

GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN
INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

*LA EVOLUCIÓN INDUSTRIAL Y SUS
IMPLICACIONES MÁS ALLÁ DE LAS
FÁBRICAS.*

LA INDUSTRIA 4.0.

Alumna: Garrido, Gorría, Ana

Directora (1): Etxebarria, Robledo, M^a Begoña

Directora (2): Barona Fernández, Astrid

Curso: 2018-2019

Fecha: Bilbao, 11 febrero 2019

RESUMEN

La emergencia y desarrollo de nuevas tecnologías a lo largo de la historia, así como su aplicación en los procesos de producción en las fábricas, ha tenido grandes repercusiones tanto en la industria como fuera de ella. Precisamente el desarrollo de internet y de las denominadas TICs (Tecnologías de la Información) en las últimas décadas, ha dado lugar al nacimiento de un nuevo concepto que representa la cuarta revolución Industrial: Industria 4.0.

Mediante el estudio y análisis de las implicaciones económicas, sociales y laborales del concepto de Industria 4.0 en una empresa industrial se trata de demostrar que la adopción e introducción de nuevas tecnologías en las empresas tiene efectos que van más allá de la industria.

Para ello se realiza un recorrido por la historia de la empresa Ford Motors Company, por ser la pionera en la introducción de la cadena de montaje, lo cual supuso grandes repercusiones, y porque desde entonces se mantiene a la vanguardia tecnológica. Además, se trata de explicar el concepto de Industria 4.0, su origen y su alcance, estableciendo un contacto directo con una empresa de automoción, para conocer cómo está afectando a las empresas y a los trabajadores este nuevo paradigma.

PALBRAS CLAVE: *Industria 4.0, Automoción, Cadena de montaje, Ford, Trabajador del conocimiento.*

ABSTRACT

The emergence and development of new technologies throughout history, as well as their application in production processes in factories, has had great repercussions in the industry and beyond. Precisely the development of the Internet and the Information Technologies in recent decades, has led to the origin of a new concept that represents the fourth Industrial revolution: Industry 4.0.

The aim is to demonstrate that the adoption and introduction of new technologies in companies has effects that go beyond the industry through the study and analysis of the economic, social and work implications of the Industry 4.0 in an industrial company.

In order to do this, a tour of the history of the Ford Motors Company is made, as it was the pioneer in the introduction of the assembly line, which supposed great repercussions, and because it remains at the technological forefront since then. In addition, it is about explaining the concept of Industry 4.0, its origin and its scope, establishing a direct contact with an automotive company, to know how this new paradigm is affecting companies and workers.

KEYWORDS: *Industry 4.0, Automotive, Assembly line, Ford, Knowledge worker.*

LABURPENA

Historian zehar sortu eta garatu diren teknologia berriek fabriketako prozesu produktiboetan aplikazio ugari izan dituzte, industria barnean eta kanpoan erabateko eraldaketa eraginez. Azken hamarkadetan internet eta Informazioaren Teknologia bezala ezagutzen ditugunak izan dituzten garapenek kontzeptu berri baten sorrera baimendu dute. Kontzeptu berri honek laugarren iraultza industrialia suposatu du: Industria 4.0 alegia.

Industria 4.0 kontzeptuak empresa industrial batetan ekonomia, gizarte eta lan mailan izan dituen eraginak ikertuz eta aztertuz, helburua orain teknologia berri hauek implantatu eta baitan hartzen direnean industriatik kanpo baita ere efektuak dituztela frogatzea da.

Helburu horrekin, Ford Motors Company enpresaren historian zehar ibilbidea aurkezten da, muntaiako produkzio sailetan teknologia berriak implantatzen lehenengoa izan bait zen eta harez geroztik teknologia mailan garatuena izaten jarraitzen duelako. Horretaz gain, Industria 4.0 kontzeptuan sakontzen da, bere iturria eta esparrua azalduz, automobilgintza sektoreko empresa batekin harreman zuzena isladatuz, berrikuntza hauek enpresan eta bere langileengan dituzten ondorioak ezagutu ahal izateko.

HITZ GAKOAK: *Industria 4.0, Automobilgintza, Muntaiak saila, Ford, ezagutzaren langilea.*

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVO Y ALCANCE	3
3.	CONTEXTO	4
4.	LA HISTORIA DE FORD	5
4.1.	EL AUTOMÓVIL SÍMBOLO DE LA PRODUCCIÓN EN CADENA. EL FORD T.....	5
5.	EVOLUCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	8
6.	EVOLUCIÓN DEL PERFIL DEL TRABAJADOR	11
6.1	TRABAJADOR DEL CONOCIMIENTO.....	11
7.	INDUSTRIA 4.0.....	14
7.1	ORIGEN.....	14
7.2	RETOS	15
7.3	TECNOLOGÍAS FACILITADORAS	16
8.	LA INDUSTRIA 4.0 EN AUTOMOCIÓN Y EN LA FORD MOTOR COMPANY	22
9.	EFFECTOS DE UNA NUEVA TECNOLOGÍA.....	27
9.1	CICLO TECNOLÓGICO	27
9.2	POSIBLES EFECTOS DE LA INTRODUCCIÓN DE NUEVA TECNOLOGÍA.....	31
10.	DESDE LA CADENA DE MONTAJE HASTA INDUSTRIA 4.0.....	33
11.	TOMA DE CONTACTO CON VOLKSWAGEN NAVARRA S.A.U.....	39
12.	FORMACIÓN HACIA LA INDUSTRIA 4.0 EN VOLSKWAGEN NAVARRA.....	44
I.	EL CAMBIO ES CONSTANTE.	44
II.	LA TECNOLOGÍA DEL FUTURO Y DEL PRESENTE.....	46
III.	INDUSTRIA 4.0 EN VOLKSWAGEN NAVARRA	51
IV.	ENCUESTA SOBRE EL CURSO INDUSTRIA 4.0	52
13.	NAITEC.....	56
13.1	LA MOVILIDAD Y LA FABRICACIÓN DEL FUTURO	56
14.	METODOLOGÍA.....	63
14.1	DESCRIPCIÓN DE TAREAS	63
14.2	DIAGRAMA DE GANTT/CRONOGRAMA	66
15.	INFORME DE GASTOS.....	67
16.	CONCLUSIONES	68
17.	REFERENCIAS.....	70
	ANEXO 1. ENTREVISTAS A PERSONAL DE VOLKSWAGEN NAVARRA.....	78

1. INTRODUCCIÓN

La empresa es uno de los agentes más importantes del sistema económico, ya que ha sido el impulsor fundamental de la economía. A lo largo de la historia, cambios de diversos ámbitos han provocado la evolución de la empresa, desde su origen como tal, con el fin de adaptarse constantemente al entorno en el que se encontraba. Es ahora cuando la empresa ha adquirido su significado más completo, sin embargo, los cambios son cada vez más profundos y más rápidos, por lo que la evolución todavía está en curso.

La Primera Revolución Industrial es el proceso de transformación económica, social y tecnológica que se inició en la segunda mitad del siglo XVIII en el Reino de Gran Bretaña. La introducción de la máquina de vapor y de la energía eléctrica supuso un progreso tecnológico sin precedentes. A partir de este momento se inició una transición que acabaría con siglos de una mano de obra basada en el trabajo manual y el uso de la tracción animal, siendo estos sustituidos por maquinaria para la fabricación industrial y el transporte de mercancías y pasajeros. Esta transición se inició en la industria textil y la extracción y utilización de carbón.

En este contexto nacieron las llamadas empresas industriales, que se dedicaban básicamente a actividades transformadoras y se comportaban como unidades económicas de producción, a pesar de que carecían aún de eficiencia en la realización y concatenación de operaciones. Las fábricas supusieron el paso de una economía fundamentalmente agrícola a una economía industrial, los pequeños talleres artesanos fueron desapareciendo y su actividad se trasladó a las fábricas.

Entre finales del XIX y principios del XX, el ritmo acelerado de los cambios dio lugar a lo que se está considerando como la Segunda Revolución Industrial. Durante este periodo los cambios se aceleraron fuertemente. Las innovaciones técnicas como nuevas fuentes de energía, nuevos sistemas de transporte (avión y automóvil) y comunicación (teléfono y radio), indujeron transformaciones que afectaron al tamaño y gestión de las empresas, a la forma de organización del trabajo y al consumo. A partir de aquí, la producción deja de ser la única preocupación de las empresas. Surge la necesidad de encontrar nuevas fuentes de financiación, ya que las empresas necesitaban un mayor volumen de capital para incorporar innovaciones tecnológicas y para lograr la atención del mercado.

Una de las innovaciones más relevantes de esta época surge hacia 1910, cuando Henry Ford, a partir de las teorías de Taylor, pone en marcha la producción en cadena, lo que supuso una revolución en los procesos de fabricación conocidos. Estos cambios ofrecían mayor efectividad y mejores rendimientos cuanto mayor fuera la producción, de manera que un mercado con un alto número de ofertantes no era el espacio idóneo. El anterior conglomerado de pequeñas empresas desapareció gradualmente, dando lugar a un mapa industrial con oligopolio, donde para un mismo sector conviven un número reducido de empresas grandes y dominantes con algunas secundarias, de dimensiones muy inferiores a las primeras, y con mercados notablemente diferenciados.

La segunda mitad del siglo XX, tras la segunda guerra mundial, estuvo caracterizada por la escasez de bienes de equipo y de consumo, pero a su vez por un gran crecimiento en todos los sectores. La empresa contaba con una clara posición de dominio y la competencia era un concepto inexistente, ya que debido a la gran cantidad de demanda frente a la oferta, se vendía todo lo que se fabricaba. La clave del éxito en este periodo era la producción, es decir, contar con recursos para fabricar. Sin embargo, a partir de la crisis energética de 1973 y hasta la

actualidad, la oferta ha superado la demanda. La situación económica ha estado marcada por el crecimiento continuo, abriendo paso a más oferentes del mismo tipo de producto. Además, surge el concepto de Aldea Global, debido al desarrollo de las TICs, por lo que la competencia es fuerte e Internacionalizada. Las empresas necesitan ser competitivas y lograr una buena posición en el mercado.

La conjunción de la tecnología de información y comunicación, de Internet y las energías renovables a principios del siglo XXI, ha conducido a hablar de la Tercera Revolución Industrial. En esta época surge “La sociedad de la información” y se introducen los robots en las fabricaciones, se descentraliza la producción y se desarrolla la economía orientada a los servicios. La economía se globaliza y se comienzan a utilizar fuentes de energía renovables, cobrando gran importancia el concepto de sostenibilidad.

La empresa actual integra un conjunto de factores de producción (recursos naturales, personas y capital), que han de ser gestionados sin olvidar su responsabilidad social. Esto se debe a que hace tiempo que la empresa dejó de ser un ente aislado, para pasar a formar parte de un entorno mucho más complejo formado por elementos interrelacionados entre sí y con la propia empresa. Nos referimos a los factores demográficos, tecnológicos, legales, competidores, intermediarios o entidades financieras, etc.

Actualmente está surgiendo el concepto Industria 4.0 (también señalado como cuarta revolución industrial), que corresponde a una nueva concepción de la industria. El objetivo que pretende alcanzarse es la puesta en marcha de «fábricas inteligentes» capaces de una mayor adaptabilidad a las necesidades y a los procesos de producción, así como a una asignación más eficiente de los recursos. Industria 4.0 no es una realidad ya consolidada y experimentada, sino un nuevo hito en el desarrollo industrial que marcará importantes cambios en los próximos años, y que podría alcanzar, e incluso superar los efectos que tuvieron las innovaciones introducidas por Henry Ford en la industria automovilística hace 100 años.

A lo largo del trabajo se irá introduciendo como ejemplo de la evolución comentada a la empresa automovilística Ford. Se trata de ir ligando las generalidades que se analicen con el caso concreto de la empresa de referencia con la que comenzamos el trabajo.

2. OBJETIVO Y ALCANCE

Este trabajo trata de analizar la evolución industrial así como sus implicaciones económicas, sociales y laborales a lo largo de la historia con dos objetivos. Primero, demostrar que los cambios introducidos en las fábricas, afectan directamente al entorno socio-económico y también al concepto del trabajo y al perfil del trabajador. A continuación, realizar una prospectiva del nuevo paradigma de la industria 4.0 a corto y largo plazo.

Para ello se realiza un recorrido por la historia de la empresa Ford Motors Company, por ser la pionera en la introducción de la cadena de montaje, lo que supuso una revolución en la concepción de la producción, y porque desde entonces se mantiene a la vanguardia tecnológica.

Además, se explica el origen del concepto Industria 4.0, en qué consiste y cuáles son las tecnologías facilitadoras que lo hacen posible, para después hacer un análisis de los efectos que esto ha causado y que podrá ocasionar en un futuro no tan lejano, en todos los ámbitos mencionados.

Por último, y dado el sector en el que opera la empresa preseleccionada, para demostrar de manera justificada todos los cambios y efectos que se analizan a lo largo del trabajo, se establece una puesta en contacto con la empresa Volkswagen Navarra. Mediante entrevistas abiertas a los empleados, se obtendrá una idea de cómo perciben los cambios y cómo afectan sus consecuencias a los trabajadores. Además, podremos saber cómo actúa una gran empresa para adaptarse y prepararse hacia el nuevo paradigma de Industria 4.0.

3. CONTEXTO

Nos encontramos en un mundo que cambia de forma constante y cada vez a más velocidad. Si se hace un repaso de la historia de la industrialización, se observa que la evolución en los últimos 25 años es mucho más veloz que en los 100 años anteriores. Sin embargo, no solo la industria cambia a ritmo acelerado, sino también la sociedad, la economía, la educación y muchos más ámbitos.

En los últimos 25 años se ha vivido el nacimiento y desarrollo del uso de internet, y con ello una amplia gama de tecnologías que ya no crece linealmente sino exponencialmente y tiene notables efectos sobre todos los ámbitos de nuestras vidas. Esta situación está afectando a la gestión empresarial de forma profunda y transversal, ya que las organizaciones deben ser competitivas a todos los niveles para mantener su posición en un entorno globalizado, cada vez más amplio, pero también más complejo. La única forma de conseguir o aumentar esa competitividad es adaptarse continuamente a los cambios o anticiparse a ellos.

Antaño, la inversión en maquinaria o la reducción de los costes laborales eran claves en la competitividad de una empresa; Sin embargo, hoy en día son muchos más los factores a considerar. Teniendo en cuenta que nos encontramos en lo que se conoce como “sociedad del conocimiento”, en la aldea global, el conocimiento es poder. La situación está siempre evolucionando por lo que es importante actualizar constantemente el conocimiento mediante formación continua. Para las empresas, situarse a la vanguardia tecnológica, y conocer los pormenores de la sociedad tecnológica actual y los requerimientos del consumidor, son ventajas competitivas importantes. Además, enseñanza, productividad e investigación están totalmente unidas y son complementarias.

Las innovaciones tecnológicas son básicas para ser competitivo en este entorno y además, los conceptos organizativos también están en evolución. Es necesario romper con la percepción tradicional de la empresa y abrirse hacia nuevos conceptos que se originan a raíz de la digitalización e introducción de tecnología e internet en las fábricas, esto es, de la Industria 4.0.

La definición original de Industria 4.0 procede de Alemania en 2011. Se describió como la evolución tecnológica de sistemas integrados a sistemas cibernéticos, representando la cuarta revolución industrial.

A diferencia de la 3ª revolución Industrial en la que el punto de inflexión fue la incorporación de los PLCs o Automatas programables y la Robótica para la Automatización Industrial, en esta nueva revolución se incorporarán a todos estos sistemas existentes la inteligencia. Los trabajadores de la industria 4.0 son conocidos como “trabajadores del conocimiento” y tienen como misión dotar de inteligencia a los productos, a los procesos y hasta a las fábricas. El factor humano cobra especial protagonismo en el contexto actual, pues su talento y capacidad para la innovación, emprendimiento y creatividad son factores clave del éxito de la gestión empresarial en la industria 4.0. No obstante, todavía es una incógnita el alcance a conseguir y la multitud de áreas y sectores donde se podrán aportar soluciones.

4. LA HISTORIA DE FORD

Se ha elegido la empresa Ford Motor Company como protagonista de este trabajo ya que se trata de analizar los cambios y sus consecuencias más allá de la industria. Además de ser pionera en la introducción de tecnología a lo largo de toda su historia, algunas de sus actuaciones han sido también el origen de grandes cambios sociales. A continuación, se realiza un repaso de su historia, destacando los momentos que provocaron las alteraciones a las que nos referimos, asentando muchas de las bases del futuro de la automoción.

Fue fundada por Henry Ford en junio de 1903. En aquella época los automóviles, al igual que cualquier otra manufactura industrial, se producían unidad a unidad, por un número concreto de operarios. Este grupo trabajaba en torno a una unidad, la montaba, y repetía el proceso. Ya entonces, algunas empresas empezaron a llevar a cabo otro proceso que consistía en disponer todas las piezas ordenadas en el suelo siguiendo una línea que la unidad a montar iba siguiendo a medida que el grupo de operarios iba montando las piezas. Henry Ford también adoptó este sistema en el que el mismo grupo de operarios ordenaba las piezas y movía el carro con el chasis del coche. Con esto se conseguía agilizar ligeramente el proceso, pero no abarataba costes ni reducía el personal necesario para montar una unidad.

La situación presentaba entonces una alta competencia entre los numerosos productores automovilísticos a pesar de los recursos y posibilidades limitadas en cuanto a las técnicas de fabricación de la época. Los automóviles eran, en estas condiciones, un producto de lujo reservado para un sector reducido de la población debido, principalmente, a su elevado coste de adquisición.

Henry Ford asentó muchas de las bases del futuro del automóvil cuando decidió aplicar las teorías de Taylor sobre la perfecta combinación de hombre y máquina y la división de tareas de forma sistemática, a la nueva industria del automóvil. Introdujo métodos para la fabricación a gran escala de los coches y la gestión del trabajo industrial, utilizando secuencias de fabricación compuestas por movimiento de líneas de ensamble. En 1914 estos métodos fueron conocidos en todo el mundo como el “fordismo”.

4.1. EL AUTOMÓVIL SÍMBOLO DE LA PRODUCCIÓN EN CADENA. EL FORD T.

El 1 de octubre de 1908, Ford irrumpió en el mercado con uno de los coches que ha marcado la historia del automovilismo: el Modelo T. Hasta esa fecha, el automóvil era un lujo exclusivo para los ricos, pero Ford estaba empeñado en construir un coche sencillo y fiable al que todo el mundo pudiera acceder. El Modelo T fue considerado como “el vehículo universal”.

Henry Ford se adelantó a sus rivales estableciendo muy pronto una gran red de concesionarios. Un precio asequible y una producción masiva durante un período de casi 20 años hicieron de este modelo un símbolo de la producción en masa.

Ford inauguró la primera línea de montaje de automóviles el 7 de octubre de 1913 en una nueva planta instalada en Highland Park, Michigan. De este modo el chasis del automóvil ya no se tenía que transportar manualmente y este proceso se automatizaba. Ford también introdujo una plataforma móvil que se desplazaba por arriba y permitía colocar las diferentes piezas en el chasis (Figura 1).



Figura 1. La cadena de montaje. Fuente: <http://corporate.ford.com>

Los obreros ya no tenían que ir siguiendo la misma unidad para ir la montando, al tener una posición y una función específicas asignadas, que se limitaban a repetir para cada unidad de la cadena. Con esto Ford redujo el tiempo de ensamblaje del chasis de 12 horas y media a 100 minutos y consiguió hacer la producción automática y continua, aumentando de esa forma la productividad, con una mejor utilización de las instalaciones y en consecuencia, se redujeron también de forma importante los costes.

La producción diaria de este modelo T pasó rápidamente a mil unidades y pronto se cuadruplicaría. El estallido de la Primera Guerra Mundial provocó que estas elevadas cifras bajaran notablemente, pero volvieron a remontar aún con más fuerza para batir un récord en 1923, con más de 1.800.000 unidades, lo que suponía un tercio de la producción mundial. En total, se produjeron 15 millones de unidades. La línea del gráfico representa la evolución del precio de venta medio anual del modelo Ford T. (Figura 2).

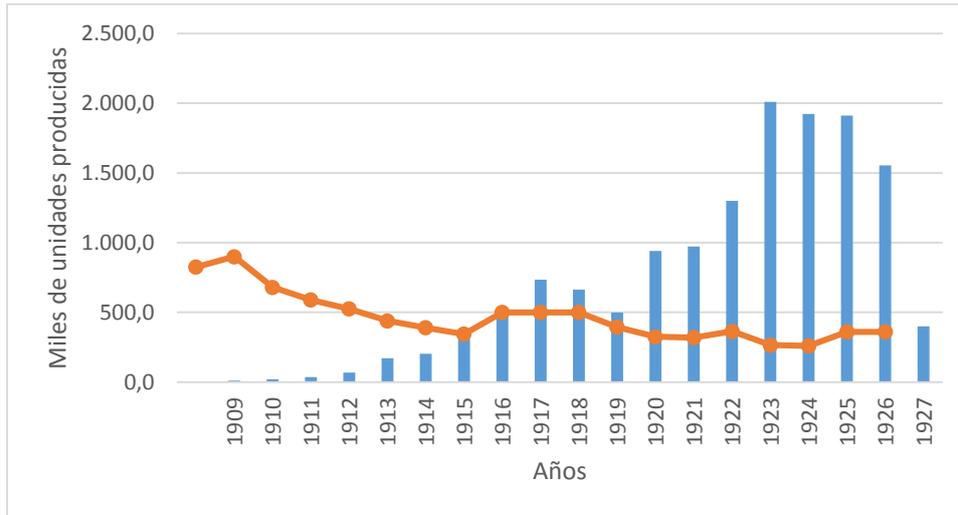


Figura 2. Producción anual de unidades del modelo Ford T en EEUU. Elaboración Propia a partir de los datos compilados por R.E. Houston, Departamento de producción de Ford, 03 de agosto de 1927 (https://copro.com.ar/Ford_Modelo_T.html)

En el Ford T se incorporaban grandes adelantos técnicos como el conjunto bloque del motor, cárter y cigüeñal en una sola unidad, utilizando para ello una aleación ligera y resistente de acero de vanadio. Con ruedas de grandes tacos, el Ford T podía desempeñar trabajos agrícolas, por lo que fue muy popular en los campos, aparte de que las ruedas metálicas le permitían circular por los raíles del ferrocarril. Ford estaba encantado de vender a los granjeros que miraban el vehículo como un invento más para ayudarles en su trabajo.

Además, el automóvil era muy sencillo de conducir y, más importante, muy barato y fácil de reparar. Su precio de 825 dólares estadounidenses en 1908 (el precio caía cada año) convirtió el coche en un bien asequible para muchísimas personas y para 1920 una gran parte de la población había aprendido a conducir. Cambió la manera en que los estadounidenses veían el mundo; los viajes, el comercio y las vacaciones ya no serían lo mismo. Gracias al Modelo T y su enorme éxito los gobiernos tuvieron que construir carreteras y organizar el tráfico.

También en 1914 Ford implantó la jornada de trabajo de ocho horas abonando 5 dólares diarios reemplazando de esa forma la tradicional cifra de 2,34 dólares por nueve horas diarias. Gracias a esto y al continuo descenso del precio del coche los propios trabajadores de la fábrica se convertían en clientes.

5. EVOLUCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Anteriormente se ha explicado cómo la introducción de la cadena de montaje en la industria, junto con otra serie de cambios, dieron lugar a un nuevo método de organización de la producción basado en la producción en serie, rompiendo con los métodos de fabricación artesanal conocidos hasta el momento.

Según Ing. José Tarcilo Sánchez Ramos en su tesis titulada “Proceso de transformación en la empresa con sistema de producción en masa al sistema de producción ajustada”, la producción artesanal estaba caracterizada por una fuerza laboral altamente cualificada tanto en el diseño como en las operaciones de fabricación y el montaje. Además, consistía en una organización descentralizada, y el diseño procedía de pequeños talleres. El volumen de producción era muy reducido y era prácticamente imposible fabricar dos unidades exactamente iguales. “La artesanía se valoraba y las compañías dedicaban toda su atención a los clientes individuales” (Sánchez, José T., 2004). Sin embargo, los costes de producción, y por lo tanto los precios de venta, eran excesivamente elevados.

El éxito de la producción en masa no fue solo por la introducción de la cadena de montaje, sino también por la posibilidad de que todas las piezas de los coches fuesen intercambiables, y la sencillez de su montaje. Además, mediante la división de tareas, los trabajadores se especializaban en una operación, y así la realizaban cada vez mejor y en menos tiempo, dando lugar a una mejora de la productividad. La producción en masa se basa en reducir al máximo el coste y el tiempo de fabricación de una unidad, lo cual se consigue aumentando el tamaño de las series producidas.

Este sistema tuvo gran éxito desde su puesta en marcha a principios del siglo XX y hasta mitad de siglo, cuando la Toyota Motors Company introduce otra forma de organización conocida como “Toyotismo”, que además fue la base de otra concepción de la organización de la producción llamada “Lean Manufacturing” o “producción ajustada”.

En aquel entonces, el mercado japonés era bastante pequeño y además carecía del capital necesario para adquirir tecnología de producción. Por esto y por las dificultades que conllevaban las leyes laborales impuestas por los norteamericanos tras la guerra mundial, no era una situación ideal en la que fabricar en masa ya que no había posibilidad de altos volúmenes de venta, y no se hubieran rentabilizado las economías de escala.

En lugar de tratar de imitar el sistema productivo de Ford, con escasas posibilidades de éxito en un mercado mundial y de masas, la dirección de Toyota Motors Company buscó un nuevo enfoque: La producción ajustada. Este sistema organizacional tiene como principales objetivos la eliminación de desperdicios en todas sus formas (tiempos, materiales, recursos, dinero...) y la mejora de todo aquello que crea valor.

Según Katherine Carolina Acosta Oviedo, analista de Productividad en la Escuela de Organización Industrial (EOI), la producción ajustada se distingue por los siguientes principios:

- Define el valor e identifica la cadena de valor para su producto.
- Elimina todos los pasos innecesarios en toda cadena de valor.
- Crea flujo de valor, es decir, que el proceso va directamente de una operación que agregue valor a otra, desde la materia prima hasta el consumidor.

- Toda actividad es impulsada por el Cliente, por lo que el desencadenante de la producción es la demanda. Esto permitiría producir lo requerido por el mercado, ni más, ni menos.
- Persigue la perfección continuamente.

“La producción ajustada utiliza menos recursos que la producción en masa: la mitad del esfuerzo humano en la fabricación, la mitad de espacio en la fábrica, la mitad de inversión en herramientas, la mitad de horas de trabajo de ingeniería para desarrollar un producto nuevo en la mitad de tiempo. Este sistema permite mantener mucho menos de la mitad de existencia, fabrica con muchos menos defectos y produce una variedad de productos mayor y creciente”. (Sánchez, José T., 2004).

Esta forma de organización permitía obtener beneficios y rentabilizar la producción de diferentes gamas de un mismo automóvil, lo que acabó dando la superioridad al “sistema Toyota” frente al “Sistema Ford”. Toyota demostró así que con un sistema de producción adecuado es posible alcanzar un elevado grado de eficiencia y sobretodo, flexibilidad, sin necesidad de incorporar altos niveles de tecnología.

Según el informe titulado “El desarrollo de la industria auxiliar de automoción en la economía vasca” por Ricardo Aláez, Javier Bilbao y Vicente Camino, el visible éxito del modelo japonés desencadenó un proceso de imitación en los productores americanos y europeos, sobre todo a partir de los ochenta. Este proceso no consistió en la convergencia de modelos, sino en la incorporación de nuevas técnicas a los modelos existentes, dando lugar a la coexistencia de distintos modelos organizativos.

En la siguiente tabla se recogen las principales diferencias entre los sistemas de organización que se han mencionado. (Tabla 1).

Tabla 1. Diferencias entre la producción en masa y ajustada. Elaboración propia a partir de Sánchez, José T., 2004.

PRODUCCIÓN EN MASA	PRODUCCIÓN AJUSTADA
Trabajador sin formación	Trabajador polivalente
Maquinaria cara y de funciones limitadas	Máquinaria flexible y automatizada
Número de defectos aceptable	Cero defectos
Límite máximo de existencias	Cero existencias
Productos estandarizados	Infinita variedad de productos

Los objetivos de estos métodos de producción son diferentes. La producción en masa marca unos objetivos que definen el número de defectos aceptable y un nivel máximo de existencia aceptable. En cambio, los productores ajustados ponen su objetivo en la perfección (todavía inalcanzable), basada en la reducción continua de costes, defectos y existencias.

La otra diferencia clave está en el perfil de los trabajadores. La fabricación en masa emplea trabajadores sin formación que realizarán operaciones sencillas apoyadas por maquinaria preparada y programada para realizar productos estandarizados. Sin embargo, los productores ajustados emplean equipos de trabajadores cualificados y polivalentes a todos los niveles de la organización y utilizan máquinas altamente flexibles y cada vez más automatizadas para fabricar productos enormemente variados.

Es conveniente comentar que el perfil del trabajador evoluciona al ritmo del sector en el que opera. La introducción de innovaciones, tanto tecnológicas, como organizativas requieren la adaptación constante de las personas a los cambios que producen.

6. EVOLUCIÓN DEL PERFIL DEL TRABAJADOR

A lo largo de la historia, los trabajadores han ido asimilando y adaptándose a la transformación de los requerimientos en su trabajo. Con la Primera Revolución Industrial, el trabajo del artesano (manual y personalizado) se transformó en un trabajo impulsado por la energía basada en el carbón y el vapor. En este contexto no resultaba necesaria una capacidad de consumo mayor para la clase trabajadora que la que garantizara su subsistencia. La inestabilidad laboral, la inseguridad, la incapacidad de un ahorro para enfrentar los años de vejez o el tiempo de la enfermedad eran rasgos típicos de la vida de los trabajadores.

Con la Segunda Revolución, y la introducción de la cadena de montaje, el trabajo se dividió en operaciones sencillas y repetitivas que permitieron la producción en masa. Es fácil entender que para que este sistema de producción resultase rentable era necesario un consumo masivo. Cobró gran importancia aumentar la capacidad de consumo de la población, principalmente de la clase obrera, y para ello hubo que cambiar la concepción tradicional del trabajo como una mercancía de compra y venta. El estado contribuyó en gran medida a asegurar un aumento del consumo estableciendo seguros de desempleo, leyes de salario mínimo y extensión del sistema de seguridad social, entre otros.

La tercera revolución trajo consigo la obsesión por la competitividad; ya no bastaba con ser productivo. La introducción de ordenadores y la automatización de los procesos dejaba tiempo y espacio a la preocupación por la calidad y a la introducción de nuevos conceptos organizativos, como el *lean manufacturing*, que tratan de reforzar el rol del trabajador como responsable del producto y como un elemento indispensable en la cadena de valor. Sin embargo, hoy en día, debido al desarrollo de la denominada Cuarta Revolución Industrial, los avances en tecnologías de la información provocarán la desaparición de algunas tareas operativas por ser innecesarias, pero la revolución tecnológica ya está propiciando el nacimiento de un nuevo tipo de trabajadores: el trabajador del conocimiento.

6.1 TRABAJADOR DEL CONOCIMIENTO

Entre todos los cambios que ha experimentado la empresa en los últimos años, cabe destacar la relación que se produce entre esta y las personas, ya sean clientes o trabajadores.

Según Maité Darceles, autora del artículo “Trabajador Del Conocimiento Y El Salto a La Innovación”, en épocas anteriores, sólo se entendía la relación persona - organización desde la confrontación. Sin embargo, esta concepción está cambiando debido a que hay muchos intereses en común. Las personas esperan más que una remuneración adecuada de su trabajo, esperan aportar y ser reconocidas, y por otro lado, la organización necesita que el trabajador se comprometa.

Los avances en tecnologías de la información están provocando la desaparición de algunas tareas operativas por ser innecesarias, y a su vez fomentando la importancia de las tareas intelectuales. El trabajador del conocimiento no produce nada tangible sino conocimientos, ideas e información, que serán integrados en una tarea de manera que sean productivos.

El trabajador del conocimiento se caracteriza por lo siguiente:

- Sus medios de producción son su propio conocimiento
- Se identifica con su área de especialización y no con su empleador.
- La empresa es un espacio donde aplicar sus conocimientos

- Su vía de motivación son las oportunidades de desarrollo

Estas características plantean importantes desafíos a las organizaciones tanto en lo que se refiere a su gestión como a su organización. En relación a la gestión, las organizaciones deben ser capaces de generar el ámbito adecuado para el despliegue de las capacidades de los trabajadores del conocimiento y en cuanto a la organización, esta no puede ser de jefes y subordinados, sino de equipos. (Falco, A., 2003)

Ser un trabajador del conocimiento implica auto gestionarse, es decir, deben controlar su propio tiempo decidiendo en qué invertirlo así como reconocer sus puntos fuertes y débiles. Además, será quien decida cómo desempeñar la tarea y por consiguiente asumirá la responsabilidad de su desarrollo y de los resultados que genera. Esto rompe totalmente con el comportamiento del trabajador tradicional que se limita a cumplir órdenes.

Es importante que los trabajadores del conocimiento tengan una tarea específica a la que dedicarse plenamente. Para ello es necesario definir cuál es la contribución que diferencia al trabajador del conocimiento de otros empleados. La posibilidad de delegar en otros empleados aquellas tareas que no necesitan el conocimiento especializado incrementará notablemente la productividad de los primeros.

Otro tema importante que deben tener en cuenta estos trabajadores son los objetivos de la empresa. Es lo que permite al trabajador del conocimiento tomar decisiones adecuadas y colaborar con el resto, ya que en caso contrario, se corre el riesgo de que cada trabajador se dedique a su propia especialidad en lugar de dedicarse al objetivo común.

Es imprescindible generar un clima de confianza y transparencia en la organización que responsabilice a las personas por sus resultados y les otorgue libertad para trabajar. Además, generar el ambiente adecuado para que los trabajadores del conocimiento puedan potenciar su rendimiento dará lugar a una mayor satisfacción del trabajador, lo cual a su vez lo incentivará aún más a incrementar su productividad.

Drucker explica que la productividad es la clave del desarrollo económico, pero no se reduce solamente a ella. Relata que cuando se comenzaron a poner en práctica las teorías de Taylor, nueve de cada diez trabajadores realizaban un trabajo manual, fundamentado en tareas operativas o traslados en fábricas, agricultura, minería o transporte. Sin embargo, hacia 1990,

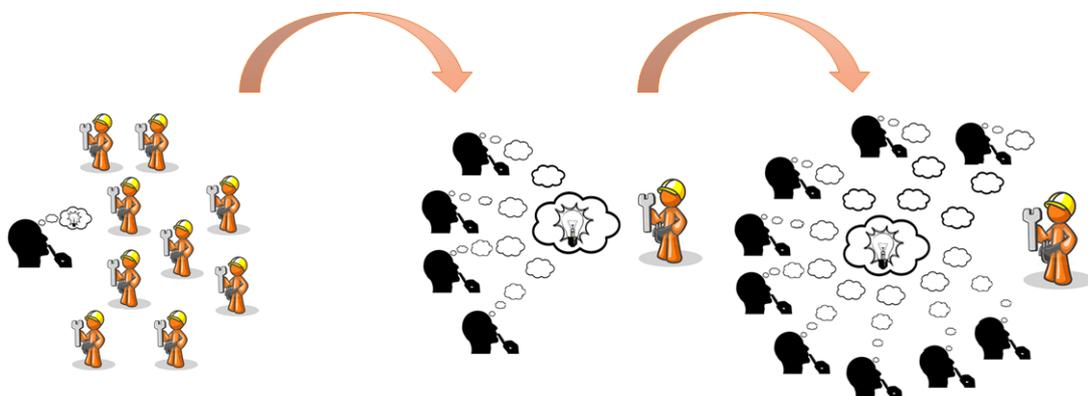


Figura 3. Proporción de trabajadores manuales y del conocimiento en momentos diferentes de la historia. Elaboración Propia.

solo un quinto de la fuerza laboral se dedicaba a estas tareas en los países desarrollados y estimaba que hacia 2010, no serían más de una décima parte (Figura 3). (Drucker, 1999).

La productividad de los trabajadores del conocimiento no se puede medir mediante los métodos tradicionales ya que su labor no se dirige a una producción que sea efectiva en sí misma, sino que elaboran conocimiento sobre la base de otros conocimientos, y además, la utilidad o traducción en resultado económico de este conocimiento depende de que se haga llegar a quien lo pueda convertir en factor productivo (Darceles, M., 2007). En conclusión, el trabajador del conocimiento no se valora tanto por su productividad sino por su capacidad de innovación, es decir, por su capacidad de generar conocimiento y aplicarlo para convertirlo en resultado económico.

En la siguiente tabla se recogen una serie de diferencias entre los trabajadores manuales, que pueden asociarse a la cadena de montaje, y los trabajadores del conocimiento (Tabla 2).

Tabla 2. Diferencias entre trabajador manual y trabajador del conocimiento. Elaboración Propia

TRABAJADOR MANUAL	TRABAJADOR DEL CONOCIMIENTO
Preocupación por la productividad	Preocupación por la innovación
El resultado del trabajo se mide mediante datos objetivos	El resultado del trabajo no se puede medir cuantitativamente
Se limitan a seguir ordenes Es un coste de la empresa que hay que controlar	Programan su propio trabajo Es un activo de la empresa que hay que promocionar y motivar
No posee los medios de producción	Posee sus medios de producción

Los trabajadores del conocimiento tienen como objetivo aplicar los conocimientos que han adquirido mediante formación o experiencia. Además, este perfil del trabajador no debe parar de formarse para optimizar su potencial y crear valor en la empresa mediante su creatividad, ingenio, autonomía y el saber. A diferencia de otras formas de trabajo, los trabajadores del conocimiento se enfrentan a problemas nuevos que todavía no tienen una solución sistemática, lo cual requiere metodologías de pensamiento y actuación eficientes. Esto afectará especialmente al sistema educativo, pues pronto habrá que educar a las generaciones futuras en los nuevos valores que conlleva la Industria 4.0, como son el aprendizaje continuo y el uso de las tecnologías, su aplicación práctica, el manejo de ingentes cantidades de información, la sostenibilidad de los recursos y la eficiencia máxima en su gestión.

Por último, para adaptarse a este cambio, las empresas deben fomentar dinámicas y formas de trabajo que impulsen la creatividad, la cooperación, el aprendizaje y la inteligencia de sus trabajadores para convertirse en organizaciones cuya principal ventaja competitiva sea la innovación.

7. INDUSTRIA 4.0

7.1 ORIGEN

En las tres “revoluciones industriales” que se han comentado anteriormente se ha seguido un patrón de sucesos. En los últimos 250 años ha existido una firme motivación por llevar un paso más allá a la industria. Ello impulsó descubrimientos y avances tecnológicos que han marcado cambios de ritmo en el ámbito de la innovación, y cuya aplicación, cada vez mayor, tanto en número como en profundidad, desencadenó incrementos de productividad, ahorros en tiempos de fabricación, mejoras de la eficiencia y aumento de beneficios. Estos cambios propiciaron el crecimiento del comercio, de las ciudades y, por supuesto, la evolución de la industria. En la Figura 4 se refleja la evolución de la industria en el tiempo frente al incremento de la complejidad de las tecnologías que la hacen posible. Se considera la Industria 1.0 a la implementación del primer telar mecánico, que se desarrolló gracias a la expansión del uso de la energía de vapor. Más tarde, la energía eléctrica y la introducción de la cadena de montaje dieron lugar a la Industria 2.0. A través de la incorporación de componentes electrónicos y la extensión del uso de las TICs, se dotó a la industria de un mayor nivel de automatización, dando lugar a la Industria 3.0. Esta última deja paso a lo que hoy se conoce como Industria 4.0, que consiste en la digitalización de la información hasta los elementos físicos (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad).

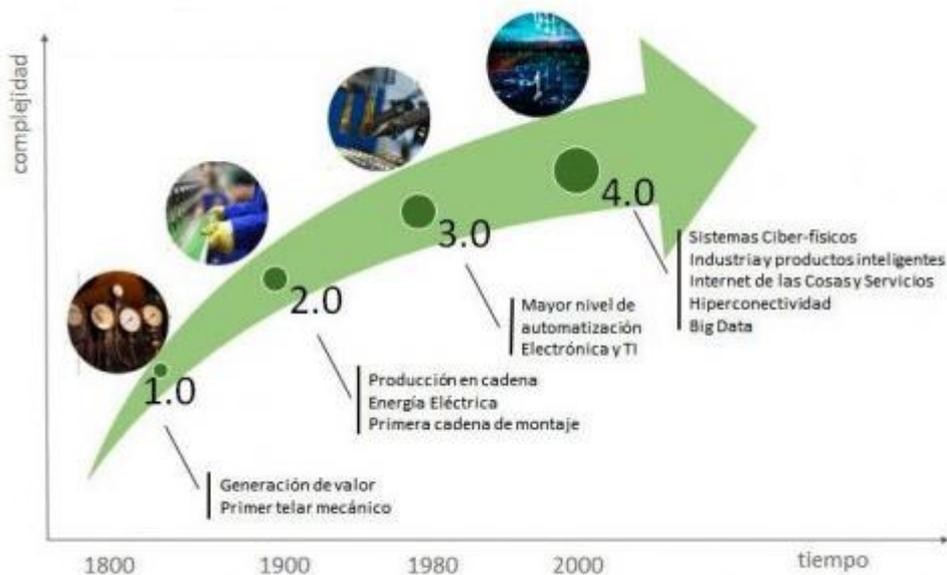


Figura 4. Evolución de la Industria. Fuente: Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

Sin embargo, en las últimas décadas y especialmente tras la crisis económica iniciada en 2008 cuyo efecto tuvo repercusión a nivel internacional, el peso de la industria en las economías ha ido decreciendo en pos de otros ámbitos como el sector servicios. Una clara muestra de ello es que el PIB industrial europeo en el año 2000 era del 18'5% y en el 2012 de 15'2%. Desde Europa se defiende el papel clave de la industria no solo para la recuperación económica, sino también como pieza motora para devolver a la economía europea a la senda del crecimiento (Comisión Europea, 2013).

Para ello, la Comisión Europea ha desarrollado el programa “Horizonte 2020” que indica el camino que se ha de seguir en un periodo que abarca desde 2014 hasta 2020 y que pasa por el logro de tres objetivos principales, que tal y como muestra la Figura 5, aglutinan aspectos relativos a la evolución de la ciencia y la industria, así como retos sociales. Estos 3 objetivos principales son:

- 1) La creación de una ciencia de excelencia que refuerce el posicionamiento de Europa en el contexto científico mundial
- 2) Afrontar retos sociales prestando atención a seis áreas principales (salud, alimentación, energía, transporte, clima y materias primas) que permitan la resolución de problemas sociales, como el envejecimiento de la población, la protección informática y una economía eficiente y sostenible y
- 3) Liderazgo industrial mediante el desarrollo de tecnologías y sus aplicaciones para mejorar la competitividad europea, centrándose en campos como la nanotecnología, biotecnología, los materiales avanzados, fabricación y transformación avanzada y el desarrollo de las TICs.



Figura 5. Horizonte 2020. Elaboración Propia.

La estrategia europea para alcanzar un crecimiento inteligente, sostenible e integrador, consiste en implementar cambios que permitan recuperar la hegemonía de la industria: Industria 4.0.

El concepto, de origen alemán, fue acuñado por el presidente de la Academia alemana de Ciencias e Ingeniería (Acatech), Henning Kagermann, y presentado por primera vez en la Feria de Hannover de 2011. Industria 4.0 es una iniciativa estratégica impulsada por el gobierno alemán que recoge todo un conjunto de recomendaciones para responder a los retos que plantea el objetivo europeo “Horizonte 2020”.

7.2 RETOS

En primer lugar, Industria 4.0 busca cumplir con los requisitos de cada cliente. La evolución de las TICs ha propiciado que las personas tengan un gran acceso a la información, obteniendo así más capacidad de elección y negociación, además de un mayor conocimiento de las características y de la relación calidad-precio de los productos.

Las nuevas tecnologías facilitan una toma de contacto rápida y personal entre las empresas y los clientes y por consiguiente, mayor eficiencia a la hora de vender o resolver problemas. Las empresas están más cerca de su público objetivo y tienen la oportunidad de conocer sus

opiniones, gustos o preferencias, y convertir esta información en productos totalmente adaptados a cada cliente.

En segundo lugar, la sostenibilidad y eficiencia de los recursos. La Sostenibilidad se refiere al esfuerzo de minimizar los impactos negativos en las relaciones ambientales, sociales y económicas.

La industria 4.0 va a impactar positivamente en los tres pilares del concepto de sostenibilidad (económico, ambiental y social), también conocidos como Triple Bottom Line. Este concepto nace a mediados del siglo XX en las empresas con el fin de medir no solamente los resultados económicos, sino también el impacto de su actividad en el medio ambiente y en la sociedad. Hace referencia a los valores centrales de las empresas que promueven la práctica sostenible, como son el desarrollo económico, basado en minimizar costes y riesgos aumentando la competitividad; la responsabilidad ambiental mediante la optimización del uso de los recursos y la energía y la reducción de la contaminación; y el bienestar social, referido a la mejora de las condiciones de trabajo y desarrollo de responsabilidad social en los productos y servicios. (Palma, Marcelo J., 2017).

El tercer reto se dirige a la optimización de la toma de decisiones. Las nuevas tecnologías se caracterizan por la constante producción y recepción de información en forma de datos. El reto de la Industria 4.0 consiste en crear herramientas para analizar la información masiva que nos permita entender lo que está pasando y prever lo que está por venir y así, ser capaces de anticiparnos a los sucesos, o reaccionar rápida y adecuadamente ante distintas situaciones, es decir, una toma de decisiones eficiente.

El cuarto reto a abordar radica en la colaboración entre hombre y máquina. En la Industria 4.0, los robots serán destinados tanto a aquellas tareas rutinarias, repetitivas y pesadas, como aquellas que obliguen a la máxima precisión en la elaboración del producto, mientras que se redefinirá el perfil de los nuevos trabajadores, enfocado a una mayor cualificación para la ejecución de labores de diseño, creación, programación, toma de decisiones y control de los propios robots (Kagermann, 2013).

Por último, otro de los retos a afrontar radica en el principio de “safety and security”. “Security” hace referencia a la seguridad digital, es decir, a la protección de la información contra el mal uso o accesos no autorizados. Este principio se establece como base de privacidad que garantice la defensa contra violaciones de los derechos e información personal. En cuanto a “safety”, el concepto se refiere a la seguridad física, como protección frente a riesgos y amenazas operativas que pongan en peligro a los empleados. En la nueva industria, donde aumentarán la conectividad, la apertura y exposición, y la participación de todos los actores, se hace necesaria la puesta en práctica de la protección preventiva y predictiva, en contraposición con la actuación tradicional caracterizada por un enfoque a posteriori, así como el establecimiento de mayores niveles de confidencialidad.

7.3 TECNOLOGÍAS FACILITADORAS

La incorporación de las TICs en la sociedad ha ido adquiriendo una creciente importancia y ha ido evolucionando a lo largo de estos últimos años en diversos ámbitos. La utilización y aplicación de las TICs ha sido amplia en sectores tales como el de telecomunicaciones, sanidad, la educación, donde ya son una herramienta de trabajo básica para el profesorado y el alumnado, sin embargo, la industria ha quedado un tanto relegada en ese sentido.

La idea básica en que se fundamenta la Industria 4.0 es la aplicación masiva de las nuevas tecnologías, con Internet a la cabeza, a todos los procesos de una fábrica, de modo que el funcionamiento de la misma sea inteligente y absolutamente eficiente. Conlleva por tanto, la implantación de una red tecnológica de producción inteligente para que máquinas, dispositivos y sistemas colaboren entre sí. De esta manera se consigue fusionar el mundo real y virtual en las fábricas permitiendo progresar en la optimización del control de los procesos de trabajo y de las cadenas de suministro.

Algunas de las tecnologías facilitadoras e indispensables para la transición a la Industria 4.0 son las siguientes: Internet de las Cosas, Sistemas Ciberfísicos, Big Data, Data Mining y Data Analytics, Inteligencia Artificial, Fabricación aditiva e impresión 3D, Realidad virtual y realidad aumentada y Robótica colaborativa. Estas tecnologías facilitadoras deben ser implementadas de forma integrada, ya que se complementan unas a otras en el camino a la mejora continua y a la digitalización de las fábricas. (Figura 6).

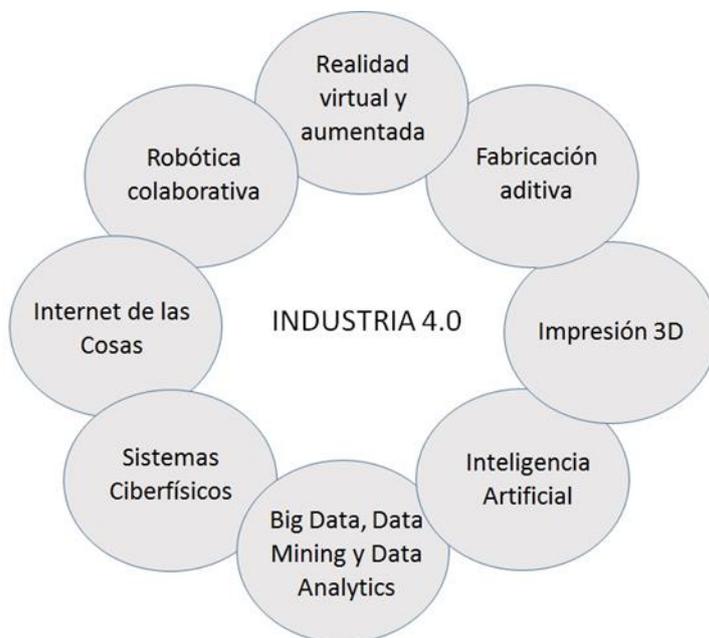


Figura 6. Tecnologías facilitadoras de la Industria 4.0. Elaboración Propia.

A continuación se procede a la descripción de cada una de las tecnologías y de sus principales utilidades.

7.3.1 Internet de las Cosas y Sistemas Ciberfísicos

En el momento en que el número de dispositivos conectados a Internet superó a la población mundial, fue cuando nació el concepto IoT (Internet of things). Es básicamente la capacidad de poder conectar a Internet cualquier objeto, y el componente tecnológico fundamental sobre el que se forja el paradigma Industria 4.0. Ahora bien, para que el IoT funcione necesita un intermediario entre el mundo físico y el virtual, que son los denominados Sistemas Ciberfísicos.

Los sistemas Ciberfísicos son todos aquellos dispositivos que integran capacidades de procesado, almacenamiento y comunicación con el fin de poder controlar uno o varios procesos

físicos. Estos sistemas intercambian datos en tiempo real a través de Internet, conformando sistemas mayores.

De aquí deriva el concepto de IIoT (Industrial Internet of Things), que se refiere al uso de las tecnologías IoT en los procesos industriales. La digitalización de extremo a extremo de las fases productivas dará lugar a instalaciones autónomas y cadenas de producción auto gestionables, elevando la cadena de valor del producto a un nuevo nivel de organización y control, gracias a la interacción e integración de los distintos eslabones (investigación, desarrollo, diseño, producción, logística y prestación de servicios).

Así mismo, se consigue una industria integrada, lo que se refiere a la unión entre el mundo físico y virtual. Esto facilita la conexión y comunicación entre las diferentes áreas y sectores de una industria, sirviendo de base para la circulación y disponibilidad en tiempo real del conjunto de información y datos generados en los distintos procesos. Esta conectividad y retroalimentación constante e instantánea será soporte de una mejora en la toma de decisiones.

7.3.2 Big Data, Data Mining y Data Analytics

Big Data es la colección, gestión y análisis a alta velocidad de grandes, dinámicos y heterogéneos volúmenes de datos generados por usuarios y máquinas, y que, debido a su tamaño y complejidad, superan las capacidades de procesamiento de las herramientas de software tradicionales, por lo que requieren de innovadoras técnicas para su procesamiento y tratamiento.

La cantidad de información que actualmente se almacena en relación a diferentes procesos y sistemas (tanto industriales como logísticos), servicios (ventas, conexiones entre usuarios, consumo eléctrico, etc.) o tráfico de datos (logs en routers y equipos, entre otros) puede proporcionar información muy valiosa acerca del comportamiento de estos procesos. Se pueden prevenir problemas en un determinado proceso industrial a través de la detección de resultados o medidas anómalas, o determinar qué eventos están relacionados dentro de un proceso más complejo, facilitando su gestión a través de la predicción, sabiendo de antemano que un evento desencadenará otro con cierta probabilidad. Además, a partir de toda esta información, se puede predecir qué recursos van a ser necesarios, pudiendo optimizar su uso de forma automática y proactiva.

Según un estudio publicado por Universia España en 2015, se estimaba que para 2020 cada individuo crearía 1,7 megabytes de información nueva por segundo. Ese año, se importarían más de 1.400 millones de smartphones, todos ellos con sensores capaces de recolectar todo tipo de datos, sin mencionar aquellos creados por los mismos usuarios del móvil y para 2020 tendremos más de 6.100 millones de usuarios de smartphones en el mundo. En total habrá más de 50.000 millones de dispositivos inteligentes conectados en el mundo, todos desarrollados para recolectar, analizar y compartir datos y al menos la tercera parte de todos los datos pasarán por la nube, una red de servidores conectada mediante Internet.

De momento solo se analiza y utiliza el 0,5% de todos los datos que existen, por lo que el potencial que este mercado presenta, es difícil de imaginar. Saber cómo interpretar esta gran cantidad de datos permite a la empresas conocer mejor a sus clientes, sus gustos, intereses y necesidades, por lo que, con ayuda de Big Data, se puede ofrecer una gran personalización y,

por consiguiente, generar nuevos modelos de negocio encaminados a la “servitización”, es decir, ofrecer el producto en sí acompañado de un paquete de servicios postventa y mantenimiento.

7.3.3 Inteligencia Artificial

Cada vez es más común la implantación de procesos o sistemas inteligentes. Esta aplicación integral de la inteligencia se conoce como “smartización”. Son herramientas y tecnologías capaces de procesar en tiempo real grandes volúmenes de información que extraemos de las tecnologías Big Data, así como algoritmos capaces de aprender de forma autónoma a partir de la información que reciben. Esto deriva en la capacidad de optimización de redes, mediante la explotación y coordinación de los dispositivos conectados. Además, esta tecnología dará lugar a agregación de conocimiento proveniente de experiencias de funcionamiento pasadas que permitan la prevención y anticipación a los problemas, así como aumentar la velocidad de respuesta, incluso hacerlo de forma autónoma.

Por otro lado, los productos inteligentes son aquellos que conocen los detalles de cómo deben ser fabricados y cómo están destinados a ser utilizados. Se pueden distinguir dos niveles: por un lado, encontramos los recursos, materiales o productos semielaborados, y por otro, los productos elaborados.

Los primeros, conocen los detalles de cómo deben ser fabricados y como deben ser usados. Apoyan activamente la producción contestando preguntas como: ¿Cuándo fue fabricado?, ¿Qué parámetros deben usarse para su procesamiento?, ¿Dónde debe dirigirse?, etc. Además, posibilitan su ubicación en todo momento a lo largo de la planta productiva, lo cual significa que son capaces de controlar las etapas individuales de su producción. Es más, si durante su elaboración, alguna de las máquinas falla, el producto tiene la inteligencia y autonomía para buscar una ruta alternativa hacia otra máquina operativa para continuar con su elaboración sin interrupciones. Es cierto que estos productos inteligentes no tendrían utilidad de no ser por las fábricas inteligentes dotadas de movilidad, logística y redes inteligentes (Kagermann, 2013). Esto significa que el producto será quien determine el diseño de las plantas productivas, y serán las máquinas quienes deban adaptarse a él, al contrario de lo que ha ocurrido hasta ahora.

En cuanto a los productos terminados, además de ser capaces de identificar cuándo están acabados y avisar de ello para su salida al mercado, son conocedores de los parámetros establecidos que delimitan su correcto funcionamiento, de tal forma que pueden reconocer signos de desgaste y facilitar su mantenimiento. Lo que se busca con esta nueva generación de productos orientados al servicio, es conseguir el desarrollo de paquetes individuales de productos, servicios y soporte, conocido como “smart connected products”, ofreciendo así un conjunto único y personal a cada cliente. (Kagermann, 2013)

7.3.4 Fabricación aditiva e impresión 3D

El término Fabricación Aditiva engloba un conjunto de tecnologías cuyo funcionamiento consiste, básicamente, en la adición sucesiva de material a escala micro-métrica, depositándolo con precisión y fabricando capa a capa, de tal forma que la superposición de éstas origina sólidos en 3D. Este nuevo concepto supone una ruptura con el medio de fabricación practicado hasta ahora conocido como “Fabricación Sustractiva”, que consiste en pulir un trozo bruto de material hasta la obtención del objeto deseado. (Kagermann, 2013)

Este sistema de fabricación, permite realizar productos de gran complejidad geométrica así como ganar en personalización, ya que se pueden diseñar productos completamente iguales o totalmente diferentes, así como en ergonomía, ya que facilita diseñar los componentes adaptándose a cada usuario. También proporciona ventajas en el proceso productivo ya que posibilita reducir el tiempo que transcurre desde que un producto es concebido hasta que está listo para su comercialización, fabricar series más cortas, disminuir los errores de montaje mediante la obtención directa de piezas completas, evitando operaciones intermedias y optimizar el uso de materiales.

Así mismo, la impresión 3D que es un tipo de tecnología aditiva muy extendida, permite entre otras cosas la personalización de la producción inherente a la Industria 4.0. No encarece el proceso porque permite fabricar productos, sin penalizar el coste, independientemente de si se tiene que fabricar un determinado número de piezas iguales o todas distintas. Además, hace mucho más sencillo producir lotes pequeños de productos, desde pequeñas piezas de maquinaria hasta prototipos, lo que acelera bastante la puesta en marcha de proyectos.

7.3.5 Realidad virtual y aumentada

La Realidad Aumentada consiste en la superposición de información digital sobre un escenario real. Para lograr esta visualización, es imprescindible disponer de aplicaciones y dispositivos como móviles o gafas inteligentes. A nivel industrial, la Realidad Aumentada permite la convergencia entre datos, productos, máquinas y personas mostrando información personalizada y adaptada a cada contexto en que se encuentre el usuario. Una de las principales aplicaciones de esta tecnología, se basa en la introducción de textos explicativos superpuestos a imágenes de Realidad Aumentada que faciliten la elaboración de las tareas, es decir, como un manual de instrucciones digital e interactivo.

Las gafas inteligentes están siendo especialmente útiles en el sector de la automoción ya que sirven para ver con detalle un motor, de tal forma que los mecánicos ven la información específica que necesitan para saber cómo montar y desmontar las piezas. Realidad aumentada significa ganar en detalle y realismo.

Es importante no confundir Realidad aumentada con Realidad Virtual, dado que este último te traslada a un escenario no real, es decir, todo aquello que se visualiza es “imaginario”, mientras que en Realidad Aumentada se refleja la realidad del entorno o contexto en que se sitúe el usuario, permitiendo proyectar sobre él cualquier tipo de información adicional de carácter digital

Por otro lado, la Simulación es una tecnología que permite trasladar el mundo real al mundo virtual, creando modelos 3D (como si fuesen maquetas) sobre los cuales se puede “experimentar”. Cualquier cosa u objeto, desde máquinas y piezas, hasta líneas de montaje, incluso instalaciones y plantas de producción al completo se pueden simular. Si la empresa puede simular cada paso que quiera dar antes de hacerlo, ganará en flexibilidad, productividad y tiempo. Hasta ahora determinados tipos de información solo podían obtenerse a través del clásico “prueba y error”; sin embargo, esta tecnología permite “prevenir” los fallos.

Con la simulación, los operarios podrán entrenar, aprender, formarse y practicar con anterioridad a la puesta en funcionamiento, lo cual derivará en una disminución de costes y tiempos, en aumentos de productividad y ahorros energéticos, así como en optimización y

eficiencia. Esta tecnología se usa, principalmente, con anterioridad a la realización de una actividad u operación, de tal forma que se pueda “practicar o experimentar” en el modelo virtual y trasladar el resultado al modelo físico, mientras que la Realidad Aumentada, como hemos visto anteriormente, permite interactuar en tiempo real, es decir, indica los pasos a seguir cual manual de instrucciones digital al mismo tiempo que se realiza la tarea.

7.3.6 Robótica colaborativa

Este término define a una nueva generación de robots industriales que coopera con los humanos de manera estrecha, sin las características restricciones de seguridad requeridas en aplicaciones típicas de robótica industrial.

La Robótica Colaborativa ofrece aumentos en el nivel de automatización de las fábricas, pero en términos específicos el uso de esta nueva familia de robots permitirá ganar en flexibilidad, ya que será posible reconfigurarlos y reutilizarlos (incluso podría decirse reubicarlos) para el desarrollo de distintas operaciones de producto y en diferentes lugares de la planta productiva, respectivamente. Por otro lado, incorporarán sensores que les conectarán con el resto de elementos de la fábrica, y dotará de una capacidad perceptiva de su entorno, sirviendo de fuente para la obtención constante de datos de todo cuanto ocurra a su alrededor, que sumado a su inteligencia, posibilitará no solo una toma propia de decisiones y respuestas de actuación en tiempo real sino, además, el uso de esa información como elemento activo de control.

Otro aspecto importante que otorga la implantación de sensores y la percepción del entorno, radica en la capacidad de crear un modelo en 3D del mismo, lo cual les permitirá planificar sus movimientos sin colisión, aumentando así también la seguridad para con las personas con las que comparten el mismo espacio y trabajan codo con codo.

El empleo de esta nueva tecnología significará la transición de un modelo de operaciones tradicional, donde el robot trabaja de manera aislada, hacia un modelo evolucionado y completo, donde el robot evaluará en todo momento las condiciones del contexto, decidiendo cómo actuar en tiempo real y para cada caso, ganando en productividad y eficiencia.

8. LA INDUSTRIA 4.0 EN AUTOMOCIÓN Y EN LA FORD MOTOR COMPANY

Desde siempre, el sector de la automoción ha crecido al ritmo de la tecnología. Actualmente, este sector tiene el reto de adaptarse con rapidez y acierto a los cambios que trae consigo la industria 4.0. Si bien la innovación y los cambios tecnológicos traen asociada cierta incertidumbre, su desarrollo e implantación adecuados pueden ayudar a mitigarla, contribuyendo notablemente en la competitividad de las empresas. La progresiva automatización de la industria también jugará a favor de la capacidad de prever los cambios a corto y medio plazo y adaptarse a ellos lo antes posible. Tanto la conectividad de los objetos como la recopilación de datos cambiarán el proceso de fabricación y los modelos de negocio.

Para empezar, las innovaciones que se van incorporando progresivamente contribuyen a la mejora continua de la productividad del sector. Según un informe de Capgemini (corporación multinacional francesa que proporciona servicios de Tecnología de la información), titulado “Automotive Smart Factories: How Auto Manufacturers can Benefit from the Digital Industrial Revolution” que podría traducirse como: “Fábricas de automoción inteligentes: ¿Cómo aprovechar el potencial de la revolución industrial digital?”, elaborado por el Instituto de Transformación Digital, el sector de la automoción es la industria fabricante más entusiasta con el concepto de fábricas inteligentes, ya que está realizando mayores inversiones y fijando objetivos más elevados para sus operaciones de fabricación digital que cualquier otro sector.

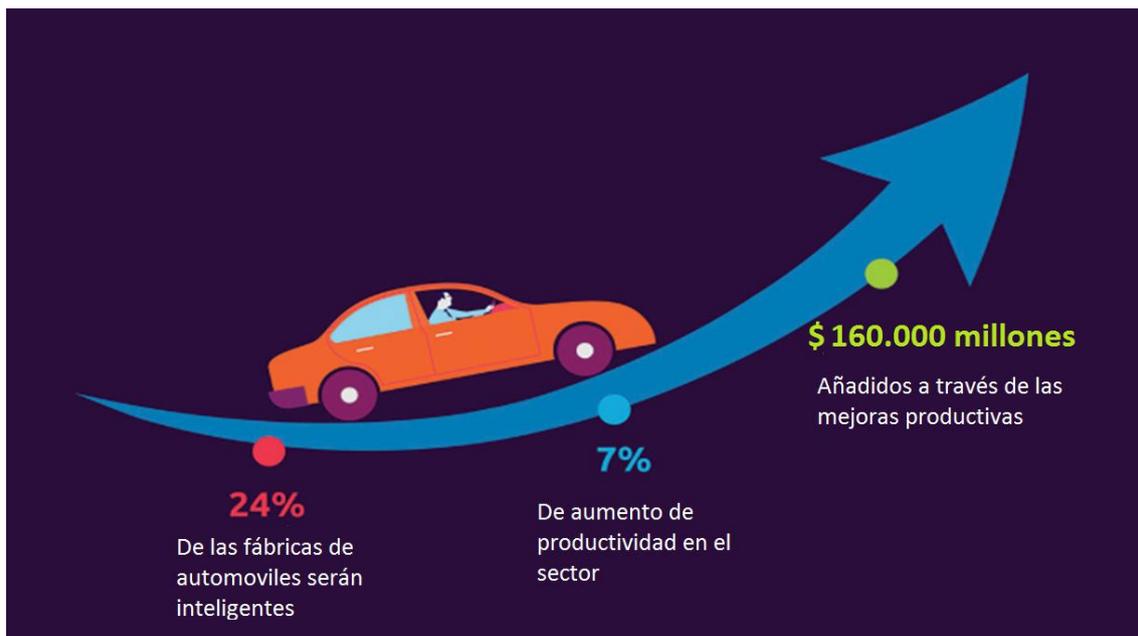


Figura 7. Fábricas de automoción inteligentes. Fuente: Instituto de Transformación Digital de Capgemini.

Tal y como se muestra en la Figura 7, en dicho informe se prevé que para el año 2023:

- El 24% de las plantas de los fabricantes de automóviles ya serán inteligentes.
- La productividad del sector del automóvil aumentará un promedio del 7% gracias a la digitalización de las fábricas.
- La industria del automóvil logrará ganar unos 160.000 millones de dólares anuales a través de las mejoras productivas que se irán presentando, gracias a la implantación de fábricas inteligentes.

Un fabricante podrá alcanzar el punto de equilibrio en el primer año desde la implementación de este tipo de plantas digitales. La introducción de nuevas tecnologías ya ha empezado, pues el 46% de estos fabricantes ya están digitalizando sus plantas en diferentes niveles de implementación y un 43% de ellos ya están formulando las iniciativas de transformación.

Faurecia es el sexto mayor fabricante internacional de partes automotrices en el mundo y el socio preferido de los fabricantes de automóviles más grandes del mundo que valoran su excelencia operativa y experiencia tecnológica. Grégoire Ferré, director del área digital de Faurecia y cliente de Capgemini, comenta que "la utilización de la tecnología inteligente en las fábricas ha impulsado fuertemente la productividad de los empleados. Utilizan herramientas sofisticadas como son los robots inteligentes que contribuyen a crear un entorno más seguro, lo que a su vez les permite dedicar más tiempo a otras tareas que en estos momentos pueden generar mayor interés".

En concreto, Ford es la primera compañía de fabricantes de automóviles que utiliza los robots inteligentes para integrarlos al equipo de trabajo. Estos robots, denominados cobots, son totalmente seguros y están equipados con sensores de alta tecnología para detenerse de inmediato en caso de detectar objetos extraños en su trayectoria, y garantizar por completo la seguridad de los operarios.

Además de garantizar la seguridad de los trabajadores, está cobrando gran importancia la idea de inclusión de los operarios en las tomas de decisiones como vía de motivación, ya que este hecho provoca que las personas se sientan más comprometidas a lograr los resultados deseados. Hay ocasiones en que se debe aprovechar el conocimiento y la experiencia de un mayor número de personas y la manera más adecuada de proceder a la hora de tomar decisiones en una empresa es analizar la situación desde todos los puntos de vista posibles.

Ford ha contado con la opinión de más de 1.000 operarios que se dedican a la línea de montaje para poder identificar tareas y optimizar la creación de nuevos cobots diseñados para estas. El trabajo físico, monótono y repetitivo que realizaban los obreros en Ford en las líneas de montaje, ahora lo realizarán máquinas totalmente automatizadas, reconfigurables y reutilizables para el desarrollo de distintas operaciones y en diferentes lugares de la planta productiva.

Otro de los grandes cambios que trae la industria 4.0 en el sector de la automoción es el rol del cliente. Hace tiempo que la mayoría de los compradores de coches utiliza las webs de los fabricantes como principal fuente de información, así como para decidir cuándo y dónde comprar su automóvil. Las empresas deben crear una cultura organizacional orientada a la satisfacción de los clientes ya que estos desarrollan expectativas sobre el producto, y el objetivo de la empresa no es solo alcanzarlas, sino superarlas. Cobra gran importancia diseñar productos personificados y totalmente orientados al cliente para poder destacar en un mercado en el que se compite globalmente, y llamar así la atención del público objetivo.

Un poderoso activo para optimizar procesos es conocer la ruta de experiencia del cliente, es decir, el conjunto de sensaciones que experimenta un cliente con una marca desde su opinión sobre ella antes del servicio, hasta el servicio post-venta. Para clientes internos, esta ruta de experiencia puede ser la misma cadena de distribución, y para externos, puede ir desde la publicidad, el contacto inicial, la adquisición del producto o servicio y, por supuesto, el servicio postventa. (Figura 8).

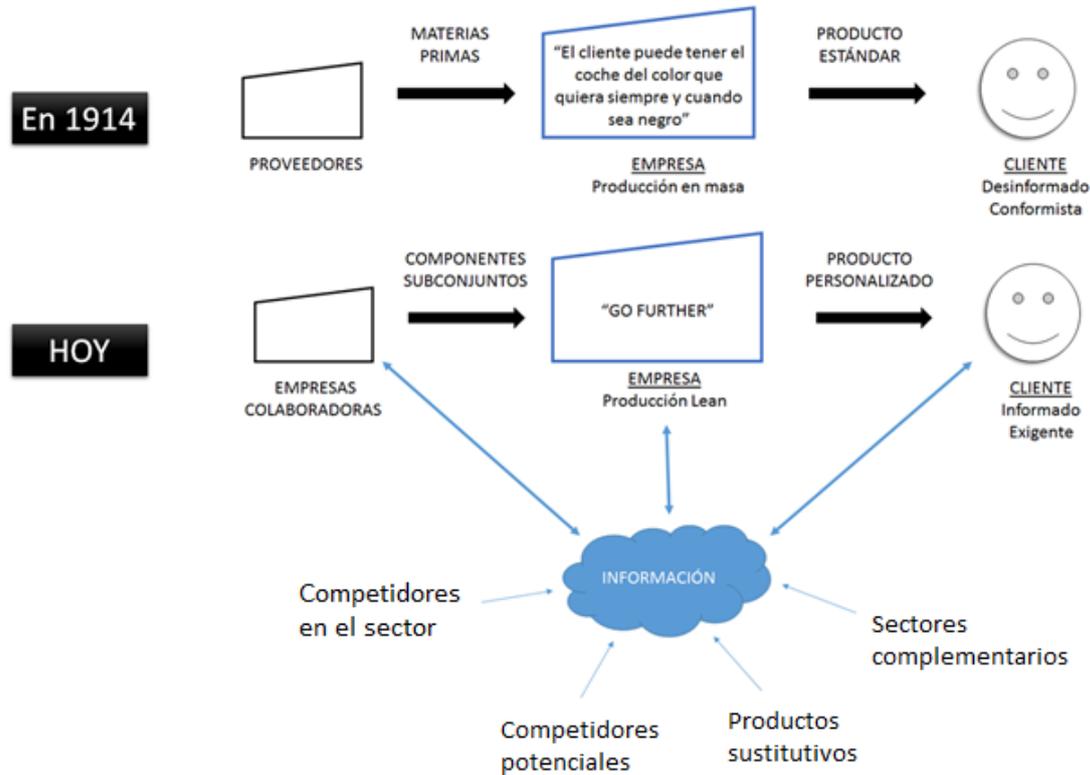


Figura 8. Evolución de la cadena de valor. Elaboración Propia

En la imagen se representa un ejemplo de las relaciones entre proveedores, empresa y cliente en dos momentos diferentes en la historia. En 1914, no existía apenas relación y Ford se dedicaba a la fabricación en series muy grandes de coches estándar, que después intentaba vender mediante técnicas comerciales como publicidad, reducción de precios, etc. Cabe mencionar la famosa frase que el propio Henry Ford escribió en su autobiografía: “El cliente puede tener el coche del color que quiera siempre y cuando sea negro”. Durante varios años Ford solo fabricaba coches negros porque este color era el que más rápido se secaba, y también era más barato que otros colores, y al fin y al cabo, el objetivo era fabricar un coche que todo el mundo pudiese comprar. Sin embargo, hoy en día, el cliente es mucho más exigente y tiene a su disposición todo tipo de información y una inmensa gama para elegir, por lo que los fabricantes tienen que “ir más allá” (Go further es el último eslogan de Ford) de un simple coche, y fabricar un producto específicamente diseñado para cada cliente. Además, los fabricantes no solo disponen de información sobre sus consumidores y sus empresas colaboradoras, sino que pueden obtener información de fuentes externas como de sus competidores y sus competidores potenciales en el sector, sobre sectores complementarias, productos sustitutos...

Las empresas deben comprender la evolución de las necesidades de los clientes y diseñar vehículos que puedan ser fácilmente reconfigurados. En la Industria 4.0, los fabricantes y los clientes están conectados a través de internet y hay información disponible tanto de fuentes externas (opiniones de los clientes, experiencias, quejas, deseos...) como internas (funcionamiento de las máquinas, defectos, opiniones de los empleados...). Los laboratorios de innovación mediante herramientas de analítica avanzada, detectarán las tendencias demandadas en un futuro inmediato por los clientes, y podrán introducirlas en sus procesos de producción.

Dentro de esta apuesta por llegar al cliente con más rapidez se deben simplificar los procesos de comercialización y acortar los ciclos de desarrollo. Por ello, las relaciones con los proveedores también han cambiado. La relación ya no es una simple compra-venta de materia prima, sino que se requiere colaboración entre proveedores y fabricantes para poder cumplir con éxito los principios de la producción ajustada.

En los próximos años, el volumen de dispositivos conectados (Internet de las Cosas, o IoT) va a aumentar de forma relevante, por lo que otro reto al que se enfrenta el sector es cómo sacarle el máximo potencial a los datos disponibles.

Más de 130 investigadores, ingenieros y diseñadores forman el equipo de HMI (Interacción Hombre-Máquina) de Ford, que está encontrando nuevas formas de integrar diferentes tecnologías digitales en la Ford F-150, el modelo de camioneta (pickup) fabricado por Ford Motor Company desde el año 1948 en Estados Unidos. Las incorporaciones van desde paneles de instrumentos hasta iluminación, diseño de sonido, sistemas de entretenimiento y más.

El equipo de HMI utiliza una serie de actividades de investigación cuantitativa y cualitativa para conocer al cliente: quiénes son, qué es lo que quieren de un vehículo como el F-150 y cómo utilizan sus características. Analizar las tendencias de estos mercados, los patrones de empleo y los desarrollos de estilo de vida es lo que revela las expectativas que los clientes tienen respecto a la tecnología digital, la marca Ford y la F-150. Esta escucha atenta condujo al desarrollo de My View, una función innovadora que permite personalizar el contenido y el orden de las pantallas de cabina del conductor del vehículo y acceder a ellas con solo tocar con el dedo. El objetivo es mejorar la seguridad y la eficiencia, además de ofrecer a los clientes de F-150 mucha flexibilidad y personalización al camión.

Por otro lado, las empresas deben cambiar el chip puesto que ya no son compañías solo de desarrollo y producción, sino también tecnológicas equipadas con dinámicas de trabajo orientadas a la innovación. Es importante el trabajo simultáneo en el desarrollo de productos inteligentes y en los procesos de fabricación, ya que cada vez se valora más añadir servicios a los productos físicos y aumentar el componente informático de los productos, es decir, crear coches inteligentes.

El 90% de las innovaciones y nuevas incorporaciones de los coches están impulsadas por la electrónica, que representa entre el 35-40% del coste de producción medio de un vehículo, y la oferta tecnológica del vehículo jugará un papel cada vez más relevante en la escala de preferencias del consumidor.

En un mundo digital que nos bombardea con pitidos, vibraciones y alarmas, el grupo Ford Vehicle Harmony trata de que los sonidos del vehículo se hagan útiles y ayuden a conectar a los usuarios con el producto a un nivel superior. La información que se transmite con los diferentes sonidos que se pueden producir dentro de un automóvil, denominada dentro del grupo de Ford como "lenguaje tácito de los sonidos", permite comunicar e informar sobre las condiciones del tráfico y el estado del vehículo a los conductores, mientras estos mantienen la vista hacia adelante y las manos en el volante. Para construir este lenguaje, el equipo debe encontrar el equilibrio correcto de frecuencia, volumen, cadencia y tono que coincida con la urgencia del mensaje transmitido. Este enfoque ha conducido a una paleta de aproximadamente 30 sonidos únicos de vehículo, desde el cálido "tic-tock" de la señal de giro hasta los sonidos más nítidos de la alerta de tráfico cruzado y la advertencia de colisión frontal.

También se está trabajando en los coches interconectados para que el usuario pueda acceder a todo tipo de información desde su vehículo: su cuenta bancaria, el estado del tráfico, parkings con plazas libres... Sin embargo, los vehículos de Ford a menudo se mueven en áreas que van más allá de la cobertura de red tradicional.

El departamento de “Advanced Connective Services” de Ford, colabora actualmente con la Universidad Politécnica del Estado de San Petersburgo para explorar nuevas formas de crear conexiones entre los vehículos y la infraestructura al borde de la carretera, como son las señales de tráfico. El impacto de esta conectividad mejorada podría mejorar las capacidades del usuario en el automóvil, como el acceso a Internet, y ofrecer nuevas oportunidades para que la infraestructura inteligente identifique y responda a atascos y accidentes a medida que ocurren.

En la actualidad, a los activos tangibles, hay que añadirle la importancia de los intangibles. El activo tangible es aquel que es material, es decir, se puede tocar, a diferencia de los activos intangibles. Entre estos últimos se encuentran los gastos de I+D, la propiedad intelectual, el conocimiento industrial o el reclutamiento de talento. Puesto que son las personas, los equipos, los que lideran las transformaciones, es imprescindible que las empresas del sector sean capaces de atraer talento, desarrollarlo y retenerlo. Así pues, innovaciones como la realidad virtual o las herramientas para compartir conocimiento a distancia jugarán un papel clave.

En relación a esto, Ford está expandiendo su investigación y desarrollo de baterías para vehículos eléctricos, implementando instalaciones de investigación e ingeniería en Europa y Asia, para aprovechar las nuevas oportunidades de mercado. Las ampliadas capacidades del Laboratorio de Ingeniería de Ford, permitirán al equipo controlar una red de instalaciones conectadas a nivel mundial en China, Inglaterra, Alemania y los EEUU. Esta red, facilitará que los equipos de ingeniería de Ford’s Electrified Powertrain compartan tecnologías y prueben baterías virtualmente, en tiempo real, para acelerar el desarrollo de nueva tecnología mientras se reduce la necesidad de prototipos costosos.

9. EFECTOS DE UNA NUEVA TECNOLOGÍA

Es fácil darse cuenta de que en la base de cualquier revolución industrial, se encuentra toda una serie de adelantos tecnológicos que la hacen posible. Esto quiere decir que para que se produzca una revolución, tiene que haberse producido una innovación, o dicho de otra forma, el desencadenante de la revolución es una discontinuidad tecnológica que rompe con lo establecido hasta ese momento.

9.1 CICLO TECNOLÓGICO

Una discontinuidad tecnológica se produce cuando se satisface una necesidad similar pero a partir de una base de conocimiento totalmente nueva. Este concepto de discontinuidad tecnológica se entiende mejor partiendo de “la curva en S” creada por Richard N. Foster (1987), que representa el ciclo de desarrollo de una tecnología.

Los resultados evolucionan en función del esfuerzo invertido. Al principio la curva muestra una lenta mejora inicial debido a que la base de conocimiento o los fundamentos tecnológicos están poco desarrollados, pero conforme se consigue un conocimiento más profundo, la mejora comienza a acelerarse y se consiguen mejores resultados con menos esfuerzos hasta que la tecnología alcanza sus límites, el coste de mejora marginal se incrementa, y entonces la curva vuelve a aplanarse. Cuando se llega a la etapa de saturación, los resultados no aumentan a pesar de las inversiones en mejora de la tecnología, entonces a la derecha y por encima, aparece una nueva curva en S que empieza otro ciclo de mejoras. Al hueco que existe entre las dos curvas se le denomina discontinuidad tecnológica (Figura 9).

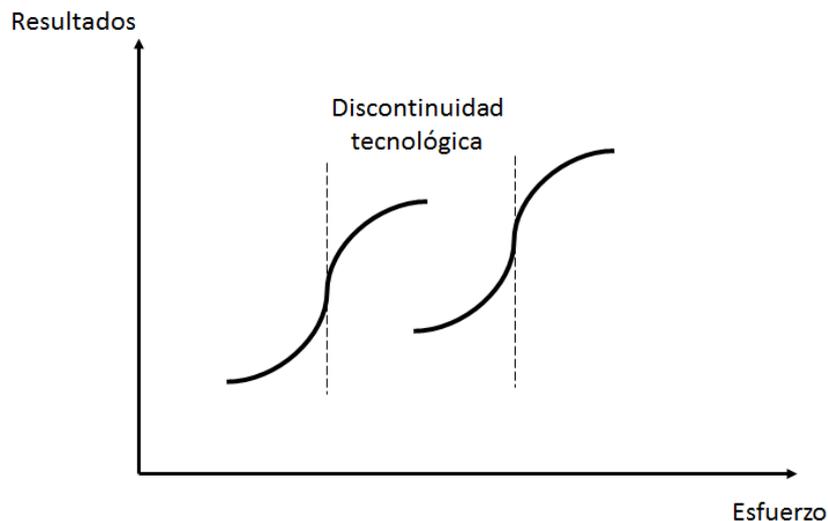


Figura 9. Discontinuidad tecnológica. Elaboración Propia a partir de Foster, 1986.

En la fase de madurez y estancamiento (segunda mitad de la curva), la innovación se desarrolla mejorando a su vez la tecnología que nos ha servido de referencia y de base durante tanto tiempo, hasta que aparece una nueva solución.

La curva S se divide en cuatro etapas, representadas en la Figura 10, que conforman el Ciclo de Vida:

1. Emergencia o Introducción

Es el proceso donde se introduce la tecnología, es decir, se produce una variación o discontinuidad tecnológica. El desarrollo es pequeño y sólo unos pocos pueden tener acceso a la tecnología dado que aún no se conoce en el mercado. Los costes son altos y los beneficios son casi nulos. En esta etapa, se debe invertir en la promoción de la tecnología, ya que como sus atributos no son conocidos por la sociedad, existe muy poco interés por querer adquirir y probar los nuevos beneficios de la tecnología ofrecida.

2. Crecimiento

Es el proceso donde se realiza una mejora de las características de la nueva tecnología. La tecnología se encuentra en pleno posicionamiento en el mercado, por lo que se debe invertir en la promoción para conservar o aumentar la posición y no dar espacio a los competidores entrantes que ofrecen tecnologías sustitutivas. Los costes siguen aumentando, pero los beneficios aumentan en mayor proporción que en la etapa de emergencia, entonces existen rendimientos positivos.

3. Madurez

Es el proceso donde la tecnología se estabiliza en el mercado. La tecnología se encuentra en el periodo más rentable, sus costes son mínimos porque no se necesitan grandes inversiones para permanecer en el mercado, y los beneficios permanecen estables con una pequeña desviación al alza. Las inversiones se limitan a mejorar algunos de los atributos de la tecnología, para ir adaptándola a los cambios que se producen en el entorno. También es el momento en que se desarrollan tecnologías complementarias.

4. Saturación o Declive

La tecnología se estanca y los beneficios disminuyen debido a que los consumidores prefieren tecnologías con mejores rendimientos. Es importante destacar que existen tecnologías que no llegan a esta etapa debido a que en la etapa anterior van adaptando sus características según las necesidades del mundo cambiante.

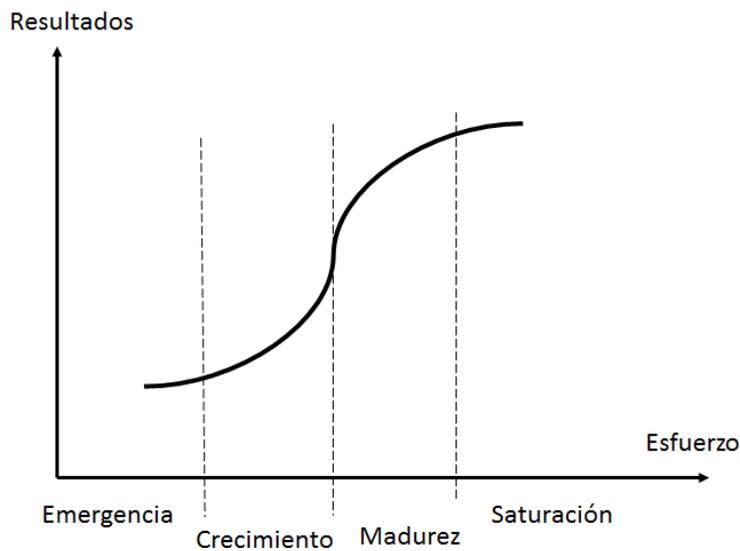


Figura 10. Ciclo de vida de la tecnología. Elaboración Propia a partir de Foster, 1986.

Esto es lo que ha venido pasando a lo largo de la historia con diferentes tecnologías, que han influido notablemente en muchos ámbitos, e incluso han dado lugar a revoluciones no solo industriales, sino también sociales, económicas y políticas. A continuación se analiza el ciclo de vida de la cadena de montaje por su relevancia en el trabajo.

1. Emergencia.

La idea teórica nace con el taylorismo, es decir, la base del conocimiento fue el sistema de organización del trabajo y de los tiempos de ejecución del mismo, que sigue los principios señalados por el ingeniero y economista estadounidense Frederick Taylor. Quien puso la idea en práctica fue Ransom Olds, que inauguró su cadena de montaje en 1901 construyendo su prototipo.

2. Crecimiento

A pesar de no ser el inventor, el sistema de cadena de montaje tomó popularidad unos años después, gracias a Henry Ford, quien tomando la idea de Olds, desarrolló una cadena de montaje que permitía producir más, en menos tiempo, y a menor coste. El producto más exitoso fue el Ford T. Visto el éxito, muchas fábricas imitaron las técnicas de Producción de Ford, y adquirieron la cadena de montaje como método habitual de fabricación en la industria.

3. Madurez

En la mayoría de las industrias, se facilitó progresivamente la instalación de máquinas fijas en distintos puntos de la cadena de montaje que, con la aparición del control numérico en la década de los 40-50, fueron ganando automatización a la vez que precisión y posibilidades de uso y procedimientos.

El desarrollo del uso de la energía eléctrica permitió crear nuevas máquinas y mejorar las cadenas ya existentes, como es el caso de las soldaduras por arco eléctrico que ampliaron la aplicación de esta técnica gracias a la facilidad de uso que presentaba.

4. Saturación

A finales del siglo XX, la fabricación en serie en el sector del automóvil fue superada por una nueva forma de organización industrial, conocida como toyotismo, por lo que la cadena de montaje pasó a ser una tecnología estancada, pero que sigue usándose hoy en día.

CICLO DE VIDA DE LA TECNOLOGÍA DE INDUSTRIA 4.0

Tras la explicación del ciclo de vida de la cadena de montaje, se propone una visión a futuro del ciclo de vida de las tecnologías de la industria 4.0. La gran diferencia no se debe realmente al tipo de tecnología sino en cómo va a influir este nuevo paradigma en la evolución del ciclo de vida de la misma.

1. Emergencia o Introducción

Para empezar, la introducción de tecnología es una etapa cada vez más corta puesto que las discontinuidades tecnológicas son cada vez más frecuentes. El desarrollo de una tecnología ya no conlleva tanto esfuerzo como antes ya que un nuevo producto en el mercado es más accesible a muchas más personas debido a la globalización.

A través de internet y de los medios de comunicación, todo el mundo puede conocer qué está emergiendo en el mercado, y a través del crowdfunding (algo así como “financiamiento de multitudes”) los emprendedores pueden exhibir digitalmente sus proyectos con el fin de cautivar la atención de patrocinadores que les ofrezcan apoyo monetario para el desarrollo de sus ideas de negocio.

Además, cualquiera puede adquirir una tecnología desde cualquier parte del mundo gracias a la venta online, y tener la información necesaria para aprender a utilizarla o incluso a desarrollarla.

2. Crecimiento

Las características de la nueva tecnología mejoran a un ritmo exponencial. No nos referimos solamente a la velocidad a la que evolucionan sino al nivel de desarrollo que alcanzan. Para comprender mejor esto propongo la siguiente comparativa:

Hace más de 100 años que se creó la primera cadena de montaje. Es obvio que gracias a mejoras mecánicas y eléctricas a lo largo del siglo XX, esta fue ganando automatización a la vez que precisión y posibilidades de uso y procedimientos.

Por otro lado, es en 1976 cuando aparece la primera impresora de inyección 2D, y la primera impresora 3D surge en el mercado en 1992, apenas 16 años después. Hoy en día, ya estamos hablando de impresión 4D, y nada tiene que ver esta tecnología con aquel origen de inyección de un flujo de tinta desde el cabezal de impresión a la página.

La conclusión es que en 100 años, el nivel de desarrollo de la cadena de montaje no es proporcional al alto nivel de desarrollo de las impresoras en 40 años. Lo mismo ocurre con la visión artificial que pudo tener su origen en los años 80 con las cámaras de video y la electrónica, o con la robótica colaborativa que cumple ahora 10 años.

3. Madurez

Así como la etapa de crecimiento de la tecnología cada vez se vuelve más importante, la fase de madurez será menos intensa. En el momento en el que la tecnología alcance una estabilidad y

las inversiones se limiten a mejorar algunos de los atributos, pronto surgirá una tecnología que la reemplace.

Este es el momento más rentable de la tecnología, ya que las innovaciones que la sustituirán todavía están en fase de desarrollo, pero como ya hemos comentado, la fase de desarrollo y lanzamiento de estas es cada vez más breve, y una tecnología que no siga innovando y avanzando perderá rápidamente su posición en el mercado.

4. Saturación o Declive

El cliente está cada vez más informado y por ello cada vez es más exigente. En el momento que surja una tecnología con mejores rendimientos, dejará obsoleta a las anteriores, a no ser que estas vayan adaptando sus características e incluyendo innovaciones que hagan a los consumidores mantener la atención sobre ellas.

Por otro lado, el cambio de una tecnología a otra es cada vez más sencillo puesto que el cliente de industria 4.0 está habituado al cambio. Hasta ahora, las personas se han considerado reacias a aprender a utilizar y a familiarizarse con las nuevas tecnologías, sin embargo, a partir de ahora, las empresas van a tener que enfrentarse a un consumidor que se aburre de lo constante y que busca continuamente la novedad.

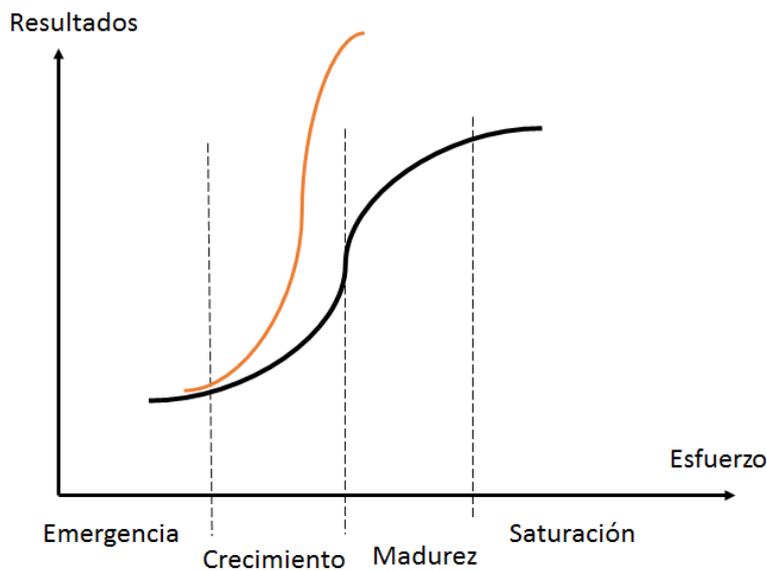


Figura 11. Ciclo de vida de la tecnología de Industria 4.0. Elaboración Propia.

En conclusión, el ciclo de vida de la tecnología de industria 4.0, constará de una emergencia más breve y una saturación más rápida que la de la tecnología conocida hasta ahora, pero destacará la intensidad en las fases de crecimiento y madurez, dando lugar a un ciclo más corto pero con más resultados. (Figura 11).

9.2 POSIBLES EFECTOS DE LA INTRODUCCIÓN DE NUEVA TECNOLOGÍA

A pesar de que una nueva tecnología puede traer muchos beneficios y facilitar el camino hacia la competitividad, muchas empresas son reacias a los cambios. Esto puede ser debido a la condición conformista del ser humano y por el miedo y la incertidumbre generada ante lo

desconocido. Sin embargo, es innegable que la adopción de nueva tecnología tiene efectos visibles, no solo en las empresas. Entre dichos efectos se encuentran:

- Efectos económicos. Cuando un sector del mercado experimenta un crecimiento debido a la adopción o el desarrollo de una nueva tecnología, puede provocar el crecimiento de sectores relacionados, como sectores suministradores. Por otro lado, la aplicación de tecnologías que faciliten la reducción de costes unitarios y consiguiente bajada de los precios de los productos, finalmente puede provocar un aumento de la demanda de los productos. Si aumenta la demanda de productos, aumentará también la cantidad de trabajo y por lo tanto dará lugar a la creación de empleo.
- Efectos de Innovación. Derivados de la aplicación de la tecnología para provocar cambios en los procesos productivos, en los métodos organizativos, así como en los productos.
- Efectos de competitividad. El uso de tecnología que permita ahorrar en costes de producción unitarios aumenta directamente la productividad. Reducir los costes permite además aumentar la calidad y ampliar la gama de productos. Por otro lado, la reducción de precios disminuye el tiempo de entrada en el mercado.
- Efectos de aprendizaje. Normalmente cuando se adopta una tecnología es para generar mayores ingresos, que pueden ser reinvertidos en la investigación, el desarrollo y refinamiento de dicha tecnología. Además, conforme más se utilice, se acumula experiencia y conocimiento de la tecnología y de sus funciones. Por otro lado, la necesidad de personas con nuevas cualificaciones y conocimientos para el buen uso de estas tecnologías, dan lugar a la generación de sistemas educativos que permitan la adaptación de los futuros trabajadores al cambio.
- Regulaciones Gubernamentales. En algunos casos, es necesaria la regulación del gobierno, en referencia al ámbito de utilización de la nueva tecnología, para garantizar el bienestar del consumidor.

Hoy en día el uso y expansión de las redes sociales, los productos inteligentes, el Big Data y la utilización de la nube, son algunos aspectos de las nuevas tecnologías que han influido radicalmente en las empresas y han producido y están produciendo cambios profundos.

10. DESDE LA CADENA DE MONTAJE HASTA INDUSTRIA 4.0

La Producción en Serie o en Cadena surgió como una forma de organización de la producción, en la que cada trabajador se especializaba en una función específica y manejaba máquinas también mejor desarrolladas tecnológicamente, elevando la calidad de los productos y reduciendo los tiempos de producción por unidad. Hoy en día nos parece algo de lo más común en cualquier fábrica, pero fue toda una revolución en una época en la que la producción era mayoritariamente artesanal, y como toda revolución, trajo una serie de efectos con ella.

Hoy en día, la implementación del conjunto de tecnologías que conlleva el concepto de Industria 4.0 va a transformar la cadena de valor tradicional, posibilitando nuevas interacciones y aplicaciones que añaden valor, disminuyen costes, aumentan la productividad y la eficiencia en todos los procesos y permiten alcanzar mayores beneficios. Esto es posible porque toda esta generación de avances tecnológicos conforma un trabajo colaborativo donde los procesos inteligentes permiten optimizar la organización entera.

10.1 EFECTOS EN LA INDUSTRIA Y LA FABRICACIÓN

La principal consecuencia de la introducción de la cadena de montaje fue la división de las tareas. Se basaba en la aplicación de métodos científicos en la relación entre la mano de obra y las técnicas de producción industrial, mediante la organización racional del trabajo en sus secuencias y procesos, y el cronometraje de las operaciones. Se trataba de simplificar el trabajo de los obreros dividiendo sus tareas en operaciones lo más sencillas posibles, minimizando así el control que el obrero pudiera tener sobre el proceso productivo y suprimiendo toda improvisación en la actividad industrial.

Una consecuencia directa de la división del trabajo, es la especialización y división en sectores de una empresa. Cuando un trabajador se especializa en una tarea, consigue realizarla cada vez mejor y en menos tiempo, mejorando la calidad y productividad. Este planteamiento contrasta totalmente con la industria anterior a Ford donde cada operario participaba en todo el proceso. Sin embargo, hoy en día se busca que los empleados formen equipos de trabajo cualificado y polivalente a todos los niveles de la organización.

La repetición de las tareas hacía a cada obrero experto en su labor, pero estaba totalmente desentendido del resto de tareas así como del resultado final. También hacía que el trabajo diario fuera más monótono por lo que se implementó un sistema de motivación mediante el pago de primas al rendimiento. En industria 4.0 se fomenta el trabajo ofreciéndoles oportunidades de desarrollo personal y haciendo a cada persona responsable de sus resultados, pero dándole gran importancia a los objetivos de la empresa, que deben ser compartidos por todos los que forman la organización.

En la mayoría de las industrias, la división del trabajo en áreas delimitadas conllevó que las máquinas fueran más estáticas y por tanto, se facilitó la instalación de máquinas fijas en distintos puntos de la cadena de montaje que, con la aparición del control numérico en la década de los 40-50, fueron ganando automatización a la vez que precisión y posibilidades de uso y procedimientos. El desarrollo de nueva maquinaria también se vio favorecido por la extensión del uso de la energía eléctrica que permitió crear nuevas máquinas y mejorar las ya existentes. Industria 4.0 está propiciando la creación de fábricas inteligentes donde todas las tecnologías mencionadas (Internet de las cosas, sistemas ciberfísicos, robótica colaborativa...), trabajan de forma integrada con procesos inteligentes para fabricar productos inteligentes. Al dotar de

“inteligencia” a máquinas, dispositivos y, en general, al conjunto de las instalaciones, las fábricas inteligentes tendrán aún mayor capacidad para incrementar la productividad.

La ampliación del mercado del automóvil y el hecho que este llegara a más población incrementó el número de automóviles existentes. Los fabricantes, para evitar dificultades o complicaciones excesivas en las reparaciones, usaban el mismo tipo de roscas y tornillos, de modo que facilitaban el trabajo a los mecánicos, que no tenían que realizar tantos cambios de llaves, esto dio lugar a la extensión del uso de la llave mecánica ajustable (más conocida como llave inglesa).

Otro efecto destacable fue la aparición de las tolerancias en la fabricación de piezas, algo totalmente lógico y directamente consecuente con las bases y principios de la cadena de montaje y de la fabricación en serie. En la fabricación tradicional, las piezas se fabricaban individual y particularmente para el bloque concreto en que se estaba trabajando, pudiéndose incluso fabricar sobre el mismo bloque. Pero con los nuevos conceptos, si se pretendía montar piezas previamente fabricadas sobre un bloque cualquiera, todo el cómputo de piezas que conformaban el producto tenían que haber sido fabricadas en función de una serie de cotas indicatoras. Además, para poder medir imperfecciones y validar el rango admisible, eran necesarios instrumentos de medida más precisos y nuevas técnicas de medida, cosa que acabaría desembocando en la metrología industrial moderna.

Actualmente estas operaciones serían mucho más fáciles gracias a las nuevas tecnologías de fabricación aditiva y las técnicas de impresión 3D, que además de facilitar la fabricación de piezas con formas geométricas complejas, permite producir unitariamente sin incrementar significativamente el coste. Además, ha abaratado la fabricación de prototipos, con el consecuente margen para los ingenieros y diseñadores para realizar infinidad de pruebas.

Uno de los efectos con más repercusión de la industria 4.0 es la cantidad disponible de datos e información, en cualquier lugar y en cualquier momento. Toda esta información permite realizar previsiones con gran exactitud en términos de producción, así como de recursos necesarios. En consecuencia, se facilita la producción ajustada, es decir, producir lo que se espera que se va a vender, a diferencia de la estrategia “fordista”, que consistía en producir lo máximo posible y después tratar de venderlo.

Aprovechando la gran disponibilidad de información desde múltiples canales se puede servir al cliente de forma más personalizada. Con el objetivo de adaptarse y atender estos deseos y necesidades de los clientes, se hace necesario diseñar, producir y vender los productos en menos tiempo. Para ello, hay que crear series de producción más cortas y rentables. La cadena de montaje era rentable debido a que se fabricaban series largas de modelos idénticos. No se concebía la necesidad de adaptarse al cliente ya que el único objetivo era minimizar costes.

La sostenibilidad y eficiencia de los recursos es una exigencia en la Industria 4.0 por lo que se deberán tener en cuenta condiciones básicas de los procesos, como los inicios, las paradas frecuentes, las reanudaciones o los productos defectuosos, ya que suponen una fuente de desperdicio de materiales y energía. Por ello, se fomenta una completa integración de las TICs en el ámbito industrial que permita un control continuo de los niveles de consumo y, por consiguiente, incrementar tanto la eficiencia como el rendimiento. El desarrollo de competencias digitales es de gran ayuda para integrar mejor los recursos dentro de la organización, incluida la seguridad, la ciberseguridad y el control de riesgos.

Será imprescindible el desarrollo de sistemas de software y herramientas de análisis que transformen la gran cantidad de datos disponibles en información útil y valiosa. El software juega y jugará un papel crucial en la constitución de una fabricación predictiva (mantenimiento preventivo, predictivo, alertas automáticas, realización de pedidos automáticos...), que conlleve a mejorar la eficiencia operativa de la planta, y que permita alcanzar transparencia a todos los niveles, facilitando comunicaciones y respuestas instantáneas, en tiempo real, y en definitiva, una toma de decisiones acertada en intervalos de tiempo más cortos.

Con el aumento de productividad y la reducción de costes de fabricación derivados de la producción en serie, la competencia entre fabricantes adquirió una nueva dimensión dónde los términos de oferta y demanda, habían cambiado significativamente y causaron un fuerte estrago en el mapa industrial de la época. Un mercado con un alto número de ofertantes propició el crecimiento de la competencia entre fabricantes, ya que la oferta de bienes comenzaba a superar a la demanda. Hoy en día, sobretudo en el sector automovilístico, las relaciones entre fabricantes pueden ser mucho más beneficiosas mediante estrategias de colaboración que de competencia. Crear sinergias entre empresas de un mismo sector o complementarios, facilita el desarrollo de nuevas tecnologías y proyectos, que traerán beneficios que no se hubieran obtenido sin la colaboración.

10.2 EFECTOS EN EL DISEÑO

El cambio en las técnicas y métodos de fabricación también afectaron al diseño de los productos. Hasta ese momento, el mercado estaba limitado y restringido por el precio de venta de los automóviles, pero, habiéndose solventado los problemas relacionados con los recursos y la capacidad de producción, se podía dedicar más tiempo al diseño del producto y comenzaron a cobrar más importancia las necesidades y gustos de los clientes. El rol de los consumidores ha evolucionado desde entonces de estar desinformado, de ser conformista y “querer lo que tienen todos”, hacia otro hiper-informado, más caprichoso, incluso impaciente, y ello se constata en que demandan productos cada vez más individuales, personalizados y exclusivos. La Industria 4.0 busca cumplir con los requisitos de cada cliente y poder ofrecerles una atención personal.

Con la aparición de las nuevas técnicas de fabricación, el mercado había aumentado tanto de tamaño que había pasado a englobar diferentes estratos sociales. Esto creó en los fabricantes con voluntad de abastecer a todo el espectro posible de compradores una nueva necesidad asociada de crear dos líneas de producción del mismo producto; una de gama alta para la población más pudiente, y otra de menor calidad para la sociedad más humilde.

El hecho de abastecer a ese nuevo mercado pasaba por la necesidad de crear automóviles especialmente destinados para la población de clase media, es decir, crear un concepto de automóvil para el pueblo (lo que en alemán podría traducirse por *volks wagen*). Precisamente, después del éxito de ventas del Ford T, también concebido como un coche para las masas, este concepto se amplió gracias a la aparición de Volkswagen. Debido a esto, la producción de automóviles empezó un proceso de estratificación y diferenciación. Gracias a la aparición y el éxito del automóvil del pueblo, posteriormente se crearon automóviles con propósitos especiales; de lujo, de montaña, de transporte, de competición, militares, industriales, etc.

La industria del futuro invita a los clientes a participar de forma activa en todas las fases de desarrollo del producto, permitiendo incluir sus criterios específicos en cada una de ellas (diseño, configuración, planificación, fabricación y funcionamiento), incluso realizar cambios

en el último momento. Con esta nueva perspectiva, se confiere al cliente el rol, no solo de consumidor, sino también de diseñador, y esta es la mejor forma posible de fabricar un coche a gusto del consumidor.

Un tiempo después de la extensión del uso de la cadena de montaje, surgió otro problema para muchos fabricantes asociada a las ventajas productivas que la revolución había proporcionado. Los productos podían mantener su calidad (en muchos casos aumentarla) con la fabricación en serie y eso provocó que, una vez la sociedad se había abastecido de ese producto, la vida útil de ese era demasiado larga y la recién estrenada capacidad productiva de las empresas quedaba desaprovechada debido a la falta de demanda del producto. Si un producto está destinado a durar demasiado, una vez este ya ha llegado al mercado, la producción puede parar hasta que no vuelva a necesitarse, y esto suponía una catástrofe para las empresas. Apareció entonces la necesidad de renovarse y reinventar el producto, de manera que cada vez se ofrecieran nuevas cosas convirtiendo el producto en una nueva atracción para el mercado y volver a tener ventas. Esto debía conllevar, para su buen desarrollo, una reducción del tiempo de vida de los productos, que acabó derivando en el actual concepto de "usar y tirar".

Es cada vez más importante el componente tecnológico así como dotar a los productos de inteligencia. Gracias a las TIC, se abre un amplio abanico de posibilidades para equipar y envolver al producto en tecnología que permita recibir información cuando esté en funcionamiento, facilitando además la interacción proveedor – fabricante – cliente, y al mismo tiempo, transmitir datos que posibiliten conocer mejor a los usuarios. Inicialmente, la relación entre el fabricante y el cliente era una simple operación compra venta, y dicha relación terminaba a la vez que la operación, sin embargo hoy en día se le da gran importancia al servicio post-venta, la asistencia, las garantías...

10.3 EFECTOS SOCIO-ECONÓMICOS

Todos los cambios producidos en la industria y en los productos afectan directamente a la economía y a la sociedad. Como ha demostrado la historia, si la industria crece, el país crece ya que el desarrollo industrial se convierte en motor y estímulo de otros mercados, dando lugar a la estabilidad y mejora del bienestar social. Los cambios introducidos por Ford en la industria provocaron un impulso en la economía, fundamental para mejorar las condiciones de vida de la sociedad y en especial de los trabajadores de las fábricas. Así mismo, el mayor reto que plantea la Industria 4.0 es de orden social, pues no sólo cambiará nuestra posición como clientes, con nuevos conceptos como productos inteligentes, sino que además nos enfrenta al desafío de adaptarnos a un entorno laboral más complejo y de mayor cualificación.

Las consecuencias derivadas de estos cambios comenzaron con la producción del Ford T, con una organización general del trabajo altamente especializada y reglamentada a través de cadenas de montaje. El trabajo diario de los empleados se convertía en rutinario por lo que Ford redujo la jornada laboral de sus trabajadores a 8 horas diarias a la vez que subía su sueldo hasta los 5 dólares por día. Con esta notoria mejora en las condiciones laborales, la oferta de trabajo en su fábrica era realmente tentadora y no tuvo problemas para llenar el tercer turno de trabajo, con todo lo que esto último comportó. Además, los trabajadores estaban más motivados y mejoraban su rendimiento. A raíz de estos hechos, surgieron los primeros grupos pro-sindicalistas en defensa de los derechos de los trabajadores, que hicieron que el número de empresas que seguían el modelo social de Ford cada vez fuesen más. Hoy en día, sigue presente el afán por mantener a los empleados motivados y así incentivar su productividad, sin embargo,

con el nuevo perfil del trabajador (trabajador del conocimiento) esto no se consigue mediante recompensa monetaria sino que, su vía de motivación son las oportunidades de desarrollo y ver resultados beneficiosos de su trabajo. Entre otros aspectos a considerar está el de “*safety and security*”, a través del cual se pretende proteger, por un lado, desde el concepto de seguridad digital (*security*), contra el mal uso de información o accesos no autorizados, y por otro lado, desde el concepto de seguridad física (*safety*), contra riesgos y amenazas operativas que pongan en peligro a empleados o medio ambiente

Otro aspecto revolucionario de Ford fue la implantación de un sistema de ventas a crédito que permitía a todos sus trabajadores poseer un automóvil. En poco tiempo las ventas se multiplicaron y el Ford T de color negro (el único color que se utilizaba por su rápido secado) se convirtió en el coche del pueblo en una sociedad en la que, hasta entonces, un automóvil había sido un artículo de lujo. No sólo en el sector del automóvil, la industria imitó los métodos de Ford y los productos y bienes de consumo se abarataron, permitiendo el acceso de cientos de productos a la mayoría de la sociedad. Si bien la innovación y los cambios tecnológicos de la Industria 4.0 traen asociada cierta incertidumbre, su desarrollo e implantación adecuados pueden contribuir notablemente a la mejora de la calidad de vida de las personas. Uno de los objetivos más importantes de las empresas hoy en día es satisfacer al consumidor. El cliente ha pasado de ser un mero destinatario de los productos a desempeñar un papel totalmente activo desde el principio del proceso productivo hasta el final, eligiendo, decidiendo qué quiere, cómo lo quiere, personalizando sus productos y marcando los tiempos de entrega.

Cabe mencionar el desarrollo de la robótica colaborativa en la industria 4.0. Se busca que hombres y robots trabajen conjuntamente en las plantas productivas, rediseñando las tareas de cada uno. De esta forma, los robots serán destinados tanto a aquellas tareas rutinarias, repetitivas y pesadas (características de la organización del trabajo “fordista”), como aquellas que obliguen a la máxima precisión en la elaboración del producto, mientras que se redefinirá el perfil de los nuevos trabajadores del conocimiento, enfocado a una mayor cualificación para el diseño y control de los propios robots, que han de ser totalmente seguros y estar equipados con sensores de alta tecnología para garantizar por completo la seguridad del trabajador. Muchas de las tareas que antes realizaban las personas colocadas en la cadena de montaje, ahora las pueden hacer unas máquinas que, además, nunca se ponen enfermas y carecen de derechos sociales y vacaciones.

Para concluir, se adjunta una tabla resumen de todo lo mencionado, en la que se intenta mostrar las similitudes y diferencias de los efectos que las distintas tecnologías ocasionaron y pueden llegar a ocasionar. (Tabla 3)

Tabla 3. Resumen comparativo de los efectos causados por las tecnologías

ÁMBITOS AFECTADOS	CADENA DE MONTAJE	INDUSTRIA 4.0
INDUSTRIA Y FABRICACIÓN	Estrategia orientada a la productividad	Estrategia orientada a la innovación
	Producción en masa	Producción ajustada
	Series grandes de productos estándar	Series cortas de productos diferenciados
	División del trabajo en tareas especializadas	Trabajo en equipos cualificados y polivalentes
	Minimizar el control del trabajador en el proceso productivo	Implicar al trabajador en los objetivos de la empresa y en todas las fases del proceso productivo
	Implantación de máquinas estáticas	Implantación de máquinas automatizadas e "inteligentes"
	Aparición del control numérico y extensión de la energía eléctrica	<i>Internet of things</i> y Sistemas Ciberfísicos
	Componentes estándar y aparición de las tolerancias de fabricación	Fabricación aditiva e impresión 3D
	Preocupación por reducir costes	Preocupación por la sostenibilidad y control del consumo
	Estrategia de competencia	Estrategia de colaboración
	Importancia de disponer recursos y maquinaria	Importancia de disponer de "know-how" y propiedad intelectual
DISEÑO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS	Dos gamas de un mismo producto	Producción hiperpersonalizada
	Reducción del tiempo de vida de los productos	Gran importancia al servicio post-venta y a las garantías
	Reducción del precio de los bienes de consumo	Incremento del componente tecnológico de los productos
	Relación proveedor-fabricante-cliente prácticamente inexistente	Relación proveedor-fabricante-cliente constante y en tiempo real
SOCIAL Y ECONÓMICO	Cliente desinformado y conformista	Cliente informado y exigente
	Motivación de los empleados mediante primas al rendimiento	Motivación de los empleados mediante oportunidades de desarrollo
	Trabajadores poco cualificados y especializados en tareas sencillas y monótonas	Trabajadores del conocimiento y robótica colaborativa
	Construcción de carreteras y regulación del tráfico	Adaptación del sistema educativo a las necesidades tecnológicas
	Mejora de las condiciones laborales y aparición de grupos sindicalistas	"safety and security"

11. TOMA DE CONTACTO CON VOLKSWAGEN NAVARRA S.A.U.

Dado que el objetivo de este TFG es el estudio y análisis de las implicaciones económicas, sociales y en el trabajo del concepto de Industria 4.0 en una empresa industrial, tras el análisis teórico de la evolución del sector de automoción, se ha realizado una visita a la empresa Volkswagen situada en Navarra, con el fin de obtener el punto de vista de personas que conocen el sector de primera mano y que pueden aportar una visión más directa de lo que ocurre. Así, las conclusiones tienen su base tanto en la revisión bibliográfica como en los resultados obtenidos en las entrevistas.

Fue constituida como tal el 22 de diciembre de 1993 e inició su actividad el 1 de enero de 1994. Sin embargo, la planta de producción de automóviles comenzó su funcionamiento en 1963 como AUTHI.

Las entrevistas se han basado en un guion preestablecido pero con preguntas abiertas, donde el entrevistado puede explayarse en sus respuestas, respondiendo a los puntos que se consideran clave para la investigación.

Se han realizado 4 entrevistas, a las siguientes personas:

- **Entrevistado 1:** Jefe de taller desde el origen de la planta en 1976.
- **Entrevistado 2:** Trabajador de planta desde 1986.
- **Entrevistado 3:** Directora de producción.
- **Entrevistado 4:** Director de ingeniería de planificación.

La colaboración de dichas personas, así como su testimonio, ha servido para conocer sus experiencias y percepciones personales respecto al cambio en los últimos años, y sus interpretaciones y opiniones acerca del nuevo paradigma de industria 4.0. En las entrevistas se han utilizado dos guiones de preguntas diferentes:

El “guión 1” va dirigido a los trabajadores directos (entrevistado 1 y entrevistado 2), que pueden proporcionar una visión acerca de la evolución de los sistemas de fabricación y sobre el tipo de trabajo en planta. El “guión 2” va dirigido a los indirectos (entrevistado 3 y entrevistado 4), que pueden conocer mejor el concepto de industria 4.0 y saber cuáles son los retos y objetivos y cómo va a evolucionar la empresa a corto y largo plazo.

A continuación se muestran los diferentes guiones de entrevistas:

GUÍON 1. PARA TRABAJADORES DIRECTOS

- En relación a la evolución en el perfil del trabajador requerido ¿Qué cambios han sido relevantes desde que comenzó a trabajar en la empresa hasta ahora?
 - Respecto a la organización del trabajo y las tecnologías usadas en la instalación.
 - Respecto a la cantidad de empleados en planta
 - Respecto a las exigencias de formación a los trabajadores
 - Implicación de los trabajadores en los objetivos de la empresa o en la toma de decisiones.

- Sobre la empresa
 - ¿Sabe en qué situación se encuentra hoy en día y a qué retos se enfrenta?
 - ¿Cómo afectó la crisis económica de 2008 a la empresa y a los trabajadores?
 - ¿Qué ha hecho o está haciendo la empresa respecto al nuevo concepto de industria, conocido como Industria 4.0?

GUÍÓN 2. PARA TRABAJADORES INDIRECTOS

- Sobre la empresa:
 - ¿En qué situación se encuentra hoy en día, está en expansión o más bien se encuentra estancada?
 - ¿A qué retos principales se enfrenta? (necesidades tecnológicas, falta de personal cualificado o mano de obra, falta de clientes, proveedores...)
 - ¿Cómo afectó la crisis económica de 2008 y cómo ha evolucionado desde entonces?
 - ¿Cómo se espera que evolucione a corto plazo y a largo plazo la empresa?
- Dentro del paradigma actual del desarrollo tecnológico:
 - ¿Qué ha hecho o está haciendo la empresa respecto al nuevo concepto de industria, conocido como Industria 4.0?
 - ¿Cómo les está afectando este nuevo concepto?
 - ¿Sabría aproximadamente qué porcentaje de facturación dedica la empresa a actividades de I+D+i?
 - ¿En qué medida se espera que pueda variar el porcentaje de facturación destinado a I+D+i en los próximos años?
- Sobre la producción:
 - ¿Han cambiado mucho los métodos de fabricación de automóviles en los últimos años? La organización de la producción, las máquinas, la cantidad de empleados en planta, el número de proveedores, introducción de tecnología...
 - ¿Qué métodos de organización y gestión de la producción se utilizan actualmente?
 - Para comprender la relevancia de la introducción de las TICs en los automóviles, ¿Se podría saber qué porcentaje del coste representan los componentes informáticos y electrónicos del automóvil?
 - ¿Sabría aproximadamente con cuántos empleados cuenta ahora la planta? ¿De estos empleados, se podría saber qué porcentaje corresponden a trabajadores directos e indirectos, y cuántas se dedican a la investigación y desarrollo...? ¿Y hace 10 años?

RESUMEN DE RESPUESTAS

Tabla 4. RESUMEN DE RESPUESTAS GUIÓN 1

	entrevistado 1	entrevistado 2
Cambios en la fabricación y el trabajo	<p>Los cambios se ha producido a través de la introducción de tecnología</p> <p>La tecnología se incorpora en el lugar de las tareas más complicadas y difíciles para mejorar el trabajo de las personas.</p> <p>La tecnología no sustituye a las personas, sino que sirve para facilitar sus labores</p> <p>Cambio en los métodos y la organización del trabajo para mejorar las condiciones de los trabajadores y reducir los errores.</p> <p>Las personas son el factor que más tarda en adaptarse al cambio</p>	<p>El cambio en la planta se ha debido principalmente a la introducción de robots y ordenadores</p> <p>Hoy no se concibe el trabajo en planta sin la tecnología</p> <p>Percepción de que los robots han eliminado personal.</p>
Formación del personal	<p>Antes un trabajador tenía 15 días para formarse desde que entraba, ahora entran a través de la academia de la empresa y la formación es constante.</p>	<p>Los trabajadores de la planta reciben constantemente cursos de formación y los trabajadores que entran nuevos lo hacen a través de la academia de VW.</p>
Innovación e industria 4.0	<p>No conoce el concepto industria 4.0</p>	<p>Conoce que hay un curso sobre industria 4.0</p>

Tabla 5. RESUMEN DE RESPUESTAS GUIÓN 2

	entrevistado 3	entrevistado 4
Cambios en la fabricación y el trabajo	<p>La mano de obra directa representa el 75% de la plantilla.</p> <p>A pesar de su alta digitalización, no ha reducido puestos de trabajo directos.</p> <p>No se reduce personal, pero se transforma en personal más cualificado.</p> <p>Se han introducido más de 20 tecnologías relacionadas con Industria 4.0 en los últimos 2 años.</p>	<p>Los principales cambios que ha sufrido la empresa radican en la implantación de las nuevas tecnologías</p> <p>Son más productivos y los empleados están mejor formados.</p> <p>A nivel de organización de producción, hoy en día pueden planificar con mucha más precisión, reduciendo desperdicios</p>
Formación del personal	<p>Los trabajadores que entran a la planta como mano de obra directa lo hacen tras pasar un periodo de formación en la academia de la empresa y solo si superan unas pruebas de acceso.</p>	<p>Se necesita cada vez mano de obra más cualificada.</p>
Innovación e industria 4.0	<p>La Innovación es uno de los pilares de la estrategia de producción de la marca</p> <p>Todas las medidas de innovación están relacionadas con las tecnologías de industria 4.0.</p> <p>Las modificaciones que ha experimentado el Polo en este cambio generacional están orientadas al cliente y realizadas a través de la informática.</p>	<p>Industria 4.0 ya es una realidad aplicada en toda la planta</p> <p>Actualmente se dedica entre un 5 y 10% de la facturación a la I+D+i</p> <p>En los próximos años se duplicará el porcentaje destinado a I+D+i para la investigación del coche eléctrico, autónomo y conectado.</p>
Objetivos y retos	<p>Ofrecer seguridad, comodidad y facilidad de uso y adaptación gracias a la informática y las nuevas tecnologías.</p> <p>Integración digital de la fábrica y el coche y conseguir un equipo humano globalmente conectado.</p> <p>Eficiencia como garantía de futuro y movilidad sostenible</p>	<p>Cambiar el "Mindset" para poder aplicar las nuevas tecnologías con todo su potencial.</p> <p>Se necesita cambios estructurales en el país para poder dar el salto a la movilidad eléctrica.</p> <p>Industria 4.0 es un concepto al que hay que adaptarse y no resistirse para aprovechar todo su potencial.</p>

CONCLUSIONES

Tal y como cabía esperar, los trabajadores se manifiestan conocedores de la trascendencia del desarrollo tecnológico en el conjunto de la empresa. Todos coinciden en que hoy en día no se concibe la fabricación sin muchas de las tecnologías que se han introducido a lo largo de las últimas décadas.

La tecnología no elimina puestos de trabajo sino que los transforma, ya que la introducción de robots y ordenadores ha provocado que los puestos de trabajo actuales no tengan mucho en común con las tareas que desempeñaban los trabajadores hace años. Esto conlleva modificaciones en el perfil del trabajador requerido. Los procesos se alimentan de tecnología en evolución continua que a su vez implica la necesidad de trabajadores también en formación continua y con una capacidad de adaptación tan alta como la velocidad de los cambios.

Uno de los retos de las empresas y sobretodo del sector de automoción ahora mismo es tomar medidas de sostenibilidad, ya que aparte de cuidar a las personas hay que cuidar el mundo y sus recursos. El aumento en la calidad y en la eficiencia que proporciona la introducción de nuevas tecnologías va a permitir a las empresas invertir más parte de la facturación en I+D+i orientada a la sostenibilidad que en este sector es la movilidad eléctrica.

La industria 4.0 ayuda a mejorar las condiciones de las personas, satisfacer sus necesidades de manera segura y eficiente así como mejorar sus condiciones de trabajo, sin embargo, el desconocimiento del funcionamiento de las tecnologías crea incertidumbre y a la vez miedo y rechazo hacia ellas, por eso uno de los retos más grandes de las empresas es sensibilizar a sus empleados de la necesidad de evolución y progreso tecnológico para poder garantizar mejoras en las vidas de las personas además de competitividad en los negocios.

Esta última conclusión hace plantearse la siguiente cuestión: ¿Qué están haciendo las empresas para familiarizar con las implicaciones de industria 4.0 a las personas que más desconocen y rechazan el concepto?

12. FORMACIÓN HACIA LA INDUSTRIA 4.0 EN VOLSKWAGEN NAVARRA

Wolkswagen Navarra, remarcando la importancia de la formación en el paradigma actual, ha creado un curso de sensibilización sobre industria 4.0 para todos los trabajadores de la planta. El curso 4.0 se desarrolló con tres objetivos principales:

- Acercar el término Industria 4.0 a los empleados
- Que los empleados experimenten la necesidad del cambio
- Demostrar la importancia de las personas en la Industria 4.0

La sesión dura dos horas y está dividida en los 3 siguientes módulos:

1. El cambio es constante.
2. La tecnología del futuro y del presente
3. Industria 4.0 en Volkswagen Navarra

A continuación se explica en qué consiste cada módulo.

I. EL CAMBIO ES CONSTANTE.

En la primera parte del curso l@s alumn@s ven un vídeo que consta de varias partes.

Empieza con un viaje en el tiempo, basado en las 3 revoluciones industriales que ya se han explicado anteriormente, y en los cambios que supusieron a nivel social e industrial.

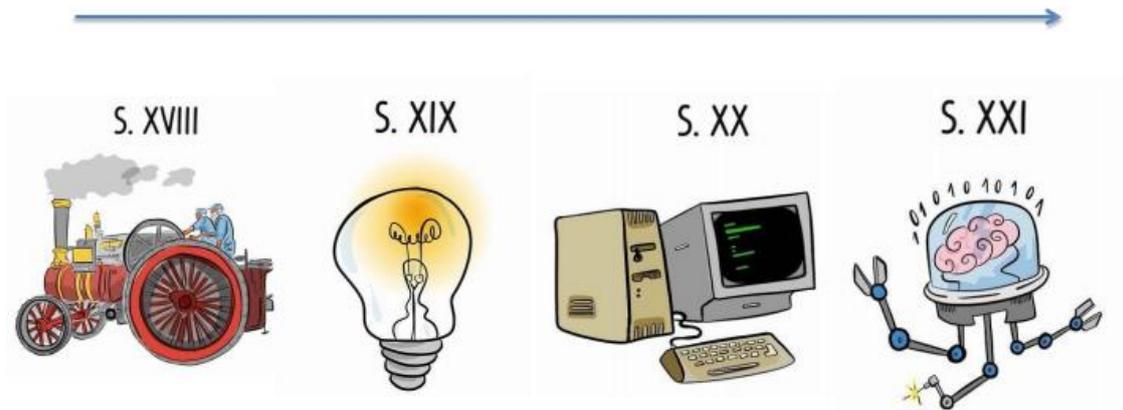


Figura 12. Recorrido por las revoluciones industriales. Fuente: Volkswagen Navarra

Se realiza un recorrido por las diferentes épocas en que aparecieron inventos y tecnologías que provocaron cambios tan profundos como para llegar a reconocerse como revoluciones, hasta llegar a la actualidad. A continuación, se explica que ahora se está hablando de otra nueva revolución industrial... La también conocida como Industria 4.0.

Lo que diferencia esta revolución de las anteriores es que, en este caso, el cambio viene desde fuera de la industria, desde el uso que la sociedad hace de la tecnología. Hay tres razones por las que las transformaciones actuales no representan una prolongación de la tercera revolución industrial, sino la llegada de una distinta:

- La velocidad de los avances actuales
- El alcance de las tecnologías en todos los ámbitos
- El impacto en los sistemas

Esta revolución viene marcada por la tecnología inteligente. Precisamente el concepto de industria 4.0 consiste en la introducción de las tecnologías inteligentes en las fábricas, dando lugar a las fábricas inteligentes.

Para demostrar la evolución y la velocidad del cambio que estamos experimentando, se proyectan a continuación una serie de anuncios de televisión del POLO (el coche que se fabrica en Volkswagen Navarra). Conforme van pasando los anuncios se aprecia perfectamente cómo han ido evolucionando las preferencias y demandas de los consumidores, así como los objetivos de la empresa y la imagen que la marca quería proyectar. Los anuncios demuestran que no sólo cambia el polo, sino que también cambian las personas.

El vídeo continúa con una comparación de cómo se fabricaba en Volkswagen Navarra hace 40 años y cómo se hace ahora. Esta comparativa se enlaza con otra que va más allá de la fábrica, ya que plantea analogías con otros ámbitos como por ejemplo:

- ¿Cómo buscas el mejor camino para llegar a casa?



- ¿Dónde ves tu película favorita?



- ¿Dónde compras el regalo perfecto?



... y por último se plantea: “¿Cómo conduces?”



La APP de Volkswagen, permite conectar el “Smartphone” al vehículo inteligente, proporcionando una nueva experiencia de conducción, a través de las nuevas tecnologías de la industria 4.0.

II. LA TECNOLOGÍA DEL FUTURO Y DEL PRESENTE

En esta segunda fase del curso, l@s alumn@s pueden experimentar con la tecnología de industria 4.0. El desarrollo consiste en la simulación de todo el proceso productivo de un componente del coche (el logotipo del POLO), desde que el cliente hace un pedido. A continuación, se describen las diferentes tecnologías de las que disponen en el curso:

1. El configurador.

El primer agente de la industria 4.0 es el cliente. Ya se ha hecho hincapié en que las tecnologías de esta revolución permiten servir al cliente de forma personalizada por lo que la simulación empieza cuando un@ de l@s alumn@s compra un coche “a la carta”.

Dentro de muy poco tiempo, al igual que los consumidores compran productos por internet a través de ordenadores o teléfonos móviles, va a ser posible comprar coches online. En Volkswagen se ha diseñado un configurador donde el cliente puede elegir el modelo de coche que quiere, el tipo de motor, el color del coche y el de la tapicería, las llantas, y muchos más servicios como tipo de altavoces, aire acondicionado, la bocina...

Una vez configurado el coche, el cliente tendría que aceptar la compra y pagarla de forma online. Entonces, se empezaría a fabricar el coche, y en cuestión de unos días recibiría el coche en su casa.

2. Impresora 3D

Cuando se acepta la compra, se pone en marcha una impresora 3D que ya está fabricando el logotipo del coche. La impresora utiliza un material de polímeros y tarda unos 30 minutos en realizar el logo.

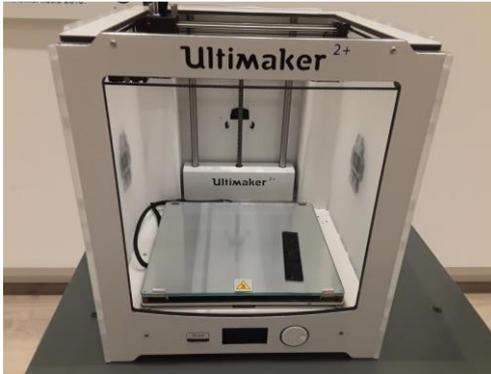


Figura 13. Impresora 3D. Fuente: Volkswagen Navarra.

La impresión 3D es el proceso de unir materiales capa a capa, pero ya se empieza a hablar de la impresión 4D, que supone usar materiales que reaccionan a factores externos. Los componentes impresos en 4D pueden cambiar de forma a través de la introducción de energía. Pueden, por ejemplo, reaccionar diferente ante el frío y el calor.

Esta tecnología permite fabricar productos personalizados de forma muy rápida. Incluso se han fabricado varios modelos de coches solo con impresoras 3D y que ya circulan como otros vehículos.

3. Robot colaborativo

Los distintos logotipos fabricados por la impresora 3D (TGI, GTI, TSI, POLO...) pasan por una cinta transportadora. Al final de la cinta hay un robot colaborativo que coge los contenedores donde van los logotipos para que el trabajador no tenga que agacharse, ni levantar peso en caso de piezas más pesadas. Además, el robot dispone de cámaras de visión artificial y comprueba que las piezas sean correctas y no tengan defectos. Si son defectuosas, en la pantalla aparece un mensaje de error y el robot se para. Un voluntario del curso realiza el almacenaje de estos logotipos con la ayuda del robot.

El robot es colaborativo porque colabora con el hombre, no lo sustituye. Además, puede trabajar mano a mano con las personas, no hace falta que esté protegido mediante vayas o aislado como en el caso de los robots industriales, porque en el momento en el que el robot nota un contacto se para, sin llegar a dañar a la persona, permitiendo optimizar el espacio de la instalación.



Figura 14. Impresora 3D, cinta transportadora y robot colaborativo. Fuente: Volkswagen Navarra

4. PDA y anillo.

Una vez almacenados los logotipos, hay que secuenciarlos para que lleguen en orden a la cadena de montaje y el operario que los pega no tenga que buscar el que corresponde a cada modelo. Es muy importante que el orden de la secuencia sea correcto para evitar errores, por eso el operario encargado de secuenciar dispone de un dispositivo llamado anillo con el que primero debe leer un código que lleva la pieza, y después el código que lleva el contenedor en el que la introduce. Si es correcto no pasa nada, pero si el operario se ha equivocado al introducir el logotipo, en la pantalla de la PDA se produce un aviso visual y sonoro para que se corrija inmediatamente, antes de continuar con la secuencia.



Figura 15. Anillo lector de códigos. Fuente: Volkswagen Navarra.

6. Vehículo autónomo.

Cuando la secuencia está realizada, hay que llevar la secuencia al taller de montaje, pero pesan mucho para el operario. Entonces, mediante una Tablet se llama a un vehículo autónomo que está en la otra punta de la sala.

Es un vehículo que se programó para ir de un punto A (que podría ser el punto de carga) a un punto B (el de descarga). También tiene introducida cuál es su casa (el sitio para cargar su batería). En el momento de la programación, el vehículo escanea la habitación mediante cámaras y realiza un mapa del espacio con el que puede crear sus propias trayectorias. Sin embargo, en el momento en que se está impartiendo el curso, hay obstáculos nuevos que no estaban en el momento de la programación. Mediante cámaras y sensores, el vehículo es capaz de detectar los nuevos obstáculos y a las personas, y recalcular las trayectorias para llegar a su destino.

Esta tecnología se intentó implementar en la fábrica, pero no era viable en el momento de la prueba, porque cada vez que una persona se interponía en la trayectoria del vehículo, este recalculaba la ruta y se iba por otros pasillos. Al tratarse de una planta muy grande, tardaba demasiado tiempo en llegar al destino. Sin embargo, la habitación en la que se imparte el curso es de tamaño reducido, por lo que funciona perfectamente.

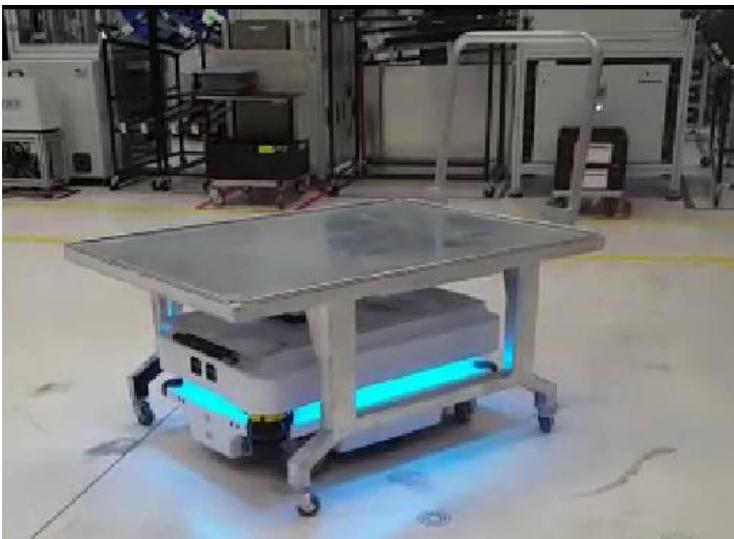


Figura 16. Vehículo autónomo. Fuente: Volkswagen Navarra.

7. Realidad aumentada

Suponemos que salta una alarma de avería en una zona de la instalación. El técnico de mantenimiento se dirige al armario de control para solucionar el problema. Con una Tablet y mediante una aplicación diseñada por Volkswagen visualiza el armario.

La aplicación reconoce el armario e identifica con etiquetas virtuales cada uno de los elementos. Al pulsar en la etiqueta del elemento que ha dado fallo, se abren los esquemas eléctricos en la página correspondiente. El técnico navega por los planos de forma interactiva hasta acceder a la lógica del programa en tiempo real, lo que permite realizar un diagnóstico rápido del problema.

Selecciona en la pantalla el elemento que ha generado la alarma. La etiqueta virtual de este es señalada en rojo para identificarlo rápidamente. A continuación, el técnico realizaría la intervención sobre el elemento que ha fallado y después verificaría de nuevo la lógica del programa. Si el fallo se ha resuelto con éxito, la alarma desaparece y el elemento ya no aparece en rojo.



Figura 17. Realidad aumentada en armario eléctrico

8. Realidad virtual

A continuación, mostramos unas gafas de realidad virtual. Como su nombre indica, la realidad virtual te permite simular una experiencia sensorial completa dentro de un ambiente artificial, sin que veas nada de lo que hay en el exterior, a diferencia de la realidad aumentada que lo que hace es mostrar todo lo que tienes a tu alrededor, reproduciendo sobre este entorno objetos, animaciones o datos que realmente no están ahí.

Las gafas de realidad virtual se están utilizando en la industria principalmente para la formación de las personas. Un trabajador puede utilizar las gafas VR para estar dentro de un coche que todavía no está en la planta y ver su funcionamiento así como para aprender la forma de fabricación o para moverse por una planta de montaje y aprender dónde está cada cosa...

Concretamente en el curso, los alumnos pueden experimentar una simulación de cómo colocar el logotipo en el coche con el útil adecuado.



Figura 18. Gafas de realidad virtual. Fuente: Volkswagen Navarra

9. Realidad Mixta.

Es la combinación de realidad virtual y realidad aumentada. Esta combinación permite crear nuevos espacios en los que interactúan objetos y personas tanto reales como virtuales. Cuando los alumnos se ponen las gafas de realidad mixta, en la misma sala en la que llevan durante dos horas empiezan a aparecer pantallas y paneles, además de pájaros, árboles, un coche, una caravana... y cambian de forma conforme se mueven por la sala.

Estas gafas se han utilizado para que los técnicos aprendieran cómo se debe montar el nuevo modelo polo antes de tenerlo en planta, ni contar con las instalaciones. La persona que está trabajando con las gafas puede tener abierta una pantalla con las instrucciones o incluso que dichas instrucciones aparezcan en el lugar correspondiente.



Figura 19. Gafas de realidad mixta. Fuente:Volkswagen Navarra

III. INDUSTRIA 4.0 EN VOLKSWAGEN NAVARRA

Para finalizar el curso, los alumnos pueden experimentar libremente con las tecnologías que han sido explicadas. Además, se le facilita una Tablet a cada uno con diferentes aplicaciones. En el siguiente mural, pueden ver videos reales de la tecnología de industria 4.0 que está presente en la fábrica, leyendo los códigos QR con el visor de la Tablet.



Figura 20. Mural de fábrica inteligente. Fuente: Volkswagen Navarra.

IV. ENCUESTA SOBRE EL CURSO INDUSTRIA 4.0

Durante el año 2018 se han realizado 90 eventos de impartición del curso industria 4.0 en los que han participado un total de 691 personas de todas las áreas de la fábrica, de los cuales 172 son mano de obra directa

Para saber qué tipo de efecto está causando el curso como estrategia de sensibilización, y para conocer la impresión que tienen los empleados acerca del cambio y de las tecnologías de industria 4.0, se pidió la realización voluntaria y anónima de la siguiente encuesta de satisfacción a las personas que realizaron el curso en el mes de octubre.

En total fueron 116 personas, de las cuales 69 correspondían a la categoría de mano de obra directa.

CUESTIONARIO

¿Cuál es tu sensación acerca de la industria 4.0?

- Miedo
- Desconocimiento
- Reto
- Ganas de aprender
- Interés
- Importante

¿Crees que la adquisición de nuevos conocimientos acerca de este tipo de tecnologías va a ser importante para el futuro en Volkswagen?

- Sí, creo que serán importantes
- No, creo que realmente no suponen un cambio tan grande y ya adquiriré los conocimientos cuando sea necesario para mi puesto de trabajo

¿Consideras necesario seguir aprendiendo dentro de Volkswagen?

- Sí
- No

¿Cómo crees que sería la mejor manera de seguir aprendiendo dentro de Volkswagen?

- No lo considero necesario
- Formándome en la tecnología que se implemente en mi puesto de trabajo conforme se decida introducirla
- Formándome en la tecnología, aunque no esté ligada a mi puesto de trabajo, dentro de mi jornada de trabajo
- Formándome en la tecnología, aunque no esté ligada a mi puesto de trabajo incluso fuera de mi jornada de trabajo

¿Te atraen los cambios tecnológicos en tu vida privada?

- Sí
- No



¿Te has planteado formarte en temas tecnológicos de tu interés fuera de Volkswagen?

- No, nunca.
- Sí, pero no lo he hecho.
- Sí, me estoy formando o he realizado formación.

¿Crees que alguna de las tecnologías que se han explicado en el curso podrían aplicarse en tu puesto de trabajo?

- No conozco lo suficiente las tecnologías para poder opinar
- Ninguna de las que nos han explicado en el curso
- Sí podría aplicarse una o varias de las tecnologías.

Tabla 6. Respuestas a la encuesta sobre el curso industria 4.0 en Volkswagen Navarra

¿Cuál es tu sensación acerca de la industria 4.0?	
Miedo	6%
Desconocimiento	9%
Reto	15%
Ganas de aprender	37%
Interés	30%
Importante	3%
¿Crees que la adquisición de nuevos conocimientos acerca de este tipo de tecnologías va a ser importante para el futuro en Volkswagen?	
Sí	93%
No	7%
¿Consideras necesario seguir formándote dentro de Volkswagen?	
Sí	96%
No	4%
¿Cómo crees que sería la mejor manera de seguir aprendiendo dentro de Volkswagen?	
No lo considero necesario	4%
Formándome en la tecnología que se implemente en mi puesto de trabajo conforme se decida introducirla	29%
Formándome en la tecnología, aunque no esté ligada a mi puesto de trabajo, dentro de mi jornada de trabajo	32%
Formándome en la tecnología, aunque no esté ligada a mi puesto de trabajo incluso fuera de mi jornada de trabajo	35%
¿Te atraen los cambios tecnológicos en tu vida privada?	
Sí	91%
No	9%
¿Te has planteado formarte en temas tecnológicos de tu interés fuera de Volkswagen?	
No, nunca.	24%
Sí, pero no lo he hecho.	76%
Sí, me estoy formando o he realizado formación.	0%
¿Crees que alguna de las tecnologías que se han explicado en el curso podría aplicarse en tu puesto de trabajo?	
No conozco lo suficiente las tecnologías para poder opinar	5%
Ninguna de las que nos han explicado en el curso	3%
Sí podría aplicarse una o varias de las tecnologías.	92%

CONCLUSIONES

Tras conocer una pequeña parte de lo que es industria 4.0 y el funcionamiento de algunas tecnologías, los trabajadores muestran interés por ello y ganas de aprender, en lugar del miedo o el rechazo que podía causar el desconocimiento del concepto.

La gran mayoría, tras realizar el curso es consciente de la necesidad de adquisición de conocimiento y de la formación continua para poder aportar valor a la empresa. Si no te mantienes al día con las últimas tecnologías, a corto plazo te quedarás obsoleto en la empresa ya que las tareas que se realizan en la planta ya están en continua evolución. Una gran parte de los trabajadores, considera además formarse en las nuevas tecnologías aunque no estén ligadas con su puesto de trabajo, porque son conscientes de la velocidad del cambio, y que el conocimiento puede ser una gran ventaja para ser competitivo.

Por último, casi todas las personas que realizan el curso creen que una o varias de las tecnologías explicadas pueden introducirse en su puesto de trabajo. Esto quiere decir que, a pesar de la alta digitalización de la planta de Volkswagen, todavía hay mucho campo de mejora y desarrollo, y que constantemente se van a seguir introduciendo nuevas tecnologías.

Los trabajadores que están a pie de planta, sobretodo la mano de obra directa, tienen un alto conocimiento de cómo se realizan las tareas de cada puesto de trabajo y de cómo se podrían mejorar (ergonómicamente, reducir tiempo, reducir desperdicios...) mediante el uso de tecnologías. Por eso es muy importante que la mano de obra directa sea consciente de las posibilidades y oportunidades de la industria 4.0 y que los encargados de implementar estrategias de innovación, escuchen a los trabajadores sobre cómo y dónde introducir las mejoras.

13. NAITEC

Puesto que el proyecto se ha centrado en el sector de automoción y que parte del contenido del trabajo se ha visto alimentado a través del contacto establecido con Volkswagen Navarra se considera de gran interés hacer alusión a NAITEC.

NAITEC es un centro tecnológico navarro cuyo propósito es contribuir al desarrollo de los sectores de la automoción y de la mecatrónica, así como generar valor tanto en los retos que se plantean en el día a día, como en los futuros desafíos asociados a los nuevos conceptos de movilidad y de fabricación.

Una de sus principales funciones es apoyar y asesorar la transición hacia fábricas y procesos inteligentes aportando soluciones innovadoras en las que el conocimiento, la experiencia y la profesionalidad sean un valor diferencial.

NAITEC nació como una iniciativa del Gobierno de Navarra, con el apoyo del anterior centro tecnológico CEMITEC (con más de 25 años de experiencia), y de la Universidad Pública de Navarra, UPNA. Acordaron crear este nuevo centro tecnológico con el objetivo de impulsar el desarrollo de las tecnologías relacionadas con el sector de la automoción y de la mecatrónica. Ambas, son líneas prioritarias del Plan Estratégico del Gobierno de Navarra.

13.1 LA MOVILIDAD Y LA FABRICACIÓN DEL FUTURO

El Gobierno de Navarra y NAITEC organizaron un evento sobre “la movilidad y la fabricación del futuro” el pasado 21 de noviembre en el Navarra Arena. La sesión incluyó la participación de varias figuras implicadas en este sector que planteaban y explicaban su visión sobre diferentes temas relacionados con la evolución de la movilidad y la fabricación. Después de las presentaciones se realizó una visita al *showroom* con las últimas innovaciones en vehículos eléctricos y en diferentes tecnologías de fabricación.

Dada la conectividad del contenido del evento referido con el de este trabajo fin de grado, se ha pensado oportuno incluir las ideas e información principales aportadas por los ponentes participantes así como una apreciación personal de lo acontecido.

APERTURA

- Estibaliz Erauzquin, directorea general de Naitec

Estibaliz explicó que la movilidad y la fabricación son los ejes centrales de NAITEC. En concreto, el objetivo principal de NAITEC es conseguir una movilidad sostenible, inteligente y avanzada.

Existe una creciente preocupación sobre el futuro (cada vez más presente) de la movilidad en los centros urbanos y carreteras, puesto que el sector de la automoción tiene una alta repercusión económica y social. “El sector de la automoción es tractor de la industria 4.0, que ya es un término común y muy usado”. La industria 4.0 ayuda a que los vehículos y las fábricas del futuro sean inteligentes y sostenibles, pero para conseguirlo hay que trabajar desde muchos ámbitos.

Para conseguir sus objetivos, plantea la importancia del ecosistema formado por la universidad, los centros tecnológicos, empresas y el gobierno (ver figura 1). “Hay que sumar el talento, el conocimiento y la investigación para conseguir la sostenibilidad”.



Figura 21. Camino hacia la movilidad avanzada, sostenible e inteligente

- Alfonso Carlosena, director de la UPNA

Alfonso planteaba que el principal objetivo de su relación con NAITEC es que el conocimiento y la investigación que se crea en la universidad lleguen al mundo laboral, que no se pierda.

Para ello, se están tomando medidas para formar profesionales flexibles con capacidad de adaptación al cambio constante y cada vez más rápido que experimenta el mundo laboral actual. Esto se consigue cambiando la estructura interna en la que se desarrolla la investigación. Se trata de fomentar la colaboración tanto interna como externa.

En relación a la colaboración interna se habla de fomentar el trabajo multidisciplinar dentro de la propia universidad. Que los diferentes ámbitos que se desarrollan en la UPNA colaboren entre sí hacia objetivos comunes. Respecto a la colaboración externa, se está implicando con el sistema público y privado de salud, además de con NAITEC. (Ver figura 2).

Por otro lado, Alfonso explicaba que el problema de la investigación en Navarra viene de atrás. Hace 20 años se creaba la UPNA y el centro tecnológico, ambos agentes públicos creados por el gobierno de Navarra pero sin ninguna relación ni colaboración entre ellos, dando lugar a dos agentes con capacidad muy reducida. Ahora se trata de conseguir una complementariedad entre la investigación básica que se crea en la universidad y la investigación aplicada que se desarrolla en el centro tecnológico.



Figura 22. Colaboración interna y externa hacia objetivos comunes

- Manu Ayerdi, vicepresidente de Desarrollo Económico del Gobierno de Navarra

Manu Ayerdi continuó hablando de la estrategia que había planteado el director de la UPNA y añadía que su objetivo era que el engranaje formado por la universidad, los centros tecnológicos y las empresas funcione con la ayuda del gobierno. Definía que su única premisa era que la automoción y mecatrónica mantenga el liderazgo hacia la fabricación del futuro.

Después comentó que se había realizado una encuesta entre “milenials” en la que uno de los resultados había sido que el 74% de estos no veía la necesidad de comprarse un coche sino que preferían alquilar o usar alguna aplicación para compartir vehículos. “¿Seremos los últimos en tener un coche en propiedad?”. Todo apunta a que la sistemática que hemos seguido estas últimas décadas de coche por persona va a terminarse.

Para terminar la apertura y dar paso a los ponientes, Manu dejaba esta frase: “El conocimiento (junto al amor) es de las pocas cosas que se multiplica (y no se divide) al compartirlo”.

REGRESO AL FUTURO ¿SEREMOS LOS ÚLTIMOS EN POSEER UN COCHE EN PROPIEDAD?

- Andreu Veá i Baró, presidente ejecutivo de la Internet Society en España

Andreu Veá dividió su intervención en 3 partes: Pasado, presente y futuro.

Empezando por el pasado, hizo referencia a 3 ejemplos:

- El proyecto genoma humano destinado a secuenciar nuestros genes, comenzó en 1990 y tardó 13 años en completarse, hoy en día se tardan 26 horas.
- En 1980, el coste de almacenar 1GB de datos era de 437.000 dólares. Hoy en día es de 0,019 dólares.
- El coste por vatio de energía producido con placas fotovoltaicas ha pasado de 76 dólares en 1977 a 0,3 dólares en 2015.

Son algunos ejemplos que permiten comprender mejor el ritmo exponencial de los cambios tecnológicos. Esto nos llevó a la “teoría de los rendimientos acelerados”. Esta teoría fue recogida por primera vez por Ray Kurzweil en un ensayo publicado en año 2001 donde afirma que la tecnología evoluciona de forma exponencial y no de forma lineal, lo que quiere decir que cada vez evoluciona más rápido.

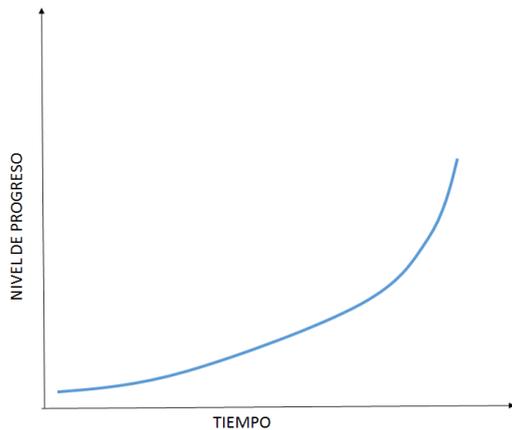


Figura 23. Ley de los rendimientos acelerados

Por lo tanto, en el siglo XXI, no experimentaremos cien años de progreso, sino que serán como 20.000 años de progreso (al ritmo de hoy) comparado con el siglo pasado.

Realmente no sabemos si la ley de los rendimientos acelerados tendrá una validez a lo largo de los siglos que vienen, sin embargo parece evidente que es una realidad en nuestros días y que lo será en los próximos años. El hecho de que la tecnología evolucione de forma exponencial tiene una alta implicación en que la capacidad de la sociedad para asimilar y familiarizarse con el uso de dicha tecnología evolucione de la misma manera.

En los últimos años hemos sido capaces de asimilar cambios tecnológicos muy profundos (popularización de internet, inicio de la telefonía móvil, smartphones, tablets...) de una forma natural. Lo que dice la ley de Kurzweil es que la siguiente generación estará capacitada para asimilar muchos más cambios de ese tipo. Cabe esperar que en ese entorno, los cambios disruptivos (cambios tecnológicos que cambian nuestra forma de hacer y entender las cosas de forma profunda) sean habituales.



Figura 24. Cambios disruptivos en la tecnología

La Figura 4 representa que una tecnología concreta puede evolucionar de forma tan radical que deja obsoleta el origen de dicha tecnología. En 1975 una cámara de fotos tardaba 23 segundos

en sacar una foto en blanco y negro, unos años después alguien disfrazó un ordenador de cámara de fotos y dejamos de usar las cámaras tradicionales. Lo mismo ocurrió con las máquinas de escribir, que disfrazamos un ordenador de una. Ahora todo el mundo tiene en el bolsillo un ordenador disfrazado de teléfono, y nadie usa un teléfono tradicional. En este momento toca disfrazar un ordenador de coche, y cambiaremos totalmente el concepto de coche tradicional con todas sus implicaciones.

En referencia al futuro, se habla de movilidad eléctrica, autónoma y conectada. Esto quiere decir que la siguiente generación no necesitará sacarse el carnet de conducir ni comprar un coche (tal y como lo conocemos hoy en día) para moverse.

HUBS PARA EL DESARROLLO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

- Gregorio Ameyugo, Deputy Director, Europe and Internacional, centro tecnológico CEA List de Francia

Gregorio comenzó contando que hace unos años propuso unas predicciones de lo que ocurriría en 50 años, y quedó como un tonto porque se hicieron realidad en 4 años. Con eso se constata que el cambio es cada vez más rápido.

A continuación comentaba que el objetivo del sector de automoción hoy en día es cumplir con lo que nos importa a las personas:

- Respirar mejor en las ciudades
- Tener el coche perfecto para cada persona
- Cubrir una necesidad con un servicio, no con un producto.

¿Cómo cumplir estos tres objetivos?

- Vehículo eléctrico
- Personalizado
- Compartido

El camino para conseguirlo no es ningún secreto a estas alturas. Está basado en la innovación, la educación y la colaboración. (Figura 25)

Un HUB es un ecosistema de innovación formado por empresas tecnológicas, centros tecnológicos, Pymes, empresas tractoras... y la ayuda del gobierno. Hoy en día la competencia está entre estos ecosistemas y cuanto más grande sea un HUB, más competitivo será.

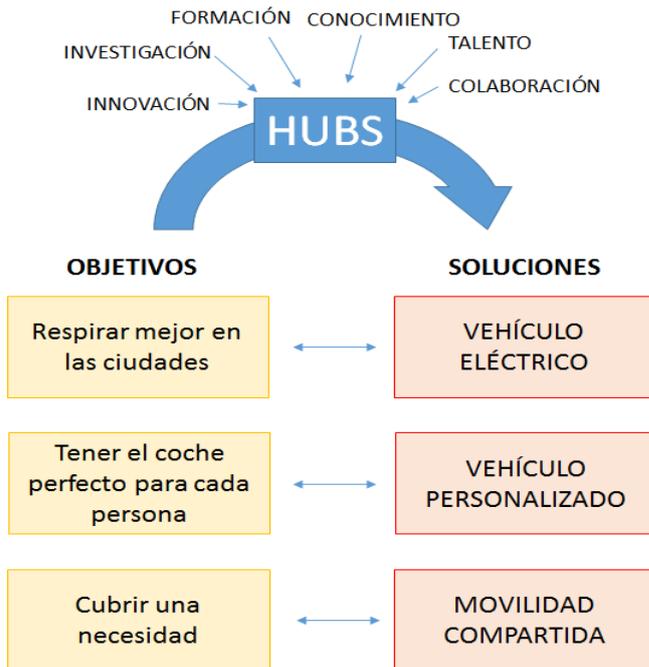


Figura 25. De objetivos a soluciones a través de HUBS

Una de las claves de competitividad es atraer más sectores que puedan beneficiarse de las mismas tecnologías para que así dicha tecnología avance más rápido. Otra de las claves es que una PYME es capaz de adaptarse y cambiar mucho más rápido que una gran empresa tractora, pero la PYME necesita de la inversión de la gran empresa para ello. En definitiva, el éxito es la colaboración.

COCHE DEL FUTURO

- Jose Manuel Arreche, director de ingeniería de planificación en Volkswagen Navarra.

Jose Manuel indicó que el futuro del sector de automoción va en dos direcciones: el coche autónomo como producto y la movilidad compartida como negocio. (Figura 26)

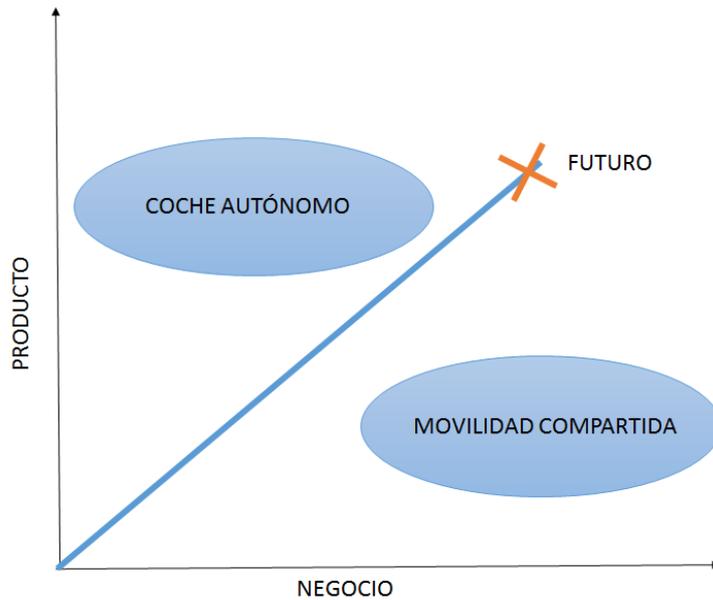


Figura 26. Equilibrio entre el producto y el negocio

En definitiva, convertir los fabricantes de coches en proveedores de movilidad.

El objetivo actualmente es reducir el número de accidentes de coches a cero mediante la conducción autónoma en autopista, el freno automático en caso de peligro, bloqueo del volante si detecta algún obstáculo peligroso... Y el objetivo a futuro es la movilidad eléctrica, autónoma y segura.

Para ello, antes se necesita que la energía que consumamos sea totalmente renovable ya que no tiene sentido que todo sea eléctrico si la energía no es renovable. Por otro lado, se quiere conseguir que la conectividad sea a través del coche, es decir, ahora mismo podemos conectar el coche a la red a través del Smartphone, en un futuro será el “coche inteligente” el que se conecte directamente.

14. METODOLOGÍA

14.1 DESCRIPCIÓN DE TAREAS

A continuación se expone el conjunto de tareas realizadas a lo largo del desarrollo del trabajo:

TAREA 1	Búsqueda de Información
Descripción	Recopilar información relativa a cambios históricos que han repercutido en la producción industrial.
Carga de Trabajo	35 horas
Recursos	Ordenador, revistas científicas, libros técnicos y trabajos de terceros
Duración	5 semanas
Entregables	

TAREA 2	Selección de la información
Descripción	Seleccionar sucesos históricos y conceptos clave relacionados con la evolución de la industria
Carga de Trabajo	30 horas
Recursos	Ordenador y documentos recopilados
Duración	4 semanas
Entregables	

TAREA 3	Análisis de la información
Descripción	Análisis e interpretación de la información recopilada
Carga de Trabajo	40 horas
Recursos	Ordenador
Duración	5 semanas
Entregables	

TAREA 4	Interpretación y relación de sucesos
Descripción	Búsqueda e interpretación de posibles relaciones de los hechos históricos con retos actuales
Carga de Trabajo	40 horas
Recursos	Ordenador, prensa y noticias.
Duración	5 semanas
Entregables	

TAREA 5	Análisis del contexto
Descripción	Análisis comparativo del contexto social, económico e industrial a lo largo del tiempo.
Carga de Trabajo	30 horas
Recursos	Ordenador, prensa y noticias.
Duración	3 semanas
Entregables	

TAREA 6	Profundización en conceptos clave
Descripción	Búsqueda de artículos internacionales publicados sobre el sector de automoción y la Industria 4.0.
Carga de Trabajo	60 horas
Recursos	Ordenador y bases de datos
Duración	4 semanas
Entregables	

TAREA 7	Contacto con Volkswagen Navarra
Descripción	Puesta en contacto con trabajadores de Volkswagen Navarra y realización de entrevistas.
Carga de Trabajo	75 horas
Recursos	Ordenador y teléfono.
Duración	3 semanas
Entregables	Anexo 1

TAREA 8	Curso de formación Industria 4.0
Descripción	Asistencia a curso de formación sobre industria 4.0 en Volkswagen Navarra. Realización de encuesta a los asistentes del curso y análisis de resultados
Carga de Trabajo	30 horas
Recursos	Ordenador, fotocopias.
Duración	4 semanas
Entregables	

TAREA 9	Evento de NAITEC y el gobierno de Navarra
Descripción	Asistencia a evento sobre la movilidad y la fabricación del futuro. Recopilación y análisis de información de los ponientes
Carga de Trabajo	24
Recursos	
Duración	1 semana
Entregables	

TAREA 10	Conclusiones
Descripción	Interpretación y demostración de la información obtenida en las tareas 7, 8 y 9 con la información teórica
Carga de Trabajo	30
Recursos	Ordenador
Duración	1 semana
Entregables	

14.2 DIAGRAMA DE GANTT/CRONOGRAMA

ID	Nombre de la tarea	Duración	Comienzo	Final	Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
1	Búsqueda de Información	5 semanas	04-ene	16-mar		█	█	█	█	█																									
2	Selección de la información	4 semanas	26-feb	23-mar				█	█	█	█																								
3	Análisis de la información	5 semanas	19-mar	20-abr							█	█	█	█	█																				
4	Interpretación y relación de sucesos	5 semanas	02-abr	04-may									█	█	█	█	█																		
5	Análisis del contexto	3 semanas	07-may	25-may															█	█	█														
6	Profundización en conceptos clave	4 semanas	28-may	22-jun																	█	█	█	█											
7	Contacto con empresa de automoción	3 semanas	17-sep	06-oct																															
8	Curso de formación Industria 4.0	4 semanas	01-oct	26-oct																															
9	Evento de NAITEC y el gobierno de Navarra	1 semana	19-nov	23-nov																															█
10	Conclusiones	1 semana	26-nov	30-nov																															█

15. INFORME DE GASTOS

Los gastos de este trabajo se dividen en tres partes: Las horas invertidas, la amortización de los equipos utilizados, y el coste de los recursos utilizados. La descripción de cada uno se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 7. Horas invertidas por los realizadores del trabajo

	Horas Invertidas	Coste unitario	TOTAL
Estudiante	395	35€/h	13.825 €
Tutora	25	60€/h	1.500 €
			15.325 €

Tabla 8. Amortización de los activos fijos utilizados en el trabajo.

Amortizaciones	Precio Inicial	Vida útil	Tiempo utilizado	TOTAL
Ordenador	1.200 €	5 años	12 meses	240€
				240€

Tabla 9. Coste de los recursos utilizados en el trabajo.

Recursos	TOTAL
Material	5 €
Fotocopias	40 €
Traslados	100 €
Llamadas telefónicas	20 €
	165 €

Sumando las tres partes se obtiene el coste total del trabajo.

Tabla 10. Coste final del trabajo.

Gatos	TOTAL
Horas invertidas	15.325 €
Amortizaciones	240 €
Recursos	165 €
TOTAL	15.730 €

16. CONCLUSIONES

Industria 4.0 ofrece una nueva forma de organizar los medios de producción, permitiendo que las fábricas inteligentes del futuro sean capaces de adaptarse mejor a las necesidades de los clientes. La industria 4.0 nos va a permitir seguir compitiendo en el mercado, seguir existiendo. Si no nos aprovechamos de las ventajas que ofrece, no seremos competitivos y desapareceremos.

Nos permite lograr una gestión más eficaz de los recursos, mejora de todos los procesos y aumento de la rentabilidad. El alcance de los avances que nos proporciona la Industria 4.0 nos hace vislumbrar grandes mejoras en los puestos de trabajo, productos personalizados para cada cliente, ciudades inteligentes y más eficientes y movilidad sin límite del trabajador.

No es necesario aplicar todas las tecnologías para dotar de inteligencia a una fábrica, ya que solo usaremos aquello que creamos que es importante para nosotros y que nos ayuda en nuestro día a día.

En definitiva, lo que nos ofrece la cuarta revolución industrial es:

- Una capacidad de adaptación constante a la demanda.
- Servir al cliente de forma personalizada.
- Aportar un servicio post venta uno a uno con el cliente.
- Diseñar, producir y vender productos en menos tiempo.
- Añadir servicios a los productos físicos.
- Crear series de producción más cortas y rentables.
- Aprovechar la información para su análisis desde múltiples canales donde ser capaces de analizarla y explotarla en tiempo real.

Cualquier revolución histórica ha traído beneficios directos a los usuarios. En esta ocasión va a ser similar o incluso superior ya que, aunque a primera vista puede parecer que se trata de una revolución tecnológica, en el fondo es una revolución orientada al cliente donde este pasa a ser el centro de todo. De esta manera el cliente es único, por lo que el grado de personalización de los productos y los servicios asociados va a aumentar radicalmente. Ya se está viendo en la adquisición de productos de consumo (por ejemplo, portátiles, donde el grado de personalización y configuración es cada vez mayor) pero en el futuro se llegará a cualquier producto que el consumidor adquiera (automóvil, casa, seguros...).

Otro beneficio importante producido por los avances tecnológicos será la mejora en servicios tales como la sanidad, la educación y el tiempo libre. Por el contrario, cada vez nos sentimos más monitorizados de manera silenciosa (continuamente estamos enviando información mediante nuestros smartphones, y es difícil saber dónde termina el ámbito privado en nuestra actividad en redes sociales), por lo que podemos decir que no solo estamos ante una Transformación Digital, sino también cultural y las nuevas generaciones convivirán con ella.

Realmente, la cuarta revolución industrial no empezó en las fábricas sino fuera de ellas. En este caso el cambio tiene su origen en el uso que la sociedad hace de la tecnología; En concreto de la tecnología inteligente. Estas tecnologías se popularizaron y extendieron su uso en la sociedad, ofreciéndonos estar cada vez más conectados. Precisamente a la aplicación y aprovechamiento de esta hiperconectividad dentro de las fábricas, es a lo que se le ha dado el nombre de "Industria 4.0".

Por último, los efectos de esta revolución han ido e irán mucho más allá de la industria, puesto que las empresas buscan aplicaciones a la tecnología con el único fin de facilitar y mejorar la vida de las personas. Muchas áreas aparte de la industria pueden obtener resultados beneficiosos del desarrollo de tecnologías comunes, como sanidad o educación, por lo que la colaboración es la clave del éxito en esta revolución.

17. REFERENCIAS

- Abellán-García Barrio, Álvaro, (2014). “Trabajo manual vs. trabajo intelectual”. Publicado en el blog Dialogical. Disponible en: <https://www.dialogicalcreativity.es/2014/02/trabajo-manual-vs-trabajo-intelectual.html>
- Acosta, Katherine C., (2011). “Lean Manufacturing”, Blog de la Escuela de Organización Industrial. Disponible en: <http://www.eoi.es/blogs/katherinecarolinaacosta/2011/12/18/lean-manufacturing>
- Aláez, Ricardo; Bilbao-Ubillos, Javier; Camino, Vicente; (2003). “El Desarrollo De La Industria Auxiliar De Automoción En La Economía Vasca”. Disponible en: <http://www.euskadi.eus/web01-a2reveko/es/k86aEkonomiazWar/ekonomiaz/downloadPDF?R01HNoPortal=true&idpubl=49®istro=679>
- Albanesi, Roxana, (2015). “Historia reciente del trabajo y los trabajadores. Apuntes sobre lo tradicional y lo nuevo, lo que cambia y permanece en el mundo del trabajo”. Publicado por la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Instituto de Estudios para el desarrollo Social (INDES). Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1514-68712015000200022
- Anido, Fernando, (2017). “La digitalización trae empleo, pero no a corto plazo”. Publicado por Bez. Disponible en: http://www.fundacionalternativas.org/public/storage/noticias_descargas/b3becd4d07cb9254d913d854547ec830.pdf
- Arruñada, Benito; Vázquez, Xosé H.; (2017). “La fabricación subcontratada y el futuro del sector del automóvil”. Publicado en la Revista Economía Industrial. Disponible en: <http://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/358/4Pags.%2079%20a%20la%2086%20E%20INDUST-358.pdf>
- Axayacatl, Olmo, (2014). “El surgimiento de la cadena de montaje”. Publicado en el blog Ingeniería. Disponible en: <https://blogingenieria.com/empresas-ingenieria/surgimiento-cadena-montaje/>
- Barroso, Gonzalo, (2017). “Un mapa de las nuevas tecnologías para la internacionalización de pymes”. Publicado por INNOVASPAIN. Disponible en:

<https://www.innovaspain.com/mapa-nuevas-tecnologias-ayudar-pymes-internacionalizacion/>

- Bel Cacho , Daniel, (2015). “Analizando la Discontinuidad Tecnológica”. Publicado por Entornos Digitales. Disponible en: <https://www.socialnautas.es/blog/discontinuidad-tecnologica/>
- Bilbao-Ubillos, Javier. (2010). “Spatial Implications of New Dynamics in Production Organisation: The Case of the Automotive Industry in the Basque Country”. Dponible en:
<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0042098009353627?journalCode=usja>
- Blanco, Maximo, (2016). “Beneficios y amenazas de la industria 4.0”. Publicado en el Semanario CTXT. Disponible en: <http://ctxt.es/es/20160831/Firmas/8157/Industria-tecnologia-revolucion-mercado-digital.htm>
- Capgemini, (2018). “Automotive Smart Factories: putting auto manufacturers in the digital”. Publicado por el Instituto de Transformación Digital de Capgemini. Disponible en: <https://www.capgemini.com/gb-en/resources/automotive-smart-factories-how-auto-manufacturers-can-benefit-from-the-digital-industrial-revolution/>
- Casella, Juan M., (2017). “El impacto de las nuevas tecnologías en la productividad laboral”. Publicado en el Blog Captio. Disponible en: <https://www.captio.net/blog/el-impacto-de-las-nuevas-tecnologias-en-la-productividad-laboral>
- Comisión Europea, (2014). “Horizon 2020”, Publicado por la Dirección General de Investigación e Innovación. Disponible en: https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020_ES_KI_0213413ESN.pdf
- Condom-Vilà, Pere, (2017). “Discontinuidades tecnológicas”. Publicado en el Blog TECHNOLOGY & ENTREPRENEURSHIP. Disponible en: <http://www.perecondom.com/2017/09/09/discontinuidades-tecnologicas/>
- Darceles Tife, Maité, (2007). “TRABAJADOR DEL CONOCIMIENTO Y EL SALTO A LA INNOVACIÓN”, Revista Escuela de Administración de Negocios [en línea] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20611495004> ISSN 0120-8160
- De la peña, José, (2013). “Nuevas tecnologías para la internacionalización”. Publicado en el Blog Neolabels. Disponible en: <http://www.neolabels.com/consultoria-de-comunicacion/nuevas-tecnologias-para-la-internacionalizacion/>

- Drucker, Peter, (1999). “Knowledge-Worker Productivity: The Biggest Challenge”, California Management Review, Vol. 41, Nro. 2, Winter.
- Elizondo López, Luis F., (2016). “Efectos de la Cuarta Revolución Industrial”. Publicado en El Financiero. Disponible en: <http://www.elfinanciero.com.mx/monterrey/efectos-de-la-cuarta-revolucion-industrial>
- Escuela Europea de Management, (2016). “Gestión Empresarial: Claves del entorno globalizado”. Disponible en: <http://www.escuelamangement.eu/direccion-general-2/gestion-empresarial-claves-del-entorno-globalizado>
- Esperón, José L., (2015). “Ford T”. Publicado en el Blog Historia del diseño industrial. Disponible en: <http://historia-diseno-industrial.blogspot.com/2015/02/ford-t.html>
- Euskadi Tecnología, (2018). “ASF acompaña al sector vasco de la automoción hacia la Industria 4.0”. Publicado en EUSKADITECNOLOGÍA. Disponible en: <https://www.euskaditecnologia.com/asf-industria40/>
- Falco, Alejandra E., (2003). “Productividad del trabajador del conocimiento: el gran desafío del siglo XXI”, trabajo presentado en el Congreso de Productividad 2003, Universidad del CEMA, Disponible en: <https://www.ucema.edu.ar/productividad/download/2003/Falco>
- Fernández Fernández, Inmaculada, (2018). “Las TICs en el ámbito educativo”. Publicado en EDUCREA. Disponible en: <https://educrea.cl/las-tics-en-el-ambito-educativo/>
- Fernández, Sofía, (2017). “Llega la cuarta revolución industrial: así cambiarán las empresas de automoción”. Publicado en El Confidencial. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/empresas/2017-12-20/automocion-industria-automovil-ey-bra_1491730/
- Figueroa Pezoa, Waldo, (2012). “Servicios utilizados por los internautas en Europa”. Publicado en Blogspot. Disponible en: <http://ticsmmwtecnologia.blogspot.com/2012/11/servicios-utilizados-por-los.html>
- FUNDACIÓN “CLAUDIO SABATTINI”, (2016). “El proyecto “Industrie 4.0” y las consecuencias en el trabajo”. Publicado en la revista Pasos a la Izaquierda Nº 5. Disponible en: <http://pasosalaizquierda.com/?p=1486>
- Fundación Alternativas, (2017). “El efecto de las nuevas tecnologías en el empleo”. Publicado por la Fundación Alternativas. Disponible en: <http://www.fundacionalternativas.org/noticias/cultura-y-comunicacion/el-efecto-de-las-nuevas-tecnologias-en-el-empleo>

- Fundación Cotec (2015). “El papel de las TIC en la cuarta revolución industrial: la fabricación inteligente”. Publicado por Interempresas. Disponible en: <http://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/142896-El-papel-de-las-TICs-en-la-cuarta-revolucion-industrial-la-fabricacion-inteligente.html>
- García Rueda, María I., (2010). “Primeros Vehículos matriculados en España”. Publicado por la Dirección General de Tráfico. Disponible en : <http://www.dgt.es/images/Primeros-Vehiculos-matriculados-en-Espana-1900-1964-Biblioteca-DGT-1008562.pdf>
- García Vidal, José M.; Luisa Solé, María L., (2012). “Impacto de las nuevas tecnologías en el comportamiento de los consumidores”. Publicado por el Instituto de formación continua de la Universidad de Barcelona. Disponible en: <https://www.il3.ub.edu/blog/impacto-de-las-nuevas-tecnologias-en-el-comportamiento-de-los-consumidores/>
- García, Gema, (2018). “La industria del automóvil ahorrará gracias a las fábricas inteligentes”. Publicado en Motor Zeta. Disponible en: <https://www.sport.es/es/motor/destacados/noticias/industria/fabricas/la-industria-del-automovil-ahorrara-gracias-a-las-fabricas-inteligentes-6798037>
- Guerrero, Manuel, (2016). “Cuarta revolución industrial y su impacto en la sociedad”. Publicado en el Blog Kaizen, Mejora Continua. Disponible en: <https://manuelguerrerocono.com/cuarta-revolucion-industrial-impacto-social/>
- Guzmán Arenaza, Alexander, (2018). “Los 'superpoderes' de la planta de Motores de Ford en Valencia”. Publicado en La Sexta. Disponible en: http://www.lasexta.com/motor/noticias/los-superpoderes-de-la-planta-de-motores-de-ford-en-valencia_201702185a9594290cf2586cf8419f0a.html
- Hermann, Mario; Pentek, Tobias; Otto, Boris; (2015). “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review”, Technische Universität Dortmund. Disponible en: http://www.thiagobranquinho.com/wp-content/uploads/2016/11/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf
- Huesca Fernández, Enrique, (2018). “Retos y oportunidades de la Industria 4.0: el llamado a una nueva política industrial”. Publicado en El Economista. Disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Retos-y-oportunidades-de-la-Industria-4.0-el-llamado-a-una-nueva-politica-industrial-20180227-0173.html>

- Iglesias Antoral, Beatriz, (2006). “Historia de la Tecnología: La Revolución Industrial”. Publicado en RAULTECNOLOGÍA. Disponible en: <https://raultecnologia.wordpress.com/2006/11/24/historia-de-la-tecnologia-la-revolucion-industrial/>
- Instituto Nacional de Estadística, (2017). “Encuesta sobre el uso de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y del comercio electrónico en las empresas”. Publicado en INE- Notas de Prensa. Disponible en: http://www.ine.es/prensa/tic_e_2016_2017.pdf
- Instituto Nacional de Estadística, (2017). “Población que usa Internet. Tipo de actividades realizadas por Internet”. Publicado en INE- Notas de Prensa. Disponible en: http://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259925528782&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout
- Instituto Vasco de Estadística, (2015). “Indicadores del uso de las TIC y del Comercio Electrónico del sector de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) en la C. A. de Euskadi por territorio histórico y subsectores”. Publicado en EUSTAT. Disponible en: http://www.eustat.eus/elem/ele0004300/tbl0004389_c.html
- Jasso Villazul, Javier, (2004). “Trayectoria tecnológica y ciclo de vida de las empresas: una interpretación metodológica acerca del rumbo de la innovación”. Contaduría y Administración [en línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39521405> ISSN 0186-1042
- Kagermann, Henning, (2013). “Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0”, Acatech – National Academy of Science and Engineering. Disponible en: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf
- López Alonso, Eduardo, (2015). “Los mejores avances tecnológicos para coches actuales”. Publicado en Motor Zeta. Disponible en: <https://www.sport.es/es/motor/destacados/noticias/innovacion/conectividad/los-mejores-avances-tecnologicos-para-coches-actuales-4358768>
- Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, (2017). “Liderazgo en tecnologías industriales y de capacitación”. Publicado en ES HORIZONTE 2020. Disponible en:

<https://eshorizonte2020.es/liderazgo-industrial/liderazgo-en-tecnologias-industriales-y-de-capacitacion>

- Mizar Additive Manufacturing, (2016). “Fabricación aditiva vs. Impresión 3D”. Publicado en el Blog Mizar. Disponible en: <http://mizaradditive.com/impresion-3d/>
- Mosquera, José L. Alonso; Lampón Caride, Jesús F.; Vázquez, Xosé H., (2006). “Estrategias de aprovisionamiento en el sector español del automóvil: situación actual y perspectivas”, Universia Business Review [en línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43300901> ISSN 1698-5117
- Navarro Arancegui, Mikel; Sabalza Laskurain, Xabier; (2016). “Reflexiones sobre la Industria 4.0 desde el caso vasco”. Publicado por EKONOMIAZ. Revista vasca de Economía, Gobierno, vol. 89. Disponible en: <https://ideas.repec.org/a/ekz/ekonoz/2016106.html>
- Navas, Noemi, (2015). “La logística encarece en 500 millones la producción de coches”. Publicado en El País – Economía. Disponible en: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2015/07/02/empresas/1435851967_365130.html
- Palma, Marcelo J., (2017). “Os princípios da Indústria 4.0 e os impactos na sustentabilidade da cadeia de valor empresarial”, 6th International Workshop Advances in Cleaner Production – Academic Work. Disponible en: http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/files/sexoos/6B/4/palma_jmb_et_al_academic.pdf
- Pineda Portillo, Noé, (2017). “La cuarta revolución industrial y sus impactos”. Publicado en La Tribuna. Disponible en: <http://www.latribuna.hn/2017/04/19/la-cuarta-revolucion-industrial-impactos/>
- Pittman, Kagan, (2016). “A History of Collaborative Robots: From Intelligent Lift Assists to Cobots”. Publicado en la web engineering. Disponible en: <https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/13540/A-History-of-Collaborative-Robots-From-Intelligent-Lift-Assists-to-Cobots.aspx>
- Puentes, Nuria, (2017). “¿Qué hace falta para fabricar un coche?”. Publicado en El Periódico – Economía. Disponible en: <https://www.elperiodico.com/es/economia/20170103/cuanto-cuesta-fabricar-un-coche-seat-5723240>

- Reñones Domínguez, Aníbal, (2016). “El rol del trabajador en la Fábrica del Futuro”. Publicado en el Blog Cartif. Disponible en: <https://blog.cartif.com/el-rol-del-trabajador-en-la-fabrica-del-futuro/>
- Rodrigo Almarza, Tomás, (2016). “Industria 4.0 ¿Objetivo real o ciencia ficción para las empresas españolas?”. Publicado en la revista Manutención y Almacenaje. Disponible en: <http://www.manutencionyalmacenaje.com/es/notices/2016/11/industria-4.0-objetivo-real-o-ciencia-ficcion-para-las-empresas-espanolas-39522.php#.WztoaNUzblU>
- Rodríguez Núñez, Adrián, (2017). “Cintas transportadoras y cadena de montaje”. Publicado en Maquinaria e Industria. Disponible en: <http://www.maquinariaeindustria.es/cintas-transportadoras-cadena-montaje/>
- Rodriguez Ponce, Emilio, (2003). “La sociedad del conocimiento”. Publicado en la revista de la Facultad de ingeniería, U.T.A. (CHILE), VOL. 11 Nº2. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-13372003000200001&lng=en&tlng=en&SID=E5WQlfY3Xx26UpVqYPk
- Sanchez, Jose T., (2004). “Proceso de transformación en la empresa con sistema de producción en masa al sistema de producción ajustada”. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/1599/1/1020150051.PDF>
- Sánchez-Silva, Carmen, (2015). “Así se fabrica un vehículo”. Publicado en El País. Disponible en: https://elpais.com/economia/2015/10/02/actualidad/1443793791_703388.html
- Sierra Benítez, Esperanza M., (2018). “El delegado de protección de datos en la industria 4.0: funciones, competencias y las garantías esenciales de su estatuto jurídico”. Publicado en la revista Relaciones Laborales y Derecho del Empleo. Disponible en: http://ejcls.adapt.it/index.php/rlde_adapt/about
- Smith, Kit, (2016). “96 estadísticas y datos increíbles de las redes sociales para 2016”. Publicado en Brandwatch. Disponible en: <https://www.brandwatch.com/es/blog/96-estadisticas-redes-sociales-2016/>
- SPRI Y ACICAE, (2003). “El Sector Vasco de Proveedores de Automoción”. Disponible en: http://www.basquecountry.eus/contenidos/noticia/automocion_08/es_auto/adjuntos/sector_vasco_automocion_c.pdf
- Universia España, (2015). “15 cifras sorprendentes sobre el Big Data”, Universia España – Noticias. Disponible en:

<http://noticias.universia.es/cultura/noticia/2015/10/01/1131820/15-cifras-sorprendentes-big-data.htm>

- Vaquero García, Alberto, (2017). “La cuarta revolución industrial y sus efectos sobre el empleo”. Publicado en La Región. Disponible en: <http://www.laregion.es/articulo/euro/cuarta-revolucion-industrial-efectos-empleo/20171009132605740778.html>
- Vázquez, Guillermo, (2013). “Fordlandia. El fracaso de henry ford”. Publicado en el Blog 27 vueltas. Disponible en: <https://27vueltas.wordpress.com/2013/04/25/fordlandia-el-fracaso-de-henry-ford/>
- Viaña, Emelia, (2016). “Datatruth: la verdad que esconde el 'big data'”. Publicado en Expansión – Economía Digital. Disponible en: <http://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2016/04/13/570e8f3746163fa5598b459d.html>
- Yáñez, Aurora, (2017). “La Sanidad del futuro a través de las TIC”. Publicado en El Mundo. Disponible en: <http://innovacionensalud.expobeta.com/salud-digital/la-sanidad-del-futuro-a-traves-de-las-tic>
- Yi Lai, (2006). “Book Review: Knowledge Workers in the Information Society”. Publicado en la revista Work and Occupations, VOL. 33, Nº 4. Disponible en : <http://ejournals.ebsco.com/direct.asp?ArticleID=454C86C6BC014F612A03>>
- 3R Industria 4.0, (2018). “La Transformación Digital de la Industria (La 4ª Revolución Industrial)”. Disponible en: <https://industria40.me/blog/la-transformacion-digital-de-la-industria-la-4a-revolucion-industrial/>

AGENTES

- FORD: <http://corporate.ford.com/>
- FORD ESPAÑA: <https://www.ford.es/>
- VOLSKWAGEN: <http://volkswagen.com/>
- VOLSKWAGEN NAVARRA: <http://vw-navarra.es/>
- NAITEC: <http://www.naitec.es/>

ANEXO 1. ENTREVISTAS A PERSONAL DE VOLKSWAGEN NAVARRA

Las entrevistas se han basado en un guion preestablecido pero con preguntas abiertas, donde el entrevistado puede explayarse en sus respuestas, respondiendo a los puntos que se consideran clave para la investigación.

Se han realizado 4 entrevistas, a las siguientes personas:

Entrevistado 1: Jefe de taller desde el origen de la planta en 1976.

Entrevistado 2: Trabajador de planta desde 1986.

Entrevistado 3: Director de producción.

Entrevistado 4: Director de ingeniería de planificación.

Las entrevistas se detallan a continuación.

- **Entrevista al director de producción.**

En primer lugar se ha conseguido una puesta en contacto con el director de producción de la empresa Volkswagen Navarra, S.A.U. Él nos proporciona una visión de lo que se está haciendo ahora y recientemente en la planta de producción, y su punto de vista sobre las perspectivas futuras. Además, nos permitió conocer datos concretos del funcionamiento de la planta en 2017.

SOBRE LA LÍNEA DE NEGOCIO

Cuenta que la actividad industrial actual de la empresa se centra en la fabricación del Volkswagen Polo y el objeto de la Compañía lo constituyen:

La fabricación, comercialización, importación y exportación de vehículos automóviles, sus partes, piezas de recambio y accesorios, así como de maquinaria y bienes de equipo para producir todos ellos.

La prestación de asistencia técnica y servicios complementarios a sus proveedores, importadores, concesionarios, clientes y Sociedades del propio Grupo.

SOBRE EL PERSONAL

En la actualidad trabaja en Volkswagen Navarra, S.A.U. un colectivo de más de 4.800 personas. La capacidad técnica de esta empresa es de 1.400 coches/día del modelo Polo, un volumen de producción que se comercializa en más de 50 países de todo el mundo.

El número medio de empleados en el curso de los años 2016 y 2017, distribuido por categorías es el siguiente:

Tabla 11. Número medio de empleados en los años 2016 y 2017 distribuidos por categorías.

CATEGORÍA	2016 (Nº)	2017 (Nº)
Consejeros	1	1
Directivos	116	116
Personal técnico administrativo	567	602
Mano de obra indirecta	414	428
Mano de obra directa	3410	3.559
TOTAL	4508	4.706

Con estos datos, podemos ver que la mano de obra directa representa en ambos años una media del 75% de los empleados de la empresa. Atendiendo a los datos recogidos a final de año desde 2012, podemos ver cómo esa proporción de mano de obra directa se mantiene más o menos constante a pesar de los aumentos o reducciones de plantilla:

Tabla 12. Número de empleados a final de año desde 2012 hasta 2017.

AÑO	2012	2013	2014	2015	2016	2017
PLANTILLA	4386	4491	4274	4402	4547	4893
MANO DE OBRA DIRECTA	3287	3408	3192	3326	3439	3745
PORCENTAJE DE PERSONAL DIRECTO	75%	76%	75%	76%	76%	77%

A final de 2017, la proporción de mano de obra directa comenzaba a aumentar debido al lanzamiento de producción del nuevo modelo VW270 en la segunda mitad del año. Indicaba que el lanzamiento de una nueva producción siempre implica mayores costes y menor rentabilidad que cuando ya está normalizada y establecida. Esto se reflejó en una reducción de la productividad que se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 13. Ventas y Productividad de la planta desde 2014 hasta 2017

	2014	2015	2016	2017
Ventas (coches)	305.700	298.358	296.799	244.127
Ventas (millones de euros)	2.909,8	2.976,2	2.911,5	2.524,8
Productividad (coches/persona)	71,2	70,9	68,6	49,7

Volkswagen Navarra S.A.U. ha alcanzado en 2017 la cifra de 244.127 unidades vendidas, representando un 10,9% de toda la producción española de turismos. El Volkswagen Polo fue el vehículo, fabricado en España, más vendido a nivel mundial, entrando en el “top ten” de los modelos más populares en todo el mundo, y repitiendo un año más en el “top ten” de matriculaciones nacionales.

En el mes de julio se produjo la incorporación como trabajadores eventuales de la quinta promoción de aprendices una vez finalizado su periodo de formación en la academia que hay dentro de la planta.

SOBRE EL PRODUCTO

El Volkswagen Polo A05 es el modelo de referencia en su segmento en cuanto a prestaciones, calidad, confort, seguridad y satisfacción del cliente, actualizándose constantemente. Estas características le han servido al modelo actual para tener una considerable cuota en los principales mercados, por lo que en el año 2016 el Volkswagen Polo fue el vehículo fabricado en España más vendido del mundo. Se ha fabricado durante 8 años hasta el 24 de junio de 2017, y ha conseguido a lo largo de su historia 9 premios internacionales y el mayor índice de producción anual de la fábrica. En 2017 se lanzó el nuevo Volkswagen Polo, la sexta generación de este coche.

“Las modificaciones que ha experimentado el Polo en este cambio generacional están pensadas para ofrecer más y nuevas opciones a los clientes, pero sobretodo seguridad, comodidad y facilidad de uso y adaptación”. Algunas de ellas son:

- La paleta de colores de este nuevo Polo incluye 14 colores, 8 de ellos nuevos.
- Su espacio interior aumenta en 107 litros
- Dispone de la pantalla infoentretenimiento más elevada, parecida a un Smartphone y con unos gráficos mejorados, siendo el primer modelo en incorporar el sistema Digital Cockpit (FPK). Esto se trata de un cuadro de instrumentos digital, con multitud de menús configurables.

Además, el vehículo está totalmente conectado con el exterior mediante los nuevos sistemas:

- Car Net (servicios de navegación, posibilidad de conectar un Smartphone y posibilidad de ver en pantalla imágenes de una cámara Go Pro Hero)
- E-Call (llamada de emergencia automática)
- Sistema de apertura sin llave Kessy
- Blind Spot (detección de vehículos en ángulo muerto)
- Exit Assist (advertencia de objetos detrás del vehículo cuando se sale de un aparcamiento)
- Selector del Perfil de Conducción
- Park Assist (detección de plaza de aparcamiento y asunción de la dirección para facilitar la maniobra)
- ACC + Front Assist (control de velocidad de cruce y posibilidad de frenado)
- Pre Crash (protección proactiva de ocupantes en caso de detección de un posible accidente)

“Todas las nuevas incorporaciones son gracias a las informática y las nuevas tecnologías”

SOBRE INNOVACIÓN

La Innovación es uno de los pilares de la estrategia de producción de la marca Volkswagen. Durante 2017 se ha implementado el programa TRANSFORM.FACTORY+, en el que las actividades de Innovación se enmarcan dentro del área de actuación denominado “Fábricas del Futuro”.

A lo largo de 2017 el Equipo de Innovación “Fábricas del Futuro” ha impulsado proyectos y medidas de Innovación en el ámbito de las tecnologías englobadas en el nuevo paradigma de la “Industria 4.0” como la detección automática de defectos mediante visión artificial en el taller de Pintura y el proyecto piloto de análisis Big Data de información masiva sobre pares de apriete en Montaje.

Por otro lado, por segundo año consecutivo, los trabajadores de VW Navarra aportaron sus ideas y propuestas en el marco del Premio a la Innovación de VW Navarra, que celebró su II Edición. La idea ganadora en esta ocasión, “Cubo de calibración para manipuladores en el taller de Chapistería”, presentada conjuntamente por Procesos y Mantenimiento Chapistería, fue la candidata de VW Navarra al Innovationspreis Produktion und Logistik 2017 de la marca VW, resultando clasificada en tercer lugar entre las 15 medidas candidatas presentadas por otras fábricas y departamentos centrales de la marca.

SOBRE LAS PERSPECTIVAS DE LA EMPRESA

Se prevé que la economía mundial desacelere su crecimiento y que la demanda global de vehículos se desarrolle más lentamente y de manera desigual.

Sin embargo, la previsión del Grupo Volkswagen en relación a la demanda de automóviles es de aumento, haciendo frente a los riesgos e identificando las oportunidades. Gracias a su amplia gama de marcas, productos, tecnologías, servicios pioneros y la presencia cada vez mayor en todos los mercados importantes del mundo, el Grupo VW está bien preparado para los desafíos futuros. Con una buena posición competitiva en todo el mundo, el objetivo del Grupo es ofrecer a cada cliente la movilidad y las innovaciones de acuerdo con sus necesidades y asegurando así el éxito a largo plazo.

Las expectativas de Volkswagen Navarra, S.A.U. vienen marcadas principalmente por la introducción por vez primera de un segundo modelo y por el compromiso de seguir trabajando en la implementación de la nueva estrategia del Grupo Volkswagen, que contempla hasta 2025 la consecución de 4 grandes objetivos:

- 1 Integración digital de la fábrica y el coche
- 2 Eficiencia como garantía de futuro
- 3 Movilidad sostenible
- 4 Equipo humano globalmente conectado.

“Esperamos también, al igual que el pasado año seguir incrementando la calidad y rentabilidad de nuestros productos y la confianza depositada en nosotros por nuestros clientes”.

SOBRE INDUSTRIA 4.0 Y LA DIGITALIZACIÓN DE LA PLANTA

Durante el año 2017 se ha trabajado principalmente sobre tres grandes programas:

- ELMO (Eliminación de la Relación Base de producto basada en módulos)
- La adaptación de sistemas e infraestructura para el nuevo modelo VW270 y
- La renovación de la electrónica de red.

2017 ha sido un buen año al haberse logrado la finalización del programa ELMO, la eliminación de la relación base basada en módulos y la implantación de la relación base estándar del grupo Volkswagen, el sistema TGN. En el mes de enero de 2018 se alcanzaba el objetivo final de ELMO y se consolidaban dentro de la plataforma SAP todos los sistemas logísticos de planta. Este sistema proporciona a las áreas de Logística y Finanzas una mejor información sobre el flujo de materiales a la línea y sus stocks, mejorando sustancialmente los procesos internos de logística. Además, todos los avisos de expedición de los proveedores se reciben ya desde la plataforma estándar de mensajería del Grupo Volkswagen.

Dentro del lanzamiento del nuevo modelo VW270 se ha ejecutado gran parte de la infraestructura de redes y sistemas prevista (puesta en marcha del sistema de peticiones automáticas, instalación del sistema de visualización de averías de instalaciones, sistema de geo localización de coches, despliegue de WIFI ...)

El tercer gran proyecto del 2017 ha sido la finalización de la ejecución de la renovación de la electrónica de red, iniciado en 2015 y que incorpora distintos conceptos que han sido de gran eficacia protegiendo a la compañía ante los varios ataques de virus mundiales.

Iniciando ya los primeros proyectos para el lanzamiento del VW216, se ha preparado el sistema de producción FIS, que toma el control de los procesos de control del flujo de carrocerías, desde la salida de ceras hasta la entrega de éstas a la línea de transporte hacia montaje, garantizando la trazabilidad de las carrocerías en su paso por el almacén. Además se está preparando la infraestructura de red necesaria para las nuevas instalaciones.

Adicionalmente a estos tres programas se menciona especialmente el inicio del primer proyecto piloto de fábrica utilizando tecnología de Big Data para mejorar el proceso en el taller de Montaje.

Volkswagen Navarra recibió el premio ITelNa 2017, Impulso Telecomunicaciones en Navarra, por su apuesta profesional por los ingenieros en telecomunicaciones y por su colaboración con la UPNA (Universidad Pública de Navarra) en este ámbito.

2. Entrevista a Jefe de Taller.

La charla con la dirección de producción proporciona una visión general de la situación actual de la planta, pero para saber cuáles han sido los principales cambios e innovaciones a lo largo de su historia hablamos con una persona que trabajó en la planta de Volkswagen Navarra desde su origen.

Comenzó a trabajar en 1969 en la fábrica de SEAT instalada en Barcelona como probador de coches. Con el tiempo fue ascendiendo a encargado, después a jefe de segunda, hasta que en 1975 SEAT compra AUTHI (Automóviles de Turismo Hispano Ingleses), y en 1976 pidió el traslado a la nueva planta instalada en Pamplona.

En 1991 se creó un nuevo taller destinado a montar los motores de gasolina que enviaban desde Alemania. El transporte aquí era muy caro y se pagaba por el volumen que ocupan los contenedores. Se aprovechaba mucho más el espacio en los contenedores al mandar los motores desmontados y salía más rentable montarlos aquí, a pesar de que hubo que hacer una gran inversión, no solo en las instalaciones sino que también hubo que adquirir los conocimientos para hacerlo y formar a las personas. Él tuvo que trabajar durante un tiempo con una persona especialista hasta que adquirió todo el know-how para quedarse como responsable del taller.

SOBRE LOS CAMBIOS PERCIBIDOS

Donde más evidente fue el cambio a lo largo de su estancia fue en el taller de pintura. Ha cambiado completamente tanto el taller como el proceso. “No tiene nada que ver como se pintaba antes a como se pinta ahora”. La robotización tanto en chapistería como en pintura es muy evidente. Las zonas más complicadas antes las hacían los operarios y se tardaba mucho, ahora hay robots especiales para pintar esas zonas. En el montaje del coche se utilizan robots en los puestos más pesados, por ejemplo, el montaje de ruedas era una tarea dura para los trabajadores y ahora se hace con equilibradores de manera muy sencilla.

El montaje de lunas se hacía entre dos operarios y mediante un sistema de goma y cuerda para agarrarla a la carrocería, sin embargo, ahora un robot pone pegamento mientras otro sujeta y coloca la luna.

El taller de motores era algo de nueva creación por lo que no sufrió muchos cambios en los métodos pero sí en la utilización. Al principio se creó para el montaje de motores y del TRIEBSATZ, que es todo el conjunto motriz desde la palanca de cambios hacia adelante. Como sobraba espacio, se implantaron 2 líneas de montaje de puertas que alimentaban a las 2 líneas principales.

El montaje de puertas es aparatoso, se molestaban unos operarios a otros, por eso se trasladaron a la zona de motores donde había más espacio para evitar molestias. En el montaje de puertas hay que tener en cuenta muchos detalles (altavoces, elevadores eléctricos o manuales, tapicerías, espejos...), todo esto viene detallado y el operario debe tener en cuenta qué debe llevar cada puerta. Esto fue posible gracias a la informatización, y cada vez es más sencillo.

Cuando se creó el taller de motores era la época en que se empezaba a hablar del trabajo en grupo y de los “métodos japoneses”. No se llegaron a instaurar las metodologías de los japoneses, sino que se adaptaron sus conceptos a la mentalidad española, porque ni los

sindicatos ni el personal estaban por la labor. Una de las ideas consistía en trabajar por equipos y asegurarse de que no pasasen defectos de un grupo a otro, es decir, para que el producto pasara a la siguiente fase de fabricación se realizaba un control, así se consigue detectar el defecto y dónde se produce de manera más sencilla.

Por otro lado estaba el problema de los trabajos repetitivos, “no es lo mismo hacer la misma tarea una hora que ocho horas”. Para ello se adoptó el sistema de “rotaciones”, que consiste en que cada operario pasa por 3 o 4 puestos diferentes a lo largo de la jornada laboral, con ello se consigue hacer frente a la monotonía y mejorar la salud física de los trabajadores y por otro lado se conseguía un perfil de trabajador polivalente y ya nadie era imprescindible o insustituible. Sin embargo, había mucha resistencia por parte de los operarios, porque las personas que trabajaban en línea adquirían una capacidad superior a la establecida (por ejemplo, si tenían que hacer una tarea en 10 minutos, la conseguían realizar en 5), y no querían pasar de un sitio a otro porque no tenían la misma habilidad. Cuando él se fue de la planta en 2005 el sistema ya estaba prácticamente introducido.

Otro de los cambios fue la prueba de motores. Al principio se hacía en marcha, pero ahora se hacen en frío, que es más caro pero mucho más fiable. Para ello había que hacer inversiones muy grandes y para una planta pequeña como la de Pamplona no interesaba, por lo que se decidió que los motores vinieran ya preparados desde Alemania. A los trabajadores les parecía que quitar la línea de motores era algo malo para la empresa, pero no era malo sino más rentable. A la hora de tomar decisiones siempre se tienen en cuenta las indicaciones de la planta principal en Alemania, pero se adapta a las condiciones de la pequeña dimensión de Pamplona.

Él actuó en numerosas ocasiones como intermediario entre la planta de Pamplona y la de Wolfsburg (Alemania). Al principio había que hacer muchos viajes a Alemania, con el tiempo se fueron reduciendo por el elevado coste y por el desarrollo de las videoconferencias.

SOBRE INTRODUCCIÓN DE TECNOLOGÍA

Comenta que la tecnología utilizada no cambió notablemente pero sí fue creciendo la gama de tecnologías utilizadas.

En Volkswagen se lanza un nuevo modelo más o menos cada 7 años, y cada modelo nuevo trae consigo una nueva gama de tecnologías. Cada vez hay más máquinas por lo que cada modelo nuevo requiere menos personal en la fabricación, sin embargo, en la línea de montaje la tecnología no sustituye a las personas, sino que sirve para facilitar sus labores. Además, aunque un robot pueda hacer cualquier cosa, todavía no son tan flexibles como las personas y cuestan mucho dinero. “Es importante también tener en cuenta que los robots no compran coches, y las personas si no tienen trabajo tampoco”.

Donde más automatización se pone es donde más esfuerzo se requiere. Además está muy claro que donde más automatizadas están las plantas es en los países con mejores salarios. Para hacer coches baratos o pequeños se instalan en plantas donde hay mano de obra barata, los coches de alta gama se fabrican en sitios más automatizados. La diferencia de precio entre coches de alta y baja gama es mucho más considerable que el coste, por ejemplo, si el coste de fabricación es el doble, el precio será 5 o 6 veces más caro.

Como curiosidad, hay empresas que prefieren hacer las cosas de forma manual porque algunos modelos tienen prestigio y fama por estar hechos a mano, aunque claramente los robots las

harían con menos fallos y mejor. Son coches en los que puedes elegir hasta el color de hilo, la artesanía permite la hiperpersonalización, pero están dirigidos a un público especial.

Respecto a la informática, al principio había solo unas 30 personas dedicadas a la informatización de la planta, pero cada vez eran más. Empezaron poniendo ordenadores en las oficinas para controlar la producción y poder acceder a algunos datos sin tener que bajar a planta. “Fui a dos cursillos para aprender a usar el correo electrónico pero a mí no me convencía, y el director nos echaba la bronca porque decía que se ponían para ahorrar papel”. Indica que ahora los jóvenes lo usan para todo. “Para mí un gran invento fueron las calculadoras científicas, los ordenadores me vinieron grande”.

Además se instaló una intranet dentro de la empresa, y después vino internet, pero lo que más se utiliza es la intranet para facilitar el flujo de información dentro del grupo.

SOBRE LA FORMACIÓN DEL PERSONAL

Al principio, lo que se hacía cuando entraba una nueva persona a trabajar, era concederle 15 días de aprendizaje. Durante 15 días no se le puede pedir responsabilidad y siempre tenía que estar acompañado de alguien que le forme. Era tiempo de sobra porque los trabajos eran sencillos, no solía haber problemas, aunque como en todo, hay personas más hábiles que otras. Además, cada vez que se introduce un cambio de proceso o de producción, se hace de manera progresiva para que los trabajadores tengan tiempo de adaptarse en vez de hacerlo de golpe, por ejemplo se ponen las cadenas a velocidad más lenta.

Actualmente hay una academia de formación dentro de Volkswagen en la que se enseña a las personas en mejores condiciones. Tiene varias funciones:

1. Formar gente interna que ya trabaja en la planta
2. Formar gente nueva que entra en la planta
3. Formar gente técnica que entrará en la fábrica en un futuro.

Se estudian temas aplicados a la fabricación del automóvil y específicamente a Volkswagen. Además en algunos institutos de formación profesional se les ofrece a los alumnos la posibilidad de terminar la formación en Volkswagen para especializarse.

SOBRE LA ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Dentro de la organización hay personas que se dedican exclusivamente a la organización del trabajo, pero a los trabajadores de planta solo se les pide resultados.

“Se implementó un método para organizar el trabajo que consiste en dividir las operaciones en movimientos muy pequeños, y medir el tiempo que debe emplearse en cada micromovimiento”. Habla del sistema de Medición de Tiempos y métodos conocidos como MTM. Es un sistema estandarizado a nivel internacional para el reparto de cargas de trabajo.

Cuando se definió el método, la gente todavía no tenía mucha habilidad en la realización de las operaciones por lo que iban algo forzadas, sin embargo, enseguida adquirieron la habilidad necesaria y se superaban los objetivos establecidos. Solamente se podían modificar los tiempos si había cambios en los procesos o en el modelo, por lo que la capacidad de los operarios estaba

desaprovechada. Con el tiempo, a base de sugerencias y estudios se fueron introduciendo mejoras en los tiempos determinados para incrementar la eficiencia.

SOBRE LOS RETOS DE LA EMPRESA

Indica que en la planta se dedicaban a hacer coches y que no tenían noticia de los problemas de la empresa, pero recuerda cómo la crisis de 1973 afectó a la planta de SEAT de Barcelona, donde se encontraba él en ese momento. Las ventas bajaron tanto que hubo que reducir la producción porque todos los stocks estaban llenos y cada coche que se fabricaba era un desperdicio. En el año 1975 se estuvo trabajando en turnos de 4 horas hasta llegar al punto de parar la producción días enteros. SEAT era demasiado grande para el mercado nacional pero demasiado pequeña para el mundo, por eso tuvo que buscar un socio mayor, Volkswagen.

Respecto a la crisis económica de 2008, el grupo Volkswagen ha conseguido que la crisis se notase menos en Navarra que en otras comunidades autónomas. Especialmente en Navarra no ha habido ninguna situación de regulación de empleo. Entre el cambio de modelo y el gran nivel de ventas del polo, se consiguió el mayor índice de producción anual de la fábrica en 2011, a diferencia de todas las plantas que tuvieron que cerrar días para no aumentar los stocks. “Pero nunca se sabe lo que va a pasar, el público es caprichoso e incierto”.

SOBRE INDUSTRIA 4.0

Asegura que no le suena el concepto pero recuerda que hace ya muchos años les enseñaban bocetos de los cambios que iba a sufrir la planta en el futuro. Todos los cambios son poco a poco, pero ya hay dos talleres nuevos, se ha digitalizado todo el taller de pintura, se han añadido nuevos edificios que son mucho más modernos y quieren hacer viaductos para conectar los edificios...“En los bocetos se veían cambios increíbles y estoy viendo que los dibujos se están convirtiendo en realidad”.

3. Entrevista al Director de Ingeniería de Planificación

¿En qué situación se encuentra hoy en día, está en expansión o más bien se encuentra estancada?

Estamos en expansión. Por un lado seguimos fabricando los coches con motor a combustión normales mientras por otro estamos aumentando volumen de híbridos de gas e invirtiendo en la transformación a la movilidad eléctrica, autónoma y conectada.

¿A qué retos principales se enfrenta? (necesidades tecnológicas, falta de personal cualificado o mano de obra, falta de clientes, proveedores...)

Necesitamos cambiar nuestro “Mindset” para poder aplicar las nuevas tecnologías con todo su potencial. También necesitamos cada vez mano de obra más cualificada. Y por último necesitamos cambios estructurales en el país para poder dar el salto a la movilidad eléctrica.

¿Cómo afectó la crisis económica de 2008, la solventó sin problemas o se vio fuertemente afectado y cómo ha evolucionado desde entonces?

La solventamos sin problemas puesto que nuestro producto es global y unos mercados compensaron a otros.

¿Cómo se espera que evolucione a corto plazo y a largo plazo la empresa?

Tenemos expectativas muy positivas con los nuevos productos para los próximos 5 años. Además esperamos que el salto a proveedores de movilidad en vez de fabricantes de coches nos garantice el futuro a largo plazo.

Dentro del paradigma actual del desarrollo tecnológico:

¿Qué ha hecho o está haciendo la empresa respecto al nuevo concepto de industria, conocido como Industria 4.0?

Tenemos más de 20 aplicaciones actualmente en serie que se pueden catalogar como industria 4.0. Por otro lado hemos preparado una formación para toda la plantilla a fin de que todos sepamos emplear de manera eficaz cualquiera de las tecnologías incluidas en los 7 pilares de la industria 4.0

¿Cómo les está afectando este nuevo concepto?

No nos afecta. Nos adaptamos y lo utilizamos. El secreto está en no resistirse y ver todo su potencial.

¿Sabría aproximadamente qué porcentaje de facturación dedica la empresa a actividades de I+D+i?

Entre un 5 % y un 10% aproximadamente. Depende de si es año de lanzamiento o no.

¿En qué medida se espera que pueda variar el porcentaje de facturación destinado a I+D+i en los próximos años?

Ahora mismo todos nuestros beneficios se destinan a la investigación del coche eléctrico, autónomo y conectado. No sabría decir un porcentaje, pero seguro que duplica el de los últimos años.

Sobre la producción:

¿Han cambiado mucho los métodos de fabricación de automóviles en los últimos años? La organización de la producción, las máquinas, la cantidad de empleados en planta, el número de proveedores, introducción de tecnología...

En una planta tan automatizada como la nuestra no mucho. La diferencia actualmente radica en la implantación de las nuevas tecnologías (fabricación aditiva, internet de las cosas, Simulación, digitalización, robótica colaborativa). Somos más productivos y nuestros empleados están mejor formados. A nivel de organización de producción, hoy en día podemos planificar con mucha más precisión pues nuestros procesos son mucho más robustos y precisos.

¿Qué métodos de organización y gestión de la producción se utilizan actualmente?

La principal necesidad de hoy en día es la gestión eficaz de proyectos. Utilizamos al igual que en los últimos años la mejora continua, las cinco eses, los FMEA'S y todos los sistemas de gestión de la producción tradicionales.

Para comprender la relevancia de la introducción de las TICs en los automóviles, ¿Se podría saber qué porcentaje del coste representan los componentes informáticos y electrónicos del automóvil?

En coste no, pero antes un vehículo tenía una centralita de control y ahora tiene más de 30. Todo está conectado con todo y el CAN BUS del automóvil es uno de los más complejos y a la vez más robustos de la industria.

¿Sabría aproximadamente con cuántos empleados cuenta ahora la planta? ¿De estos empleados, se podría saber aproximadamente cuántos o qué porcentaje trabajan en planta, (o realizan trabajos manuales), y cuántas se dedican a la organización, comercialización, investigación, desarrollo...? ¿Y hace 10 años?

Ahora mismo somos 5000, de los cuales 3500 son directos y 1500 indirectos, y de los indirectos 750 en puestos de organización, comercialización, investigación y desarrollo y el resto en labores de mantenimiento y calidad de planta.

4. Entrevistada a trabajador de planta.

Ha trabajado desde 1986 en la planta de Volkswagen Navarra en el equipo de mantenimiento, salvo 2 años que estuvo de excedencia.

¿Ha notado usted cambios desde que comenzó a trabajar en la empresa hasta ahora?

- **Respecto a la organización del trabajo y las tecnologías usadas en la instalación.**

Se ha visto de todo. Al principio se veía algún ordenador pequeño y antiguo conectado a las máquinas. En las instalaciones empezamos a utilizar relés, pero enseguida se cambiaron a autómatas programables, y hoy en día ya no se concibe la instalación sin autómatas y sin ordenadores. Además, en la línea de montaje se trabaja en algunas partes con tabletas.

En las oficinas también se pusieron ordenadores al principio, que no tenían mucha utilidad, pero ahora ya se usan para todo.

- **Respecto a la cantidad de empleados en planta**

Cuando yo empecé éramos uno 5.500, pero se ha reducido algo la cantidad en esta instalación porque hay muchas actividades que se subcontratan. Además los robots “han eliminado” gente, por eso ahora estaremos unos 4.500. Pero por otro lado, también cada vez hay más empresas colaboradoras que dan trabajo a más gente.

- **Respecto a las exigencias de formación a los trabajadores**

Yo entré en el puesto con un título de formación profesional y desde entonces he tenido que hacer cursos de formación constantemente y cada vez con más frecuencia. Se hacen muchos cursillos.

Ahora para entrar en mi puesto siguen pidiendo mínimo el nivel de formación profesional, pero han puesto la Volkswagen academy, una academia dentro de la fábrica, donde los chavales obtienen formación profesional y ya entran directamente al puesto para el que se preparan.

También dentro de mantenimiento hay gente con más formación, ingenieros, pero tienen cargos superiores.

- **Implicación de los trabajadores en los objetivos de la empresa o en la toma de decisiones.**

Cuando entré no se nos tenía en cuenta para nada, y ahora, poco o nada.

Sobre la empresa

- **¿Sabe en qué situación se encuentra hoy en día y a qué retos se enfrenta?**

Lo que sé de la empresa es por las noticias y por la prensa. Dentro de la empresa hay una pequeña revista que cuenta lo justo. Por lo que yo pienso que el futuro es bueno, ya que es una empresa muy grande, y lo último que se comenta es la introducción de un nuevo modelo que se va a fabricar aquí en Volkswagen Navarra, y a parte se está investigando para el desarrollo de los coches eléctricos.

- **¿Cómo afectó la crisis económica de 2008 a la empresa y a los trabajadores?**

Creo que la empresa no se ha visto muy afectada, pero los trabajadores sí, porque se congelaron salarios, no suben el sueldo en los convenios, la creación de la bolsa de trabajo que hace que trabajemos más días al año...

Dentro del paradigma actual del desarrollo tecnológico:

- **¿Qué ha hecho o está haciendo la empresa respecto al nuevo concepto de industria, conocido como Industria 4.0?**

A mí el concepto de “industria 4.0” me suena un poco porque últimamente están dando un curso de dos horas sobre la introducción del concepto, pero yo todavía no lo he hecho, aunque imagino que lo cursaré pronto.