la sección 2.4 con los impulsores digitales de la industria que se han comentado en la sección 4.1, obtendremos las oportunidades de creación de valor más adecuadas para el sector aeroespacial.

### *Diseñar*

El nuevo diseño ha de ser colaborativo y enfocado a las necesidades del cliente. Mantener la conectividad y la ubicuidad de los datos estimula el trabajo colaborativo, la cooperación con los *partners* y la obtención de *feedback* por parte del cliente. La digitalización de la información permite a los ingenieros manejarla más eficientemente y añade inteligencia al proceso de diseño; por ejemplo, mediante tecnologías como la realidad virtual y la holografía. La transformación de las actividades de diseño permitirá completar los desarrollos en tiempos más cortos y más eficientemente. Esto será muy necesario en el futuro para mantener la competitividad con los mismos los estándares de calidad y seguridad.

Una gran oportunidad proviene de la virtualización de modelos de productos. Los *digital twins* recopilan información de un producto a través de todo el ciclo de vida: diseño, fabricación y puesta en servicio, integrando tecnologías como la AI y el aprendizaje automático. Posteriormente, técnicas de análisis de datos permitirán predecir fallos y mejorar diseños posteriores. Fabricantes de motores aeronáuticos como General Electric ya utilizan los *digital twins* en sus nuevos desarrollos (Parris, 2016). La virtualización se puede extender a otras partes del diseño como las pruebas o la simulación. Gran parte de las pruebas de sistemas de aviónica de Airbus ya se realizan en laboratorios virtuales, lo que supone un ahorro en costes e infraestructura.

### *Proveer*

La industria aeroespacial es muy dependiente de las cadenas de suministros, tal y como se ha expuesto en la sección 2.2. Aquí la transformación digital puede aportar importantes ventajas competitivas con aspectos como el avance en la automatización. Este avance ha dado lugar a la logística 4.0 y a otras oportunidades de valor como los vehículos autónomos o la automatización de procesos digitales de información (*blockchain* y *smart contracts*) que pueden multiplicar la eficiencia de los envíos.

Si bien la nueva logística representa un cambio importante, la verdadera revolución para la provisión de materiales en el sector aeroespacial (y cualquier sector dedicado a la manufactura) es la fabricación aditiva y la impresión 3D. Además de reducir la dependencia de los fabricantes respecto a los proveedores, ofrece grandes ventajas para el área de repuestos y el servicio post-venta al cliente. La eventual posibilidad de que un cliente pueda fabricarse su propio repuesto en determinadas situaciones reduce considerablemente los tiempos de reparación. El factor limitante actualmente son las regulaciones y los duros estándares de calidad que deben cumplir todas las piezas destinadas a ser montadas en una aeronave. En todo caso, la fabricación aditiva debe mantenerse en la agenda de innovación y desarrollo de cualquier empresa del sector.

### *Fabricar*

El gran avance de la automatización tiene multitud de aplicaciones en entornos industriales. La denominada industria 4.0 se refiere a la optimización de los procesos de fabricación, gracias a tecnologías como IIoT o la robótica. El proceso de fabricación de una aeronave comprende decenas de miles de pasos que deben ser seguidos escrupulosamente por los operarios. Un error puede traer graves consecuencias y enormes costes económicos asociados. Por esta razón, el sector aeroespacial puede hacer un uso extensivo y obtener grandes beneficios de las llamadas *smart factories* o fábricas inteligentes. Añadir inteligencia a los sistemas de la planta y a la máquina-herramienta ayuda a simplificar el proceso de producción y a mejorar su eficiencia. Los dispositivos inteligentes pueden obtener información del entorno, comunicarse autónomamente entre ellos y tomar decisiones en tiempo real.

Para las tareas que no se pueden automatizar, el uso de datos digitales y la conectividad facilitan el trabajo de los operarios (por ejemplo, conectividad móvil a la documentación técnica o sistemas de realidad aumentada). Los sistemas ciber-físicos también permiten la colaboración entre operarios y máquinas.

### *Vender*

La obtención de datos del mercado y su posterior análisis transforma enormemente las actividades de *marketing*. Se pueden prever cambios en el mercado y en la demanda gracias al procesamiento de grandes bloques de datos digitales. La predicción de la demanda facilita a las organizaciones la adaptación al mercado con suficiente antelación y la disponibilidad de información facilita la toma de decisiones. A

largo plazo, el análisis de datos y el aprendizaje automático podrían incluso usarse de manera combinada para reaccionar a eventos que requieran un soporte en tiempo real.

En cuanto a la interacción con el mercado, la conectividad y los datos digitales han abierto nuevas vías de acceso digital al cliente. Las redes sociales y el comercio electrónico posibilitan nuevas formas de publicidad y venta más ágiles y flexibles. Un ejemplo son las empresas jóvenes del subsector espacial, que utilizan hábilmente las redes sociales para publicitarse y conectar con el público más y entusiasta.

### *Dar servicio*

La revolución digital de los servicios *aftermarket* ofrece abundantes oportunidades. El aumento de la competencia y el alto poder de algunos clientes otorgan aún mayor importancia a la satisfacción del cliente. La directiva a seguir será mantener una colaboración estrecha, tanto a la hora de involucrarlo en el diseño como solucionando sus problemas tras la entrada en servicio. En este sentido, la conectividad ofrece la capacidad de poder colaborar y mantener la proximidad. La agilidad y flexibilidad de la organización será clave para la adaptación a dichas demandas.

El negocio MRO es uno de los más prometedores del futuro en el ámbito de la aviación comercial. Las aerolíneas indican continuamente a los fabricantes la necesidad de reducir los costes de operación al máximo (Capgemini Research, 2017). Motores más eficientes reducen los costes de combustible, pero también la automatización de procesos o la fabricación aditiva pueden ayudar a reducir la duración de los eventos AOG, altamente costosos para las aerolíneas. También la disponibilidad del soporte del fabricante, y la sensación de que se involucra en sus problemas contribuirán a la satisfacción global del cliente y a su fidelización. Cuidar a los clientes es un de las principales estrategias para combatir el aumento de la competencia.

El mantenimiento predictivo es una oportunidad de creación de valor que será revolucionaria en el futuro. Se trata de un ecosistema digital formado por la interconexión de los sistemas de las aeronaves en vuelo y los de tierra, almacenando y procesando todos los parámetros del vuelo. El análisis avanzado de grandes bloques de información digital relativa a los fallos más comunes, así como su ocurrencia y gravedad de los mismos, y su posterior procesado, permitirá predecir los fallos (*big data*, *smart data*, *data mining*). Esta valiosa información ofrecida a las aerolíneas permite adelantarse a las averías y reparaciones lo que supone un enorme ahorro en términos de costes y tiempo.

Figura 26 – Transformación de la cadena de valor y de la cultura por medio de la tecnología

	OPORTUNIDADES DE CREACIÓN DE VALOR	IMPULSOR DIGITAL				VALOR OPORTUNIDAD
		Conect.	Automat.	Dat. dig.	Cult.	
DISEÑAR	<b>Implicación de clientes y proveedores en el diseño</b> <i>Cloud, broadband</i>	✓			✓	➔
	<b>Adición de inteligencia al diseño</b> <i>Realidad virtual, AI, holografía</i>			✓		➔
	<b>Modelos virtuales</b> <i>Digital twins, AI, análisis de datos</i>			✓		★
PROVEER	<b>Logística 4.0</b> <i>Blockchain, vehículos autónomos</i>	✓	✓			➔
	<b>Fabricación aditiva</b> <i>Impresión 3D</i>		✓			★
	<b>Logística bajo demanda</b> <i>Cloud, broadband</i>	✓				➔
FABRICAR	<b>Smart factories</b> <i>IIoT, robótica</i>		✓			★
	<b>Adición de inteligencia a la fabricación</b> <i>Conexiones móviles, realidad aumentada</i>	✓		✓		➔
	<b>Procesos de manufactura avanzados</b> <i>Sensores, cloud, broadband</i>		✓			➔
VENDER	<b>Predicción de la demanda</b> <i>Big data, data mining, smart data</i>			✓		★
	<b>Soporte a la toma de decisiones</b> <i>Análisis de datos, AI</i>			✓		➔
	<b>Acceso digital al cliente</b> <i>Redes sociales, Internet móvil</i>	✓			✓	➔
SERVICIO	<b>Mantenimiento predictivo</b> <i>Big data, data mining, smart data</i>			✓		★
	<b>MRO digital</b> <i>Impresión 3D, cloud</i>		✓			➔
	<b>Proximidad al cliente</b> <i>Digital CRM</i>	✓			✓	➔
CAMBIO CULTURAL	<b>Trabajo colaborativo</b>				✓	★
	<b>Orientación al cliente</b>				✓	★
	<b>Fomento de la innovación</b>				✓	★

INDICADORES DE VALOR ➔ oportunidad moderada ➔ gran oportunidad ★ game changer

Fuente: Autor

### 4.3 Beneficios esperados

A día de hoy ya es posible para los fabricantes predecir los beneficios de la transformación digital. El CEO de Airbus declaró en 2017 que *“el uso de planes digitales permitirá en 2030 un ahorro de entre el 30% y el 50% en el diseño y producción de nuevos aviones”* (Les Echos, 2017).

En 2016 se valoraba el mercado global de la logística digital en unos \$17.000 millones (Lanjudkar, 2018). Se prevé que la conectividad y la automatización posibiliten el acceso en tiempo real y mejoren la eficiencia de procesos, facilitando la toma de decisiones y aumentando la productividad en general. El abanico de tecnologías sobre las que sustentan el crecimiento abarca WiFi, NFC, Bluetooth, ZigBee, *cloud* y otras. En consecuencia, se espera que en 2023 crezca hasta los \$28.000 millones a un ritmo medio del 7,60% anual (Lanjudkar, 2018).

Respecto a la industria 4.0, un estudio publicado por PWC pronosticaba en 2016 unas ganancias anuales relacionadas con la transformación digital de la industria global valoradas en \$493.000 millones (PWC, 2016). Sin embargo, también se estimaba que la inversión estimada sería importante, rondando los \$4.5 billones en dichos 5 años. A nivel del sector aeroespacial, dicho estudio pronosticaba que la relevancia de la transformación en el sector aumentará casi un 50% en 5 años, lo que supondrá una reducción de costes hasta 2020 de un 3.7% anual (\$9.000 millones al año). Para ello, el incremento anual de la inversión se estimaba en un 5% respecto del ingreso anual (unos \$15.000) hasta 2020.

Si analizamos la situación por segmentos, el WEF prevé que en la década 2016-2025 la digitalización traiga como consecuencia un aumento del valor del negocio de la aviación comercial y el turismo valorado en \$305.000 millones (WEF DTI, 2017). El beneficio para los viajeros y para la sociedad en general, medido en términos de la reducción de impacto ambiental, mejora de la seguridad en los vuelos y ahorro de tiempo y coste para los viajeros, se cifra en \$700.000 millones.

En cuanto al subsector espacial, hay que tener en cuenta que la mayoría de las empresas del modelo *NewSpace* son nacidas bajo el modelo *start-up* y tienen la ventaja de operar digitalmente desde sus inicios. No necesitan transformarse porque la digitalización es algo nativo para ellas. Su forma de enfocar los nuevos programas es

efectiva en términos de coste y orientada a las necesidades del cliente. En contraposición, el modelo tradicional se basa en alta calidad a cambio de grandes inversiones, y está orientado a las necesidades del diseño. La ineficacia de dicho modelo ha quedado patente en algunos proyectos a los que resulta muy difícil sacarles rentabilidad tras un largo programa de desarrollo. Esto es debido a que el posible interés comercial de las aplicaciones sólo ha sido tenido en cuenta en las fases finales del diseño, lo que hace que exista un número de clientes muy limitado que pueden estar interesados (un ejemplo podría ser el programa *Copernicus* de la ESA creado en 1998). En contraposición, SpaceX ofrece lanzamientos un 30% más baratos (Nardon, 2017) gracias a sus procesos de producción simplificados. La industria tradicional europea ha tomado buena nota de ello, y para el desarrollo del próximo lanzador Ariane 6 (cuyo primer lanzamiento está previsto en 2020) se prevé un cambio de actitud más orientada a la cercanía y a las necesidades de los clientes.

#### **4.4 Barreras digitales en el sector aeroespacial**

Tal y como se ha presentado en la sección 2.4, el sector aeroespacial es un sector fuertemente regulado. En este sentido, el cumplimiento de dichos estándares de calidad y normativas de seguridad es citado habitualmente como una barrera a la transformación digital (ATI, 2017). Habitualmente la regulación suele ir por detrás de la innovación, por lo que el riesgo de que futuras legislaciones puedan limitar la aplicación de desarrollos actuales puede frenar la inversión de algunas organizaciones.

Por otra parte, se trata de un sector altamente tecnificado donde la experiencia acumulada durante años y el *know-how* se convierten en activos estratégicos para las organizaciones. En consecuencia la protección de los datos y la ciberseguridad son barreras que aconsejan la cautela a la hora de generalizar la conectividad y la compartición de datos con fines colaborativos (con *partners* o proveedores). La necesidad de salvaguardar la propiedad intelectual puede hacer plantearse a las organizaciones ¿qué beneficios puedo llegar a obtener si comparto el conocimiento tan costosamente adquirido?

No obstante, también es cierto que las nuevas tecnologías ofrecen también avances en la protección de datos y proporcionan formas alternativas de establecer beneficios mutuos derivados de la compartición de la información. Otros sectores ya han empezado a aprovechar estos avances en ciberseguridad, como el sector financiero con la adopción de las criptomonedas. El sector aeroespacial podría tomar ejemplo de estas mejores prácticas en su propio beneficio.



Finalmente, como ya se ha mencionado anteriormente, el gran obstáculo en toda transformación es la barrera cultural. El sector aeroespacial se ha considerado tradicionalmente un sector con cultura conservadora. La alta multinacionalidad y la dispersión geográfica dificultan la correcta distribución de las directrices a todos los rincones de las organizaciones. Igualmente, favorecen la creación de silos donde de los grupos de trabajo pueden parapetarse para continuar con las prácticas tradicionales.

## **5. LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE AIRBUS**

En este capítulo se presenta el caso de Airbus, una empresa del sector aeroespacial que inició su proceso de transformación digital a finales de 2015. Se analizarán los proyectos en marcha relacionados con la transformación de la cadena de valor y la relación con los clientes.

### **5.1 La compañía**

En la década de los años 1970s, un conjunto de empresas aeronáuticas europeas se unen para formar el consorcio Airbus Industrie. El objetivo era hacer frente a la hegemonía estadounidense; representada por Boeing, Lockheed-Martin y Mac Donnell Douglas principalmente. Durante la década de los 70 y los 80 el consorcio consiguió hacerse con una parte importante del mercado de la aviación comercial gracias al éxito de sus programas A300, A310 y A320. A finales del siglo XX, una serie de fusiones entre las compañías que formaban el consorcio permiten su transformación en una única firma comercial denominada EADS. El perímetro de esta nueva compañía pasará a englobar no sólo la aviación comercial sino también otros ámbitos como los helicópteros y el subsector espacial.

Sucesivas reorganizaciones durante la primera década del siglo XXI darían como resultado la salida del capital británico del accionariado de EADS y la constitución de la compañía como un gigante aeroespacial cuya actividad se repartiría en varias divisiones: Airbus, dedicada a la aviación comercial; Astrium, dedicada al sector espacial; Eurocopter, a los helicópteros... A finales de 2016, se decide fusionar todas las divisiones del grupo bajo una misma marca y todo el grupo EADS pasa a denominarse como la división más grande y conocida del grupo EADS; es decir, simplemente Airbus.

En 2017 los ingresos totales de la compañía fueron de €67.000 millones, y el EBIT fue €3.400 millones. Hoy en día es la primera empresa aeroespacial europea y una de las principales del mundo, así como el primer fabricante mundial de helicópteros. Se trata de una empresa con una fuerte herencia europea, con sus oficinas principales localizadas en Toulouse (Francia). No obstante, cuenta con aproximadamente 130.000 empleados de 135 nacionalidades distintas, repartidos por 35 países y 180 localizaciones.

Su portfolio de aviones comerciales incluye aparatos de pasillo único (familia A320), de largo alcance (familia A330/A340), de doble cubierta (A380) y la familia A350 XWB de nueva generación. En el ámbito espacial, diseña y fabrica satélites de observación, navegación y telecomunicaciones. También incluye una amplia variedad de vehículos espaciales (ExoMars Rover y módulos del vehículo Orion) y los lanzadores Ariane 5 y el futuro Ariane 6, todavía en desarrollo.

## MISIÓN, VISIÓN Y VALORES

Airbus se define como *“una empresa pionera en el ámbito aeroespacial internacional. Líderes en el diseño, fabricación y entrega de productos, servicios y soluciones a clientes a escala global”* (Airbus WEB, 2018). El objetivo es ser convertirse en una compañía de alto rendimiento mediante la innovación, la integración, la internacionalización y el compromiso.

Mediante el apoyo a la innovación se persigue la entrada de la compañía en la industria 4.0 del futuro y la búsqueda de nuevas posibilidades para el vuelo. Algunos ejemplos podrían ser los vehículos aéreos autónomos para transporte urbano o la introducción de energías limpias y la propulsión eléctrica en la aviación para hacerla más sostenible. En resumen, conseguir *“un mundo más próspero, más conectado y más seguro”*.

A comienzos de 2018 la compañía lanzó una encuesta en la que participaron 55.000 empleados y en la que se decidieron los 6 valores del grupo: trabajo en equipo, enfoque al cliente, fiabilidad, respeto y creatividad (Airbus Newsroom 1, 2018).

## ESTRATEGIA Y OBJETIVOS DE NEGOCIO

Dentro de los objetivos globales de la empresa para 2018 se incluyen varios elementos relacionados con los procesos de transformación e innovación. Se remarca la necesidad del avance de la transformación digital, lo que da idea de la importancia que se quiere dar desde la dirección a este proyecto de futuro. Se menciona como requisito indispensable el que toda la plantilla colabore con el desarrollo de las habilidades necesarias y aplique métodos de trabajo colaborativos y ágiles.

También se destacan el enfoque hacia el cliente y la innovación como pilares de futuro. Particularmente, en todo lo relacionado con cuatro aspectos: el diseño eficiente, la fabricación digital (o “factoría del futuro”), los servicios conectados y el concepto de “flota fiable”. Es decir, la innovación aplicada prácticamente a todos los aspectos de la cadena de valor primaria: diseñar, fabricar y dar servicio al cliente. Todo ello con el objeto de mejorar los procesos y aumentar la satisfacción del cliente.

Dentro de la actividad de los aviones comerciales los objetivos de negocio se enfocan hacia el cumplimiento de las entregas a los clientes conforme al aumento de la demanda. Asimismo, se hace énfasis en mejorar la comunicación con el cliente y entregar productos que cumplan los estándares de seguridad y calidad. Destaca el objetivo de aumentar el ingreso del área de servicios post-venta hasta los \$10.000 millones. En resumen, podemos concluir que se desea cumplir con los compromisos adquiridos con el cliente y aumentar el negocio *aftermarket*, sin que la calidad y la seguridad se vean menguadas.

En cuanto a los objetivos del área espacial, se cita el fomento de la cultura basada en la confianza y la agilidad en la toma de decisiones. Se fija como obligatorio el apoyo y el aprovechamiento de las nuevas iniciativas de transformación. Ejemplos de éstas son las nuevas plataformas de transformación de negocio o los ecosistemas de desarrollo de programas de diseño.

En todos los casos el fomento de la disrupción tecnológica está justificado si aumenta la rentabilidad y ayuda a encontrar nuevos modelos de negocio. Es decir, no se busca el crecimiento a cualquier coste sino que el foco se mantiene en la creación de valor y/o el fortalecimiento la posición de mercado.

## 5.2 Cómo se construye el cambio

Airbus inicia el cambio con el objetivo de aprovechar las tecnologías digitales y conseguir valor de negocio agregado, diferenciación de mercado y cambiar la forma de trabajar de los empleados. El fin último del cambio es convertirse en líderes del sector aeroespacial.

Para la gestión e implantación de la transformación se ha creado un programa a nivel global del grupo denominado Quantum (McKinsey, 2017). El programa tiene un vasto alcance y se dirige a un amplio rango de áreas del negocio como por ejemplo la ingeniería y las operaciones digitales, calidad, nuevos modelos de negocio y de servicios, plataformas de gestión integrada de programas, nuevas vías de trabajo, internacionalización... etc.

Se pretende evitar el crecimiento a cualquier coste y el “cambio por el cambio”, de acuerdo a los objetivos de negocio antes mencionados. El programa Quantum vela por que toda iniciativa de cambio guarde una lógica basada en el negocio y la búsqueda de oportunidades de creación de valor. En este sentido, las propuestas serán llevadas a cabo sólo si cumplen determinadas condiciones:

- **Si aumentan la rentabilidad** y la eficiencia operacional.
- **Si mejoran los productos**, las plataformas y los servicios de valor añadido.
- **Si impulsan nuevos modelos de negocio** innovadores y disruptores.
- **Si promueven la transformación de la cultura** empresarial hacia mentalidades más ágiles, flexibles y centradas en la experiencia del cliente.

### IMPULSO DEL CAMBIO CULTURAL

En una entrevista publicada en 2016, el CIO de la compañía exponía cómo se estaba enfocando el cambio de rumbo cultural (Fister, 2016). La base del cambio es el refuerzo de la innovación. La intención es abrir las puertas a nuevas ideas, y el reto es incorporarlas manteniendo los niveles de calidad y seguridad. Se intenta inculcar una

mentalidad emprendedora a los empleados para que fluyan las nuevas ideas, algo complicado en una organización con una larga lista de protocolos, regulaciones y normas de seguridad. Para ello se crean grupos de trabajo con otras empresas del ecosistema, como pequeños proveedores de la cadena de suministros, que permitan obtener una visión de nuevas tecnologías e ideas que se están desarrollando en otros lugares de la industria.

Otra opción es buscar la innovación dentro de la propia organización. Existen plataformas digitales donde todos los empleados pueden compartir sus ideas y discutir las de los demás. También se lanzaron los BizLab (con sedes en Alemania, Francia e India), laboratorios de innovación donde se apadrinan y aceleran (6 meses máximo) proyectos de innovación propuestos por los propios empleados. Se definen como *“aceleradores del negocio global aeroespacial donde las start-ups y los intraemprendedores pueden agilizar sus ideas de transformación y convertirlas en negocios de valor”*. El centro de la innovación disruptiva de Airbus es el laboratorio A<sup>3</sup> y se ubica en Silicon Valley. Allí se desarrollan nuevas tecnologías para revolucionar el futuro de la aviación, como por ejemplo el vuelo eléctrico o los sistemas de movilidad urbana aéreos (A<sup>3</sup>, 2018).

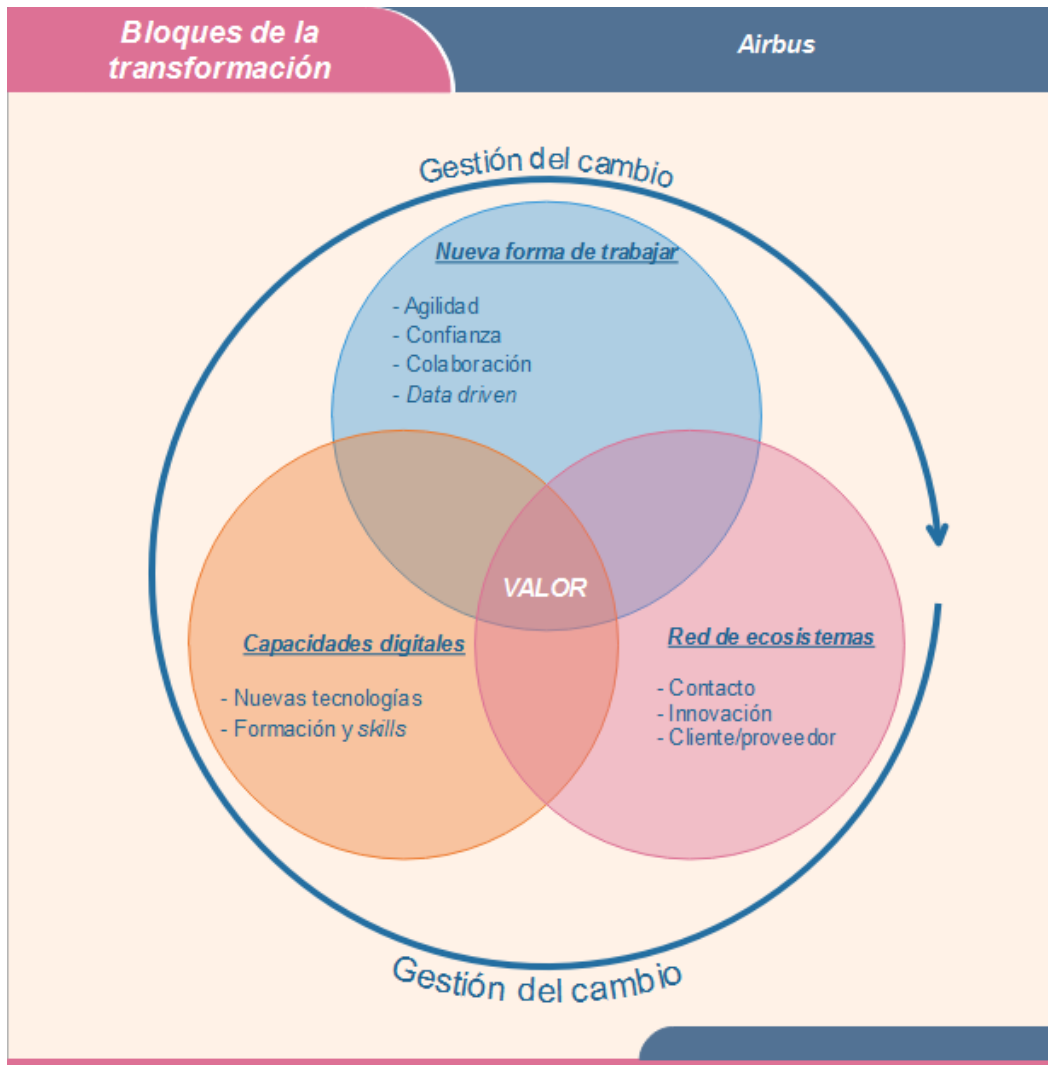
Para familiarizar a la plantilla con las nuevas formas de trabajar se lanzó el programa *digital suite*. Se basa en tres conceptos *“pensar, actuar y comportarse de manera digital”*, y se ejecuta en tres fases: concienciación (*awareness*), comprensión (*understanding*) y transformación (*transformation*). La concienciación comprende la transmisión de la idea de lo que representa el concepto digital a la población de la empresa. La comprensión es una fase de aplicación, y formación *on-the-job*, de dicho concepto al trabajo diario. Finalmente, la transformación sería un estado último que permitiría a cualquier empleado liderar proyectos digitales en diferentes escenarios.

Dentro del marco de la implantación de la cultura digital se llevan a cabo diferentes actividades y eventos entre los que se incluyen: eventos colaborativos con *partners*, sesiones *lunch & learn*, *hackathons*, *coaching*, *reverse mentoring* y *e-mentoring*.

## ARQUITECTURA DEL CAMBIO

Los procesos de cambio se estructuran en cuatro grandes bloques: nuevas formas de trabajar, capacidades digitales, red de ecosistemas y gestión del cambio.

Figura 27 – Arquitectura de la transformación digital de Airbus



Fuente: Autor

El bloque relacionado con las nuevas formas de trabajar cubre los aspectos fundamentales del cambio cultural vistos en el capítulo 3: agilidad, colaboración, innovación, orientación al cliente... etc. Las capacidades digitales representan los habilitadores tecnológicos elegidos por Airbus para implementar los cambios en sus actividades, así como la formación necesaria en nuevas habilidades (*skills*). Por otra parte, el concepto de red de ecosistemas hace referencia a la manera en la que se interconectan las redes de innovación (tanto internas como externas). Por ejemplo, cómo interactúan los grupos de trabajo y especialistas dentro de la organización. Englobando estos tres aspectos se encuentra la gestión del cambio, encarnada en los planes de transformación, comunicación y seguimiento de la dirección.

## *Gestión del cambio*

Tal y como se ha expuesto en la sección 3.4, el rol de la dirección es vital en cualquier proceso de transformación. En el caso de Airbus, los líderes de más alto nivel se han mostrado totalmente implicados en el proceso. El CEO de la empresa ha declarado en varias ocasiones su respaldo a la transformación y la importancia del programa para el futuro de la organización (Flottau, 2015; Cabriol, 2018).

En el primer cuatrimestre de 2016 se creó la DTO (Digital Transformation Office), una oficina cuya misión es implementar el programa dedicado a conducir una transformación global de la organización (Airbus Newsroom 2, 2018). El ejecutivo que ostenta el cargo de director de esta oficina (Digital Transformation Officer) reporta directamente en el organigrama al CEO de la compañía, lo que demuestra la importancia de su posición dentro de la organización. Esta oficina patrocina y habilita el programa global de transformación, Quantum, junto con el CIO y el CTO. En palabras de la DTO, son *“un grupo de expertos digitales con la misión de servir de catalizadores, facilitadores y patrocinadores de la transformación digital”*.

Dentro del ámbito del programa Quantum, se crea un equipo cuya misión es la de analizar y priorizar las iniciativas bajo un punto de vista orientado al negocio. Asimismo, ofrecen una percepción y conocimiento profundos sobre los habilitadores tecnológicos y cambios culturales necesarios para cada iniciativa transformadora.

Los CoC y los PoC son los grupos, generalmente jefes de proyecto, encargados de ejecutar el cambio. Tienen el *expertise* necesario para ejercer acciones como formación, seguimiento, liderazgo, comunicación, estandarización y mantenimiento de las capacidades digitales. Su ámbito de actuación y liderazgo cubre todas las áreas de la organización, lo que les permite actuar de manera ágil eliminando obstáculos. Igualmente, hacen de embajadores, comunicadores y educadores de la población.

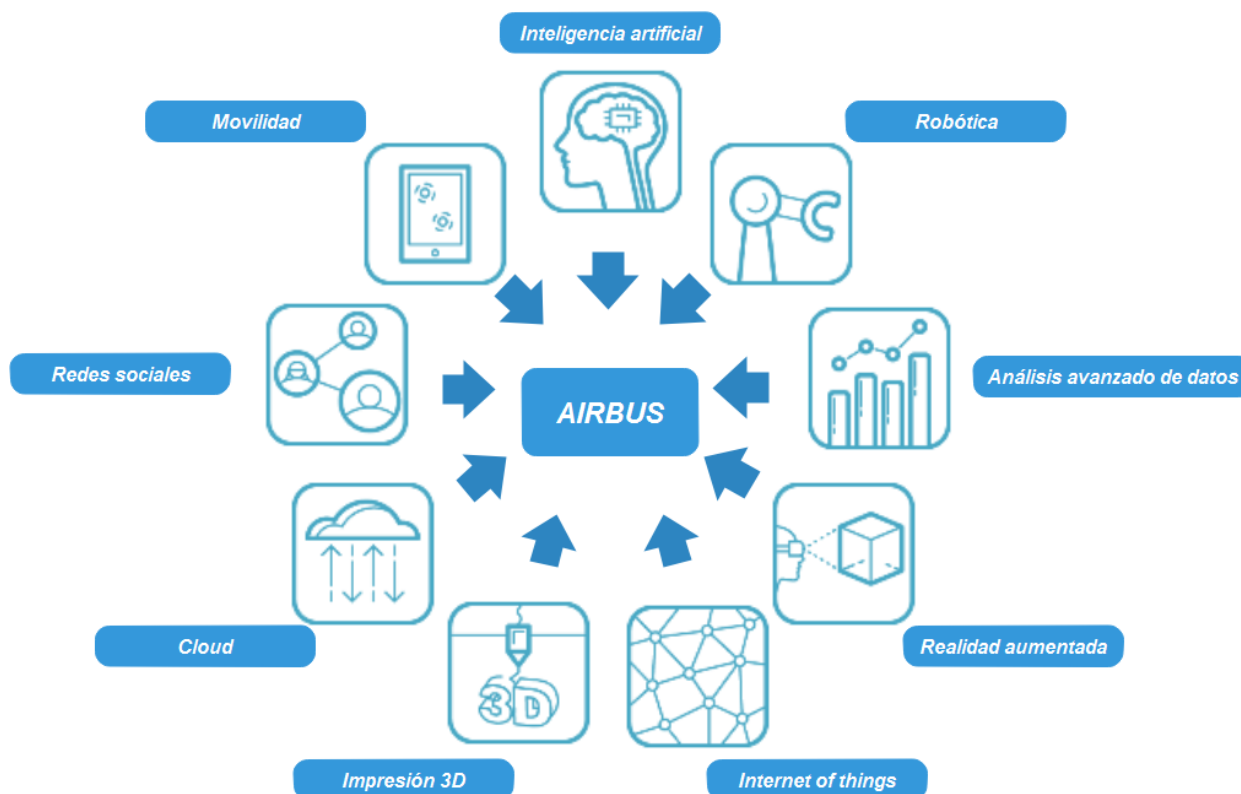
Finalmente, otros grupos implicados en la transformación son los managers ICT y los grupos de ciberseguridad. Los primeros están involucrados en la operación eficiente de los sistemas IT y demás tecnologías, además de contribuir a la innovación con su conocimiento de las tecnologías. Los grupos de seguridad son responsables de la protección de los activos físicos y digitales, anticipándose a cualquier amenaza derivada del aumento de la digitalización.



## Capacidades digitales como habilitadoras del cambio

Airbus ha decidido basar su transformación en 9 capacidades o habilitadores tecnológicos: análisis de datos avanzado (*big data*), realidad virtual/aumentada, fabricación aditiva (impresión 3D), IoT, *cloud*, redes sociales, movilidad, AI y robótica.

Figura 28 – Los 9 habilitadores tecnológicos de Airbus



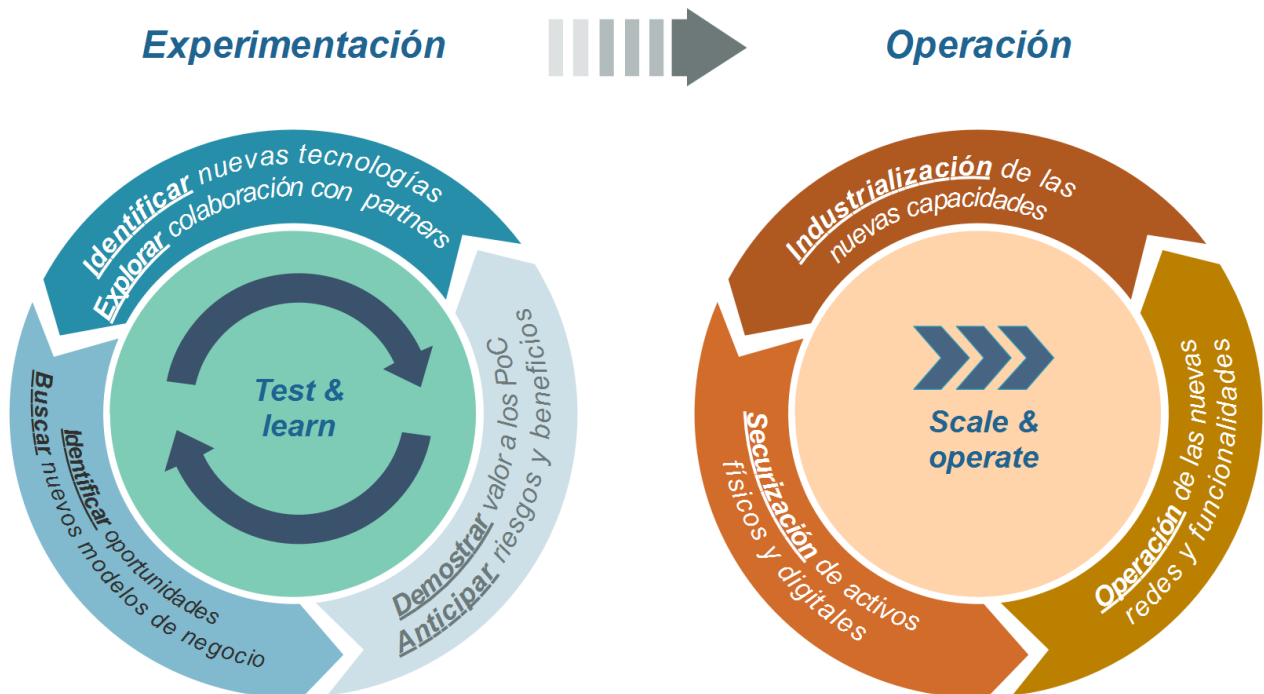
Fuente: Autor

El proceso de maduración de cualquier iniciativa digital comprende tres fases:

1. **Experimentación:** La DTO explora continuamente nuevas posibilidades tecnológicas y posibles *partners* para desarrollarlas conjuntamente. Para ello cuentan con el soporte de los grupos ICT y de los centros de innovación como BizLab o A<sup>3</sup>. Las propuestas son analizadas por el equipo Quantum desde el punto de vista del negocio, evaluando tanto las oportunidades de valor que se pueden crear como su viabilidad.

2. **Implementación.** Una vez que se tiene el visto bueno del grupo Quantum encargado de valorar las opciones de negocio, la DTO expone y demuestra el valor de la tecnología a los CoC y PoC. Se ponen en marcha proyectos estrella junto con los grupos de ciberseguridad e ICT con la intención de probar y aprender el máximo posible de las capacidades elegidas. En consecuencia, estos proyectos de implementación sirven para preparar la industrialización y conocer de antemano los riesgos y las capacidades de escalamiento. Eventualmente se puede incluso recibir algún beneficio de ellos.
  
3. **Industrialización.** En la última fase, se proveen los recursos para la industrialización de las tecnologías. Los grupos de ciberseguridad e ICT serán los responsables de proteger y de la operación de los nuevos activos físicos y digitales implementados.

Figura 29 – Maduración de las iniciativas digitales



Fuente: Autor

## 5.3 Ejemplos programas de transformación

### SKYWISE

Aprovechando la gran cantidad de datos digitales que generan los sistemas embarcados en los aviones, Airbus ha desarrollado una plataforma basada en *big data* y análisis de datos avanzado denominada *Skywise*. El objetivo es mejorar las actividades de mantenimiento de los operadores comerciales. A día de hoy la plataforma ya rinde beneficios en forma de diseños de equipos mejorados o servicio al cliente más adecuado. Además contribuye a una mejor personalización de las ofertas basadas en un mejor conocimiento del mercado.

*Skywise* es un ecosistema hiperconectado y seguro basado en datos digitales. Tras recoger todos los datos relevantes relacionados con el vuelo de las aeronaves, se procesan y se ponen a disposición de diferentes áreas como la ingeniería, el mantenimiento o las operaciones de vuelo. El sistema permite compartir la información, observar, optimizar y predecir comportamientos. Por ejemplo, la obtención y procesamiento de datos de varios vuelos podría predecir un comportamiento y anticiparse a una futura avería de un sistema. Se podría activar una determinada tarea de mantenimiento, o la gestión de un determinado repuesto, antes de la ocurrencia del fallo (por ejemplo, antes del que el avión aterrice). El ahorro potencial de costes y tiempo para la aerolínea y los viajeros es enorme.

Es interesante observar cómo la información de los aviones en servicio proporcionada puede ser útil a todos los niveles de la cadena de valor. Los grupos de ingeniería y los proveedores la pueden usar también para mejorar los diseños. Por otra parte, los grupos de soporte post-venta de Airbus o los especialistas de mantenimiento de los clientes (operadores y aerolíneas) la pueden usar para predecir fallos probables y averías.

Entre los ejemplos de cómo las aerolíneas pueden beneficiarse de *Skywise* se pueden mencionar:

- **Aumento de la eficiencia operacional** de la flota a través del mantenimiento predictivo. Especialmente para las flotas antiguas.
- **Reducción de tiempo en el troubleshooting de averías** permitiendo el aislamiento rápido de la causa raíz del problema.
- **Optimización del rendimiento** de cada aeronave.
- **Medición de la efectividad** de los programas de mantenimiento programado.
- **Rápido reporte** de posibles problemas de seguridad a las autoridades de aeronavegabilidad.

A día de hoy, algunas aerolíneas como easyJet, Air Asia o Emirates ya hacen uso de la tecnología, a modo de *early adopters*, principalmente en proyectos relacionados con el seguimiento de problemas recurrentes, análisis de las operaciones y apoyo a las decisiones relacionadas con el mantenimiento.

Con esta iniciativa, Airbus obtiene beneficio para el negocio a partir de oportunidades de valor citadas en este trabajo: análisis avanzado de grandes bloques de datos digitales y mantenimiento predictivo. También ayuda a Airbus a desarrollar su cultura digital mediante la orientación a las necesidades del cliente.

## MATERIALES INTELIGENTES

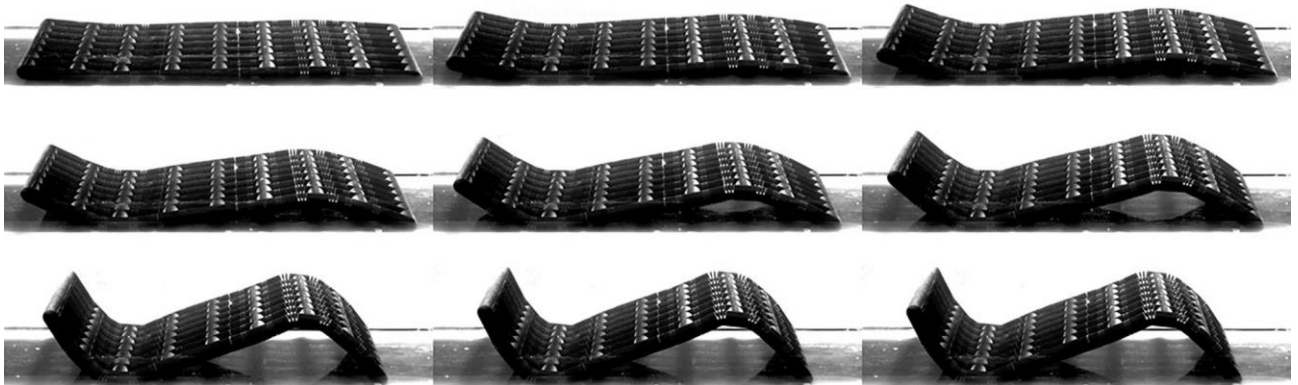
Tal y como se ha expuesto en la sección 2.2, la industria aeroespacial es altamente dependiente de las materias primas. En este sentido, la investigación en nuevos materiales puede otorgar una gran ventaja competitiva frente a la competencia.

La impresión 4D está siendo desarrollada en el MIT de Massachusetts. Partiendo de la impresión 3D, se pretende obtener materiales dinámicos que puedan cambiar de forma al ser expuestos a fuerzas externas como el agua, el movimiento o los cambios en la temperatura.

Airbus colabora con el MIT para aplicar la impresión 4D en el desarrollo de partes del fuselaje, como por ejemplo las tomas de aire usadas para refrigerar los motores,

que se puedan adaptar a las condiciones variantes del flujo del aire exterior durante el vuelo (Airbus Newsroom 3, 2016). Conseguir una pieza de fibra de carbono imprimible y que además sea capaz de autoprogramarse autónomamente dependiendo de las condiciones ambientales sería una innovación altamente disruptiva. El ahorro de costes sería múltiple y en diferentes áreas. Además de una reducción del peso y la maquinaria embarcada en los aviones, simplificaría enormemente los procesos de diseño y fabricación. La transformación de la cadena de valor sería radical.

**Imagen 5 – Material impreso mediante tecnología 4D**



Fuente: MIT

Con esta iniciativa, Airbus hace uso de varias oportunidades de valor descritas en este trabajo: trabajo colaborativo con otras organizaciones, impulso de la innovación dentro de la organización, investigación en nuevos materiales, fabricación aditiva o automatización de la producción.

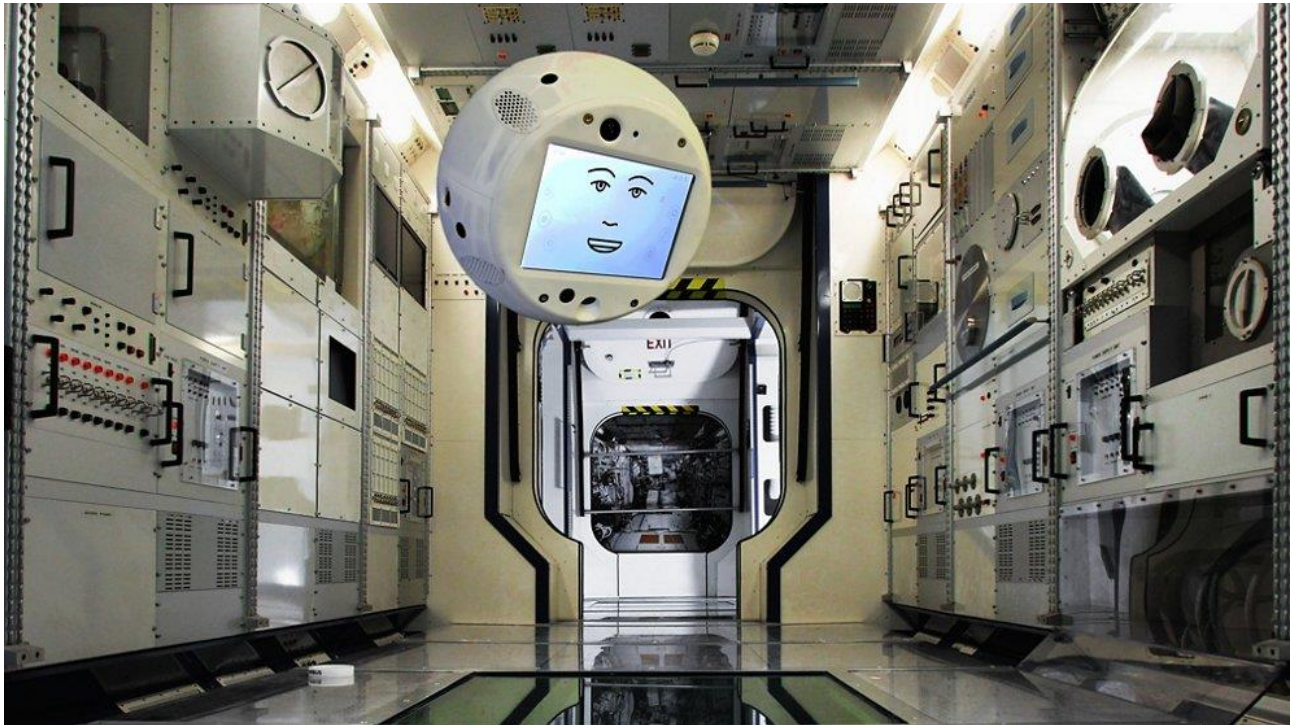
## CIMON

El proyecto CIMON (Crew Interactive Mobile Companion) ha sido desarrollado por Airbus en colaboración con la administración espacial alemana DLR, IBM y la Universidad de Múnich. Se trata de una AI móvil y autónoma cuya misión es ayudar a los astronautas en sus tareas diarias en la ISS (Airbus Newsroom 4, 2018).

Su forma asemeja a la de un balón medicinal de 5 Kg diseñado para volar libremente en entornos de gravedad cero. Además, todas sus piezas son de metal o plástico fabricado en impresoras 3D. Posee arquitectura neural y capacidad para aprender por lo que puede ayudar a los astronautas e interactuar con ellos para aumentar su eficiencia y facilitar su trabajo.

Aunque todavía se encuentra en fase de pruebas en tierra, está previsto que sea probada en el espacio próximamente, en el que supondría el primer vuelo espacial de una AI. También está previsto que sea utilizada extensivamente en usos no espaciales como hospitales.

**Imagen 6** – El asistente espacial CIMON



Fuente: Airbus

Con esta iniciativa, Airbus hace uso del trabajo colaborativo con otras organizaciones para desarrollar la innovación, mejorando así el servicio al cliente y desarrollando nuevos modelos de negocio.

## IFLYA380

La web *iflyA380.com* es una iniciativa lanzada por Airbus dirigida a los usuarios finales de las aerolíneas: los pasajeros. Airbus va un paso más allá de su propia cadena de valor y se dirige a los clientes de sus clientes, aprovechando el atractivo de su modelo de avión A380 (el más grande del mundo).

En el modelo tradicional, un pasajero puede buscar un vuelo seleccionando su origen, destino o tarifa, pero no puede elegir el modelo de avión en el que quiere volar. En *iflyA380.com* se muestra toda la información necesaria para elegir vuelos y destinos que operen el A380. La página ha recibido 1 millón de visitas en 6 meses y alcanzó los 2 millones en los 3 meses siguientes. Visto el éxito de la página se ha desarrollado también una aplicación para iOS (Airbus Newsroom 5, 2017; Airbus Newsroom 6, 2018).

Con esta maniobra, Airbus aspira a aumentar la demanda de los pasajeros a favor de sus productos, con el objetivo de aumentar de ventas a las aerolíneas de su modelo A380.

Esta iniciativa hace uso de oportunidades de creación de valor descritas en este trabajo como son: aprovechar el acceso digital al cliente y el alcance de las redes sociales o el Internet móvil, que permitan a la empresa explorar nuevos modelos de venta de productos.

## **6. CONCLUSIONES**

### **6.1 Resumen y conclusiones del trabajo**

Las líneas de negocio del sector aeroespacial estudiadas en este trabajo han sido la aviación comercial, relacionada con el transporte aéreo de pasajeros y mercancías; y el subsector espacial civil, que se dedica al uso del espacio con fines civiles (por ejemplo satélites de comunicaciones, lanzamiento de carga útil o investigación científica). Se determina que la creación de valor en estas actividades está fundamentada en 5 funciones o tareas básicas: (1) diseño de nuevos productos, (2) provisión de materias primas o componentes, (3) fabricación, (4) venta y (5) servicio post-venta. Tradicionalmente, el sector aeroespacial ha sido un sector muy dependiente del progreso tecnológico y ha estado caracterizado por los grandes costes y recursos necesarios para el desarrollo de nuevos programas. Este factor, unido al uso de economías de escala por parte de los fabricantes ya establecidos, ha mantenido las barreras de entrada altas para los competidores entrantes.

El transporte aéreo de pasajeros se ha caracterizado por un crecimiento sólido durante su historia, y además se prevé que los mercados crezcan considerablemente en los próximos 20 años. La industria deberá incrementar la producción y mejorar su eficiencia, acompañándolas al aumento de la demanda. Al mismo tiempo, es obligatorio asegurar el cumplimiento con los altos estándares de calidad y seguridad que rigen sector. En el subsector espacial se prevé también un incremento de valor en los próximos años, pero en este caso mucha de la tecnología necesaria para abrir nuevos mercados todavía no existe. En consecuencia, los desafíos tecnológicos para poder mantenerse y crecer económicamente serán considerables.

A pesar de las buenas expectativas de aumento de mercado, también existen riesgos que amenazan al sector. Entre ellos destacan la gestión de la cadena de suministros, el aumento de la competencia (con nuevos rivales más ágiles y flexibles que las compañías tradicionales) y la dependencia continua de la innovación y el



desarrollo tecnológico. Las empresas adoptan determinadas estrategias para combatir estos riesgos, como por ejemplo: aumentar el trabajo colaborativo dentro de la propia empresa y con los *partners*, mejorar la eficiencia de los procesos de fabricación, fomentar la innovación y orientar el diseño a las necesidades del cliente.

La transformación digital es un nuevo concepto que consiste en la aplicación de las nuevas tecnologías a la cadena de valor, y en la adopción de nuevas formas de trabajar basadas en la cultura digital. La filosofía de este cambio y los beneficios que promete encajan con las necesidades y las estrategias del sector aeroespacial comentadas anteriormente. Por consiguiente, su aplicación en la industria estaría justificada; sin embargo, es necesario gestionar correctamente la innovación y el desarrollo tecnológico. Si bien ambos son indispensables para mantener la competitividad, deben evolucionar en paralelo con la estrategia. Toda innovación debe mantenerse dentro del marco regulatorio de seguridad, además de ser relevante en términos de creación de negocio y eficientes en términos de coste. Por su parte, la implantación de una cultura digital, basada en la colaboración, la innovación y la orientación al cliente, será un proceso necesario y esencial. En lo que concierne a la transformación digital podemos concluir que el mayor cambio no es tecnológico sino cultural. Hay que tener en cuenta que el proceso de transformación puede resultar un proceso largo, complicado y con muchas barreras. Por esta razón necesitará ser impulsado y gestionado correctamente por la dirección, que debe ser capaz de crear una visión de futuro coherente con la estrategia, y apoyarla con las dosis adecuadas de inversión y liderazgo.

En este TFM se ha propuesto una estrategia de aplicación del cambio al sector aeroespacial estructurada en 3 capas: los impulsores digitales, las oportunidades de creación de valor y los habilitadores tecnológicos. Se pueden definir 4 impulsores digitales en la industria aeroespacial: los datos digitales, la automatización, la conectividad y la cultura digital. Los impulsores están situados en lo alto de la estructura de capas, conectados con la estrategia global del negocio y respondiendo a las necesidades de ésta. Los impulsores generan diversas oportunidades de creación de valor, entre las que se pueden destacar las siguientes como las más idóneas para la industria aeroespacial: el mantenimiento predictivo, las *smart factories*, la fabricación aditiva y los modelos virtuales. En la capa inferior se sitúan los habilitadores, que son las tecnologías específicas a implantar en las organizaciones. Los habilitadores aplicados a las cadenas de valor hacen realidad las oportunidades de creación de valor. Cada una de estas oportunidades puede implementarse en el mundo real por medio de diferentes habilitadores o tecnologías, o de combinaciones de ellas. Además, éstas son altamente cambiantes y evolucionan constantemente. Por estas razones los habilitadores no son tan determinantes para la transformación y ésta no debería basarse en adaptar una determinada tecnología u otra. En la estructura de capas propuesta en este TFM la estrategia y los impulsores están en lo más alto y las

tecnologías específicas en lo más bajo, de esta forma aseguramos que la estrategia sea la que dirige la transformación y no la tecnología.

El estudio del caso Airbus permite obtener una visión sobre un caso real de implantación de la transformación digital en un entorno aeroespacial. Se observa cómo, tras anunciar el inicio del proceso, las estructuras de liderazgo han evolucionado para respaldar las iniciativas y los máximos dirigentes han expresado su apoyo al programa. Esto da idea de la importancia y el impulso que se quiere dar al programa para el futuro de la compañía. El programa Quantum es el paraguas bajo el que se patrocinan multitud de iniciativas de transformación e innovación. En los laboratorios A<sup>3</sup> y BizLab se fomenta la innovación y sirven para difundir la cultura digital. Todos los empleados pueden aportar sus ideas, las cuales han de ser analizadas para valorar las oportunidades de cambio del modelo de negocio y el beneficio que pueden acarrear. De acuerdo a la estrategia, el objetivo no es el cambio por el cambio a cualquier coste. Sólo las iniciativas que proporcionen un beneficio real para el negocio serán finalmente implementadas y puestas en marcha.

Algunos ejemplos de programas en marcha son la plataforma de mantenimiento predictivo *Skywise* (la cual ya está siendo comercializando), el desarrollo de la impresión 4D, proyectos de innovación como CIMON o el acceso digital al cliente y aprovechamiento de las redes sociales mediante *iflyA380.com*.

## 6.2 Estado de los objetivos del proyecto

Al momento de entregar el trabajo consideramos que han cumplido los 4 objetivos del proyecto definidos en la sección 1.2.

### 1. Estudiar el contexto actual y evolución el sector aeroespacial

En el capítulo 2 se ha presentado la situación del sector en la actualidad y las perspectivas de evolución futura. También se han analizado los desafíos a los que se enfrenta y las estrategias más comunes.

### 2. Entender la transformación digital y lo que supone como revolución industrial

En el capítulo 3 se ha descrito en qué consiste el concepto de transformación digital y los beneficios y riesgos que presenta.

3. **Proponer aplicaciones estratégicas de la transformación digital a la industria aeroespacial**

En el capítulo 4 se ha propuesto un modelo de aplicación de la transformación digital y cambio cultural al caso particular del sector aeroespacial, así como las estrategias para llevarla a cabo.

4. **Presentación de un caso práctico (Airbus)**

Finalmente, en el capítulo 5 se ha presentado la aplicación real en una empresa del sector (Airbus), describiendo proyectos en marcha y su forma de gestionar el cambio.

### **6.3 Seguimiento de la planificación y metodología**

En todo momento se ha seguido la planificación definida en la sección 1.4 sin desviaciones relevantes que destacar.

La metodología seguida para la redacción del trabajo ha consistido en la recopilación de documentación para su análisis y posterior redacción de los contenidos. Las fuentes de documentación han sido principalmente: conocimientos y experiencia del autor, artículos científicos publicados en sitios especializados de Internet, *papers* de firmas de consultoría o investigación (Gartner, MIT & Sloan, Capgemini, KPMG...), libros sobre estrategia e innovación o informes de mercado de los fabricantes aeroespaciales. Toda la documentación utilizada se detalla en el capítulo 8 (bibliografía).

### **6.4 Líneas de trabajo futuras**

En este trabajo se ha planteado la aplicación de la transformación digital a la industria aeroespacial y se han presentado algunos ejemplos ya en marcha en el mundo real. Sin embargo, al tratarse de proyectos recientes, no se tienen datos de los beneficios reales que aporta la transformación digital a largo plazo. Una primera línea de trabajo futura podría consistir en hacer un seguimiento, suficientemente largo en el tiempo, de las iniciativas puestas en marcha. Con él se podría obtener una perspectiva de los beneficios reales que aporta la transformación digital en el sector aeroespacial a largo plazo. Algunos aspectos clave a mantener bajo observación son los problemas

más comunes que surgen y cuál es la mejor manera de afrontarlos, para poder ajustar las futuras estrategias de implantación.

Respecto a la estrategia de implantación basada en capas propuesta para el sector aeroespacial en este TFM, una posible línea de actuación futura podría ser investigar su posible adaptación a otros sectores industriales como la automoción o el sector energético. El alcance de esta investigación incluiría la definición de impulsores específicos para cada sector en particular, así como la selección de las oportunidades de valor más adecuadas para ellos. Eventualmente, se podría llegar a crear un protocolo global de implantación de la transformación digital a todos los sectores industriales, identificando las directivas básicas aplicables a todos ellos.

## 7. LISTA DE ACRÓNIMOS

Airbus DS	Airbus Defence & Space
AOG	Aircraft On-Ground
BAE	British Aerospace
CASA	Construcciones Aeronáuticas, S. A.
CEO	Chief Executive Officer
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Polymer
CIO	Chief Information Officer
CoC	Centre of Competence
COMAC	Commercial Aircraft Corporation of China,
CTO	Chief Technology Officer
DASA	Deutsche Aerospace AG
DT	Digital Transformation
DTO	Digital Transformation Office
EADS	European Aeronautic Defence and Space
EASA	European Aviation Safety Agency
ESA	European Space Agency
FAA	Federal Aviation Administration
FAL	Final Assembly Line
IoT/IIoT	Internet of Things/Industrial Internet of Things
GFRP	Glass Fiber Reinforced Polymer
HSR	High Speed Rail
ICAO	International Civil Aviation Organization
ICT	Information and Communications Technology
LCC	Low-Cost Carrier
LEO	Low Earth Orbit
MRO	Maintenance Repair and Overhaul
OEM	Original Equipment Manufacturer
PoC	Point of Competence
RPK	Revenue Passanger Kilometres
TFM	Trabajo Fin de Máster
ULA	United Launch Alliance
WBS	Work Breakdown Structure
WEF	World Economic Forum

## 8. BIBLIOGRAFÍA

A<sup>3</sup> (2018). "The future of flight". <https://www.airbus-sv.com/leaders>. Consultado el 06/05/2018.

Airbus GMF (2017). "Global market forecast: growing horizons 2017-2036". Issue 4. Airbus S.A.S., Blagnac Cedex (France), April 2017.

Airbus Newsroom 1 (2018). "The Airbus values journey". <http://www.airbus.com/newsroom/news/en/2018/01/airbus-values.html>. Consultado el 02/05/2018.

Airbus Newsroom 2 (2018). "Airbus Group appoints Marc Fontaine Digital Transformation Officer". <http://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2016/04/20160429-Marc-Fontaine-DTO.html>. Consultado el 03/05/2018.

Airbus Newsroom 3 (2016). "4D printing and digital materials: the extra materials". <http://www.airbus.com/newsroom/news/en/2016/03/digital-materials.html>. Consultado el 07/05/2018.

Airbus Newsroom 4 (2018). "Hello, I am CIMON!. Airbus is developing the CIMON astronaut assistance system for the DLR Space Administration": <http://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2018/02/hello--i-am-cimon-.html>. Consultado el 08/05/2018.

Airbus Newsroom 5 (2017). "IFlyA380.com connects passengers with the iconic Airbus jetliner". <http://www.airbus.com/newsroom/news/en/2017/06/iflya380-com-connects-passengers-with-the-iconic-airbus-jetliner.html>. Consultado el 08/05/2018.

Airbus Newsroom 6 (2018). "Airbus launches iflyA380 augmented reality iOS app taking passengers' experience to a new level". <http://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2018/01/airbus-launches-iflya380-augmented-reality-ios-app-taking-passen.html>. Consultado 08/05/2018.

Airbus Price List (2018). “Airbus aircraft 2018 average list prices”. <http://www.airbus.com/content/dam/corporate-topics/publications/backgrounders/Airbus-Commercial-Aircraft-list-prices-2018.pdf>. Consultado el 14/05/2018.

Airbus WEB (2018). “About Airbus, what we do”. <http://www.airbus.com/company/about-airbus.html>. Consultado el 02/05/2018.

ASTRA (2010). “Asteroid mining technologies, roadmap and applications”. Space Program. International Space University, Strasbourg (France) 2010.

ATI (2017). “Insight 01 digital transformation”. Aerospace Technology Institute. February 2017.

Aviation Stack Exchange (2017). “A decrease of 1% weight improves the industry?”. <https://aviation.stackexchange.com/questions/45439/how-much-of-an-improvement-would-a-1-weight-decrease-on-an-airplane-be-to-the-i>. Consultado el 25/05/2018.

Bamber, Penny and Gary Gereffi (2013). “Costa Rica in the aerospace global value chain: opportunities for entry & upgrading”. Center on Globalization, Governance and Competitiveness, Duke University. Durham, North Carolina (USA). August 2013.

Bannon, James (2014). “Heading for \$100: the declining costs of genome sequencing & the consequences”. <https://ark-invest.com/research/genome-sequencing>. Consultado el 15/04/2018.

Boeing CMO (2017). “Current market outlook 2017-2036”. Market analysis, Boeing Commercial Airplanes. Seattle, Washington (USA). June 2017.

Bombardier (2015). “Global market forecast 2015-2034”. Bombardier comercial aircraft. Montreal, Quebec (Canada). January 2015.

Brynjolfsson, Erik and Andrew McAfee (2011), “Race against the machine”. Digital Frontier Press. Lexington, Massachusetts (USA). 2011.

Brynjolfsson, Erik and Andrew McAfee (2014). “The second machine age”. W. W. Norton and Company. London, New York (USA). 2014.

Buytendijk, Frank, Mike Rollings and Thomas Oestreich (2017). “Master four types of strategy to perfect your digital transformation”. Gartner research note ID G00326340. Gartner Inc., Stamford CT (USA). 13 april 2017.

Cabriol, Michel (2018). “Enders veut révolutionner le secteur de la production d'Airbus”. <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/aeronautique-defense/tom-enders->

[veut-revolutionner-le-secteur-de-la-production-d-airbus-2-2-766427.html](#). Consultado el 03/05/2018.

CAPA, Centre for aviation (2018). *“Record global aircraft deliveries in 2017: Boeing ahead of Airbus again, but behind on order backlog”*. <https://centreforaviation.com/insights/analysis/record-global-aircraft-deliveries-in-2017-boeing-ahead-of-airbus-again-but-behind-on-order-backlog-393914>. Consultado el 05/05/2018.

Capgemini (2017). *“The digital culture journey: all on board!”*. Digital transformation review, 10<sup>th</sup> Edition. Digital Transformation Institute, Capgemini Consulting. 2017.

Capgemini Research (2017). *“Digital aviation: MRO innovation and disruption”*. Research study report. Capgemini Consulting. 2017.

Captain, Tom (2017). *“Global aerospace and defense sector outlook”*. Aerospace & defence sector research. Deloitte Ltd. London (UK). 2017.

Christensen, Clayton (1997). *“The innovator’s dilemma, when new technologies cause great firms to fail”*. Harvard Business School Press. Boston, Massachusetts (USA). 1997.

Clearwater (2014). *“Global aerospace report 2014”*. Clearwater International Industrials Team. Published by Clearwater International, 2014.

Davenport, Thomas (2017). *“When jobs become commoditized”*. <https://sloanreview.mit.edu/article/when-jobs-become-commodities/>. Consultado el 25/04/2018.

Denning, Steve (2011). *“How do you change an organizational culture?”*. <https://www.forbes.com/sites/stevedenning/2011/07/23/how-do-you-change-an-organizational-culture/>. Consultado el 29/04/2018.

European Commission (2010). *“High-speed Europe, a sustainable link between citizens”*. Directorate-General for Mobility and Transport. European Commission. Luxembourg Publications Office, 2010.

Fister, Sarah (2016). *“Changing course: Airbus’ innovative new culture”*. <https://quarterly.insigniam.com/innovation/changing-course-airbus-innovative-new-culture/>. Consultado el 07/05/2018.

Fitzgerald, Michael, Nina Kruschwitz, Didier Bonnet and Michael Welch (2013). *“Embracing digital technology, a new strategic imperative”*. MIT Sloan Management Review & Capgemini Consulting. Research review 2013.



Flottau, Jens and Amy Svitak (2015). “Enders: digital transformation is next big Airbus Group project”. <http://aviationweek.com/commercial-aviation/enders-digital-transformation-next-big-airbus-group-project>. Consultado el 03/05/2018.

Investir Les Echos (2018). “Airbus vise \$10 mds de C.A. par an dans les services d’ici 2025”. <https://investir.lesechos.fr/actions/actualites/airbus-vise-10-mds-de-c-a-par-an-dans-les-services-d-ici-2025-1746727.php>. Consultado el 10/04/2018.

Kane, Gerald, Doug Palmer, Anh Nguyen Phillips, David Kiron and Natasha Buckley (2015). “Strategy, not technology, drives digital transformation: becoming a digitally mature enterprise”. <https://sloanreview.mit.edu/projects/strategy-drives-digital-transformation/>. Consultado el 13/04/2018.

Kaplan, Thomas (2017). “Mid-life aircraft trading patterns and the impact of lessors”. <https://www.flightglobal.com/news/articles/insight-from-flightglobal-mid-life-aircraft-trading-434739/>. Consultado el 08/04/2018.

KPMG (2018). “The aviation industry leaders report 2018: navigating the cycle”. Airline economics & KPMG, Wales & Ireland. 2018.

Langewiesche, William (2014). “The human factor, should airplanes be flying themselves?”. <https://www.vanityfair.com/news/business/2014/10/air-france-flight-447-crash>. Consultado el 09/04/2018.

Lanjudkar, Pankaj (2018). “Connected logistics market by technology (bluetooth, cellular, Wi-Fi, ZigBee, NFC and satellite) and devices (gateways, RFID tags and sensor nodes): global opportunity analysis and industry forecast 2016-2023”. <https://www.alliedmarketresearch.com/connected-logistics-market?connected-logistics-market>. Consultado el 01/05/2018.

Leggett, Theo (2013). “A350: The aircraft that Airbus did not want to build”. <http://www.bbc.com/news/business-22803218>. Consultado el 02/04/2018.

Les Echos (2017). “Fabrice Brégier (Airbus): «Le numérique replace l’ouvrier au cœur du système de production»”. <https://www.lesechos.fr/industrie-services/air-defense/030376391997-fabrice-bregier-airbus-le-numerique-replace-louvrier-au-coeur-du-systeme-de-production-2093309.php>. Consultado el 30/04/2018.

Materna, Robert, Robert Mansfield and Frederick Deck (2013). “Aerospace industry report, facts, figures & outlook for the aviation and aerospace manufacturing industry”. 3rd Edition. Embry-Riddle Aeronautical University and Aerospace Industries Association of America. 2013.

McKinsey (2017). *“How Airbus is navigating a digital transformation”*. <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/how-airbus-is-navigating-a-digital-transformation>. Consultado el 02/05/2018.

MIT Sloan & Capgemini (2011). *“Digital transformation: a roadmap for billion-dollar organizations”*. MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting. 2011.

Nardon, Laurence (2017). *“New Space: the impact of the digital revolution on space actors and policies in Europe”*. Notes de l’Ifri. French Institute of International Relations. Paris (France). January 2017.

Parris, Colin (2016). *“The future for industrial services: the digital twins”*. Infosys Insights, Infosys Ltd. 2016.

Porter, Michael (1979). *“How competitive forces shape strategy”*. Harvard business review. Harvard Business Publishing. Brighton, Massachusetts (USA). 1979.

Porter, Michael (1980). *“Competitive strategy”*. The Free Press, New York. 1980.

Porter, Michael (1985). *“Competitive advantage”*. The Free Press, New York. 1985.

PWC (2016). *“Industry 4.0: building the digital enterprise”*. Global industry 4.0 survey, Digital Operations Team. PricewaterhouseCoopers. 2016.

Quora (2016). *“Rockets: What is cost of sending 1 kg weight into space”*. <https://www.quora.com/Rockets-What-is-cost-of-sending-1-kg-weight-into-space>. Consultado el 06/04/2018.

Richardson, Renée, Kshita Deora Puram and Didier Bonnet (2017). *“From UX to CX: rethinking the digital user experience as a collaborative exchange”*. MIT Initiative on the Digital Economy and Capgemini. Capgemini Consulting, May 2017.

Rodríguez, José Ramón e Ignacio Lamarca (2013). *“Planificación estratégica de sistemas de información”*. Material docente de la UOC. PID\_00198544. Barcelona 2013.

Schwab, Klaus (2015). *“The fourth industrial revolution: what it means, how to respond”*. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>. Consultado el 22/04/2018.

Sheetz, Michael (2017). *“The space industry will be worth nearly \$3 trillion in 30 years, Bank of America predicts”*. <https://www.cnbc.com/2017/10/31/the-space-industry-will-be-worth-nearly-3-trillion-in-30-years-bank-of-america-predicts.html>. Consultado el 12/04/2018.

Skomorohov, Ruslan (2016). *"In-orbit spacecraft manufacturing: near-term business cases"*. International Space University. Strasbourg (France). 2016.

Slutsken, H (2018). *"Four million parts, 30 countries: How an Airbus A380 comes together"*. <https://edition.cnn.com/travel/article/airbus-a380-parts-together/index.html>. Consultado el 05/04/2018.

Space Travel (2018). *"Space tourism industry forecast 2018"*. Space Travel Consultants International (STCI). WAGNER Research Company. Isle of Man (U.K.). 2018.

The Space Report (2017). *"The authoritative guide to global space activity 2017"*. The Space Foundation, Colorado (USA). © Space Foundation, 2017. Used with permission.

Travel Stats Man (2016). *"High-speed rail is killing short-haul air travel"*. <https://www.travelstatsman.com/08082016/high-speed-rail-train-plane/>. Consultado el 09/04/2018.

WEF (2016). *"Digital transformation of industries, demystifying digital and securing \$100 Trillion for society and industry by 2025"*. World Economic Forum in collaboration with Accenture. Geneva (Switzerland). 2016.

WEF DTI (2017). *"Aviation, travel and tourism industry white paper"*. World Economic Forum. Digital Transformation Initiative Project. Geneva (Switzerland). 2017.

Westerman, George, Maël Tannou, Didier Bonnet, Patrick Ferraris and Andrew McAfee (2012). *"The digital advantage: how digital leaders outperform their peers in every industry"*. MIT Sloan Management Review & Capgemini Consulting.