

GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN
INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

***ESTUDIO DE LAS REDES DE
FABRICACIÓN EN EL CONTEXTO 4.0
PARA LA INDUSTRIA AERONÁUTICA***

Alumno: Puente Umaran, Jokin

Director: Sánchez Galíndez, José Antonio

Curso: 2018-2019

Fecha: Bilbao, 12 de julio de 2019

RESUMEN

El proceso de globalización que ha experimentado el mundo en los últimos años ha obligado a las empresas a ser cada vez más competitivas para sobrevivir en el mercado actual. Para los sectores de alta tecnología, como lo es el aeronáutico, la colaboración entre empresas es fundamental para desarrollar nuevos proyectos en los que existen enormes riesgos financieros y tecnológicos.

Teniendo eso en cuenta, a principios de siglo nace el concepto de las Redes Virtuales de Fabricación Global (RVFG); el cual se explicará a fondo en el presente trabajo y que consiste en una estrategia que consiste en la colaboración entre empresas que pertenecen al mismo sector, aunque sean competidoras entre ellas, y que permite a las compañías afrontar proyectos que no podrían llevarse a cabo individualmente y que además permite a las empresas acceder a ciertos conocimientos tecnológicos que de otro modo les sería muy difícil.

Todo esto bajo un contexto de Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial hacia la que avanza el mundo manufacturero. Esta revolución se caracteriza por el uso de las tecnologías de la electrónica, información y comunicación, así como de la implantación de los sistemas ciberfísicos en la industria y del uso del internet para los procesos industriales.

Palabras clave: Sector aeronáutico, colaboración, RVFG, Industria 4.0

LABURPENA

Azken urteotan munduak bizi izan duen globalizazio prozesuak, konpainiak gero eta lehiakorragoak izatera bultzatu ditu gaur egungo merkatuan bizirauteko. Goi-mailako teknologian sarturiko sektoretan, aeronautika adibidez, konpainien arteko lankidetzaren ezinbestekoa da arrisku teknologiko eta finantzario handiak dituzten proiektu berriak burutzeko.

Guzti hau kontuan hartuta, mende hasieran hurrengo lanean zehar ondo azalduko den Fabrikazio Globalaren Sare Birtualak (FGSB) delako kontzeptu berria atera zen. Estrategia honen bidez, sektore berdinean lan egiten duten konpainiek elkarrekin lan egiten dute, lehiakideak izan arren, bakarrik burutzeko gai ez diren proiektuak aurrera eraman ahal izateko.

Guzti hau Industria 4.0 edo Laugarren Iraultza Industrialaren testuinguruan. Iraultza hauen ezaugarriak hurrengoak dira: elektronikak, informazio eta komunikazio teknologien erabilera, sistema ziber-fisikoen ezarpena eta interneten erabilera prozesu industrialetan.

Gako hitzak: Aeronautika, lankidetzaren, FGSB, Industria 4.0

ABSTRACT

The globalization process experimented by the World in the last years has forced the companies to be more and more competitiveness so they can survive in the current market. For the high-technology sectors, as the aeronautical is, the cooperation between companies has become essential for developing new risky projects, in the technological and financial sense.

Keeping this in mind, at the beginning of this century was born the following concept: Global Manufacturing Virtual Network. This strategy consist on the cooperation between companies belonging to the same sector, even if they are competitors, so they can afford projects that would be imposible to afford individually.

All that in a 4.0 Industry context, wich is characterized by the use of the electronics, information and communication technologies, the establishment of the cyber-physical systems and the use of the internet for the industrial procedures.

Key words: Aeronautical sector, cooperation, GMVN, 4.0 Industry

ÍNDICE

RESUMEN	i
LABURPENA	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE.....	iv
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	v
INDICE DE TABLAS	vi
LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. CONTEXTO.....	2
3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO	3
3.1 Objetivo General	3
3.2 Objetivos Secundarios.....	3
3.3 Alcance	3
4. BENEFICIOS QUE APORTA EL PROYECTO	4
5. METODOLOGÍA.....	5
6. INDUSTRIA 4.0 O CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	6
6.1 Origenes de la Industria 4.0	6
6.2 Rasgos Generales de la Industria 4.0	8
6.2.1 Pilar de la Tecnología	9
6.2.2 Pilar de las Personas.....	13
6.2.3 Pilar de las Organizaciones.....	14
6.2.4 Pilar del Entorno de Negocios	15
6.3 Ventajas Competitivas Derivadas de la Industria 4.0.....	16
6.4 La Industria 4.0 en Euskadi.....	17
7. REDES VIRTUALES DE FABRICACIÓN GLOBAL (RVFG) Y SU IMPORTANCIA EN LA AERONÁUTICA.....	19
7.1 Origenes de las RVFG	19
7.2 Pilares fundamentales de las RVFG.....	20
7.2.1 Estructura	20
7.2.2 Cultura.....	24
7.2.3 Estrategia.....	28
7.2.4 Dinámica.....	36
7.3 La RVFG de la Industria Aeronáutica.....	39
7.3.1 Estrategia de Rolls Royce	42
7.3.2 Colaboración entre General Electric Y SNECMA en la Fabricación del Motor CFM56	44

7.3.3	El clúster HEGAN	45
8.	ADAPTACIÓN DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA AL CONTEXTO 4.0.....	48
9.	CONCLUSIONES	50
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	51

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Datos sobre la industria aeronáutica vasca de los ejercicios 2017 y 2018 Fuente: Hegan	2
Ilustración 2.	Cambios que han impulsado cada una de las Revoluciones Industriales. Fuente: Conexión Industriales.....	6
Ilustración 3.	Pilares de la Industria 4.0 Fuente: Mikel Navarro Arancegui y Xabier Sabalza Laskurain (2016).....	9
Ilustración 4.	Aspectos Básicos de las RVFGs Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)	20
Ilustración 5.	Tipos de colaboración entre actores de una RVFG Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)	23
Ilustración 6.	Marco Teórico General sobre Mecanismos Culturales en la RVFG Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)	24
Ilustración 7.	Relación entre Confianza y Grado de Virtualización en la RVFG Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)	26
Ilustración 8.	Mecanismos Culturales en la RVFG Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)	27
Ilustración 9.	Posicionamiento de RVFGs según estrategias de producción Fuente: Adaptado de Shi et al., (2005).....	28
Ilustración 10.	La red de valor Fuente: Nalebuff y Branderburger (1996)	30
Ilustración 11.	Dilema del Prisionero aplicado a relaciones diádicas entre empresas Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010).....	31
Ilustración 12.	Marco Teórico de la Perspectiva Diádica Fuente: Adaptado de Vilana Rodríguez Monroy (2010)	33
Ilustración 13.	Modelo de Triple Perspectiva Estratégica en las RVFGs Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)	35
Ilustración 14.	Ubicación de actores de las RVFG en la curva de Stan Shih Fuente: Adaptación de Barlett y Ghoshal (2000)	38
Ilustración 15.	Mapa de la Dinámica en la RVFG en función del tipo de actor y su perspectiva estratégica Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)	39
Ilustración 16.	Participaciones empresariales de los fabricantes de motores aeronáuticos Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)	41
Ilustración 17.	Participaciones empresariales de los fabricantes de motores aeronáuticos Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)	42
Ilustración 18.	Evolución en millones de euros de la facturación de HEGAN Fuente: HEGAN ..	46
Ilustración 19.	Evolución del número de empleados de HEGAN Fuente: HEGAN	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencias en las Prácticas Culturales Fuente: Adaptado de Hofstede (1990).....	25
Tabla 2. Principales colaboraciones horizontales en la industria aeronáutica hasta 2000 Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010).....	40

LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CIM: Computer Integrated Manufacturing (Fabricación integrada por ordenador)

CRM: Customer Relationship Management

FMS: Flexible Manufacturing System (Sistema de fabricación flexible)

GE: Genereal Electric

IoT: Internet of the Things (Internet de las cosas)

M2M: Machine to machine (Máquina a máquina)

OEM: Original Equipment Manufaturer (Fabricante de equipo original)

P&W: Pratt & Whitney

RR: Rolls Royce

RRSP: Risk and Revenue Sharing Partners (Participación en beneficios y riesgos)

RVFG: Red Virtual de Fabricación Global

SCM: Supply Chain Management

TEIC: Tecnologías de la Electrónica, la Información y la Comunicación

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas que actúan en mercados multinacionales han tenido que variar sus estrategias de producción para adaptarse a la feroz competencia. Una de estas estrategias es la creación de Redes de Fabricación, mediante las cuales varias empresas comparten recursos para un fin común. Este tipo de alianzas se dan sobre todo en mercados de alta tecnología como pueden ser la electrónica, la automoción o la aeronáutica; que será la principal protagonista de este trabajo.

Además, en un contexto de transición hacia la Cuarta Revolución Industrial, adoptar este tipo de estrategias puede suponer una gran ventaja competitiva; ya que las compañías pertenecientes a una misma Red de Fabricación pueden apoyarse unas en otras para adaptarse a esta nueva era.

Pese a que es evidente que este tipo de organizaciones pueden generar enormes beneficios, también hay ciertos riesgos. Estas relaciones pueden llevarse a cabo entre competidores directos, lo que podría llevar a una transferencia tecnológica no deseada. Para que no ocurran este tipo de inconvenientes existen mecanismos que se explicarán más adelante.

2. CONTEXTO

La industria aeronáutica está creciendo en los últimos años a un nivel exponencial. Coger un avión hace no tantos años era un lujo que no todo el mundo se podía permitir; hoy, sin embargo, puede resultar más barato un billete de avión que uno de autobús al mismo destino. Este imparable crecimiento se ve reflejado en que entre 2007 y 2017, la industria aeronáutica española duplicó su facturación (3.900 a 8.947 millones de euros).

Si nos centramos en la industria aeronáutica vasca, los datos son aún más reveladores. Hace 20 años era una industria prácticamente inexistente en Euskadi, hoy en cambio, podemos afirmar que es uno de los pilares fundamentales de nuestro tejido industrial. A principios de la década de los 90 y en plena crisis industrial, el Gobierno Vasco decidió apostar por el sector aeronáutico ya que parecía un mercado con un gran potencial. Después de unos años de trabajo, en 1997 se funda la Asociación Clúster de Aeronáutica y Espacio del País Vasco -HEGAN; la cual nace con 14 socios y hoy cuenta con 65 entre los que destacan Aernnova, ITP Aero o SENER entre otros.

Según los datos de esta asociación, la industria aeronáutica vasca facturó el año pasado 2.457 millones de euros, lo que supone un incremento del 1,32% respecto al año anterior. El empleo directo, por su parte, aumentó un 2,8% alcanzado así los 14.856 trabajadores

Ejercicio 2018 y variación 2017/18

DATOS	2017	2018	
FACTURACIÓN TOTAL (M€)	2.425	2.457	Inversión en I+D acumulada en los diez últimos años
FACTURACIÓN PAÍS VASCO (M€)	954	990	
INVERSIÓN EN I+D (M€)	201	143	1.684
EXPORTACIÓN (M€)	1.614	1.630	Creación de empleo neto en los últimos diez años
EMPLEO TOTAL	14.457	14.856	5.037
EMPLEO PAÍS VASCO	4.819	4.985	1.233

Ilustración 1. Datos sobre la industria aeronáutica vasca de los ejercicios 2017 y 2018

Fuente: Hegan

Las previsiones en el sector aeronáutico siguen siendo optimistas, es por ello que una adaptación rápida de este sector al contexto 4.0 es clave, ya que en donde más importancia tendrá esta nueva era de la industria será en los sectores de alta tecnología, y es evidente que la aeronáutica entra en este grupo.

3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

En este capítulo se definen los objetivos que tiene la realización de este estudio, tanto el objetivo principal como los secundarios; a la vez que se define también el alcance

3.1 Objetivo General

El objetivo principal que se pretende conseguir con este proyecto es ofrecer una visión simplificada y concreta sobre las Redes Virtuales de Fabricación y la influencia de este tipo de estrategia en la industria aeronáutica

3.2 Objetivos Secundarios

Los objetivos secundarios del proyecto son los siguientes:

- Explicar en qué consiste la Industria 4.0
- Analizar el impacto que puede tener la Industria 4.0 en la industria aeronáutica
- Estudiar las ventajas que puede tener optar por una estrategia de RVFG en el contexto 4.0

3.3 Alcance

El alcance de este trabajo tiene las siguientes limitaciones:

- Existen ciertas restricciones a la hora de acceder a la información, debido al hecho de que parte de la literatura acerca de los temas desarrollados es de difícil acceso por parte de un estudiante. Para llegar a ciertos estudios a los que se quería utilizar era necesario pagar
- La mayoría de la información acerca de las Redes Virtuales de Fabricación Global se ha extraído de los trabajos de Vilana y Rodríguez Monroy, debido a la escasa literatura existente en castellano.

4. BENEFICIOS QUE APORTA EL PROYECTO

Este estudio puede aportar a ciertas empresas, especialmente del sector aeronáutico o incluso de algún otro sector perteneciente a la alta tecnología, los siguientes beneficios:

- Facilitar la toma de decisiones respecto a si es conveniente empezar a formar parte de un Red Virtual de Fabricación Global.
- Dar pie a la reflexión acerca de lo necesario que es intentar adaptarse cuanto antes a una industria que está evolucionando.
- Ahorro de tiempo y de costes relativos en investigación de aspectos que se desarrollan en el proyecto respecto a las Redes Virtuales de Fabricación Global y la Industria 4.0.

5. METODOLOGÍA

En este capítulo se explica la metodología que se ha seguido para la realización del proyecto.

Teniendo en cuenta que las competencias en esta materia previas a realizar el trabajo eran escasas, lo primero de todo ha sido buscar toda la información posible en relación a las Redes Virtuales de Fabricación Global, la importancia que tienen en la industria manufacturera hoy en día y en especial en la industria aeronáutica. También se ha buscado toda la información posible sobre el concepto Industria 4.0, lo que supondrá para la industria la llegada de esta Cuarta Revolución Industrial y como han de enfrentarse las empresas manufactureras a ella. Una vez buscada toda la información se ha guardado todos los enlaces y archivos, ordenandolos por temática para tener un acceso más fácil a ellos.

Para la búsqueda de toda esta información se ha hecho uso del motor de búsqueda Google, haciendo especial uso del servidor Google Académico

6. INDUSTRIA 4.0 O CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

6.1 Orígenes de la Industria 4.0

A principios del siglo XVIII, la economía europea todavía se basaba principalmente en la agricultura y la artesanía. De hecho, en torno a un 75% de la población sobrevivía gracias a trabajos agropecuarios. Las pocas ciudades que existían eran pequeñas y poco desarrolladas, pero entonces llegó la llamada Primera Revolución Industrial.

Se le llama Revolución Industrial al cambio rápido y en profundidad que se produce en todas las estructuras de una sociedad a partir del cambio de la forma de producción en un sistema. Los cambios son tecnológicos, socioeconómicos y culturales. En la ilustración 2 podemos observar los avances tecnológicos claves que han impulsado cada una de las revoluciones industriales.



Ilustración 2. Cambios que han impulsado cada una de las Revoluciones Industriales.

Fuente: Conexión Industriales

La **Primera Revolución Industrial** nace en Gran Bretaña a mediados del siglo XVIII. Esta revolución se da por diversos motivos. Por un lado, la situación política del país fue clave, ya que la existencia de una monarquía liberal y no absolutista, evitó que se formaran revoluciones al contrario que en el resto de Europa. Además, pese a que Gran Bretaña sí que participó en alguna guerra en ese periodo, ninguna de estas tuvo lugar en el propio país. Pero sin duda, el motivo principal fue la invención de la máquina de vapor. Esto supuso la sustitución del trabajo manual por las actividades manufactureras, con la consecuente mecanización de múltiples procesos productivos y la eliminación de numerosos puestos de trabajo, ya que las máquinas pasaron a llevar a cabo esas tareas. Además, fue el primer paso hacia la invención del ferrocarril,

lo que supuso un gigantesco avance en el transporte tanto de mercancías como de personas. Las industrias que llevaron el peso de esta revolución fueron sobre todo la siderúrgica y la textil, esta última gracias a la invención del telar eléctrico.

La **Segunda Revolución Industrial** empieza una vez superada la crisis de 1873 y se da por terminada con el inicio de la 1ª Guerra Mundial en 1914. En este tiempo, Gran Bretaña perdió el liderazgo y este cayó en manos de otras potencias como Francia, Estados Unidos o Alemania entre otras. Esta etapa se caracteriza por el uso de nuevas fuentes de energía como el petróleo (combustible para el motor de explosión) y, sobre todo, la electricidad. Su aplicación fue indispensable para la iluminación, la transmisión de señales electromagnéticas y acústicas e incluso para distintos tipos de motores. Además de la industria textil y la siderúrgica, las cuales seguían siendo motores económicos, aparecieron nuevos sectores que acabarían siendo punteros en este periodo de tiempo. Por un lado, estaba la industria química (se fabricaban colorantes, explosivos, medicamentos...) y por el otro la industria alimentaria (latas de conserva esterilizadas, frigoríficos industriales...). Además, la siderurgia siguió evolucionando; favoreciendo así también el impulso de la industria armamentística. Uno de los cambios más drásticos se dio en el control de la producción y del trabajo, ya que surgieron dos corrientes principales. Por un lado, el taylorismo, que apostaba por la especialización de las funciones en el trabajo y la estandarización de los procedimientos a seguir. Por el otro el fordismo, sistema basado en la línea de ensamble que invento Ransom Eli Olds pero la cual se popularizó gracias a Henry Ford, a quién debe el nombre.

La **Tercera Revolución Industrial** es un proceso distinto a las dos revoluciones anteriores. Para empezar, se habla de que su inicio es a mediados del siglo XX, pero no hay un consenso para determinar una fecha concreta para su fin. Es liderada principalmente por Estado Unidos, Japón y la Unión Europea y se vincula con el término "Sociedad de la Información". Esto se debe a que la Tercera Revolución Industrial se basa en las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Otro pilar fundamental es el desarrollo de las energías renovables, claves para el futuro ya que los combustibles fósiles tarde o temprano se acabarán agotando.

Por último, llegamos a la **Cuarta Revolución Industrial**, si bien esta está aún por llegar. El origen del concepto nace en Alemania a principios de la década actual, impulsado por el gobierno y el sector automovilístico del país. En la Feria de Hannover de 2011, se presenta la Estrategia de Alta Tecnología del Gobierno de Alemania, en la que la Industria 4.0 aparece como el conjunto de acciones dirigidas a lograr la denominada fábrica inteligente.

Para poner en contexto esta revolución es preciso hablar de las distintas “olas” en las que se han introducido las tecnologías de la electrónica, la información y la comunicación (TEIC) en la producción industrial.

La primera de estas olas comienza en la década de los 80 y llega hasta principios de los 90. Se buscaba una mayor eficiencia en los procesos, y para ello se introdujeron el CAD, CAM, los sistemas CIM (Computer Integrated Manufacturing), los FMS (Flexible Manufacturing System) y similares. Los objetivos principales eran similares a los actuales, es decir, la integración y flexibilidad de los sistemas de fabricación; pero la tecnología disponible por aquel entonces limitaba mucho estos objetivos.

La segunda ola llega en los años 90, con la aparición de Internet en nuestras vidas. Aunque es cierto que Internet ya existía desde los años 70, esa mediados de los 90 cuando es accesible para casi toda la población. Esta irrupción trae consigo tecnologías asociadas, como pueden ser los portales de Internet, o distintas soluciones facilitadoras de la colaboración y la integración de la cadena de valor en su concepto más extendido (SCM, CRM, etc.).

Por último, con la entrada del nuevo milenio, la conectividad se expande a las máquinas; popularizándose así términos como M2M (Machine to machine) o el Internet de las cosas (IoT). Además, a finales de la pasada década se incrementó exponencialmente el uso de los dispositivos móviles. Esto trajo un enorme desarrollo de estos dispositivos, apareciendo los primeros smartphones. Este último movimiento es considerado como la tercera ola en la utilización de las TEIC y se puede considerar esta ola como la precursora de lo que se está denominando la 4ª Revolución Industrial.

6.2 Rasgos Generales de la Industria 4.0

Industria 4.0 es un término que hace referencia a la que se supone que será la cuarta revolución industrial, es decir, aún no es la confirmación de algo ya alcanzado, sino que se considera que se va a llegar a ella en unos años a través de la digitalización y la interconexión de la actividad productiva. Pese a no ser la constatación de algo ya alcanzado, podemos afirmar que la cuarta revolución industrial está por llegar y que esta consistirá en “la integración técnica de los sistemas ciber-físicos en la manufactura y logística y en el uso de internet en los procesos industriales” [27].

Existe un debate sobre si la transición hacia la Industria 4.0 es una revolución o más bien una evolución, ya que hay autores que defienden que son más los cambios en los métodos de trabajo

y producción, que una novedad tecnológica lo que constituirá la Industria 4.0. Kagermann et al. (2013), como principales defensores de esta teoría sostienen que “«la implementación de la visión de la Industria 4.0 implicará un proceso evolutivo, que progresará a diferentes ritmos en compañías particulares y sectores». Asimismo, también se indica que “«La expresión ‘cuarta revolución industrial’ hace referencia a un cambio radical en la tecnología de producción. Aunque los efectos de este cambio se caracterizarán como revolucionarios, considerados en retrospectiva, su impacto en las operaciones manufactureras existentes será más gradual. La senda hacia el modelo Industria 4.0 será evolutiva –como lo fue en anteriores turbulencias industriales en tecnologías de la producción» [26]–. Siguiendo en la misma línea, Slasky (2015) señala: «Como un período de transformación industrial, Industria 4.0 puede ser realmente más una evolución que una revolución. Sin embargo, la historia ha mostrado que algunos cambios que tienen lugar en períodos de tiempo más largos tienen un impacto más significativo que otros que ocurren en un espacio de tiempo más concentrado»

Según el proyecto INBENZHAP (proyecto de investigación patrocinado por el gobierno alemán, considerada una de las primeras acciones en la hoja de ruta de los impulsores de la estrategia Industria 4.0) y según podemos ver en la Ilustración 3, el pilar principal sobre el que se basa la Industria 4.0 es la tecnología, pero las personas, las organizaciones y el entorno son tres pilares fundamentales sobre los que también se apoyó el modelo.

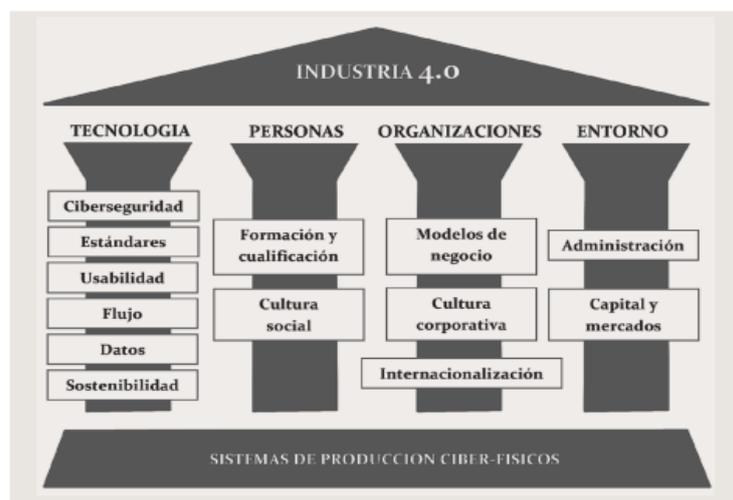


Ilustración 3. Pilares de la Industria 4.0

Fuente: Mikel Navarro Arancegui y Xabier Sabalza Laskurain (2016)

6.2.1 Pilar de la Tecnología

Si bien el alcance del concepto Industria 4.0 es mucho más amplio, la tecnología es el aspecto en el que este se basa. Especialmente el desarrollo actual y venidero de las TIC, gracias a la aplicación de las cuales se prevén mejoras en la flexibilidad y eficiencia en los procesos

industriales. También se prevén, por supuesto, mejoras en la calidad de los productos manufacturados.

El rápido desarrollo de estas tecnologías ha hecho que su precio disminuya a una manera vertiginosa, siendo mucho más accesibles para las empresas y facilitando a las empresas de la industria manufacturera el acceso a sistemas ciber-físicos. Esto va más allá de lo que pueden proporcionar avances en automatización, en tecnologías de información a nivel de gestión, o en herramientas de simulación. En estos sistemas ciber-físicos, los componentes físicos y de software están profundamente entrelazados; cada elemento opera en diferentes escalas espaciales y temporales, y según el contexto, exhiben distintos comportamientos e interaccionan entre ellos de una u otra manera.

Por supuesto, para poder llevar a cabo una transición exitosa hacia el paradigma que supone la Industria 4.0 es necesario que las empresas que conforman el tejido industrial de una zona estén familiarizadas con las tecnologías de base. La siguiente lista muestra las principales tecnologías a las que se hace referencia:

- **Big data e inteligencia artificial:** En el mundo actual, con la digitalización a la que se ha llegado, cada acción que se hace estando conectado a internet es convertida en datos almacenados para ser analizados posteriormente. El big data se refiere a conjuntos de datos o combinaciones de conjuntos de datos cuyo tamaño, complejidad y velocidad de crecimiento dificultan su captura, gestión procesamiento o análisis mediante tecnologías y herramientas de datos convencionales. Descifrar estos datos puede ser clave en varios aspectos, como anticiparse a la necesidad de los clientes o lograr una mayor eficiencia en ciertos procesos industriales. El buen uso de estos datos masivos ayuda a desarrollar la inteligencia artificial, ya que las máquinas podrán aprender de forma más eficaz y continua.
- **Internet de las cosas (IoT):** El IoT es por definición: “la interconexión a través de Internet de dispositivos informáticos integrados en objetos cotidianos, lo que les permite enviar y recibir datos”. Es uno de los elementos de la Industria 4.0 que más ha calado en la sociedad. Hoy en día, cada vez más objetos cotidianos tienen conexión a internet, por ejemplo, termostatos, interruptores de luz, cerraduras, electrodomésticos... En el plano industrial esto se traduce en el control total de forma remota de los sistemas. Por ejemplo, gracias a Internet se puede monitorizar

el funcionamiento de un robot que este en el otro lado del planeta o saber el gasto energético que está teniendo una planta en tiempo real.

- **Robótica colaborativa, sistemas ciber-físicos y sensórica:** La robótica es un campo en el que se han producido de los mayores avances en las últimas décadas. Una de las razones ha sido el desarrollo de la nanotecnología, clave en el desarrollo de la robótica y no menos importante ha sido la apertura de centros tecnológicos y el hecho de que esta especialidad se haya popularizado y haya ganado más adeptos. La robótica ya no es “un asunto de frikis”, sino que se ha convertido en un pilar fundamental para la industria actual y sobre todo la del futuro. Por otro lado, una de las cosas que hacen que las máquinas sean autónomas son los sensores. En el sector industrial la sensórica es un factor clave, ya que se utilizan todo tipo de sensores, interruptores de posición, controladores de fluidos, células fotoeléctricas...
- **La realidad aumentada y virtual:** Hay que diferenciar ambos conceptos; mientras que la realidad aumentada consiste en superponer capas digitales al mundo real por medio de una pantalla o un visor (smartphone, gafas VR...), la segunda consiste en una inmersión completa del sujeto en un mundo virtual. Aunque se lleve trabajando en estos campos desde los años 70 aproximadamente, es en este siglo cuando se han llevado a cabo los avances más importantes. Actualmente ambas pueden ser usadas para distintos fines, como, por ejemplo, la formación digital de trabajadores mediante simuladores de tareas.
- **Simulación y personalización:** Hoy en día ya es posible reproducir algunos procesos industriales mediante softwares muy desarrollados, lo que permite ajustar los distintos parámetros en el proceso y que el resultado real sea lo más eficiente posible. Esto viene de la mano de la personalización, ya que gracias a estos simuladores se podrán adaptar los productos a las necesidades del cliente sin que esto produzca un elevado coste; en pocas palabras, multiplicara exponencialmente la flexibilidad.
- **Impresión 3D y fabricación aditiva:** Las impresoras 3D han tenido un auge en los últimos años, sin embargo, las impresoras 3D industriales nada tienen que ver con las que se pueden tener a nivel usuario. Estas impresoras son equipos caros capaces de fabricar prototipos y piezas de productos, pero también son una revolución en

medicina, ya que se pueden crear tejidos, huesos o prótesis dentales entre otras miles aplicaciones.

- **Cibermercados:** La aparición de Internet ha hecho que cada uno de los actores que participan en la cadena del proceso industrial tengan nuevos métodos de actuación. El desarrollo de los servicios de comunicación, compraventa y transacciones financieras han favorecido que la existencia de un nuevo punto de encuentro entre empresas y clientes, siendo este mucho más directo, rápido y eficaz. Podemos confirmar a día de hoy tras la digitalización de las grandes transacciones financieras, la economía global ha entrado en una nueva era.

A continuación, se analizarán las claves de mercado a nivel tecnológico, las cuales son claves a la hora de llevar al mercado prácticas que han sido exitosas en actividades de investigación y desarrollo:

- **Ciberseguridad:** Como ya se ha explicado anteriormente la industria avanza hacia sistemas interconectados por medio de internet o algún otro tipo de redes, haciendo de la ciberseguridad un aspecto a tener muy en cuenta. Los sistemas de producción ciberfísicos o el almacenamiento de datos en la nube son elementos base de la Industria 4.0, por tanto, que los datos que se almacenen en esos sistemas estén bien protegidos es una de las mayores preocupaciones de las empresas. No es novedad el hecho de que cada día hay miles de ciberataques, por lo tanto, para las empresas es clave contar con una ciberseguridad de la más alta calidad. De hecho, es necesario que las empresas industriales empezaran a tomar la ciberseguridad como un valor y no como un coste, al igual que ocurre en otros sectores como la banca, por ejemplo.
- **Estándares e interoperabilidad:** Implementar los sistemas que dan forma a la Industria 4.0 implica la gestión de flujos de información generados y procesados por distintos dispositivos cuyas características tecnológicas pueden ser totalmente diferentes. A día de hoy, no existe un protocolo de comunicación estandarizado a nivel mundial que garantice la interoperabilidad entre todos los dispositivos de esta índole, sino que hay diferentes plataformas que responden a distintas realidades.
- **Usabilidad:** En una empresa manufacturera industrial y hablando en un contexto 4.0, todos los sistemas ligados a una u otra tarea estarán integrados por medio de redes, siendo Internet la más común. Esto incrementa bastante su complejidad, pero, aun así,

poco importa la “complejidad interna” que tengan estos sistemas en comparación con la complejidad de su interface. Para quién tenga que trabajar con estos sistemas, una interface intuitiva y de uso sencillo va a ser mucho más útil que una compleja (siempre que estas tengan prestaciones similares). El diseño de los interfaces ha estado hasta ahora en un segundo plano, pero cada vez se está convirtiendo en un factor más importante, ya que proporcionan ventajas tales como favorecer a la toma rápida de decisiones o disminuir el tiempo necesario de formación de los usuarios.

- **Flujo de información y de materiales:** Para la toma rápida de decisiones el flujo de información en plantas industriales es tan importante como la usabilidad. Además, es recomendable no solo incorporar información relativa al proceso sino también al propio negocio. “Los mayores retos actuales consisten en el análisis de datos disponibles, la gestión de los flujos de información en tiempo real, y la incorporación de la experiencia de los empleados. Los sistemas deben de integrar y discernir informaciones contradictorias” [31].
- **Colección y análisis de datos:** Previamente ya se ha explicado por encima en que consiste el Big Data. A día de hoy, las empresas tienen acceso a una cantidad casi infinita de datos, tanto datos físicos de la propia empresa (datos obtenidos gracias a todo tipo de sensores que dan información acerca del proceso productivo) como datos obtenidos por los sistemas de información que dispone o puede tener acceso la propia empresa (simuladores virtuales de energía, gestión de logística, redes sociales...). Toda esta información hace unos años podría caer en saco roto, pero el desarrollo de las tecnologías en cuanto a los macrodatos se refiere, ha hecho que un buen uso de esta información pueda suponer un factor diferencial importante.
- **Sostenibilidad:** La legislación cada vez es más estricta en el ámbito de la sostenibilidad. La capacidad de adaptación a esa legislación puede ser un factor diferencial y proporcionar ciertas ventajas. Por lo tanto, es fundamental encontrar la manera de que los procesos productivos de la empresa sean lo más eficientes dentro de lo posible.

6.2.2 Pilar de las Personas

Si bien es cierto que la base sobre la que se sustenta el cambio hacia el concepto Industria 4.0 es la tecnología, no es menos cierto que las personas que formen parte directa o indirectamente del tejido industrial tendrán su influencia. A continuación, se analizarán ciertos aspectos en ese sentido.

- **Formación y cualificación:** “Una de las principales características del paradigma Industria 4.0 es su carácter holístico, ya que su fortaleza reside en la combinación colaborativa y sinérgica del conocimiento que cada empresa o departamento tiene de su propio producto/proceso/servicio, junto con las posibilidades que abre la aplicación de las TICs, tanto en formatos de negocio tradicionales como en el lanzamiento de nuevos modelos” [31]. Por ello, es necesario que la formación no solo se centre en cada especialidad, sino que sea capaz de formar personas multidisciplinares, que sepan establecer conexiones entre distintos campos. Además, ya se ha explicado anteriormente que la tecnología hoy en día es cada vez más cambiante, y con ella van de la mano los ámbitos empresarial y social. Es por ello que una formación continua puede ser un elemento clave de la Industria 4.0
- **Cultura de trabajo y espíritu pionero:** En territorios en los que una de las actividades económicas principales es la industria suelen predominar valores sociales y culturales que tienen que ver con esta. Ejemplos de estos valores pueden ser el rigor en el trabajo, el respeto a las personas o la orientación al cliente, por ejemplo.

6.2.3 Pilar de las Organizaciones

Las organizaciones industriales son las protagonistas reales del cambio del paradigma productivo hacia la Industria 4.0. Son, al fin y al cabo, quienes han de gestionar las interrelaciones entre los empleados y los nuevos medios productivos, siendo estas cada vez más complejas. Además, han de estar atentas a las nuevas estrategias que puedan surgir en un contexto nuevo, teniendo la agilidad y flexibilidad suficiente para adaptarse adecuadamente. En este contexto, los negocios no serán como lo han sido habitualmente hasta ahora, con lo que las empresas tecnológicas tendrán que poner especial atención en aspectos internos de la cultura de las organizaciones y centrarse algo menos en las capacidades técnico-productivas. A continuación, se analizarán algunos de esos aspectos.

- **Modelos de negocio:** Uno de los mayores retos de la Industria 4.0 es encontrar nuevos modelos de negocio, bien sea complementando a los modelos ya existentes o sustituyéndolos. Una de las claves será, casi con total seguridad, la incorporación de servicios a los productos o actividades industriales. Por otro lado, es clave prestar especial atención a las TIC. Es cierto que a día de hoy casi la totalidad de las empresas industriales hacen uso de ellas, pero por lo general no suelen ser parte de la propuesta de valor que estas ofrecen a su clientela. Con casi total seguridad, el cambio de

paradigma traerá consigo un cambio en la cultura empresarial, que pasará de basarse en el control de costes a centrarse más en el aporte de valor al cliente

- **Cultura corporativa:** La colaboración entre empresas para la implementación de la Industria 4.0 es claramente necesaria por el carácter holístico y multidisciplinar del modelo de Industria 4.0, pero también por el hecho de que la mayoría de las empresas industriales son de tamaño reducido. “Un territorio que disponga de una cultura colaborativa real puede presentar una importante ventaja a la hora de acometer un proceso de transformación hacia la Industria 4.0. La existencia, por ejemplo, de asociaciones clúster, promovidas por influyentes expertos como Porter, pueden jugar un papel relevante en aspectos como: la identificación de necesidades y prioridades; la creación de consorcios, de proyectos de cooperación y de grupos de trabajo; la dirección y coordinación de estructuras de uso común; la promoción y difusión de nuevos modelos de negocio a lo largo de las cadenas de valor; la difusión de los resultados de I+D y del trabajo conjunto; y, en general, la cooperación público-privada en diferentes ámbitos” [31].
- **Internacionalización:** Es un hecho que la economía está cada vez más globalizada. De hecho, está es una de las principales razones de ser del concepto Industria 4.0, el cual busca aportar valor a los clientes independientemente del nivel de renta de los países proveedores.

6.2.4 Pilar del Entorno de Negocios

La implantación del modelo Industria 4.0 en las empresas no solo depende de ellas mismas, sino que factores externos a dichas empresas pueden favorecer este cambio. A continuación, se hablará de distintos elementos del entorno que pueden impulsar esta transición de una manera eficaz.

- **Administración:** Las leyes en relación a aspectos ligados a las actividades industriales (las telecomunicaciones, la sostenibilidad, las relaciones socio-laborales...) han de ser claras para permitir que las empresas puedan desarrollar sus actividades sin miedo a represalias por parte de la administración. A día de hoy, aún hay algunos aspectos que no están claros en ese sentido, por ejemplo, la regulación referente a la propiedad y residencia de los datos; y es probable que acaben jugando un papel importante a la hora de implementar la Industria 4.0. Según el entorno en el que se encuentren, las empresas pueden encontrar escenarios en los que la administración impulse políticas innovadoras para un mayor desarrollo de este nuevo concepto de industria, o por el contrario,

pueden encontrar que la administración sea reticente y ponga trabas en forma de no legislar en paralelo a este avance de la industria. Evidentemente, las empresas que se encuentren en un entorno favorable tendrán muchas más opciones de adelantarse a este nuevo paradigma y saldrán beneficiadas.

- **Capital y mercados:** La implementación de la Industria 4.0 supone un enorme cambio en las empresas. Las empresas desarrollarán nuevos productos y sobre todo servicios, y conseguir llevar a cabo esto supone una inversión a la hora de conseguir los recursos que permitan esta nueva oferta. Esto puede implicar que a la hora de conseguir financiación haya que buscar fuentes que no sean las tradicionales. Es por ello, que las empresas que lleven a cabo su trabajo en un entorno en el que el haya un mayor acceso a tipos de financiación menos convencionales tendrán una ventaja competitiva frente a las que no.

6.3 Ventajas Competitivas Derivadas de la Industria 4.0

- La implementación de recursos relacionados con la Industria 4.0 en empresas manufactureras da lugar con casi total seguridad a procesos más eficientes y con menores costes, ya que se disminuyen los tiempos muertos, el número de operaciones, el consumo de materias primas y también el de energía. No obstante, las inversiones que se deben llevar a cabo no son pequeñas, con lo que habría que analizar en cada empresa si esos recursos adicionales que conllevan la inversión generan las ganancias suficientes. Es aplicable a cualquier sector industrial, pero los beneficios se verán más claramente en aquellos en los que se caracterizan por ser grandes consumidores de recursos.
- Las empresas manufactureras usuarias pueden obtener productos de mayor precisión o calidad, cuyas prestaciones sean superiores a las actuales gracias a las mejoras en sus procesos. La ventaja competitiva en este caso provendría de ofrecer productos mejorados.
- Estos nuevos recursos se caracterizan por mejorar notablemente la flexibilidad y la agilidad de la cadena de valor, así como la de cada uno de sus diferentes eslabones: flexibilidad y rapidez para adaptarse a los requisitos cambiantes de los clientes de una forma rentable; reducción del tiempo, tanto a la hora de salir al mercado como con los plazos de entrega; posibilidad de hacer series cortas o incluso unitarias, abriendo la

puerta al concepto customización en masa (enfoque de negocio que pone a disposición de cada consumidor un producto especialmente diseñado, fabricado y entregado a la medida de sus necesidades).

- Permite cambiar la visión de negocio de la empresa, dando el paso hacia ofertar soluciones en vez de productos. A este concepto se le conoce como servitización, es decir, facilitar el desarrollo de servicios añadidos o anexos que complementen las prestaciones de los productos o equipos que ofrece la empresa manufacturera.
- Las empresas TIC pueden aprovecharse de la mayor profundidad del mercado para productizar sus servicios, es decir, detectar partes del proceso que son sistematizables ofreciendo un beneficio tanto al cliente como a la empresa. Además, esto ayudaría a la internacionalización de estas, ya que muchas empresas TIC industriales se han centrado más en ofertar servicios muy personalizados y basados en la cercanía. El desarrollo de la Industria 4.0 llevará previsiblemente a la conversión en auténticos sectores en sí, de algunos segmentos de las TIC que hasta ahora no lo eran debido a que la falta de mercados imposibilitaba una especialización y desarrollo propia; por ejemplo, la analítica de datos.
- Aunque en algunos casos la expansión de las fronteras de los sectores tradicionales puede venir de la mano de empresas individuales que deciden llevar a cabo procesos de servitización, lo más lógico es que se lleven a cabo alianzas entre distintas empresas. Esas alianzas pueden ser especialmente satisfactorias entre empresas industriales y empresas TIC, de hecho, parece la fórmula más eficiente a la hora de dar el paso de ofertar productos discretos a ofertar sistemas de productos (paquetes de equipos conectados y de servicios relacionados) o incluso a ofertar sistemas de sistemas (como edificios o casas inteligentes, por ejemplo).

6.4 La Industria 4.0 en Euskadi

Euskadi es un territorio que siempre ha destacado por el peso de la industria en su economía. Quizás por eso, se puede afirmar que a la hora de implementar la Industria 4.0 la situación de partida no es mala en el aspecto tecnológico. El reto va a estar más bien en aspectos no tecnológicos, y en conseguir desarrollar nuevos métodos para mejorar la aportación de valor a los clientes.

El tejido industrial vasco es uno de los más potentes del Estado, y es comparable al de varios países europeos. Destaca por una capacidad de integración de las tecnologías ligadas a la actividad manufacturera y siempre se ha apoyado en la gran labor de los centros tecnológicos y universidades; los cuales se encuentran a la vanguardia de conocimiento tecnológico. La tradición hace que entre el conocimiento tecnológico acumulado en Euskadi destaquen aspectos de carácter metal-mecánico, pero hoy en día los conocimientos en materias más innovadoras como las TIC también son amplios, lo que hace que el acceso a la tecnología necesaria para el cambio de paradigma hacia la Industria 4.0 este prácticamente garantizado.

Uno de los problemas viene dado por el hecho de que, pese a que el conocimiento en materia de las TIC es amplio, las empresas del sector industrial vasco no se sienten del todo cómodas en este ámbito. La reticencia de una buena parte del sector hacia las TIC viene sobre todo porque la mayor parte de ellas son de un tamaño reducido, por lo que las grandes inversiones que han de hacer para implementar estas estrategias son mayores de lo que se pueden permitir. Aun así, las empresas saben que tarde o temprano se tendrán que subir a este tren e integrar las TIC en sus sistemas productivos.

Como se puede deducir de lo escrito hasta ahora, la tecnología es una de las fortalezas de Euskadi en materia de Industria 4.0. Por ejemplo, cuenta con centros de conocimiento punteros internacionalmente en ciberseguridad. Además, se ha llevado a cabo la iniciativa Ergolab, una colaboración público-privada impulsada por el Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco. A través de esta, se han desarrollado nuevos productos en el sector digital, con el fin de los servicios digitales que se ofrecen sean accesibles y de fácil uso para los ciudadanos.

7. REDES VIRTUALES DE FABRICACIÓN GLOBAL (RVFG) Y SU IMPORTANCIA EN LA AERONÁUTICA

7.1 Orígenes de las RVFG

“La historia de la organización de la producción es un proceso dinámico y continuo de adaptación de los procesos a las condiciones del entorno” (Villana y Rodríguez Monroy, 2010). Desde el sistema artesanal de la Edad Media hasta hoy en día cada una de las formas de producción ha tenido validez por satisfacer las necesidades de cada contexto. Por eso para entender las RVFG es necesario estudiar sus antecedentes históricos y observar cuales son los motivos que han hecho que se desarrolle este tipo de estrategia, así como prever como evolucionarán en el futuro.

Fue en este siglo cuando se habló por primera vez las redes virtuales de fabricación global como tal (Global Manufacturing Virtual Network), denominación hecha por Shi y Gregory (2001); sin embargo, para la década de los 80 muchas empresas ya habían empezado a estudiar que ciertas interconexiones entre empresas podrían ser beneficiosas, principalmente por el brutal aumento de la demanda que produjo una cada vez más desarrollada globalización. Por aquel entonces, las empresas solían tener una estructura muy vertical, pero varios autores empezaron a demostrar las ventajas de desintegrar la cadena de valor y externalizar parte del proceso productivo. En base a estos nuevos estudios, las empresas centran sus esfuerzos en mejorar las competencias que les proporcionen las mayores ventajas competitivas, “desverticalizando” así su proceso productivo y utilizando a proveedores para todo el resto de funciones [21]. Desprendiéndose de estas funciones, las empresas pueden crear valor más rápidamente de sus innovaciones, a la vez que reducen el riesgo en mercados inestables [39].

Al principio estas redes eran internas, es decir; eran empresas distintas, pero pertenecientes todas a una empresa matriz y estaban interconectadas entre ellas. Las conexiones que tenían con empresas ajenas a ese organigrama eran casi nulas, por eso no se puede hablar de “virtualización” de las redes en ese caso. “Sin embargo, en los últimos años, están apareciendo las redes virtuales de fabricación global (RVFGs) formadas por redes de fabricación externas con colaboraciones entre competidores y proveedores para satisfacer una demanda muy exigente y fragmentada del mercado” [40].

7.2 Pilares fundamentales de las RVFG

Varios autores han analizado distintas características de este tipo de redes, pero, aunque a día de hoy se han publicado varios trabajos sobre las redes de fabricación, no existe aún un consenso acerca de un modelo conceptual con una visión global que analice los aspectos más relevantes de estas redes. Basandose en estudios de autores como Shi y Gregory (2001), Johansen y Comstock (2005), Colotla (2002) entre otros; Vilana y Monroy (2010) proponen un esquema básico, que se puede ver en la Ilustración 4, para analizar las RVFG compuesto por cuatro pilares fundamentales que engloban todos los aspectos relevantes de las RVFG: su estructura, su cultura, su estrategia y su dinámica.

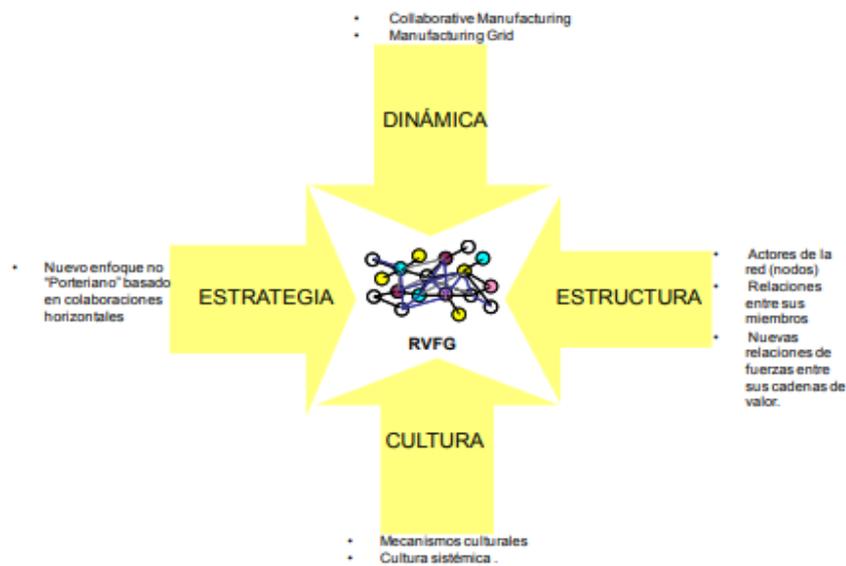


Ilustración 4. Aspectos Básicos de las RVFGs
Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)

7.2.1 Estructura

La estructura de las RVFG engloba aspectos tales como su morfología, la naturaleza de sus actores, las relaciones entre ellos o las tipologías posibles de redes. A continuación, se profundizará en la explicación de alguno de estos aspectos.

1- Actores

Según la relación que tengan los actores con la RVFG se pueden dividir en tres tipos:

- Actores tipo 1: OEMs

Los fabricantes originales de productos (OEM: Original Equipment Manufacturer) son empresas que en un pasado fabricaban íntegramente los productos en sus instalaciones.

Son quizás los principales actores de la RVFG, ya que estas se van conformando poco a poco precisamente gracias a la decisión de externalizar parte de su proceso. Hoy en día, un gran número de OEMs han desintegrado su cadena de valor por completo y mantienen muy pocos procesos internamente como el diseño del producto o el marketing. Para la gran mayoría de sus procesos fabriles, empresas como Dell, Apple o IBM han decidido que la subcontratación es la mejor opción [36], [37]. En industrias como la aeronáutica, OEMs como Pratt & Whitney, Rolls Royce o GE Avio, las cuales fabricaban sus motores íntegramente años atrás, tienen hoy en día cada vez más colaboradores dentro de sus redes. Esta pérdida de control integral es totalmente voluntaria y les aporta grandes beneficios. Por un lado, no se tienen que preocupar mucho de la fabricación de ciertos motores o partes del motor, ya que confían plenamente en la capacidad de sus colaboradores. Por el otro, minimizan riesgos tanto financieros como tecnológicos. No obstante, las OEMs tienen que prestar atención al principal riesgo de este tipo de colaboraciones; es decir, que el fabricante subcontratado adquiera tal protagonismo que llegue a hacerles sufrir canibalizaciones de roles.

- Actores tipo 2: Proveedores

Se entiende por proveedores a los fabricantes subcontratados y proveedores de subconjuntos que en un pasado mantenían relaciones verticales con los OEMs y que al empezar a ser parte de la red pasa a colaborar de una forma mucho más estrecha. La fabricación subcontratada consiste básicamente en que empresas especializadas en fabricación sean las encargadas de fabricar el producto diseñado por el OEM. A veces, el fabricante original ni llega a tener contacto físico con el producto que diseña y vende [19]. En la industria aeronáutica encontramos ejemplos en los que los proveedores de subconjuntos como MTU (Alemania), AVIO (Italia), ITP (Euskadi) o Volvo (Suecia) cada vez participan más en la fabricación de productos, situándose casi al mismo nivel que los propios OEMs. Para ello se utilizan fórmulas como la participación en beneficios y riesgos (RRSP: Risk and Revenue Sharing Partners) o joint ventures. Esto les permite tener un papel más importante en la red, pero a la vez supone una mayor asunción de riesgos tanto financieros como tecnológicos

- Actores tipo 3: Nuevos actores

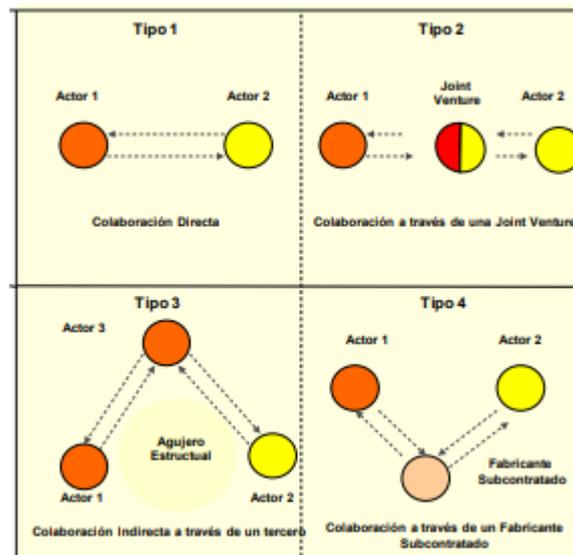
En este grupo podemos hacer una división y separarlo a su vez en otros dos grupos. Por un lado, están las grandes corporaciones industriales de otros sectores que apenas tenían presencia en las RVFGs y que empiezan a colaborar en este tipo de proyectos.

Por otro lado, están los fabricantes de nueva creación, fabricantes de países emergentes o de otros sectores que buscan adquirir conocimiento gracias a este tipo de colaboraciones.

2- Tipos de Colaboración entre Actores de una RVFG

Las relaciones entre los actores de la red influirán directamente en la morfología de la RVFG, afectarán a su rendimiento y rentabilidad, por lo tanto, se puede afirmar que será una de las características fundamentales de la red. En la Ilustración 5 se puede ver un resumen de los distintos tipos de colaboración que se pueden dar en las RVFG. El primer caso es el más sencillo de todos, en el que dos o más actores de la red establecen una colaboración para fabricar conjuntamente un producto, compartiendo recursos para ello. Por lo general, este tipo de colaboraciones se formalizan mediante acuerdos RRSP o programas de fabricación.

Un acuerdo RRSP es una colaboración basada en compartir riesgos y beneficios. En este tipo de acuerdos, los beneficios que obtiene cada uno de los socios son proporcionales a los riesgos financieros y tecnológicos que cada actor asume. Estas colaboraciones permiten a los OEMs contar con mayores recursos al comienzo del desarrollo de un producto. Por otro lado, los programas de fabricación conllevan menos riesgos para los proveedores. En este tipo de programas, el OEM firma acuerdos de largo plazo con los proveedores o con otros OEMs, quienes se comprometen a cumplir ciertos requisitos de calidad, plazos de entrega o precio. El segundo tipo de colaboración es lo que se denomina una joint venture. Esto consiste en la creación de una nueva empresa, cuya participación es al 50% entre ambos colaboradores. Este tipo de colaboraciones es muy común entre empresas competidoras en un mismo sector, puesto que evita tanto conductas oportunistas como transferencia de conocimientos no deseada. El tercer tipo de colaboración tiene como fundamento lo que Burt (1992) denominó agujeros estructurales. Estos consisten en la relación de varios actores con un actor principal, pero sin haber relación alguna entre los primeros. Así, se evitan redundancias y solapamientos de las relaciones, favoreciendo la diversidad y el flujo de información nueva. Por último, tenemos un cuarto tipo que se puede considerar una variante del anterior. En este caso, dos actores colaboran con un fabricante subcontratado porque los beneficios que obtienen gracias a las enormes economías de escala son mayores al riesgo de colaborar con un competidor, pese a ser a través de un lazo indirecto. Podemos decir que en los casos 1 y 2 los actores se relacionan mediante lazos directos, mientras que en los casos 3 y 4 se relacionan mediante lazos indirectos.



*Ilustración 5. Tipos de colaboración entre actores de una RVFG
Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)*

Los **lazos directos** proporcionan a las empresas relacionadas tres beneficios principalmente: el intercambio de conocimiento, la complementariedad y las economías de escala. Cuando en un mismo proyecto colaboran varias empresas, el conocimiento adquirido por cada una de las empresas es mayor que si hubieran afrontado ese proyecto en solitario [22]. Además, la complementariedad entre diferentes empresas que colaboran entre ellas, hace que las economías de especialización sean muy elevadas al aportar a la relación habilidades o conocimientos complementarios que difícilmente se podrían obtener de desarrollos internos o del mercado. Es lo que se conoce como co-especialización, y constituye uno de los pilares fundamentales de las RVFGs. Es evidente que las economías de escala de fabricación de equipos o componentes en una RVFG proporcionan unos beneficios notables, ya que la dimensión de estas economías sobrepasa el ámbito de la empresa para alcanzar un nivel de red. Hoy en día, es imposible imaginar la existencia de fabricantes subcontratados si estos no pudieran fabricar el mismo componente para varias empresas, aunque estas sean competidoras.

El principal beneficio que aportan los **lazos indirectos** es el conocimiento explícito que se adquiere, aunque este dependerá en parte del número de lazos directos que tenga la empresa. Para los actores con un número escaso de lazos directos, la información obtenida a través de lazos indirectos representa un incremento sensible de la base de información de la empresa. Mientras que, para empresas con un número alto de lazos directos, la información marginal que se obtiene a través de los lazos indirectos es mínima.

7.2.2 Cultura

La cultura es otro de los cuatro pilares fundamentales de las RVFG para Vilana y Rodríguez Monroy (2010). La cultura organizacional no es un concepto nuevo, de hecho, cada vez se considera un concepto más relevante dentro de las empresas. En un contexto de la RVFGs presenta un dilema, ya que la heterogeneidad que puede mostrar una red debido a la diversa procedencia o los diferentes roles de cada actor dificulta el hecho de que haya una cultura común. Aun así, existen ciertos mecanismos culturales que facilitan la formalización de las relaciones en las redes de fabricación. Estos constituirán los pilares de la cultura sistémica de las RVFGs, que, aunque se basen en la teoría clásica sobre cultura organizacional, su dinámica es diferente. En la ilustración 6 representa como los mecanismos culturales influyen en la formalización de las relaciones en las RVFG.

MARCO TEORICO GENERAL DE CULTURA SISTEMICA EN LAS RVFGs



Ilustración 6. Marco Teórico General sobre Mecanismos Culturales en la RVFG
Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)

La mayoría de los autores coinciden en que **las similitudes culturales** son fundamentales a la hora de que las colaboraciones interempresariales resulten satisfactorias. Las empresas con fuertes discrepancias en su cultura organizacional tienen que emplear mucho tiempo y energía en establecer mecanismos que faciliten la interacción entre ellas, lo que puede conllevar unos altos costes y una pérdida de confianza si lo comparamos con empresas con similitudes culturales. Hay discrepancias sobre cuáles son los aspectos de la cultura organizacional que más pueden influir a la hora de medir la eficiencia de la colaboración. Hofstede et al. (1990) sugieren seis grupos de prácticas dentro de una organización para medir la cultura organizacional de una empresa, las cuales están representadas en la tabla 1.

Diferencia en Prácticas Culturales	Descripción
Orientación a procesos frente a resultados:	Se refiere a empresas orientadas a mejorar medios específicos que se emplean en cada tarea concreta (enfoque mecanicista) frente a las que tienen un enfoque más global, en las que las tareas son parte de un sistema donde lo importante son los resultados de este (enfoque orgánico)
Orientación a las personas frente a las tareas:	Se refiere a empresas orientadas a los empleados frente a las que se centran en la ejecución del trabajo
Orientación a las personas frente a las tareas:	Hay empleados que se identifican con la empresa independientemente de cual sea su puesto de trabajo (orientación local), frente a quienes se identifican con el tipo de trabajo que ellos realizan (orientación profesional)
Orientación de sistemas abiertos o cerrados:	Se refiere al tipo de clima de comunicación en la empresa respecto a los recursos humanos y relaciones públicas
Control rígido o ligero:	Se refiere a la organización de la estructura interna de la empresa. Aquellas con controles rígidos suelen tener estrictas normas no escritas en lo que a la conducta de sus empleados se refiere
Pragmático frente a normativo:	Tiene que ver con el tipo orientación de la empresa ante el cliente. Mientras que las empresas pragmáticas están orientadas al mercado, las normativas siguen unas normas que consideran inviolables en cuanto a su relación con el exterior

Tabla 1. Diferencias en las Prácticas Culturales
Fuente: Adaptado de Hofstede (1990)

Cuanto mayores sean las diferencias entre las compañías en estos 6 aspectos, mayor será la incompatibilidad entre ellas, lo que supone un gran esfuerzo para salvar estas diferencias y puede llevar al fracaso. Evidentemente, no es necesario que tengan una cultura idéntica, pero sí que coincidan en varios aspectos o al menos, que tengan la suficiente flexibilidad como para adaptarse a las necesidades que requiere la colaboración. La colaboración entre GE y SNECMA para la fabricación del motor CFM 56 es un ejemplo de cómo llevar a cabo una colaboración en ese aspecto, ya que se construyeron una serie de departamentos y procesos internos nuevos para ambas empresas, haciendo que en un breve periodo de tiempo ambas empresas adquirieran un alto grado de similitud en cuanto a cultura organizacional se refiere. Posteriormente se formó una joint venture, lo que no hizo sino aumentar la compatibilidad cultural entre GE y SNECMA.

Las relaciones sociales tienen una gran importancia en las RVFGs, de hecho, hay casos en los que el capital relacional llega a ser más valioso que el capital económico [29]. Los comienzos a la hora de formar una RVFG son complejos; los actores no obtienen fácilmente la información que necesitan acerca de las necesidades y competencias de sus posibles colaboradores, ya que a menudo esta información suele ser confidencial. La **integración social** de las empresas participantes en la red favorece el flujo de esta información, facilitando así el entendimiento y

reduciendo el miedo a conductas oportunistas por parte de los potenciales socios. Un actor de la red podría tener acceso a los recursos de sus colaboradores y limitar sus contribuciones, de modo que la integración social se convierte en un aspecto muy a tener en cuenta ya que permite dar información a los actores de la red sobre las capacidades y competencias de nuevos colaboradores.

En relación a lo anterior, tenemos un factor fundamental que surge en las alianzas y que condicionará las relaciones entre empresas en el futuro, **la confianza**. La confianza, en este contexto, se puede definir como la intención de aceptar un riesgo y ser vulnerable a partir de las expectativas positivas de la conducta de la otra parte [29]. En la ilustración 7 podemos observar las diferentes fases de la confianza en las relaciones entre empresas de la misma RVFG.

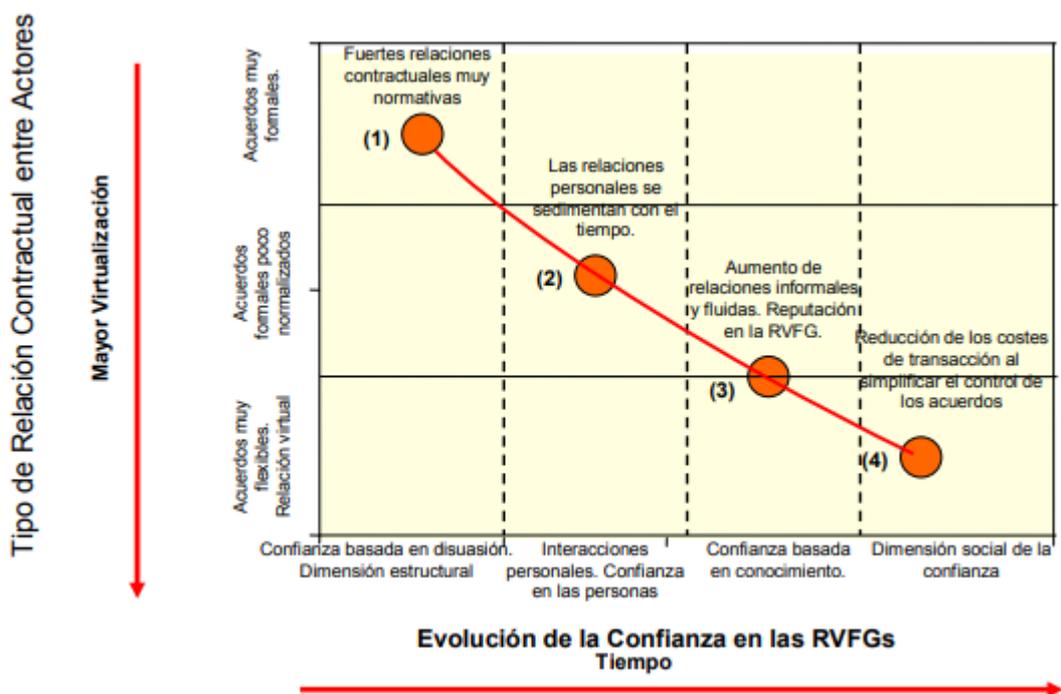


Ilustración 7. Relación entre Confianza y Grado de Virtualización en la RVFG
Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)

El punto 1 es la denominada confianza estructural [30], la cual se basa en los aspectos tangibles de la colaboración. Se utilizan mecanismos como contratos muy formales que incluyen sanciones para evitar cierto tipo de conductas oportunistas y provocar una dependencia mutua. Si bien es cierto que para empezar una relación este tipo de confianza es necesaria, no es menos cierto que a largo plazo no vale, ya que no tiene en cuenta el aspecto relacional o social. Para este tipo de relaciones un mecanismo que se suele emplear son las joint ventures. Cuando avanzan las relaciones llegamos al punto 2, fase en la que las relaciones se basan más en la

confianza que en el contrato formal. Esta confianza está basada en las relaciones personales que surgen entre trabajadores de las distintas empresas y se acentúa a medida que la interacción entre dichas personas crece. Esta confianza se basa en el conocimiento y aparece a medida que los actores desarrollan un entendimiento mutuo en la relación, como se indica en el punto 3. Este tipo de confianza, denominada confianza basada en procesos [41], genera una relación mucho más informal entre los actores, los procesos se llevan a cabo con una mayor fluidez y los costes de transacción disminuyen. Finalmente se llega a la denominada confianza social [22], la que aparece en el punto 4. En este punto ya no son necesarias todas las formalidades que se hacían previamente para generar confianza, ya que esta se basa en la experiencia previa.

Otro aspecto cultural muy significativo es la **transferencia de conocimiento tácito**, la cual se puede producir en las RVFGs por distintos mecanismos: contratos de transferencia tecnológica, asistencia técnica, licencias, especificaciones... Esta transferencia de conocimiento es una de las mayores razones para formar una RVFG ya que constituye una de las ventajas competitivas perdurables más efectivas [23]. Además, es muy probable que la transferencia de conocimiento acerque las posturas de ambas empresas en lo que a sus prácticas culturales se refiere y consecuentemente ayudaría a homogeneizar la red.

Los mecanismos culturales previamente descritos interaccionan entre ellos e influyen en las relaciones de los actores de las RVFG como se puede ver en el esquema de la ilustración 8.

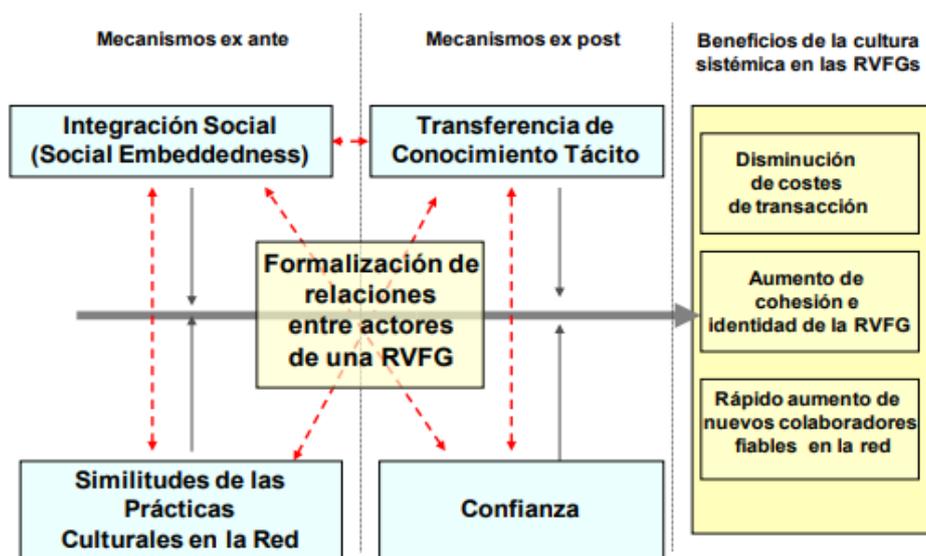


Ilustración 8. Mecanismos Culturales en la RVFG
Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)

7.2.3 Estrategia

La estrategia es otro de los pilares fundamentales de las redes de fabricación. Para que las alianzas sean exitosas Vilana y Rodríguez-Monroy (2010) proponen un modelo basado en una triple perspectiva estratégica: 1) Perspectiva Estratégica Nodal, basada en un enfoque estratégico clásico, en el que cada uno de los nodos de la red actúa pensando en el beneficio propio; 2) Perspectiva Estratégica Diádica, que fomenta la cooperación entre empresas, manteniendo un enfoque simultáneo entre competición y colaboración; y 3) Perspectiva Estratégica Sistémica, de forma que se busque una ventaja competitiva a nivel de red.

1- Perspectiva Estratégica Nodal

Este enfoque se basa en la estrategia empresarial clásica, orientando las actividades empresariales a conseguir ventajas competitivas sostenibles en el tiempo. Bajo esta perspectiva, se considera tener relaciones con organizaciones ajenas a la propia, pero siempre pensando primero en el beneficio propio. Es la primera perspectiva estratégica que ha de considerar cada uno de los actores; porque, al fin y al cabo, de nada sirve ser parte de una RVFG si no se van a conseguir los objetivos propios. Una herramienta muy útil desde esta perspectiva es la matriz dimensional que desarrollaron Shi et al. (2005), la cual se basa en tres variables independientes que han de tenerse en cuenta a la hora de diseñar la estrategia de una RVFG: 1) Globalización de la fabricación, 2) Cadenas de valor y suministro y 3) Alianzas estratégicas

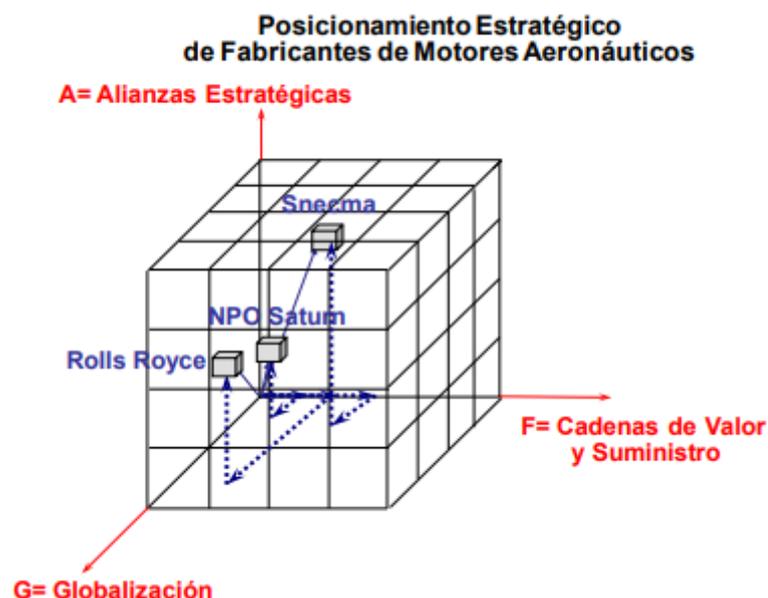


Ilustración 9. Posicionamiento de RVFGs según estrategias de producción
Fuente: Adaptado de Shi et al., (2005)

- 1) Globalización de la fabricación: Hoy en día, los procesos de fabricación no se hacen en un solo centro fabril, sino que, siguiendo ciertos criterios como el acceso a la mano de obra barata o muy cualificada, la cercanía a recursos naturales, etc. llevan a plantearse la dispersión de las fábricas. En la ilustración 9, G representa el grado de globalización del sistema de fabricación
- 2) Cadenas de Valor y de Suministro: Hay que definir las diferentes tareas que se realizarán a lo largo de la cadena de valor, especificando quién las controlará y en qué fase de la cadena se harán. En la figura ilustración 9, M representa el nivel de desintegración de la cadena de valor
- 3) Alianzas Estratégicas: En la figura ilustración 9, V representa el grado de colaboración con otras empresas de su misma red (alianzas estratégicas, joint ventures, colaboraciones puntuales...)

El vector N resultante indica el tipo de red virtual de fabricación global. A día de hoy apenas existen estudios sobre esta perspectiva integral basada en tres dimensiones, ya que la mayoría de los estudios tienen un enfoque bidimensional en el que se estudian los planos GxM (dejando de lado la colaboración con empresas ajenas a la propia) o GxV (no teniendo en cuenta las sinergias que se obtienen de una visión conjunta de las cadenas de valor a nivel de red). Se puede afirmar, por lo tanto, que prácticamente no se ha analizado el verdadero potencial de las redes virtuales de fabricación. La matriz dimensional de Shi et al. (2005) es una gran herramienta para ver cómo se posiciona la estrategia de fabricación de una empresa dentro de una RVFG desde una perspectiva nodal, pero no tiene en cuenta las interacciones con los otros actores de la red. Para esto es necesario la perspectiva diádica

2- Perspectiva Estratégica Diádica

Bajo esta perspectiva se analiza con quien colaborar (ya sean actores de la propia red o ajenos a ella, incluso competidores) y bajo qué condiciones se establecerán esas colaboraciones. El foco deja de estar en la propia empresa para pasar a la colaboración en sí, sin embargo, es fundamental que las colaboraciones que se lleven a cabo sean coherentes con la estrategia nodal. Esta perspectiva plantea dos problemas principalmente: por un lado, las pegadas que puedan poner los actores de la red para colaborar con competidores y el riesgo de conductas oportunistas propio de cualquier colaboración diádica. El objetivo estratégico a este nivel será solucionar estos dos problemas, o al menos, minimizarlos.

Como ya se ha comentado, es imprescindible que exista una convergencia de las estrategias nodales en una colaboración diádica; es decir, en una colaboración tiene que haber unos objetivos comunes, pero los objetivos individuales de cada uno de los actores no han de solaparse. Da igual que los beneficios de la colaboración sean muy altos, si existen conflictos entre ambas estrategias nodales la relación terminará por fracasar.

Según Bleek y Ernst (1993) solo un tercio de las alianzas entre competidores directos alcanzan el éxito. Por ello, en las alianzas entre competidores suelen incluirse todo tipo de cláusulas legales para evitar las conductas oportunistas, lo que aumenta el nivel de los costes de transacción y pone así en peligro la rentabilidad de la alianza. Para abordar este problema, varios autores (Nalebuff y Brandenburger, 1996; Lado et al., 1997; y Bengtsson y Kock 1999) propusieron una teoría a la que denominaron coopetición. Esta se basa en que las empresas adopten estrategias simultáneas de competición para adaptarse al entorno competitivo a la vez que establecen estrategias colaborativas entre ellas. Es una relación que se basa en el valor neto que aportan colectivamente todos los actores que participan en la colaboración, y se representa con la red de valor de la ilustración 10



Ilustración 10. La red de valor
Fuente: Nalebuff y Brandenburger (1996)

La palabra coopetición viene de mezclar dos conceptos completamente opuestos como son la competición y la cooperación, por lo que es un planteamiento complejo. Esta teoría se basa en los beneficios mutuos que se obtendrían de una colaboración entre competidores si se tiene en cuenta toda la red de valor, incluyendo a todos los stakeholders. Su aportación ha ayudado a cambiar la perspectiva sobre el

planteamiento competitivo clásico, pero no es suficiente para salvar la barrera que supone la falta de confianza en el competidor.

Cuando hay una colaboración entre dos actores, ambos pueden tomar una conducta colaboracionista u oportunista. A través de la teoría de juegos, concretamente haciendo uso del dilema del prisionero, se puede analizar las consecuencias que tendrá en la colaboración la actitud que cada uno de los actores adopte, como podemos ver en la ilustración 11. Esta figura nos muestra una matriz de beneficios en la que se dan cuatro situaciones distintas. Cuando los dos actores cooperan (CM: cooperación mutua), ambos salen beneficiados; mientras que, si ninguno de ellos colabora (DM: deserción mutua) lo lógico sería que no hubiera beneficio alguno. Sin embargo, esta la posibilidad de que un actor no colabore y el otro sí (DU: deserción unilateral), lo que aportaría mayores beneficios que la CM, ya que si hacer grandes esfuerzos se pueden obtener grandes beneficios. Por el contrario, si un actor colabora pero el otro no lo hace (CU: colaboración unilateral), se obtendrán beneficios mínimos o incluso grandes pérdidas.

Empresa A	Colaboración	Colaboración Unilateral (CU) o Deserción Unilateral (DU)	Colaboración Mutua (CM)
	Oportunista	Deserción Mutua (DM)	Colaboración Unilateral (CU) o Deserción Unilateral (DU)
		Oportunista	Colaboración

Ilustración 11. Dilema del Prisionero aplicado a relaciones diádicas entre empresas
Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)

Mirando solo el beneficio propio, lo lógico es que el orden de preferencia de cada actor sea $DU > CM > DM > CU$. Sin embargo, no colaborar supone el riesgo de que el otro actor tampoco lo haga, y evidentemente ($CM > DM$). Por ello es importante encontrar los mecanismos para que los actores tengan interiorizado el siguiente orden $CM > DU > DM > CU$, lo que promovería una actitud mucho más colaborativa. Para ello se proponen dos enfoques: el enfoque estructural y el enfoque motivacional

1) El **enfoque estructural** se basa en usar mecanismos que actúen sobre la matriz de beneficios para evitar que se lleven a cabo conductas oportunistas, de modo que a ambos actores les convenga colaborar. Esos mecanismos pueden ser de distinta índole; por ejemplo, crear situaciones rehenes, en las que se fuerce a los participantes a hacer fuertes inversiones en la alianza, lo que evita que estos tengan actitudes oportunistas por el riesgo que supondría una deserción. Otro mecanismo efectivo es integrar las actividades competitivas que tengan los actores en la propia alianza. También se pueden establecer sanciones que penalicen las conductas oportunistas, o utilizar el enfoque de la “caja negra”. Este se basa en aportar a la alianza productos intermedios ya acabados, pero sin revelar el “know how” interno que contienen esos productos.

2) El **enfoque motivacional** puede ofrecer soluciones más eficientes que el enfoque estructural, ya que los costes que supone el control y supervisión de este último pueden ser muy elevados. Uno de los mecanismos fundamentales dentro de este enfoque es la mejora de la comunicación, concepto clave para que la cooperación incremente. Un alto grado de comunicación implica una mayor confianza en el otro actor, lo que favorece la relación diádica dentro de la RVFG. Otra variante puede ser el modelo conceptual de los cuatro mecanismos culturales explicados en el apartado 7.2.2 y basado en el modelo de Vilana y Rodríguez-Monroy (2010).

Resumiendo, en la ilustración 12 podemos observar los pasos necesarios para formalizar una relación entre dos actores de la red. Es imprescindible que primero exista una convergencia entre sus estrategias nodales, en las que tiene que coincidir que haya al menos un objetivo común y que no haya conflictos entre el resto de objetivos de ambas empresas. Seguidamente, han de establecerse una serie de mecanismos estructurales (los más eficientes son los que intentan cambiar la estructura de la matriz de beneficios) y finalmente los mecanismos emocionales.

Marco Teórico de la Perspectiva Diádica

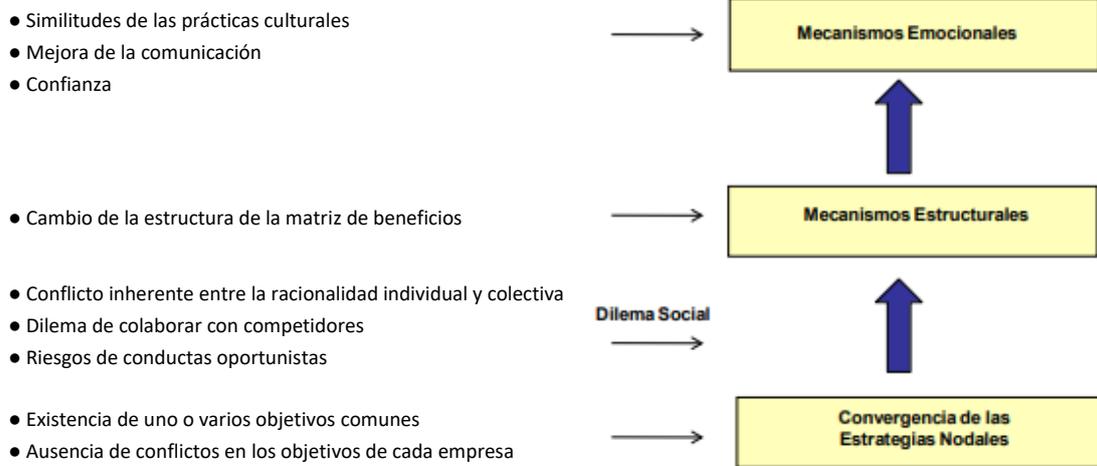


Ilustración 12. Marco Teórico de la Perspectiva Diádica
Fuente: Adaptado de Vilana Rodríguez Monroy (2010)

3- Perspectiva Estratégica Sistémica

El último nivel de este modelo de triple perspectiva estratégica hace referencia a una perspectiva global, es decir, no se centra en las relaciones nodo a nodo, sino que tiene en cuenta la totalidad de la red, buscando un posicionamiento estratégico frente a otras redes o empresas que no pertenecen a la empresa propia y que compiten en el mismo mercado. Es imprescindible que los actores de la RVFG aporten valor a la propia red mediante el desarrollo de sus competencias, de otra forma, su participación en la misma carecería de sentido. Sin embargo, el mayor aporte de valor de los actores no es el desarrollo aislado de sus ventajas, sino de cómo están relacionadas entre sí. La clave en este caso es desarrollar una ventaja competitiva que sea inimitable para las empresas ajenas a la red. Para ello se introdujo el “mecanismo de aislamiento” [33] cuyo objetivo es provocar una ambigüedad causal” [25], la cual se produce cuando las empresas competidoras no entienden que factor o factores son los que generan la ventaja competitiva del producto propio. La dificultad está en conseguir esa ambigüedad causal en una RVFG y que esta imposibilite así a la imitación de recursos por parte de la competencia.

Las RVFGs aportan miles de recursos, como acceso a capital, capacidad de producción, tecnología, bienes... lo que permite conseguir ciertas ventajas competitivas; pero la

mayor ventaja que pueden ofrecer son el encaje de sus actividades a nivel de red. Si todas las piezas del puzzle encajan a la perfección; no solo se incrementa la ventaja competitiva de cada nodo, sino que la propia red crece y hace que sus actividades sean cada vez más difíciles de imitar, lo que genera una ambigüedad causal para las empresas ajenas a la red. No obstante, la perspectiva sistémica ha de ir más allá y no solo basarse en un encaje coherente de las actividades en la RVFG; es vital que cada uno de los actores sienta que pertenece a la red y que actúe en consecuencia. Esto evita conductas oportunistas y permite avanzar hacia estrategias de “co-especialización”.

La “co-especialización” [24] consiste en centrarse en un número reducido de actividades y habilidades por parte de cada actor de la red, de modo que al juntar todas quede el producto final. Esto implica un mayor conocimiento de ciertas áreas para dejar el resto de actividades en manos de los demás actores. La “co-especialización” implica una cada vez menos similitud a la vez que una cada mayor complementariedad. Es necesaria una gran confianza, ya que supone el riesgo de dejar en manos de otra u otras empresas el resultado final del producto y si la RVFG finalmente fracasa, los actores pueden perder la capacidad integral y reorientar su estrategia en el corto o medio plazo será una tarea más que ardua.

Como se puede ver en la ilustración 13, el posicionamiento estratégico de una empresa dentro de una RVFG se verá muy afectado por dos factores: la “sombra del pasado” (“shadow of the past”), la cual determinará la confianza en otros actores y las expectativas de futuro (“shadow of the future”), refiriéndose a las expectativas de beneficios que pueda tener una colaboración.

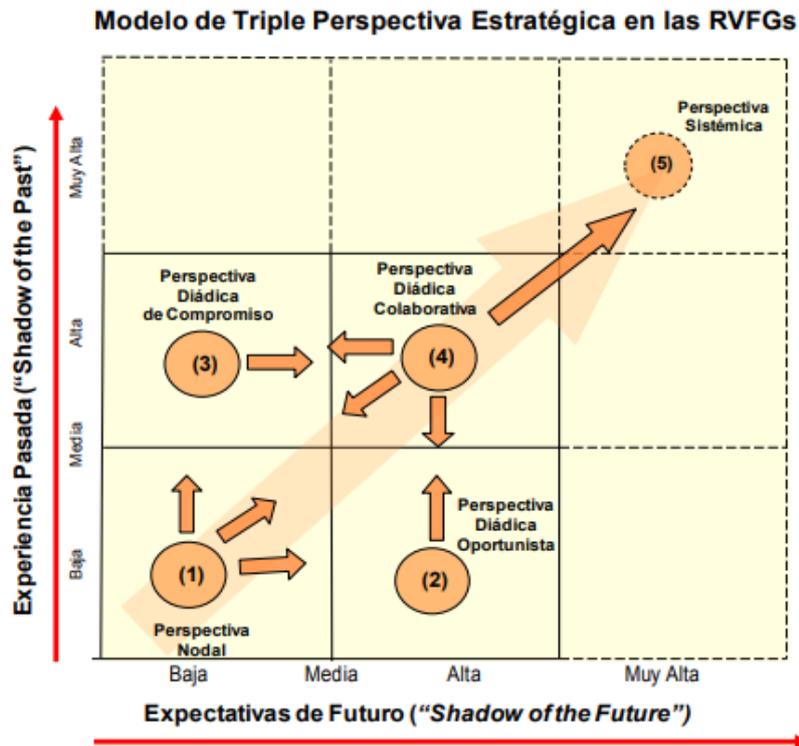


Ilustración 13. Modelo de Triple Perspectiva Estratégica en las RVFGs
Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)

Un actor nuevo en la RVFG, normalmente empezará con una perspectiva nodal (1) cuyo posicionamiento es muy inestable. Esto hará que muchas de las relaciones fracasen, obligándole a adoptar una estrategia diádica o a abandonar la red. La perspectiva diádica puede tener tres variantes como podemos ver en la ilustración 13. La perspectiva diádica oportunista (2), la cual es inestable también debido a que la confianza y el nivel de las relaciones sociales en la red son bajos. Pese a aportar un gran beneficio económico, este posicionamiento puede suponer conflictos a largo plazo, por lo que la empresa tendría que cambiar hacia un enfoque más colaborativo o deberá abandonar la red. La perspectiva diádica de compromiso (3), por su parte, es un posicionamiento inestable también; ya que pese tener un elevado nivel de confianza la red no le reporta el valor que el actor espera. Si las expectativas de futuro no mejoran a través de nuevos contratos o proyectos que le lleven hacia un enfoque de colaboración, el actor se verá obligado a abandonar la red. Por último, dentro de la perspectiva diádica, tenemos el enfoque colaborativo (4), en el que el equilibrio entre la experiencia del pasado y las expectativas de futuro lo convierten en una situación estable y beneficiosa. Bajo esta perspectiva se puede mantener una relación durante años, pero es bajo la perspectiva sistémica (5) cuando realmente se tiene conciencia del valor que genera la RVFG. La ventaja competitiva sostenible que se consigue a través de la “co-especialización” es inmejorable, ya que, al especializarse cada actor

en actividades complementarias, los actores de una misma red no serán una amenaza pese a ser competidores de un mismo mercado. Además, supondrá una ambigüedad causal que los competidores externos a la red serán incapaces de imitar.

7.2.4 Dinámica

El cuarto y último pilar del modelo propuesto por Vilana y Rodríguez-Monroy (2010) es el de la dinámica. La dinámica vendrá muy condicionada por los tres pilares explicados anteriormente; ya que esta cambiará según su estructura, incluyendo la naturaleza de los actores, el tipo de relaciones y su morfología; según la estrategia que se establezca en los tres niveles anteriormente analizados (nodal, diádico y sistémico) y la intensidad de los mecanismos culturales existentes en la red.

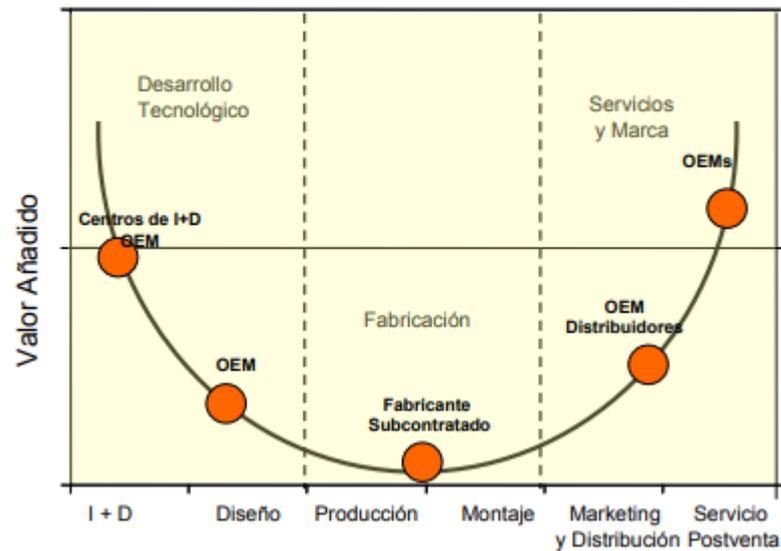
La dinámica de la RVFG vendrá determinada en gran medida por los actores, por la naturaleza y el comportamiento de estos. Para analizarlo, habrá de diferenciar entre los tipos de actor, y como se ha explicado en el apartado 7.2.1 se pueden agrupar en tres grandes grupos: OEMs, proveedores de subconjuntos o fabricantes subcontratados y nuevos actores de la red. Estos podrán adoptar una perspectiva estratégica nodal, diádica o sistémica

- **Dinámica de los OEMs:** El OEM es el principal impulsor de la formación de las RVFGs. A partir de su decisión de externalizar parte de sus procesos surgen las relaciones con otros actores que finalmente acaban por constituir la red. Las razones que llevan a las OEMs a perder el control integral del proceso son diversas y depende también del sector al que pertenezcan. En la industria aeronáutica, los OEMs colaboran con otros OEMs y proveedores de subconjuntos para diversificar riesgos financieros y tecnológicos o para acceder a mercados a los que les sería difícil entrar de no ser por este tipo de colaboraciones. En otras industrias como la informática o la automoción, se externalizan los productos menos diferenciados a proveedores que trabajan para más OEMs, obteniendo así unas economías de escala inalcanzables para un solo OEM. Esta pérdida voluntaria de poder condicionará la dinámica de la RVFG y dependerá en parte del tipo de perspectiva de la red. Bajo una perspectiva nodal, las OEMs ejercen un poder sobre los proveedores y los nuevos actores. Esto se traduce en la utilización de estos actores con la única intención de lograr sus objetivos estratégicos propios. Sin embargo, está más que estudiado a lo largo de los años que las alianzas bajo esta perspectiva no suelen llegar a buen puerto. Bajo una perspectiva diádica, pese a perder protagonismo en la red por entablar relaciones horizontales, las OEM ejercerán cierto poder tácito en la RVFG debido a su posición centralizada en la red y al elevado número de agujeros

estructurales. Bajo una perspectiva sistémica, sin embargo, sí que se logrará una distribución real del poder en la red y esta se autogestionará de manera autónoma, sin necesidad de que ninguno de los actores ejerza un poder sobre los demás. Esto último es fundamental, ya que en una RVFG no debe estar ni dirigida ni controlada. Debe de existir la posibilidad de emerger y evolucionar por cuenta propia hacia un equilibrio dinámico.

- **Dinámica de los Proveedores:** Se entiende por proveedores a los fabricantes subcontratados que tenía una relación vertical con los OEMs y que a medida que ganan protagonismo en la red pasan a colaborar cada vez más estrechamente con los OEMs. Evidentemente, esto implica que tendrán que asumir unos mayores riesgos financieros y tecnológicos. Para entender el nuevo rol que tendrán los proveedores se puede hacer uso de la curva de Shih, en la que se relacionan las diferentes fases de la cadena de valor de un producto o servicio con el valor añadido que estas aportan. Viendo la ilustración 14, cualquiera diría que al proveedor no le interesa este tipo de relación, ya que le toca llevar a cabo la tarea que menos valor añadido genera; sin embargo, esta curva está diseñada desde el punto de vista del OEM. Para el proveedor es una oportunidad de conseguir enormes economías de escala que ningún OEM podría conseguir, ya que puede realizar productos o procesos iguales o similares para distintos OEMs. Aun así, la dinámica del proveedor en la RVFG dependerá, como la del resto de actores, de la perspectiva que exista en la red. Bajo una perspectiva nodal existe el peligro de canibalización por parte de los proveedores hacia los OEM. A medida que va accediendo al know-how del OEM el proveedor empieza a desarrollar sus propios productos pudiendo llegar a crear una marca propia. Bajo una perspectiva diádica, el rol de los proveedores será cada vez más relevante. Las relaciones se basan en la confianza, dedicándose los OEMs a sus competencias principales y dejando en manos de los proveedores la mayoría de los recursos fabriles. Se cambia la relación jerárquica cliente-proveedor para pasar a ser de socio o colaborador. Bajo la perspectiva sistémica, los roles de OEMs y proveedores se aúnan. La “co-especialización” y virtualización llegan a su máximo exponente, estableciéndose un nuevo equilibrio de fuerzas de red.

Curva de Stan Shih (“Smiling Curve”)



*Ilustración 14. Ubicación de actores de las RVFG en la curva de Stan Shih
Fuente: Adaptación de Barlett y Ghoshal (2000)*

- **Dinámica de los Nuevos Actores en la Red:** Como ya se ha explicado en el apartado 7.2.1 estos nuevos actores se dividen en dos grupos; las grandes corporaciones industriales de otros sectores que apenas tenían presencia en las RVFGs y que empiezan a colaborar en este tipo de proyectos y los fabricantes de nueva creación, generalmente de países emergentes o de otros sectores que buscan adquirir conocimiento gracias a este tipo de colaboraciones. El interés de los OEMs en colaborar con ambos es el mismo, acceder a nuevos mercados. Bajo una perspectiva nodal no aparecen apenas estos actores y si lo hacen, su relevancia es mínima. No obstante, bajo una perspectiva diádica suponen un socio muy útil para los OEMs debido a que les posibilitan la entrada a nuevos mercados. Bajo una perspectiva sistémica, su rol es más o menos el mismo que el anterior, pero con una integración en la red mucho mayor.

En la ilustración 15 podemos observar un resumen sobre que dinámica adoptará cada actor en función de su perspectiva estratégica

Tipología de Actores

		Tipo 1 (OEMs)	Tipo 2 (Proveedores)	Tipo 3 (Nuevos Actores)
Perspectiva Estratégica 	Nodal	<ul style="list-style-type: none"> • Ejerce un poder explícito en la red. • Fracaso de la mayoría de las colaboraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Canibalizaciones de roles por parte del fabricante subcontratado 	<ul style="list-style-type: none"> • Su presencia apenas tiene relevancia en la red
	Diádica	<ul style="list-style-type: none"> • Mantiene una posición de poder tácito mediante posiciones centralizadas y agujeros estructurales 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto crecimiento de la fabricación subcontratada • Requieren mucha confianza 	<ul style="list-style-type: none"> • Aparecen nuevos actores para acceder a conocimiento tácito sobre todo de países emergentes y empresas nuevas
	Sistémica	<ul style="list-style-type: none"> • No mantiene ninguna posición de poder explícita o tácita 	<ul style="list-style-type: none"> • Alcanza el mismo nivel que el OEM. No hay diferenciación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cada vez es más activo sobre todo en otros sectores industriales. • Fuente de innovación en la red.

Ilustración 15. Mapa de la Dinámica en la RVFG en función del tipo de actor y su perspectiva estratégica
Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)

7.3 La RVFG de la Industria Aeronáutica

La industria aeronáutica comenzó a principios del siglo pasado, con el primer vuelo de los hermanos Wright en 1903. Con la llegada de la Primera Guerra Mundial, países europeos como Alemania o Reino Unido empezaron a desarrollar aviones de militares; pero fue en la Segunda Guerra Mundial cuando realmente se llegó a un punto de inflexión en esta industria. En estos años y en la década posterior apenas había cooperación entre fabricantes de aviones y de motores, pero a partir de los 60; con los motores a reacción ya desarrollados, los gobiernos de las naciones principales empezaron a invertir cada vez más en la industria aeronáutica, consolidándose firmas nacionales como Rolls-Royce (Reino Unido), SNECMA (Francia), Messerschmit-Bölkow-Blohm (Alemania) o CASA (España). Es entonces cuando se firman los primeros acuerdos entre distintas empresas aeronáuticas. A medida que avanzaba el tiempo cada vez hubo más alianzas; y visto el éxito de estas, esta tendencia no dejó de crecer hasta la actualidad. En la tabla 2 podemos observar las principales colaboraciones horizontales que hubo hasta el año 2000.

Periodo	Industria	Programa	Participación
1960-69	Motores	Adour	Rolls-Royce (50%), Turbomeca (50%)
		Olympus	BSC/Rolls-Royce (50%), Snecma (50%)
		TF-41	Rolls-Royce (50%), Allison (50%)
1960-69	Aviones civiles	Concorde	Aerospatiale (50%), BAE (50%)
		Transall	Aerospatiale (50%), MBB/DASA (50%)
1960-69	Aviones militares	Sepcat	Dassault (50%), BAE (50%)
1970-79	Motores	CMF	General Electric (50%), Snecma (50%)
		Turbo-Union	Fiat Avio (20%), MTU (40%), Rolls-Royce (40%)
		A300	Aerospatiale (37.9%), BAE (20%), DASA (37.9%), CASA (4.2%)
1970-79	Aviones militares	Alpha-Jet	Dassault (50%), Dornier (50%)
		IAR	CNIAR (50%), SOKO (50%)
		Panavia	BAE (42.5%), DASA (42.5%), Alenia (15%)
1980-89	Motores	IAE	Fiat Avio, IAEC, Pratt & Whitney, Rolls-Royce
		MTR	MTU-DASA (33.3%), Rolls-Royce (33.3%), Turbomeca (33.3%)
	Aviones civiles	A310	Aerospatiale (37.9%), BAE (20%), DASA (37.9%), CASA (4.2%)
		A320	Aerospatiale (37.9%), BAE (20%), DASA (37.9%), CASA (4.2%)
		ATR42	Aerospatiale (50%), Alenia (50%)
1980-89	Aviones militares	ATR72	Aerospatiale (50%), Alenia (50%)
		Airtech	CASA (50%), IPTN (50%)
1990-99	Motores	AMX	Alenia (46.5%), Aermacchi (23.8%), Embraer (29.7%)
		Harrier	McDonnell Douglas (60%), BAE (40%)
	Aviones civiles	RR/Saturn	Rolls-Royce (50%), Saturn (50%)
		Eurojet	Fiat Avio (21%), ITP (13%), MTU (33%), Rolls-Royce (33%)
		A330	Aerospatiale (37.9%), BAE (20%), DASA (37.9%), CASA (4.2%)
1990-99	Aviones militares	A340	Aerospatiale (37.9%), BAE (20%), DASA (37.9%), CASA (4.2%)
		Satic	Aerospatiale (50%), DASA (50%)
		EFA	DASA (30%), BAE (37%), Alenia (19.5%), CASA (13.5%)
		F-22	Boeing (33%), Lockheed (67%)
1990-99	Aviones militares	A380	Aerospatiale (37.9%), BAE (20%), DASA (37.9%), CASA (4.2%)
		Dasa/Tup	DASA (50%), Tupolev (50%)
		A400M	EADS (Aerospatiale, CASA, and DASA), BAE, TAI, Flabel

Tabla 2. Principales colaboraciones horizontales en la industria aeronáutica hasta 2000

Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)

Aunque los primeros motores aeronáuticos eran de pistón, hoy en día prácticamente la totalidad de los aviones usan motores a reacción, a excepción de pequeñas aeronaves de uso particular. El fundamento del motor a reacción se basa en generar un empuje a través de un proceso de combustión, el cual produce un chorro de gas a alta presión y temperatura que propulsa el avión. Hay distintos motores a reacción y según sea el avión se utilizará un tipo u otro. Los turboreactores son los que producen el empuje directamente a través de una tobera de propulsión. Si el empuje se utiliza para mover una hélice y es esta la que genera el empuje, el motor se denomina turbohélice o turboeje. Existen otros tipos de motor como los turbofan o propfan por ejemplo, pero los dos anteriores son los más usados.

En los últimos años, este mercado se ha hecho cada vez más global. General Electric, Rolls Royce y Pratt & Whitney son los tres grandes fabricantes, pero existe una enorme red de integraciones, fusiones o participaciones conjuntas con otras empresas que constituyen los lazos fuertes de la red. En la ilustración 16 se representan las que eran estas alianzas en 2010, algunas

de ellas, sin embargo, han cambiado; por ejemplo, ITP (9º fabricante mundial en la industria de motores aeronáuticos) pertenece en un 53,1% a RR desde que en 2016 compro un paquete de acciones por 720 millones de euros [X].

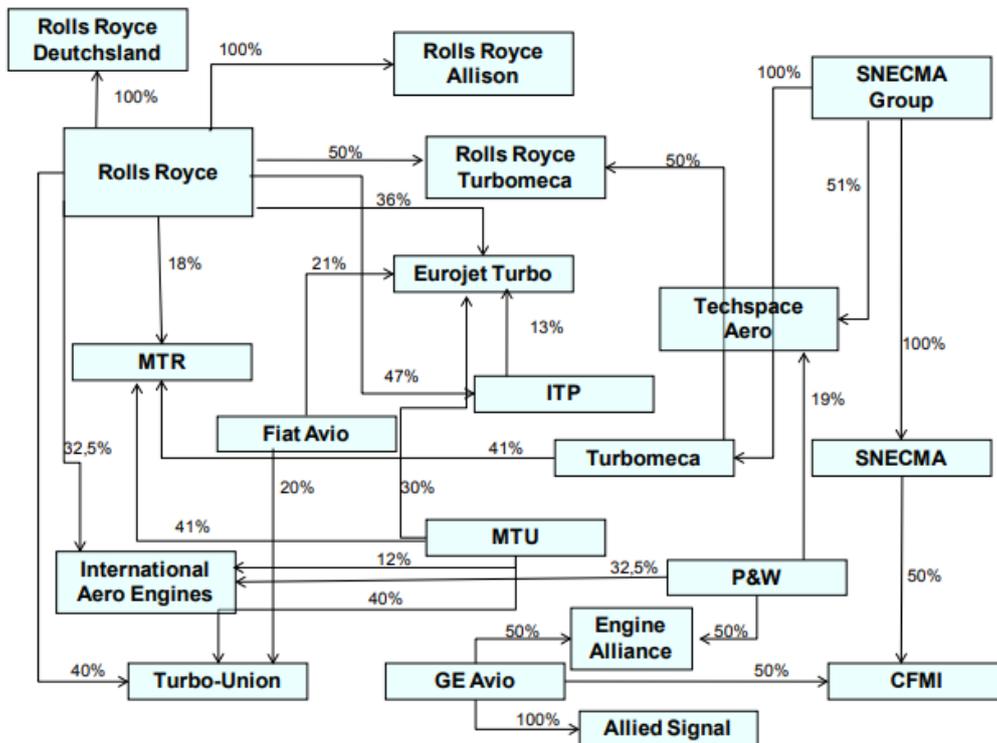


Ilustración 16. Participaciones empresariales de los fabricantes de motores aeronáuticos
Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)

Además, existe una enorme red de colaboraciones puntuales, participaciones en distintos programas específicos, licencias o acuerdos a largo plazo que constituyen la enorme RVFG de la industria de motores aeronáuticos.

Como se ha explicado en capítulos anteriores, no es extraño que haya relaciones simultaneas de colaboración y de competición entre los grandes OEMs. Como ejemplo tenemos la ilustración 17, en la que se pueden ver representadas algunas de las colaboraciones y de las relaciones de competición entre los tres grandes fabricantes del sector.

Las principales razones para que se lleven a cabo estas colaboraciones entre fuertes competidores son las siguientes: acceso a nuevas tecnologías, diversificación de riesgos financieros y acceso a nuevos mercados mediante estrategias de compensación.

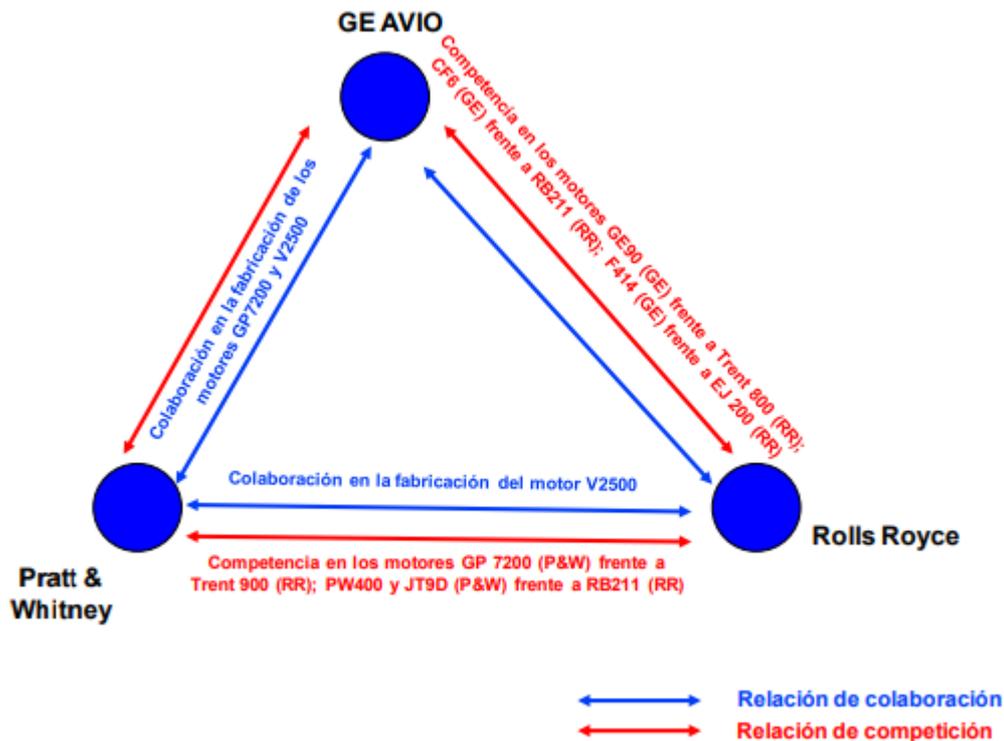


Ilustración 17. Participaciones empresariales de los fabricantes de motores aeronáuticos
Fuente: Vilana y Rodríguez Monroy (2010)

7.3.1 Estrategia de Rolls Royce

Rolls Royce (RR) es uno de los líderes mundiales en la fabricación de motores aeronáuticos, tanto en el ámbito civil como en el militar. Comenzó a fabricar motores de avión comerciales en 1953, pero fue en 1971 cuando pasó a ser propiedad estatal debido a la importancia que ganó la industria aeronáutica en el mercado global por aquel entonces. En 1987 volvió a privatizarse, y en ese momento comenzó con una política de adquisiciones y fusiones con el fin de mejorar la tecnología de sus motores.

RR siempre ha tenido una estrategia nodal muy clara, basada en cinco pilares principales [32]:

- Mantenimiento del liderazgo frente a otros grandes fabricantes en sus cuatro mercados objetivos: civil y defensa, aeroespacial, marino y energía
- Inversión en tecnología, capacidad e infraestructura
- Desarrollo de una amplia gama de productos y servicios muy competitiva
- Crecimiento en la cuota de mercado y la base instalada de motores
- Ofrecer un mayor valor añadido a los clientes garantizando el negocio del servicio postventa

Además, desde que se comenzó con la política de adquisiciones y participaciones en otras empresas comenzaron a tener más y más colaboraciones externas. Esto llevó a la compañía a

centrarse más en los procesos de investigación y desarrollo y dejar en manos de esas empresas colaboradoras una gran parte de los procesos fabriles. Un claro ejemplo es la marca vasca ITP, de la cual posee el 53,1% de las acciones y que se dedica entre otras cosas a fabricar los compresores de la familia Trent. Posteriormente, la oportunidad de participar en grandes proyectos, como la fabricación del motor F136 para el caza F35, le llevo a empezar a tener relaciones horizontales con competidores directos. El riesgo financiero y tecnológico de estos proyectos hace que sean inasumible por una sola empresa, por lo que es indispensable trabajar codo con codo con competidores. Esta reorientación estratégica le hizo convertirse en un actor muy activo en la red y consiguió satisfacer su política expansiva.

La estrategia de RR en la red consiste en establecer colaboraciones con todo tipo de actor, da igual que sea competidor directo o no. Ahora bien, según sea el proyecto se colaborará con unos o con otros. Por ejemplo, para la fabricación de los motores de la familia Trent apenas existen colaboraciones de tipo horizontal, ya que es una tecnología que tiene muy desarrollada desde hace años y no interesa que competidores directos se hagan con ese "know-how". Sin embargo, para proyectos como el antes mencionado del motor F136, es necesario un colaborador fuerte; como lo es en este caso General Electric, para diversificar riesgos financieros. Otro ejemplo de este tipo de colaboraciones es la que tiene con el fabricante chino AVIC, colaboración indispensable para entrar en el mercado chino.

Debido a esta estrategia, cada centro de fabricación en el que RR tiene participación está especializado en uno o varios componentes del motor, de modo que ninguno de los centros es capaz de montar un motor entero por su cuenta. De este modo cada centro adquiere una alta especialización técnica, lo que asegura una enorme calidad en el proceso y permite unas mayores economías de escala.

En la RVFG, cada proyecto puede estar liderado por una empresa como sucede con la fabricación del motor Trent 900, del que RR era el socio mayoritario de un proyecto en el que participaba con otros siete socios. La dirección del proyecto, evidentemente, también puede estar compartida; como es el caso de la joint venture que formaron entre RR, P&W, MTU y JAEC para fabricar el motor V2500 que puede alimentar tanto el Airbus A320 como el McDonnell Douglas MD-90.

7.3.2 Colaboración entre General Electric Y SNECMA en la Fabricación del Motor CFM56

Los inicios de esta colaboración se remontan a 1960, cuando empezaron con una participación minoritaria de SNECMA en un programa liderado por GE para fabricar el motor CF6. Esta colaboración fue una oportunidad para que ambas partes se conocieran mutuamente, dando pie a que en 1973 decidieran colaborar en la fabricación conjunta del motor CFM56. Ambos grupos eran y son de los mayores fabricantes de motores aeronáuticos a nivel mundial, lo que les convierte en competidores directos; sin embargo, apenas tenían presencia en un mercado tan prometedor como lo era el de los motores de rango medio en la industria civil (mercado en el que se coloca el motor CFM56). Este hecho fue la clave para que esta colaboración fuese exitosa, ya que ambas corporaciones tenían intereses estratégicos coincidentes: por un lado, competir con un enemigo común como lo es Pratt & Whitney, empresa americana que era líder en ese mercado gracias a su motor JT8D. Por el otro, entrar en el mercado civil de motores de rango medio debido al enorme potencial que este tenía. GE tenía mucho interés en esta colaboración por más motivos aparte de los antes mencionados. Esta alianza le suponía una gran oportunidad de entrar en el mercado europeo, donde no tenía apenas presencia. Además, de alguna forma sorteaba la fuerte competencia que tenía con Pratt & Whitney en el mercado americano. También conseguía que no hubiese una posible alianza europea entre SNECMA y Rolls Royce, lo que prácticamente le imposibilitaría la entrada en el mercado europeo, aprovechando además la gran relación entre SNECMA y Airbus (ambas francesas), siendo este último uno de sus mejores clientes potenciales. SNECMA no estaba menos interesada que GE en que la alianza se llevara a cabo, no en vano, le permitía adquirir conocimiento y experiencia en fabricación, comercialización y servicio de motores en un sector en el que no tenía mucha experiencia como lo es la industria aeronáutica civil. Además, había una gran complementariedad tanto técnica como comercial. En lo técnico, GE poseía un importante know-how en componentes de alta presión y cámara de combustión del motor, teniendo SNECMA una mayor experiencia en el compresor y turbina de baja presión. En lo comercial, mientras que GE tenía una importante presencia en el mercado norteamericano, en el europeo era casi residual. Lo mismo le ocurría a SNECMA, pero a la inversa. Lo cierto, es que al principio de la colaboración no existía una confianza plena entre ambas empresas, por ello, para evitar conductas oportunistas decidieron utilizar el mecanismo “aproximación por caja negra”. Este consiste en aportar a la alianza los productos o subconjuntos necesarios sin desvelar el “know how” interno que contiene el producto. A medida que la alianza iba dando sus frutos, la confianza entre ambas compañías aumentó. Una de las claves fue que la colaboración se basó

desde el principio en una flexibilidad que les permitió resolver los percances que surgían a lo largo de la misma. Reajustar la fórmula de reparto de beneficios en función de los cambios de divisa o la inflación pese a no estar en el contrato es un ejemplo de ello. Otro ejemplo es como crearon una joint venture después de los primeros años de colaboración. Formada al 50% por ambas partes, la base se situaba en los Estados Unidos, en la sede de GE, y estaba liderada por un ejecutivo francés, siendo tanto el consejo como la directiva personal de ambas empresas. Después de años de colaboración (y con ciertos momentos de tensión que una vez arreglados no hicieron sino aumentar la confianza), llegó un punto en el que decidieron implantar una estrategia de co-especialización casi total. Es decir, cada compañía se especializaba en componentes y actividades complementarias a la otra, dejando de invertir en las que se solapaban. Así, llegaron a un punto en el que eran completamente dependientes la una de la otra para seguir fabricando ese motor, pero la alta confianza que existía les hizo correr ese riesgo sabiendo que los beneficios podrían ser aún mayores. Podemos confirmar que la relación GE-SNECMA ha sido uno de los mayores (si no el mayor) éxitos de colaboración entre empresas competidoras. Desde el comienzo de esta, el motor CFM56 se ha convertido en el motor de la industria aeronáutica civil más vendido con 19000 motores fabricados para más de 7000 aviones civiles y militares. Además, la colaboración ha continuado con otros motores como el GE90.

7.3.3 El clúster HEGAN

Un clúster consiste en un agrupamiento de empresas de una zona geográfica determinada, las cuales están relacionadas con una materia concreta y cuyo objetivo es aumentar la productividad de las empresas gracias a esa estrecha relación [7]. Por lo tanto, se podría decir que es una pequeña RVFG, pero a nivel local en vez de global. Además, en algunos casos; como lo que ocurre en Euskadi, las instituciones y universidades también forman parte del clúster. Las políticas clúster están orientadas a fomentar relaciones de cooperación y de carácter sistémico y la implantación de estas políticas está condicionada por otras políticas implantadas a nivel de gobierno en su mismo territorio [18].

A principio de la década de los 90, en un momento en que la industria vasca había perdido las ventajas competitivas que tenía hasta el momento (hasta entonces competía en precios), el Gobierno Vasco se pone en contacto con el afamado economista Michael Porter para que hiciera un estudio sobre distintos sectores en los que Euskadi podría obtener otro tipo de ventajas competitivas. Es entonces cuando se implanta el sistema de clústeres en Euskadi, dentro del Programa de Competitividad en el Marco de la Política Industrial establecido por el Gobierno Vasco. Este organismo financió en parte a los que, según el estudio de Monitor Company (la

empresa de Porter), eran los nueve clústeres prioritarios, entre los que se encontraba el aeronáutico, HEGAN.

HEGAN es la Asociación Clúster de Aeronáutica y Espacio del País Vasco, y según su página web es “una asociación privada sin ánimo de lucro que agrupa al sector aeronáutico y espacial vasco, creada con la misión, de representar y dinamizar el sector, para facilitar su competitividad a corto, medio y largo plazo mediante la cooperación y la innovación entre empresas y otros agentes, dando respuestas en cooperación a los retos estratégicos del mismo.” Está formado por empresas vascas y dispone de 178 centros productivos en todo el mundo. El clúster se creó en 1997, pero desde unos cuantos años se venía trabajando en ello. En 1992, Monitor Company y SENER elaboraron un estudio sobre las posibilidades que el sector aeronáutico podría ofrecer a la economía vasca. Este fue tan prometedor que un año después ya se reunía por primera vez el llamado Comité de Tecnología del Clúster (COMTEC), formado por ITP, GAMEESA y la propia SENER, además de la UPV-EHU, la SPRI y el Departamento de Industria del Gobierno Vasco. 4 años después el clúster HEGAN ya era una realidad y se empezaron a establecer políticas comunes con el objetivo de mejorar la productividad de las empresas pertenecientes a la agrupación y a que esta siguiera creciendo. [14]

La evolución que ha tenido el sector aeronáutico en Euskadi es más que notable y ha sido posible, por un lado, por el gran trabajo de colaboración realizado por las empresas pertenecientes a HEGAN y por el otro, por el apoyo que las instituciones vascas han brindado al sector. En las ilustraciones 18 y 19 podemos observar este crecimiento en los últimos 10 años en facturación y en empleados.

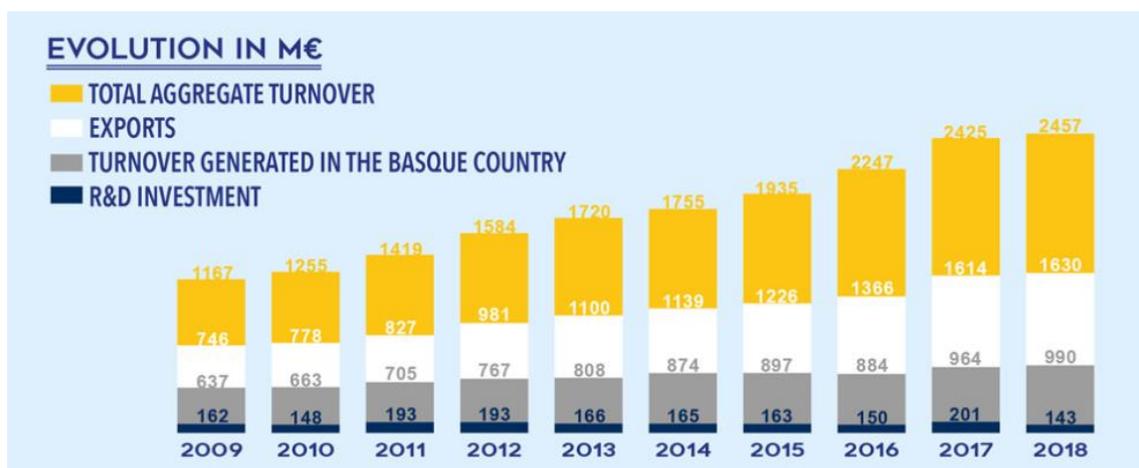


Ilustración 18. Evolución en millones de euros de la facturación de HEGAN
Fuente: HEGAN

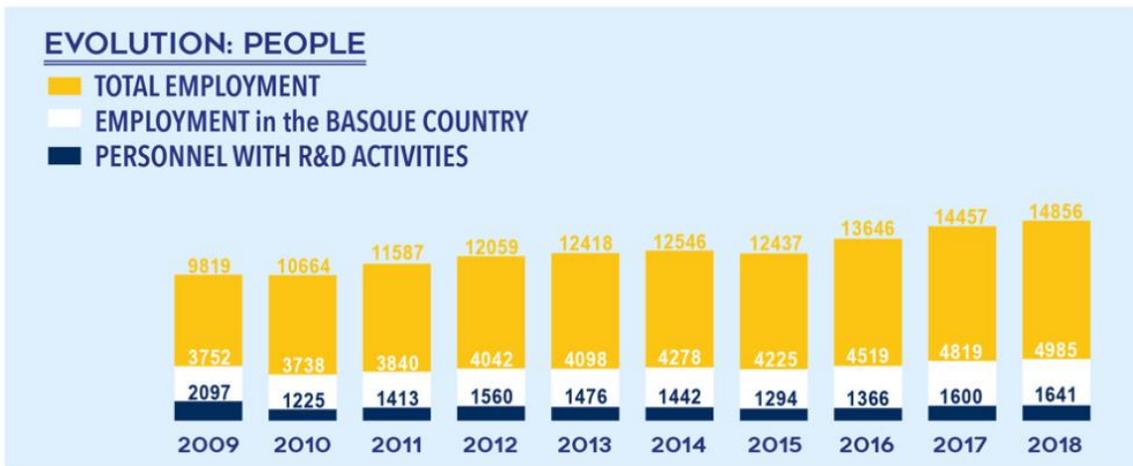


Ilustración 19. Evolución del número de empleados de HEGAN
Fuente: HEGAN

Los datos que nos ofrecen estos gráficos no hacen sino corroborar que la apuesta vasca por la aeronáutica ha sido un auténtico éxito. De ser un sector prácticamente ha pasado a ser uno de los más importantes en la industria vasca, de facturar 324 millones ha pasado a 2457 millones y de emplear a 2560 trabajadores ha pasado a emplear a 14856 y todo ello en 20 años. Es cierto que en la segunda década el crecimiento ha sido menor, pero es que en la primera tuvo un crecimiento del 278,2 % en facturación y de un 253,7% en empleo, lo que supone una evolución espectacular [8]. Esta última década ha crecido un 110,5% en facturación y un 51,3% en empleo, por lo que, aunque los datos no sean tan buenos como en la primera década siguen siendo muy positivos y lo mejor es que las previsiones dicen que este crecimiento se mantendrá en los años venideros.

8. ADAPTACIÓN DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA AL CONTEXTO 4.0

Como ya se ha explicado anteriormente, la Industria 4.0 es un concepto un poco ambiguo y no todos los autores están de acuerdo en el cuándo y en el cómo se llegará a esa Cuarta Revolución Industrial. En lo que sí parecen coincidir es en cuáles serán las claves en las que se base esta revolución, y que de ellas la más importante será la tecnología. En este aspecto, parte de esa tecnología ya está desarrollada (aunque aún queda mucho margen de mejora y desarrollo) y la industria aeronáutica es uno de los sectores que más está aprovechando estos avances, principalmente por ser un sector de alta tecnología. Según la consultora Capgemini, el 62% de las compañías del sector ha adoptado muchas de estas tecnologías, frente al 50% del sector automotriz, un 42% del energético o un 37% del sector farmacéutico [6].

El sector aeronáutico ve como una necesidad la adaptación al modelo 4.0, como se pudo ver en las conferencias del IV Aerospace & Defense Meetings (ADM 2018) que se celebró en Sevilla. Expertos en la materia anunciaron que la ola de nuevas tecnologías ya ha llegado y que coger esa ola es vital para obtener mayores rendimientos. Juan Ignacio Castro, Head of Military Aircraft Digital Implementation de Airbus Defence and Space, hizo especial hincapié en la necesidad de estar en sintonía con las instituciones; ya que “ante el cambio de paradigma, la industria aeronáutica necesita financiación, pues son necesarias altas inversiones y dan retorno a largo plazo”. Esto implica un esfuerzo grande por parte de empresas y administraciones, ya que este sector genera empleo de alta cualificación y desarrollo industrial; y supone el 1% del PIB y 6,1% del PIB industrial [11], [12]. También se habló de la importancia de “trabajar como una piña y crear un ecosistema” en el ámbito aeronáutico, lo que puede interpretarse como una alusión a apoyarse en la RVFG de la aeronáutica para que todos sus actores puedan crecer al unísono, haciendo que este sector que no para de crecer mantenga esa línea ascendente. Es evidente que ser parte activa de una RVFG (en este caso de la aeronáutica) puede ser muy ventajoso a la hora de adaptarse a la Industria 4.0. Una de las principales razones para ser parte de una RVFG es la transferencia de conocimiento, luego si una empresa o varias empresas dentro de la red han empezado a tomar políticas que conducen hacia el nuevo paradigma que supone la Industria 4.0, el resto de empresas de la red podrían tener acceso a esas tecnologías.

Como se ha mencionado anteriormente, la industria aeronáutica ya está adoptando parte de la tecnología que se relaciona con la Industria 4.0, lo que ha llevado a renovar algunos de los procesos en el sector. A continuación, se pueden ver 3 ejemplos de cambios en los procesos que se han dado gracias a los nuevos softwares de simulación [6]:

- **El Diseño:** A día de hoy, estos sofisticados softwares no solo sirven para crear y visualizar piezas en 3D, sino que existe la posibilidad de simular las condiciones a las que dichas piezas estarán expuestas. Estos programas son capaces de procesar y almacenar una cantidad enorme de información, lo que facilita en buena medida la comunicación entre los departamentos de diseño y de manufactura
- **La Manufactura:** La gran cantidad de información que se obtiene gracias a las simulaciones ha permitido que se descubran nuevas formas de fabricación, permitiendo que se reduzca el peso y la cantidad de materiales necesarios para fabricar ciertas piezas de una aeronave sin najar el nivel en seguridad ni en rendimiento.
- **El Mantenimiento:** Gracias a la información que se obtiene de las simulaciones para llevar cabo los modelos virtuales, los ingenieros pueden recibir todos los datos necesarios para saber cómo funcionan y qué sucede con cada una de las piezas de la aeronave. Esto implica un mejor uso de las piezas, aumentando así su tiempo de vida. Además, la información ayuda a reducir el tiempo de trabajo del equipo de mantenimiento, ya gracia al mayor conocimiento del estado de la nave los trabajadores saben exactamente que reparaciones llevar a cabo.

Por otro lado, para que la Industria 4.0 termine de implantarse en el sector aeronáutico es indispensable el trabajo de las universidades. La industria aeronáutica está inmersa en proyectos de adaptación de la Industria 4.0 y para ello se necesitan ingenieros con competencias y formación en estas nuevas tecnologías. Evidentemente, ha de existir reciprocidad por parte de las empresas y que estas apoyen a las universidades de sus áreas de influencia para que la formación de esos nuevos ingenieros sea de calidad.

En este sentido, en Euskadi se hizo una gran apuesta con la creación del Centro de Fabricación Avanzada Aeronáutica (CFAA), la cual fue posible gracias al acuerdo firmado en 2015 en la UPV-EHU y una agrupación de empresas interesadas en que este proyecto se llevara a cabo. El centro pertenece a la universidad, pero su financiación es mixta y buena parte de ella proviene de empresas que más adelante se benefician de los proyectos que se llevan a cabo en él. En el CFAA se apuesta principalmente por la innovación y que los resultados de los proyectos que se llevan a cabo sean aplicables a las empresas, por ello juega y jugará un papel vital en el cambio de paradigma para la industria vasca.

9. CONCLUSIONES

En este capítulo se analizan las conclusiones que se han extraído del trabajo.

En primer lugar, se ha podido observar que no hay unanimidad entre los autores respecto a la Industria 4.0. Hay quien dice que ya ha llegado y quien dice que está por llegar, algunos dicen que será una evolución y otros que una revolución. En lo que todos coinciden es en que la Industria 4.0 cambiará por completo la producción en el mundo manufacturero y que las fábricas inteligentes conllevarán grandes ventajas en desarrollo y competitividad.

En segundo lugar, se puede observar que en los mercados de alta tecnología supone una enorme ventaja competitiva pertenecer a una RVFG, ya que todos los integrantes de la red obtienen enormes beneficios por pertenecer a esta; desde las pequeñas empresas hasta los OEMs.

Además, se subraya la importancia que tiene en la aeronáutica la colaboración entre empresas con distintos fines, pero especialmente el de poder embarcarse en grandes proyectos que por muy fuertes que sean algunos OEMs le sería difícil de afrontar por los riesgos que pueden suponer. En este aspecto, se ha visto con ejemplos los beneficios que se pueden obtener con este tipo de alianzas.

Asimismo, es necesario resaltar que para adaptarse al nuevo paradigma que supone la Industria 4.0 ha de realizarse una enorme inversión de tiempo y dinero. Por ello, en caso de ser una empresa que no tenga un gran músculo financiero, pertenecer a una RVFG supone una gran ventaja, puesto que puede aprovecharse del conocimiento y sobre todo de la tecnología de las empresas más potentes de la red.

Finalmente, se puede afirmar que para las empresas del sector aeronáutico es de vital importancia asociarse no solo entre empresas sino con los centros de estudio, tanto universidades como centros de formación profesional. Son las propias empresas las que mejor conocen las necesidades que tiene y tendrá el sector, y nadie mejor que ellas para orientar a estos centros hacia dónde dirigir los planes de estudio y que los futuros trabajadores tengan unas competencias adecuadas antes de entrar al mercado laboral.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://aspromec.org/la-industria-4-0-y-sus-origenes/>
- [2] <https://conexionindustriales.com/la-industria-4-0/>
- [3] <https://definicion.de/revolucion-industrial/>
- [4] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6571321>
- [5] <https://hablemosdeempresas.com/grandes-empresas/que-es-industria-4-0/>
- [6] <https://www.amexempresas.com/libertadparatunegocio/la-evolucion-la-aeronautica-la-industria-4-0/>
- [7] <https://www.apd.es/que-es-un-cluster-empresarial/>
- [8] <https://www.caixabankresearch.com/documents/10180/65119/CA-PV-es.pdf>
- [9] <https://www.deia.eus/2019/06/06/economia/el-sector-aeronautico-vasco-aumento-un-13-su-facturacion-en-2018>
- [10] <https://www.ehu.eus/es/web/CFAA>
- [11] <https://www.europapress.es/andalucia/sevilla-00357/noticia-empresas-aeronauticas-ven-industria-40-necesidad-elevar-eficiencia-20180515183133.html>
- [12] <https://www.europapress.es/turismo/transportes/aerolineas/noticia-industria-defensa-aeronautica-espacio-facturo-58-mas-espana-2018-20190625110432.html>
- [13] <http://www.finanzasparatodos.es/gepeese/es/inicio/laEconomiaEn/laHistoria/revolucionIndustrial.html>
- [14] <https://www.hegan.com/Corporativa/Default.aspx>
- [15] <https://www.irekia.euskadi.eus/uploads/attachments/10010/Presentacion.pdf?1500377434>
- [16] https://www.lainformacion.com/economia/Rolls-Royce-compra-espanola-ITP-millones_0_934106859.html
- [17] <https://www.redalyc.org/jatsRepo/944/94454631006/html/index.html>
- [18] Aranguren Querejeta, M.J., 2010. Política clúster del País Vasco: lecciones aprendidas y retos

- [19] Arruñada, B., Vázquez, X., 2006. When your contract manufacturer becomes your competitor, *Harvard Business Review* (September).
- [20] Bleeke, J., Ernst, D., 1993. *Collaborating to Compete*. John Wiley y Sons, New York.
- [21] Davidow, W. 1992, *The Virtual Corporation: Structuring and Revitalizing the Corporation for the 21st Century*. HarperCollins: New York.
- [22] Gulati, R. y Nickerson, J., 2008. Interorganizational Trust, Governance Choice, and Exchange Performance. *Organization Science*, pp 1-21.
- [23] Gupta, A.K., Govindarajan, V., 2000. Knowledge Flows within Multinational Corporations. *Strategic Management Journal*, Vol. 21, No. 4, Abril, pp. 473-496
- [24] Hamel, G., Doz Y., Prahaland C. 1989. Ventajas y riesgos de colaborar con la competencia. *Harvard Deusto Business Review* 3er. Trimestre.
- [25] Hooley, G., Greenley, G., 2005. The resource underpinning of competitive positions. *Journal of Strategic Marketing*, Vol 13, Issue 2, June.
- [26] It'S Owl (2015): *Intelligent Technical Systems*.
- [27] Kagermann, H., Wahlster, W. Y Helbig J. (2013): *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. April 2013. Fráncfort: Acatech.
- [28] Louffat, E., 2004. *Estructura organizacional en red*. Esan Ediciones
- [29] Luo, Y., 2001. Antecedents and Consequences of Personal Attachment in Cross-Cultural Cooperative Ventures. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 46, No. 2, pp. 177-201
- [30] Madhok A., 1995. Revisiting Multinational Firms' Tolerance for Joint Ventures: A TrustBased Approach. *Journal of International Business Studies*, Vol. 26, No. 1, pp. 117-137. Palgrave Macmillan Journals
- [31] Navarro Arancegui, M., Sabalza Laskurain, X. (2016): Reflexiones sobre la Industria 4.0 desde el caso vasco. *Economiaz* N.º 89, 1.º semestre, 2016
- [32] Rolls Royce Annual Report, 2009. <http://www.rolls-royce.com/about/publications/default.jsp>
- [33] Rumelt, D.P., 1984. *Towards a Strategic Theory of the Firm. Alternative theories of the firm*; 2002, 2 pp. 286-300, Elgar Reference Collection. *International Library of Critical Writings*

in Economics, vol. 154. Cheltenham, U.K. and Northampton, Mass.: Elgar; distributed by American International Distribution Corporation, Williston, Vt.,

[34] Shi Y., Fleet D., Gregory, M., 2005. Global Manufacturing Virtual Network and its Position in Manufacturing Systems. The 7th Annual International Manufacturing Symposium, Institute for Manufacturing, Dept. of Engineering, University of Cambridge

[35] Slasky, I. (2015): Industry 4.0: Revolution or Evolution? Disponible en: <http://blog.fieldone.com/industry-4.0-revolution-or-evolution> (accedido el 15/09/2015).

[36] Sturgeon, T., 1999. Turn-key production networks: industrial organization, economic development, and the globalization of the electronics manufacturing supply-base. Ph.D. dissertation, Department of Geography, University of California at Berkeley.

[37] Sturgeon, T., 2000. How Do We Define Value Chains and Production Networks? MIT IPC Working Paper 00-011, Bellagio Value Chains Workshop, September 25 – October 1, 2000; Rockefeller Conference Center, Bellagio, Italy

[38] Sturgeon, J., 2002. Modular production networks: A new American model of industrial organization; *Industrial and Corporate Change*, Volume 11, Number 3, pp. 451-496

[39] Venkatesan, R., 1992. Strategic sourcing: to make or not to make. *Harvard Business Review*, 70 6, 98-108.

[40] Vilana Arto, J.R., Rodríguez Monroy, C., 2010. Modelización de Redes Virtuales de Fabricación Global en la Industria Aeronáutica

[41] Zucker, L.G., 1986. Production of trust: Institutional sources of economic structure 1840-1920. In B. M. Staw & L. L. Cummings (Eds.), *Research in organizational behaviour*, vol. 8: 53-111. Greenwich, CT: JAI Press.