



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

La práctica del Monozukuri aplicado a la automoción en el entorno industrial 4.0.

Autor:

Collantes Doyague, Eduardo

Tutor:

**Martín Llorente, Óscar
CMeIM/EGI/IPF**

Valladolid, 2020.

RESUMEN

La fabricación de automóviles es un proceso complejo en el cual entran en juego multitud de procesos diferentes de fabricación. El proceso histórico de ensamblado ha evolucionado notablemente debido a las economías de escala utilizadas por los fabricantes para abaratar costes y a las nuevas tecnologías en lo que se conoce como Industria 4.0, marcada por una fuerte dependencia tecnológica y mayores niveles de exigencia. En este entorno tan competitivo de trabajo es imprescindible la reactividad para la solución de problemas, tanto a nivel interno, como a nivel externo para respuestas a clientes ante problemas de calidad, fabricación o suministro; en este trabajo se expondrá en concreto las herramientas que componen la filosofía “Monozukuri”, orientada a la mejora continua de procesos, herramientas estandarizadas para resolución de problemas de respuesta rápida y la utilización de indicadores de desempeño para medir la “performance” o rendimiento competitivo de la empresa.

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

- ➔ Definir el entorno automotriz actual, marcado por la industria 4.0. Caracterizada por: Optimización de recursos materiales, producción JIT, alta configurabilidad de los productos a fabricar y menores tiempos de maniobra ante problemas de calidad y abastecimiento.
- ➔ Con el antecedente del Lean Manufacturing, describir la filosofía Monozukuri, marcando sus similitudes y diferencias, así como los principios de Monozukuri en sus 4 niveles de industrialización.
- ➔ Profundizar en las ventajas que cada herramienta que aporta esta filosofía puede aportar a la situación industrial actual.
- ➔ Sacar conclusiones sobre el futuro de la industria automotriz, posible migración a industria 5.0, futuro de los trabajadores y su perfil tras la creciente automatización...etc.

PALABRAS CLAVE

Fabricación

Automóvil

Respuesta rápida

Mejora continua

Monozukuri

ABSTRACT

Car manufacturing is a long and complex process where there are many different manufacturing processes. The historic assembly process has significantly changed due to the scale economics used by the manufacturers in order to cheapen costs and the new technologies known as Industry 4.0, identified by its high technological reliance and its high exigency levels. In this competitive environment reactivity is essential to solve problems, in internal or external level for customer response against quality, manufacturing or supply issue. In this task is exposed the tools involved in the “Monozukuri” philosophy, led to the process continuous improvement, standard tools for quick response issues and key performance indicators to measure the company performance.

OBJETIVES

The main goals of this task are the next ones:

- Current industrial automotive environment description, industry 4.0. Defined by material optimization, JIT production, product high configurability, minor room for manoeuvre.
- Lean Manufacturing, precedent of Monozukuri, its description, similarities and differences as well as Monozukuri principles throughout its 4 industrialization levels.
- Go deep in each tool advantages provided by this philosophy to the current industrial situation.
- Make conclusions about the automotive industry future, possible migration to Industry 5.0, employees future and their profile after the continuous automation...etc.

KEY WORDS

Manufacturing

Car

Quick response

Continous improvement

Monozukuri

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. CONCEPTO DE AUTOMÓVIL.....	11
1.2 ANTECEDENTES Y CONTEXTO HISTÓRICO. EL PRIMER AUTOMÓVIL. CONCEPTO DE FABRICACIÓN EN CADENA DE MONTAJE.....	12
1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL.....	17
1.4 ETAPAS PREVIAS A LA FABRICACIÓN DEL AUTOMÓVIL.....	19
2. LEAN MANUFACTURING.....	25
2.1 PRECURSOR. SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA.....	25
2.2 PRINCIPIOS DEL LEAN MANUFACTURING.	27
3. INDUSTRIA 4.0 EN AUTOMOCIÓN.....	31
3.1 DEFINICIÓN, ORÍGENES Y CONTEXTO HISTÓRICO.....	31
3.2 HACIA LA DIGITALIZACIÓN INDUSTRIAL.....	37
3.2.1 LOS SISTEMAS CIBERFÍSICOS.....	42
3.2.1.1 COMUNICACIÓN MÁQUINA-MÁQUINA (M2M)....	43
3.2.1.2 TECNOLOGÍAS 5G.....	47
3.2.1.3 SISTEMAS DE TRAZABILIDAD AVANZADOS.....	50
3.2.1.4 BIG DATA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	51
3.2.2 LOGÍSTICA 4.0.....	54
4. EL CONCEPTO MONOZUKURI.....	59
4.1 NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN MONOZUKURI.....	60
4.1.1 PRIMER NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN.....	60
4.1.1.1 5S.....	60
4.1.1.2 ESTANDARIZACIÓN DE PUESTOS.....	66
4.1.1.3 FORMACIÓN Y MATRIZ DE POLIVALENCIA.....	69
4.1.2 SEGUNDO NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN.....	72

4.1.2.1 QC STORY.....	72
4.1.2.2 5W (5 Por qué) y 5M.....	77
4.1.2.3 8D.....	78
4.1.2.4 QRQC (Quick Response Quality Control).....	85
4.1.3 TERCER NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN. KAIZEN.....	89
4.1.4 CUARTO NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN.....	92
4.1.4.1 BALANCED SCORECARD.....	92
4.1.4.2 BENCHMARKING.....	95
4.2 EL MONOZUKURI GENBA.....	99
5. CONCLUSIONES.....	103
5.1 CONCLUSIONES.....	103
5.2 FUTUROS TRABAJOS.....	104
6. BIBLIOGRAFÍA.....	109

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la industria del automóvil es una de las más competitivas que existen, debido a la ingeniería que busca abaratar los costes de producción ya sea mediante la modernización continua de las instalaciones, la aparición, sustitución e incluso eliminación de algunos procesos de fabricación que antes se realizaban manualmente, y a la automatización de las propias instalaciones. Se trata de una industria en continua evolución.

Con el fin de posteriormente comprender mejor los procesos de fabricación que sufre el automóvil hasta su comercialización, en este primer apartado se tratará de introducir y explicar que es un automóvil y cómo funciona, así como los orígenes de este; partiendo del contexto social e histórico en el cual se empezó a fabricar (primeros prototipos y fabricación en serie) y por último: las características de la industria automovilística.

1.1 CONCEPTO DE AUTOMÓVIL

Se define automóvil cómo:

“Algo que se mueve por sí mismo. Dicho principalmente de los vehículos que pueden ser guiados para marchar por una vía ordinaria sin necesidad de carriles y que llevan un motor que los propulsa, mayormente siendo este de combustión interna o eléctrico”. El origen procede de la palabra griega auto "uno mismo", y del latín mobilis "que se mueve". (*Diccionario Real Academia Española, 2018*)



[Fig. 1 Imagen de vehículo actual] (Agüero, 2013)

1.2 ANTECEDENTES Y CONTEXTO HISTÓRICO. EL PRIMER AUTOMÓVIL. CONCEPTO DE FABRICACIÓN EN CADENA DE MONTAJE

A lo largo de su historia el hombre tiene la necesidad para su vida cotidiana del uso de diversos medios de locomoción. En el espacio de desarrollo tecnológico y científico, se han desarrollado máquinas diversas para el servicio del hombre, tanto en el área de la producción, como en el de transporte entre otros. Una de estas máquinas que ha venido a cumplir un papel visible en el uso cotidiano de la sociedad ha sido el vehículo de transporte, comúnmente conocido como coche. (Agüero, 2013)

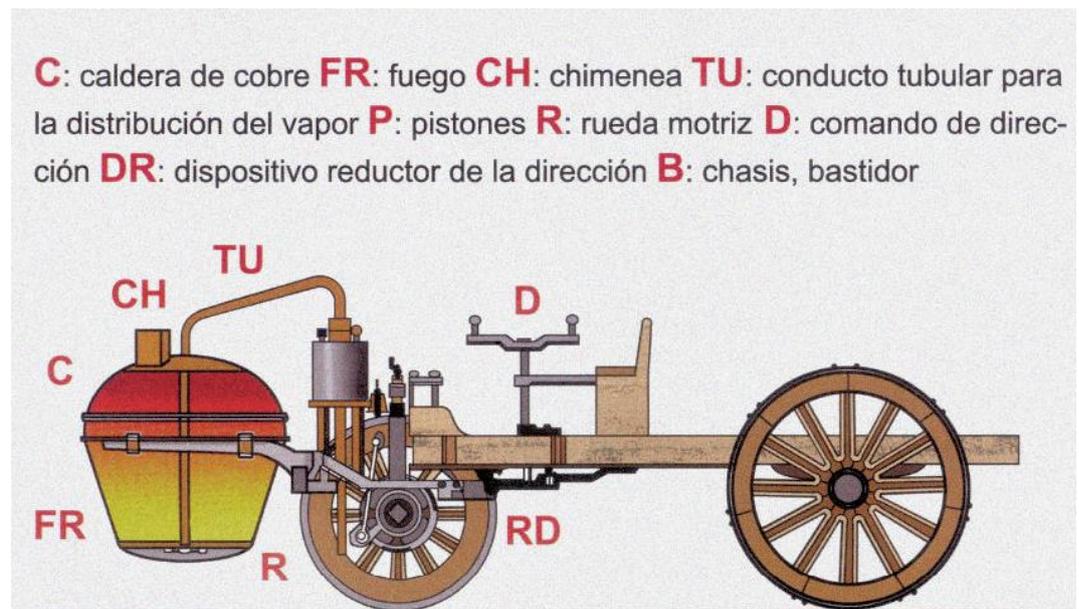
Uno de los antecedentes de la fabricación del primer automóvil, es el descubrimiento de la rueda en torno al 3500 a.C. Evidencias arqueológicas sugieren que la invención de la rueda tuvo lugar en Mesopotamia. (Agüero, 2013)

La invención de la rueda es uno de los primeros inventos de la historia de la humanidad. Una rueda se define como un dispositivo capaz de girar en torno a su propio eje, y que se utiliza para transportar cargas de un lugar a otro y para realizar diversas tareas en varias máquinas mediante engranajes y ruedas dentadas, entre otros usos. Es ampliamente utilizada para el transporte por carretera, transporte aéreo, transporte acuático, así como en el sector industrial. (Agüero, 2013)



[Fig. 2 Rueda primitiva] (*Historia y biografías*, 2015)

Pese a tener algunos diseños previos, como los de Leonardo Da Vinci entre otros, podemos considerar al pionero del primer automóvil a Nicolas-Joseph Cugnot, escritor, mecánico e inventor francés, dio el gran paso de construir un automóvil de vapor, diseñado para llevar piezas de artillería. Era similar a un triciclo que montaba sobre la rueda delantera una caldera y un motor de dos cilindros verticales y 50 litros de desplazamiento; la rueda delantera era tractora y directriz a la vez. (Camós, 2019)



[Fig. 3 Esquema de funcionamiento del automóvil de Cugnot] (*Historia del automóvil*, 2016)

Otro hecho importante para la concepción de automóviles, fue el diseño de los motores de combustión interna alternativos (MCIA). En 1861 el alemán Nikolaus August Otto patenta el motor de combustión interna de dos tiempos, 5 años después, en Mayo de 1866 Otto construye el primer motor de cuatro tiempos, que es el actualmente utilizado en automóviles. (*Agüero*, 2013)

En 1883 el ingeniero alemán Karl Benz crea la Benz & Company. Karl Benz construyó su primer modelo en 1885 en Mannheim. Benz lo patentó el 29 de enero de 1886 y empezó a producirlo en 1888, el conocido como el modelo Benz Patent-Motorwagen. Ha sido considerado históricamente como el primer vehículo equipado con motor de combustión interna, es un triciclo equipado con un motor de 4 tiempos de construcción propia, según la patente de Otto; en julio del mismo año comienza su producción del vehículo en serie para el público. (*Agüero*, 2013)



[Fig. 4 Primer automóvil a gasolina: Benz Patent-Motorwagen]
(Daimler, 2015)

A comienzos del siglo XX (1900) la fabricación en masa de automóviles había empezado ya en Estados Unidos y Francia. Las primeras compañías creadas para fabricar automóviles fueron las francesas Panhard et Levassor (1889), y Peugeot (1891). En Estados Unidos, Henry Ford comienza la historia de la prestigiosa marca que lleva su apellido a partir de 1893 cuando construye su primer coche en Detroit, para finalmente fundar en 1903 la Ford Motor Company, que luego pasó a llamarse General Motors. (Agüero, 2013)

En Francia, en Diciembre del año 1898, en Billancourt se inicia la historia de la compañía Renault, gracias a los hermanos Renault: Marcel, Fernand y Louis. Durante ese mismo año, los hijos de Adam Opel amplían su fábrica de máquinas de coser y de bicicletas con la inclusión de la actividad de fabricación de automóviles. En 1899, Italia ingresa en el mundo automovilístico al crearse la Fábrica Italiana Automobili Torino (FIAT). (Agüero, 2013)

Un 7 de octubre de 1913 la fábrica de Ford en Piquette Avenue, en Detroit, comenzaba a producir el Ford Model T en serie, partiendo de la idea de “una cadena de montaje”. (Acebes, 2012)

Ford no fue realmente el primero en establecer el proceso de fabricación en cadena. En realidad, ni siquiera fue el primero en aplicar esta técnica a la fabricación de automóviles. Antes de que Ford fundara la Ford Motor Company, en 1901, Ransom Eli Olds había patentado un sistema que le permitiría sextuplicar la producción de Oldsmobile en un solo año. Sin embargo, cuando hablamos del montaje de automóviles en cadena pensamos inevitablemente en la figura de Henry Ford y su Ford Model T. (Acebes, 2012)

Tanto Olds con su cadena de montaje como Henry Leland con su estandarización de componentes para los Cadillac han sentado ya bases imprescindibles para la eclosión de la industria automovilística. No obstante, hay algo que cambia definitivamente cuando Henry Ford adapta esos sistemas en sus plantas de trabajo. (Acebes, 2012)

La clave del éxito automovilístico de la cadena de montaje se encuentra en subdividir las tareas hasta la mínima expresión y llevar los componentes hasta los trabajadores, en vez de esperar a que cada trabajador se desplace hasta el vehículo que fabrica. De manera que la operación realizada por cada trabajador se realice en el menor tiempo posible. La diferencia entre Ford y Olds, fue que Ford optó por el uso de mano de obra no cualificada para la realización de las operaciones de fabricación. (Camós, 2013)

Henry Ford introdujo en sus plantas en 1913 las cintas de ensamblaje móviles para el modelo Ford T, que permitían un incremento enorme de la producción. Dicho método, inspirado en el modo de trabajo de los mataderos de Detroit, consistía en instalar una cadena de montaje a base de correas de transmisión y guías de deslizamiento que iban desplazando automáticamente el chasis del automóvil hasta los puestos en donde sucesivos grupos de operarios realizaban en él las tareas encomendadas, hasta que el coche estuviera completamente terminado. (Camós, 2013)

El sistema de piezas intercambiables automovilístico ya fue ensayado mucho antes en fábricas estadounidenses de armas y relojes, abarataba la producción y reparaciones mediante la estandarización del producto. Esta iniciativa fue seguida por otros fabricantes americanos. (Camós, 2013)



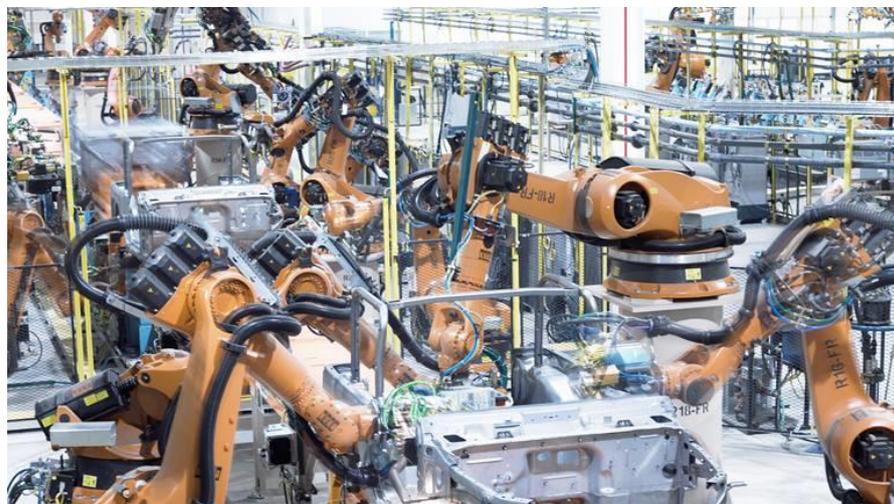
[Fig. 5 Ensamblaje de chasis y ejes en cadena de fábrica Ford] (Camós, 2013)

Además, el Ford Model T automóvil contaba, en su lanzamiento en 1908, con un conjunto de elementos opcionales que permitían personalizar el modelo final. En este sentido, marcó una tendencia que nos acompaña en nuestros días. (Camós, 2013)

1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL

La calidad de los productos y servicios de la industria automotriz se ha convertido en uno de los principales factores del funcionamiento óptimo de una organización, debido a que en los últimos años la tendencia de los clientes ha ido hacia requisitos más exigentes respecto a la calidad y que los proveedores han tomado una creciente conciencia de la necesidad de la mejora continua y de la continuidad de la calidad para obtener y mantener buenos resultados económicos en el desempeño de sus organizaciones. (El Mundo, 2017)

La mano de obra o trabajo fabril se representa en el factor humano de la producción, sin cuya intervención no podría realizarse la actividad manufacturera. La característica principal de la producción actual es la subdivisión del trabajo en tareas simples, con el fin de realizar producciones serie con el menor número de trabajadores, reduciendo al máximo los tiempos por operación, ahorrando tiempo y produciendo un producto completo. La elaboración en serie también llamada producción en línea o en cadena, consiste en fabricar en movimiento continuo, donde las operaciones se suceden unas tras otras sin detenerse. Esta industria se caracteriza también por la creciente automatización en las plantas de producción, ahorrando dinero en operarios y reduciendo tiempos de operación, maximizando beneficios. La evolución de la tecnología ha permitido sustituir equipos antiguos o inexistentes por equipos más modernos que mejoran el rendimiento. *(El Mundo, 2017)*



[Fig. 6 Robot soldando vehículo] *(Kuka, 2014)*

Se trata de un sector altamente competitivo con clientes cada vez más exigentes, por lo que es necesario producir al menor coste posible con la mayor calidad posible. Este sector es importante en todos los países debido al empleo que genera, de manera tanto directa como indirecta.

Uno de los cambios más grandes y actuales, de la industria automotriz es la fabricación de motores eléctricos, debido en parte a la creciente concienciación de la sociedad por temas como el cambio climático y el calentamiento global. (Agüero, 2013)

La gran mayoría de automóviles funcionan con motores de combustión interna, aun así, en 2016, el mercado de vehículos eléctricos creció en un 60% y superó los 2 millones de vehículos eléctricos matriculados, ya en 2015 se superó el umbral del millón de vehículos. De los cuales, en torno a 1.250.000 son cien por cien eléctricos (no híbridos), lo que hace suponer la cada vez mayor demanda de estos vehículos sobre los de motores híbridos.

Por su parte, en Europa ha crecido por su parte un 21%, siendo ya 500.000 los vehículos eléctricos que circulan por carreteras europeas. Este crecimiento se muestra menor que la media mundial, pero más sostenido en el tiempo, apoyado principalmente por las medidas medioambientales de los estados de la Unión Europea.

España fabricó repitió en 2016 como el octavo fabricante mundial de vehículos, con un volumen de 2,88 millones de unidades, lo que representa una subida del 5,6% en comparación con 2015. Las factorías españolas cerraron el ejercicio de 2016 con un volumen de fabricación de turismos y todoterrenos de 2,35 millones de unidades, lo que supone una progresión del 6,33% si se compara con 2015, mientras que la producción de vehículos comerciales en España se elevó un 3,4%, hasta 531.805 unidades. (El Mundo, 2017)

Los fabricantes de vehículos alcanzaron un volumen de producción a nivel mundial de 94,97 millones de unidades durante el año 2016, lo que se traduce en una progresión del 4,5% respecto a los 90,7 millones de unidades ensambladas al cierre del ejercicio pasado.

La industria automoción para España es pilar fundamental de la economía, pues aporta el 10% del PIB y el 17% de las exportaciones, En España, el empleo del sector se sitúa entre 1,8 millones y 2 millones de trabajadores. (El Mundo, 2017)

1.4 ETAPAS PREVIAS A LA FABRICACIÓN DEL AUTOMÓVIL

Diseñar un nuevo modelo es una tarea que exige un gran esfuerzo por parte de un amplio equipo de profesionales. Desde el momento en el que se coge lápiz y papel hasta que el coche sale a la venta se suceden una serie de acciones: (Coches.com, 2014)

1. Diseños y bocetos: Se desarrollan una serie desarrollados acorde a las tendencias y gustos de los consumidores. Las ideas son expresadas y visualizadas a través de bocetos detallados.

2. Dibujo con cinta: Con cinta adhesiva se dibuja el automóvil a tamaño natural. Así se consigue visualizar y define el diseño, con las proporciones correctas.

3. Modelado digital: Con la ayuda de ordenadores, los bocetos son introducidos en la computadora y se generan modelos tridimensionales digitalizados mediante herramientas CAD. La información obtenida de los modelos informáticos se utiliza para análisis aerodinámicos y de funcionamiento en tiempo real.

4. Presentación virtual del diseño: Gracias a la tecnología de realidad virtual, los modelos diseñados son revisados y se realizan las modificaciones pertinentes.

5. Modelado de arcilla a escala 1:1: Se produce un modelo de arcilla a tamaño real, usando una máquina digitalizada de cinco ejes, que consigue las líneas básicas del coche. Para los detalles de la carrocería se recurre a las manos expertas de varios escultores.



[Fig. 7 Modelo de coche en arcilla] (Coches.com, 2014)

6. Construcción de prototipos y acuerdo de fabricación.

Industrialización del producto: Tras una fabricación de prototipos para ensayos reales (pruebas de aerodinámica, pruebas de neumáticos, pruebas de seguridad, pruebas de funcionamiento en condiciones extremas de temperatura...etc.). Y cuando la fábrica está preparada y adaptada para realizar finalmente el vehículo en vida serie, comienza la fabricación de este y empieza su comercialización en el mercado. (Coches.com, 2014)

2. LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing es un método y una filosofía de trabajo que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y hacer desaparecer todo tipo de “desperdicios”, siendo éstos aquellas actividades o procesos que utilizan más recursos de los estrictamente necesarios. Esta filosofía, además; identifica varios tipos de “desperdicios” durante el proceso productivo: sobreproducción, tiempos de espera, transportes, excesos de procesado, inventarios, movimiento y defectos. Lean Manufacturing estudia todo lo que no deberíamos estar haciendo dado que no agrega valor añadido al cliente y tiende a eliminarlo. Para alcanzar sus metas, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la totalidad de las áreas operativas de fabricación: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento y gestión de la cadena de suministro. *(Hernández Macías et al, 2013)*

2.1 PRECURSOR. SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA.

Dichas técnicas de gestión de la producción se originan a principios del siglo XX con los trabajos realizados por F.W. Taylor y Henry Ford, que formalizan y metodizan los conceptos de fabricación en serie, que habían empezado a ser aplicados a finales del siglo XIX y que entre sus ejemplos más relevantes podemos encontrar la fabricación de fusiles (EEUU) o turbinas de barco (Europa). Taylor sentó las primeras bases de la organización de la producción a partir de la aplicación del método científico a procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos. En cuanto a la aplicación al mundo de la automoción, fue Ford quién introdujo las primeras cadenas de fabricación de automóviles donde hizo una utilización intensiva de la normalización de los productos, la utilización de máquinas para tareas elementales, la simplificación y secuenciación de trabajos y recorridos, la sincronización entre procesos, la especialización del trabajo y la formación especializada. En ambos casos se trata conjuntos de medidas y técnicas que busquen una nueva forma de organización y que surgen y evolucionan en una época en donde era posible la producción rígida en masa de grandes cantidades de producto. *(Hernández Macías et al, 2013)*

En 1902, Sakichi Toyoda que más tarde sería fundador junto con su hijo Kiichiro de la Corporación Toyota Motor Company, inventó un dispositivo en la línea de ensamblaje del Toyoda AA que detenía el telar cuando se rompía el hilo e indicaba con una señal visual al operario que la maquina necesitaba atención. Este sistema permitió separar al hombre de la máquina. Con esta simple y efectiva medida un único operario podía controlar varias máquinas, lo cual supuso una tremenda mejora de la productividad que dio paso a una preocupación permanente por mejorar los métodos de trabajo. (Hernández Macías et al, 2013)



[Fig. 8 Línea de ensamblaje del Toyoda AA en 1936] (Todoautos, 2011)

El desafío para los japoneses era conseguir beneficios productivos sin recurrir a economías de escala. Comenzaron a estudiar los métodos de producción de Estados Unidos, con especial atención a las prácticas productivas de Ford; al control estadístico de procesos desarrollado por W. Shewart, a las técnicas de calidad de Edwards Deming y Joseph Moses Juran, junto con las desarrolladas en el propio Japón por Kaoru Ishikawa. (Hernández Macías et al, 2013)

Toyota fue la empresa que aplicó más intensivamente la búsqueda de nuevas alternativas “prácticas”. A finales de 1949, un colapso de las ventas obligó a Toyota a despedir a una gran parte de la mano de obra después de una larga huelga. En ese momento, dos jóvenes ingenieros de la empresa, Eiji Toyoda (sobrino de Kiichiro) y Taiicho Ohno, (considerado el padre del Lean Manufacturing) visitaron las empresas automovilísticas americanas. Por aquel entonces el sistema americano propugnaba la reducción de costes fabricando vehículos en grandes cantidades pero limitando el número de modelos.

Observaron que el sistema rígido americano no era aplicable a Japón y que el futuro iba a pedir construir automóviles pequeños y modelos variados a bajo coste. Concluyeron que esto solo sería posible suprimiendo los stocks y toda una serie de despilfarros, incluyendo los de aprovechamiento de las capacidades humanas. *(Hernández Macías et al, 2013.)*

A partir de estas reflexiones, Ohno estableció las bases del nuevo sistema de gestión JIT/Just in Time (Justo a tiempo), también conocido como TPS (Toyota Manufacturing System). El sistema formulaba un principio muy simple: “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”. Entendió la necesidad de transformar las operaciones productivas en flujos continuos, sin interrupciones, para poder proporcionar al cliente únicamente lo que requería, focalizando su interés en la reducción de los tiempos de preparación. Sus primeras aplicaciones se centraron en la reducción radical de los tiempos de cambio de herramientas, creando los fundamentos del sistema SMED. Al amparo de la filosofía JIT fueron desarrollándose diferentes técnicas como el sistema Kanban, Jidoka, Poka-Joke que fueron enriqueciendo el sistema Toyota. *(Hernández Macías et al, 2013)*

El sistema JIT ganó notoriedad tras la crisis del petróleo de 1973 y la entrada en pérdidas de muchas empresas japonesas. Toyota destacaba por encima de las demás compañías y el gobierno japonés fomentó la extensión del modelo a otras empresas. A partir de este momento la industria japonesa empieza a tomar una ventaja competitiva con occidente. *(Hernández Macías et al, 2013)*

2.2 PRINCIPIOS DEL LEAN MANUFACTURING.

Lean Manufacturing es un sistema con muchas dimensiones que hace hincapié de manera especial en la eliminación del desperdicio mediante la aplicación de una serie de técnicas expuestas a continuación. Lean supone también un cambio en la cultura de la organización empresarial con un alto compromiso de la dirección de la compañía que decida implementarlo. En estas condiciones es complicado hacer un esquema simple que refleje los múltiples pilares, fundamentos, principios, técnicas y métodos que contempla y que no siempre son homogéneos teniendo en cuenta que se manejan términos y conceptos que varían según la fuente consultada. Indicar, en este sentido, que los académicos y consultores no se ponen de acuerdo a la hora de identificar claramente si una herramienta es o no lean. *(Hernández Macías et al, 2013)*

En la siguiente tabla se exponen algunas de las consideradas herramientas Lean:

• Las 5 S	• Orientación al cliente
• Control Total de Calidad	• Control Estadístico de Procesos
• Círculos de Control de Calidad	• Benchmarking
• Sistemas de sugerencias	• Análisis e ingeniería de valor
• SMED	• TOC (Teoría de las restricciones)
• Disciplina en el lugar de trabajo	• Coste Basado en Actividades
• Mantenimiento Productivo Total	• Seis Sigma
• Kanban	• Mejoramiento de la calidad
• Nivelación y equilibrado	• Sistema Matricial de Control Interno
• Just in Time	• Cuadro de Mando Integral
• Cero Defectos	• Presupuesto Base Cero
• Actividades en grupos pequeños	• Organización de Rápido Aprendizaje
• Mejoramiento de la Productividad	• Despliegue de la Función de Calidad
• Autonomación (Jidoka)	• AMFE
• Técnicas de gestión de calidad	• Ciclo de Deming
• Detección, Prevención y Eliminación de Desperdicios	• Función de Pérdida de Taguchi

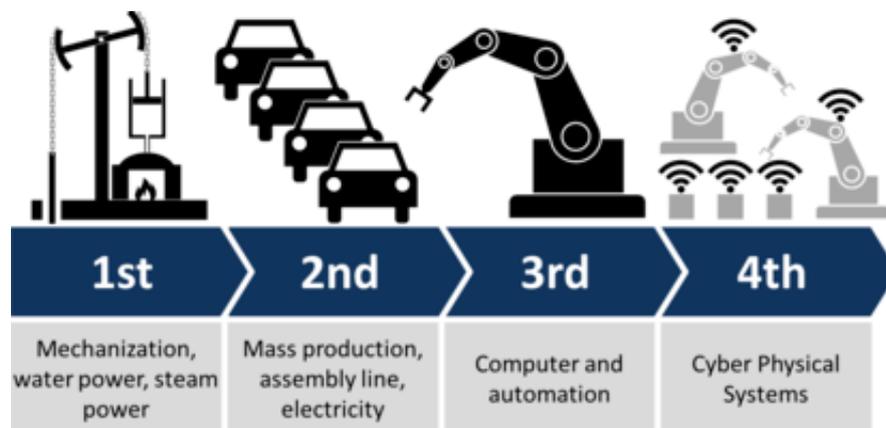
[Fig. 9 Herramientas asociados al Lean] (*Hernández Macías et al, 2013*)

3. INDUSTRIA 4.0 EN AUTOMOCIÓN

3.1 DEFINICIÓN, ORÍGENES Y CONTEXTO HISTÓRICO

La industria 4.0, también conocida como Cuarta Revolución Industrial y/o Sistema ciberfísico, se refiere a una hipotética cuarta mega etapa de la evolución técnica, económica e industrial. Esta cuarta etapa es de reciente implementación y su implantación a nivel mundial se prevé durante la tercera década del siglo XXI, periodo durante el cual la mayor parte de empresas punteras de los diferentes sectores habrán instaurado estas nuevas tecnologías en sus plantas de producción. (*Challenges, 2013*)

Industria 4.0 es un término nuevo, también se conoce a este fenómeno como: "Ciberusina", "Ciberfábrica", "Usina digital", "Industria digital", "Advanced Manufacturing", "Futurprod", "Integrated Industry", "Smart-Industries", "Intelligent Manufacturing System".



[Fig. 10 Diagrama de las primeras cuatro revoluciones industriales] (*Fernández, 2017*)

En el gráfico de la parte superior se puede encontrar los principales rasgos y señas de identidad de cada etapa de la correspondiente a cada una de las conocidas como revoluciones industriales: (*Fernández, 2017*)

1: Aplicación a las fábricas de: Mecanización, energía hidráulica y energía eléctrica.

2: Producción en masa, líneas de montaje, electricidad.

3: Informática y automatización de los procesos.

4: Sistemas ciberfísicos, fábricas digitales.

El concepto Industria 4.0 refleja lo que podría llamarse Cuarta Revolución Industrial (es decir, una fecha cercana a un acontecimiento importante en el desarrollo industrial, que justifique el poder decir que se ha iniciado una nueva fase o una nueva etapa). Después del desarrollo de la máquina de vapor y de la mecanización industrial (segunda mitad del siglo XVIII), después del desarrollo de la electricidad con fines tanto industriales como domésticos (fin del siglo XIX), y después de la automatización industrial (siglo XX), la nueva etapa (cuarta etapa) de la evolución industrial muy posiblemente esté basada en la llamada fábrica inteligente, caracterizada por la intercomunicación de máquinas y sistemas en el emplazamiento productivo, y también caracterizada por un gran volumen de intercambio de información con el exterior (con el nivel de oferta y demanda de los mercados, y/o con los clientes, y/o los competidores, y/o con otras fábricas inteligentes de proveedores y/o clientes, etc.).

Esta cuarta etapa no está aún caracterizada de manera definitiva, pues como se ha dicho anteriormente, la industria 4.0 está todavía en desarrollo y puede incluir nuevas ideas, ya que no es una realidad ya consolidada y experimentada, sino un nuevo hito en el desarrollo industrial aunque su principal novedad correspondería con un nuevo modo de organizar los medios de producción.

Este concepto de Industria 4.0, fue introducido por primera vez en el salón de la tecnología industrial de la Feria de Hanover en 2011. En la misma feria 2 años después, un pormenorizado informe detallando este concepto y sus implicaciones, también fue presentado y defendido por un selecto grupo de trabajo e investigación.

La Industria 4.0 es la completa digitalización de las cadenas de valor a través de la implantación de últimas tecnologías de procesamiento de datos, software inteligente y sensores; desde los proveedores a los clientes finales para así poder predecir, controlar, planear y producir de forma inteligente, lo que genera mayor valor a toda la cadena productiva. Lo anterior implica un alto nivel de automatización y de digitalización por parte de las fábricas. Recurriendo a Internet y a los sistemas ciberfísicos, es decir; recurriendo a

redes virtuales con la posibilidad de poder controlar objetos físicos, se pueden ir modernizando las plantas hasta convertirse en fábricas inteligentes caracterizadas por una intercomunicación continua e instantánea entre las diferentes estaciones de trabajo que componen las propias cadenas de producción, de aprovisionamiento y expedición de materiales. El uso de captores aporta una capacidad de autodiagnóstico de situación a las máquinas y herramientas de la planta, que permite un control remoto asegurando su retiro de servicio si es necesario, así como su mejor integración en el sistema productivo global.

El objetivo a alcanzar en esta etapa es la arrancada de lo que se denomina como: «fábricas inteligentes» (proveniente del inglés: «smart factories») con capacidad para una mayor flexibilidad ante las necesidades y procesos productivos, así como a un consumo más eficiente de los recursos, con el fin primordial de desarrollar plantas industriales y generadores de energía más inteligentes y más respetuosos con el medio ambiente, y con cadenas de producción mucho mejor comunicadas entre sí y con los mercados de oferta y demanda. (Fernández, 2017)

La Industria 4.0 es uno de los proyectos clave de la estrategia industrial relacionado con las tecnologías punta del gobierno alemán, que promueve la revolución digital de las industrias. En Francia, algunas empresas plenamente implicadas en su desarrollo son: Oracle, Dassault Systèmes, EADS, Astrium... están muy implicadas en el desarrollo y aplicación de la Industria 4.0.

En Estados Unidos, el proyecto "Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC)" está enfocado a las futuras variantes de la fabricación industrial. E independientemente, General Electric trabaja desde hace unos años en un proyecto titulado *Industrial Internet*, el que busca agrupar y cumplimentar los avances tecnológicos:

- La multiplicidad de máquinas, de dispositivos, y de redes, resultantes de la llamada Revolución Industrial.
- Los desarrollos más recientes de los sistemas de información y de comunicación, brindados por la llamada Revolución de Internet (o Revolución informática y de las telecomunicaciones).

La Industria 4.0 pretende de la misma manera colaborar con problemas actuales como el ahorro de energía o la gestión de recursos naturales y humanos. Con un organizado sistema basado en una potente red de comunicaciones de intercambio constante e instantáneo de grandes

cantidades de información, esta gestión será mejor y mucho más eficaz, en concordancia con las necesidades y disponibilidades de cada elemento del sistema, permitiendo de este modo mejoras y ganancias para la productividad así como en la economía de los recursos industriales. (Fernández, 2017)

Los objetivos de la industria 4.0 son los siguientes: (Slusarczyk, 2018)

→ Flexibilidad de una fábrica y personalización de la producción.

Añadiendo cierta inteligencia a las máquinas y sistemas de una fábrica así como a ciertos elementos como depósitos, existencias de materias primas y de productos semielaborados y brutos, asegurando enlaces y comunicaciones a través de una red interna que esté conectada al exterior, se crea una gran flexibilidad en el proceso productivo y una gran adaptabilidad a situaciones fortuitas, contribuyendo de esta manera al crecimiento y mejora de la producción y satisfaciendo las eventuales necesidades y conveniencias de consumidores finales o clientes, así como de intermediarios, proveedores, y asociados, que de alguna manera se encuentren relacionados o involucrados con el proceso productivo en sí pueden ser mejor contempladas con cierta antelación, por ejemplo modificando algunas características de los productos a ellos destinados, y/o asegurando ciertas fechas o plazos de entrega. De esta forma, es posible manejar una producción a gran escala, con productos bastante personalizados según necesidades particulares, y a la vez, sin mantener unos niveles excesivamente altos de stocks y asegurando una satisfacción total para todos o la gran mayoría de los clientes y proveedores involucrados en el proceso productivo. (Slusarczyk, 2018)

→ Nuevas herramientas logísticas

Uno de los fines de la Industria 4.0 es que la fábrica sea capaz de generar un flujo regular de información, muy superior al que podría suponerse si se emplean esquemas, estrategias logísticas, y métodos de producción más tradicionales. Además, estas informaciones pueden ser intercambiadas instantáneamente, tanto internamente (por comunicación directa o a través de una Intranet) como externamente (por comunicación a través de Internet), lo que abre interesantes posibilidades con los actores logísticos externos al propio lugar o emplazamiento de la producción, en el sentido que fácilmente podría permitir por su parte adaptaciones a situaciones cambiantes, tanto a nivel interno de la planta industrial o cadena de producción, como a nivel general. El sistema RFID, por ejemplo, puede ser usado como un efectivo sistema de trazabilidad al interior del emplazamiento fabril (o cadena productiva). De lo que viene de expresarse, se puede deducir la importancia

que tiene el uso de un sistema logístico capaz de un muy rápido intercambio de información entre la empresa o cadena productora y el conjunto de sus prestatarios o contrapartes (el proceso en cuestión es eminentemente de tiempo real y no de procesamiento en diferido o procesamiento por lotes). (Slusarczyk, 2018)

→ Herramientas de simulación

La recepción de los datos generados por los diferentes elementos de la cadena productiva, permite igualmente producir una simulación de la totalidad o de parte de esa cadena, lo que también posibilita generar simulaciones de procedimientos o de test, también permite que futuros obreros o técnicos se familiaricen con las herramientas y los elementos de trabajo a su disposición, así como con las circunstancias excepcionales o los procedimientos complejos que podrían sucederse, toda esta información acumulada también podría permitir a no especialistas solucionar de manera autónoma algunos problemas que pueden presentarse, e informar remotamente a técnicos de mayor nivel sobre lo que se ha observado e identificado como irregularidad, para así responder mejor y más rápidamente a cualquier evento no habitual. Por otra parte, la realidad aumentada permite a los trabajadores obtener información en tiempo real que les permite mejorar la toma de decisiones y los procedimientos de trabajo conociendo el estado actual de la fábrica. (Slusarczyk, 2018)

Las bases tecnológicas en que se apoya esta nueva orientación, entre otras son las siguientes:

- (1) Internet de las cosas
- (2) Sistemas ciberfísicos
- (3) Cultura maker (Cultura Hágalo usted mismo)
- (4) Fábrica 4.0

¿Qué ventajas encontramos en la industria 4.0? (Isotools, 2018)

Algunas de las ventajas principales de la aplicación de este concepto en el sector industrial actual son las siguientes:

- Optimización de los niveles de calidad. Al disponer de una industria automatizada se puede ser más preciso con pesos, medidas etc. Evitando así interrupciones. Lógicamente si hay más eficiencia, habrá menos costes. Los procesos automatizados requieren menos personal, por lo que puede haber menos errores.

- Se reducen los tiempos de producción.

- Mayor seguridad del personal al no exponerse a tantos procesos productivos peligrosos.

- Se aumenta en gran medida la competitividad empresarial y se ofrece una mejor respuesta a las necesidades de cada mercado.

- Al producirse una mayor eficiencia en cuanto a uso de recursos se consigue un mejor cuidado del medioambiente.

En cuanto a las desventajas que puede presentar la industria 4.0 se destacan las siguientes: *(Isotools, 2018)*

- La tecnología avanza, y al igual que ella, las empresas deben también hacerlo, sin embargo, muchas de ellas no están preparadas para estos cambios y pueden tener el riesgo de quedarse desactualizadas.

- Se requiere un personal formado y especializado para controlar la automatización de los procesos, para su especialización y que sea conocedor del proceso es necesario una alta carga de horas formativas para los empleados involucrados.

- El coste de inversión inicial es muy elevado, pero recuperable a medio/largo plazo.

- Si algunas empresas adaptan el concepto de industria 4.0 y otras no, se producirá una desventaja importante para las que no adopten este concepto, que quedarán progresivamente obsoletas y no serán tan competitivas como las que lo hayan adoptado.

- Se depende enormemente de la tecnología, por lo que si esta falla, o hay algún problema, se debe solucionar de forma inmediata para no perjudicar el proceso productivo, el mantenimiento preventivo cobra fuerza.

- Es necesario mantener actualizados los bienes y equipos a la última tecnología debido a los vertiginosos cambios que se producen.

3.2 HACIA LA DIGITALIZACIÓN INDUSTRIAL

La Industria 4.0 comprende la denominada cuarta revolución industrial, cuyo origen se sitúa en la evolución tecnológica favorecida por el desarrollo de los sistemas informáticos embebidos, su conectividad transversal y la correspondiente convergencia entre mundo físico y mundo virtual. Todo esto en conjunto proporciona unas posibilidades de integración de objetos, información y personas que puede propiciar un salto cualitativo a nivel de producción y uso de bienes y servicios (Materiales, personas..etc). En el marco en el que se sitúa el fenómeno de la industria 4.0 es necesario contextualizar las diferentes “olas” en las que se ha llevado a cabo de manera

progresiva la integración de la electrónica y las tecnologías de la información (TICs) en la producción industrial. (A. Alzaga, J.Lerreina: 2016)

La primera época, situada en la década de los 80 e inicio de los 90, tenía como objetivo la eficiencia en los procesos (Proceso excelente). Fue el periodo de la introducción de los sistemas CAD, CAM, CIM (Computer Integrated Manufacturing), FMS (Flexible Manufacturing System) y similares. Como sucede en la actualidad, la integración y flexibilidad de los sistemas de fabricación eran los objetivos principales, limitados en aquella época por la tecnología disponible. (A. Alzaga, J.Lerreina: 2016)

La segunda ola tiene lugar en los años 90. Tiene su origen en la aparición de Internet y las tecnologías asociadas, como los portales de Internet y soluciones facilitadoras de la colaboración y la integración de la cadena de valor en su concepto más extendido (SCM, CRM, etc.). (A. Alzaga, J.Lerreina: 2016)

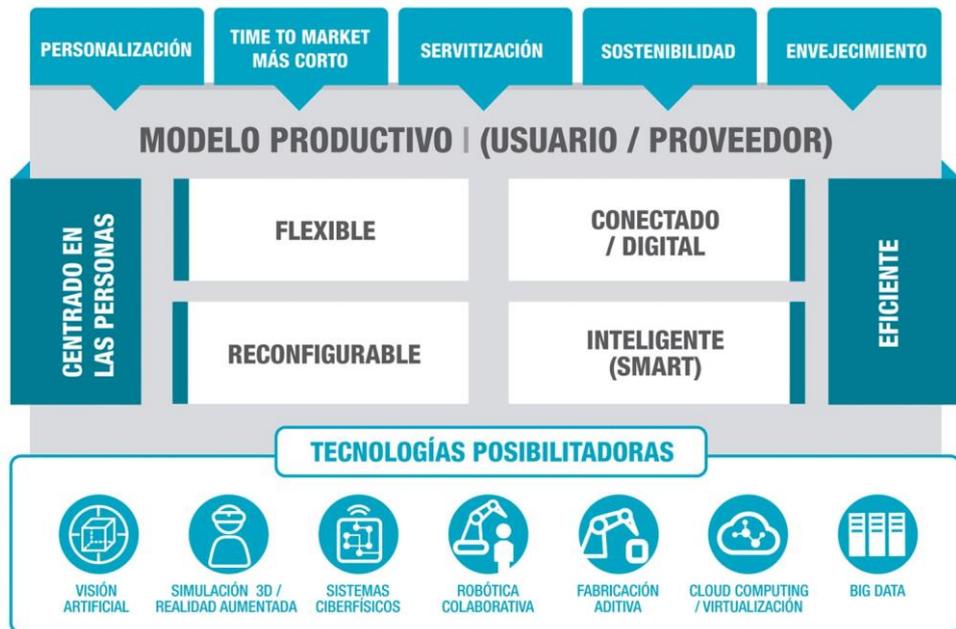
A partir del inicio del nuevo siglo, la conectividad se extiende de los ordenadores a las máquinas y se popularizan conceptos como M2M (Machine to machine). Y un poco más tarde surge con fuerza el concepto de Internet de las cosas, ligado al desarrollo de IPv6 (Versión 6 de protocolo de acceso a internet). La proliferación de los dispositivos móviles de acceso a internet y su capacidad de conexión experimentan un fuerte desarrollo hacia finales de la primera década del nuevo siglo. Todo este movimiento supone una tercera ola en la utilización de las TICs y se puede considerar la precursora de lo que se está denominando 4ª Revolución Industrial. (A. Alzaga, J.Lerreina: 2016)

El término Industry 4.0, acuñado originalmente por Alemania y cuya puesta en escena se realiza con la presentación del documento de 'Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0', redactado por Acatech en Abril del año 2013, se corresponde a la denominada estrategia dual alemana que busca seguir liderando la oferta de equipos y soluciones industriales para la producción y su aplicación en entornos industriales mediante la integración de cadenas de valor y la digitalización del conjunto del proceso productivo. (A. Alzaga, J.Lerreina: 2016)

A partir de ese momento muchos países y regiones, trabajan alineando esfuerzos y políticas para aprovechar las oportunidades que ofrece este nuevo escenario. En el ámbito de la fabricación, Europa está promoviendo las denominadas 'Fábricas del Futuro' a través de la EFFRA (European Factories of the Future Research Association) como colaboración público-privada para el desarrollo de proyectos innovadores, una iniciativa que se puso en marcha en 2008. (A. Alzaga, J.Lerreina: 2016)

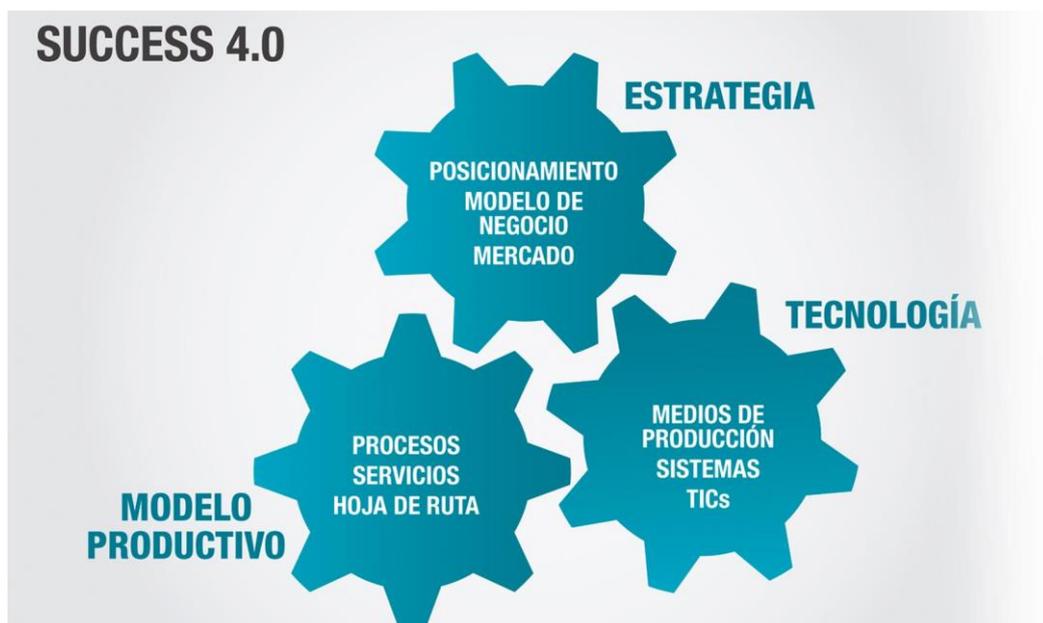
Las empresas se plantean de qué manera todo este movimiento a su negocio puede afectarles, para actuar en consecuencia (estrategia defensiva) o analizar qué oportunidades ofrece este nuevo caso (estrategia pro-activa). En cualquiera de los 2 escenarios la reflexión se realiza a tres niveles: (A. Alzaga, J.Lerreina: 2016)

1. A nivel estratégico: se necesita analizar cómo queremos mejorar la nueva propuesta de valor. No es lo mismo la incorporación de las nuevas tecnologías para aportar valor al producto, que incorporarlas a las máquinas de producción para utilizarlas como herramientas en la eficiencia operativa, añadiendo valor al proceso productivo.
2. Una vez quede definida la estrategia y los retos ligados a esta, hay que pensar en cómo se pueden aplicar al proceso productivo o al producto. Es necesario actuar en el producto, medio o sistema productivo que la empresa ofrece. Es decir, definir el modelo productivo que va a responder a esa estrategia, y definir y concretar una hoja de ruta.
3. En esta hoja de ruta es punto clave reconocer las tecnologías que son más importantes, pues sobre ellas habrá que apoyar e integrar las nuevas tecnologías. Es posible la adquisición de estas tecnologías o su desarrollo en colaboración con empresas colaboradoras especializadas. Si la tecnología base va a ser clave en futuros negocios, se desarrollarán capacidades internamente y, quizás, mediante cooperación con entidades externas (Clientes/proveedores) que permitan respuestas rápidas.



[Fig. 11 Tecnologías digitales utilizadas en el modelo productivo] (A. Alzaga, J.Lerreina, 2016)

En cualquier caso, en el momento de planificar como implementar una estrategia 4.0 es conveniente utilizar un modelo de referencia como puede ser el representado, simplificada, en la figura inferior.



[Fig. 12 Modelo simplificado de estrategia 4.0] (A. Alzaga, J.Lerreina, 2016)

En este modelo se pueden encontrar varios niveles bien diferenciados. El primero de ellos está relacionado con las tendencias o “drivers”, el segundo con el modelo productivo y, finalmente, el último está vinculado a las tecnologías posibilitadoras de la implantación. Estos tres niveles están ciertamente relacionados con los tres aspectos mencionados anteriormente (Valor producto, proceso y hoja de ruta). (A. Alzaga, J.Lerreina: 2016)

El posicionamiento estratégico de la empresa que desee implantar el modelo de industria 4.0 estará ligado a aquellos drivers o tendencias que pueden influir de manera más interesantemente en su estrategia empresarial. Como ejemplos pueden ser: La personalización de producto, menores ciclos de vida o la sostenibilidad.

El modelo productivo de fabricación avanzada Industry 4.0 tendrá como características:

- Producción más flexible, capacidad de fabricar de forma personalizada ante diferentes necesidades, tanto de cantidad (Aumentos productivos) como de características configurables por el cliente final del producto.
- Re-configurabilidad, habilitando una adaptación más veloz y a la vez económica a las modificaciones durante el ciclo de vida del producto.
- La Digitalización de los procesos, conectando e integrando las diferentes fases y medios del proceso productivo.
- La “Inteligenciación” (Del inglés: “Smartización”) de los procesos industriales y medios incluidos en dicho proceso para dar respuesta de manera inteligente. Aprender de experiencias previas (Capitalizar) y poder responder de modo autónomo ante posibles imprevistos en el proceso productivo.

La importancia que cada una de dichas características tendrá en el modelo productivo dependerá mayormente de las prioridades y tendencias a las que la empresa quiera dar respuesta.

Finalmente, el total de tecnologías habilitadoras asociadas habitualmente a Fabricación Avanzada Industria 4.0 y que englobamos en dos grupos diferentes, según su importancia: (A. Alzaga, J.Lerreina: 2016)

- Tecnologías que pueden ser de obligatoria implantación en una iniciativa de industria 4.0 por su esencia integradora. Sistemas ciber-físicos (CPS), Big Data, Cloud Computing y analítica predictiva.

- Se trata de tecnologías que tendrán más o menos peso en función de los casos y atributos concretos: Robótica colaborativa, simulación, realidad aumentada, visión artificial, fabricación aditiva.

El modelo productivo se contempla desde la perspectiva del usuario final y de las empresas proveedoras. Desde este punto de vista, se debe remarcar la oportunidad existente en el caso de las máquinas y medios conectados e inteligentes en el sentido de que la empresa proveedora del medio puede colaborar de manera sencilla con el usuario para optimizar su correcto funcionamiento y su mantenimiento.

A pesar de las limitaciones debidas inherentes a la cultura que pueden posponer, ralentizar o frenar su implantación a gran escala, esta colaboración comenzará en aquellos casos en los que la ventaja a corto/medio plazo se haga evidente, tanto a nivel técnico como económico. Vendrá acompañada por nuevas formas de entender un negocio, por ejemplo el pago por uso para aquellos medios que realizan actividades de soporte y que pueden ser entre otros, los temas de logística de materiales.

3.2.1 SISTEMAS CIBERFÍSICOS

Se entiende como sistema ciber-físico o CPS, correspondiente a sus siglas en inglés: “Cyber-Physical System”, cualquier dispositivo con capacidad de computación, almacenamiento de datos y comunicación para interactuar y controlar un sistema físico. Los CPS están normalmente conectados entre ellos y también con servicios remotos de almacenamiento y gestión de datos, lo que conocemos actualmente como “Datos en la nube” o “Cloud Computing”. (E.Rodal, 2019)

La importancia de dichos Sistemas Ciber-Físicos en la Industria 4.0 se basa de manera principal en el aumento de la capacidad de procesamiento de datos de estos dispositivos, su tamaño (físico) se ve también disminuido, la

mejora ofrecen a la conectividad, la intercomunicación entre sistemas operativos diferentes, la progresivamente mayor utilización de sistemas de almacenamiento de datos y la aplicación de estos dispositivos en sistemas de inteligencia artificial.

Anteriormente lo más natural en los procesos productivos era que los medios y sistemas estuviesen aislados entre sí, sin comunicación alguna entre ellos. Eran capaces de generar datos e información de manera independiente, pero no existía un vínculo ni comunicación entre ellos. También existían sistemas informáticos embebidos tradicionales, se define sistema embebido como un software computacional diseñado para realizar simplemente una o varias funciones determinadas. Así, el software queda aislado y no podemos modificarlo para que ejecute otro tipo de funciones que no sean las propiamente embebidas.

En la actualidad, sucede que se dispone de cada vez más dispositivos conectados a diversos tipos de redes, capaces de recibir información y enviarla a otras máquinas y servidores, que consecuentemente a partir de esa información pueden interactuar con otros medios o máquinas.

Un sistema Ciber-físico está comúnmente formado por sensores interconectados, por dispositivos vinculados a Internet de las Cosas (“IoT”) que tienen la capacidad de generar y enviar datos, o por robots que pueden cumplir diferentes tareas que se les asignen. La internet de las cosas (“IoT”, por sus siglas en inglés) es un conjunto de dispositivos de computación interconectados, máquinas mecánicas y digitales, objetos e incluso personas que tienen identificadores únicos capaces de transferir datos generados a través de una red, sin requerir de interacciones humano a humano o humano a computadora. (E.Rodal, 2019)

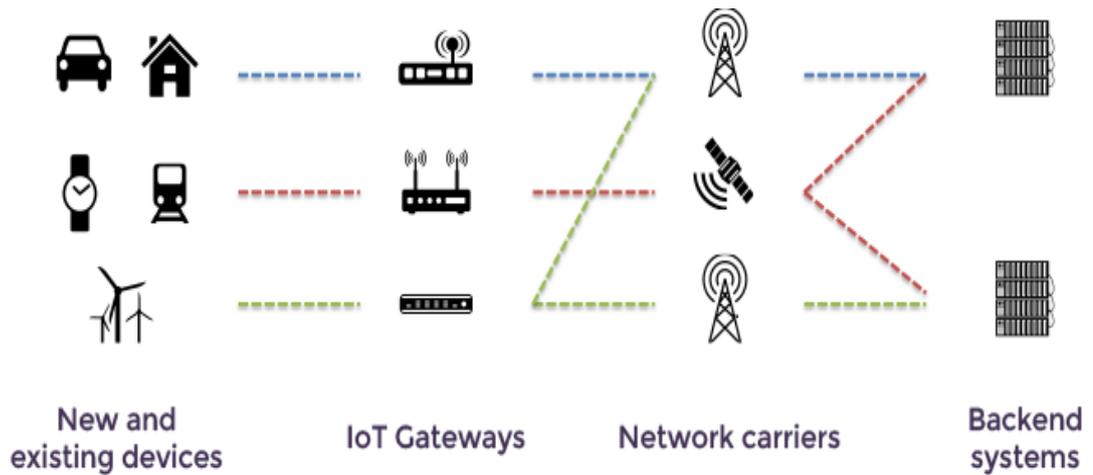
3.2.1.1 Comunicación Máquina-Máquina (M2M):

El término “M2M”: “Machine To Machine” define a cualquier dispositivo tecnológico que permite a dos dispositivos intercambiar información entre ellos, es decir; que interaccionen y generen y envíen datos. La comunicación realizada entre los elementos involucrados se genera de manera autónoma, por lo tanto; no es necesario ningún tipo de intervención humana para que tenga lugar este intercambio de datos. (ViewNext, 2018)

La conectividad M2M se encuentra directamente relacionada con el Internet of Things (IoT), ya que ambos conceptos son parte del mismo concepto y se complementan. Gracias al IoT, un conjunto de medios o dispositivos interrelacionados pueden conectarse e intercambiar y analizar datos de modo automático en la nube. En resumidas cuentas, el IoT se basa en la integración de muchos dispositivos M2M y utilizando plataformas web en la nube para el procesamiento de ese conjunto de datos.

Existen distintos métodos de inter-conectividad entre máquinas. Uno de los más conocidos es el RFID, "Identificación por radiofrecuencia". La limitación que presenta este dispositivo es que la distancia de alcance de las ondas no suele superar los 10 m. Lo mismo sucede con las conectividades de tipo Bluetooth y WiFi que también cuentan con un alcance limitado, comprendido entre unos 10-20 metros para el Bluetooth, y alrededor de unos 50 metros en el caso de la conexión WiFi. Estos tipos de conectividad se consideran de corto alcance si los comparamos con los siguientes, como por ejemplo la conectividad mediante baja frecuencia tiene un alcance que puede llegar a 1.000 Km y la red GSM (asociada a tarjetas SIM) o conectividad vía satélite, tienen alcance mundial. Es importante identificar las necesidades de las máquinas para elegir consecuentemente el tipo de conectividad requerido.

Algunas de las nuevas conectividades más famosas que se están utilizando en la actualidad para la comunicación M2M a través de medios de baja frecuencia son LoWPAN, ZigBee, y Bluetooth Low Energy.



[Fig. 13. Diagrama de flujo seguido en la intercomunicación IoT/M2M de principio a fin] (ViewNext, 2018)

En la figura de la parte superior podemos observar cuál es el flujo seguido por la información enviada por los dispositivos M2M:

Dispositivos existentes/nuevos -> portal/router -> red de transporte digital -> soporte final.

La idea detrás de la tecnología es lograr una metodología de comunicación unificada que haga que un dispositivo se comunique con el otro dispositivo de las mismas capacidades para reducir la sobrecarga de la red.

El IoT mejorará los procesos de ingeniería industrial, producción, logística y gestión del ciclo de vida, como veremos en alguna de las aplicaciones actuales:

Aplicaciones de M2M:

Las aplicaciones y los campos en los que se puede aplicar y se utiliza la conectividad entre máquinas son muy diversas:

- ➔ Permite tener máquinas interconectadas con envíos de datos ininterrumpidamente con los que pueden optimizar procesos automáticamente, avisar cuando una máquina tiene una

avería o incluso auto-repararse.

- Mantenimientos automatizados

- Procedimiento para solicitud de repuestos y cambios de herramientas.

- Aviso de fin de proceso

- Recolección de datos para su tratamiento por otro equipo (Contadores y marcadores en fin de línea).

- Control de stock inteligente

- Implementación de sistemas just-in-time

Este tipo de conectividad mejora a nivel de eficiencia y rendimiento a las desarrolladas anteriormente, permitiendo abordar grandes desafíos y retos productivos impensables hasta el momento (*ViewNext, 2018*)

La comunicación máquina a máquina puede ser de la misma manera aplicada a la comunicación entre vehículos, lo que se conoce como “Sistemas de Conducción Vehicular”, del inglés ADAS: “Advanced Driver Assistance Systems”, o también “Sistemas Avanzados de Asistencia al conductor”. (*Circula Seguro, 2018*)

Uno de los puntos a desarrollar en los sistemas ADAS es el sistema C2C (car2car o comunicación entre vehículos). El C2C confía en que en un plazo corto de tiempo la gran mayoría de vehículos incluyan la tecnología necesaria para poder poner en marcha los servicios de la red de intercomunicación.

Esto presentaría las siguientes ventajas:

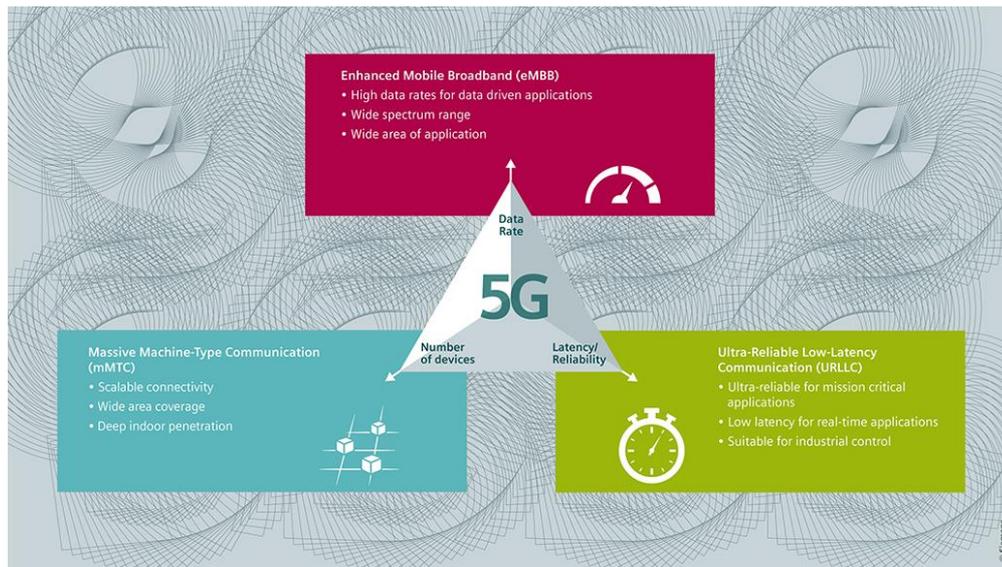
- ➔ Alto nivel de asistencia al conductor, aumentando así la seguridad vial disminuyendo el número de accidentes, así como la reducción de la gravedad del posible impacto en el caso de accidentes no evitables

- ➔ Aumento de la eficiencia del tráfico con control de la congestión del mismo, resultando en menor tiempo de tránsito y por tanto, menor consumo de combustible, contribuyendo además a mejorar el medio ambiente.

3.2.1.2 Tecnologías 5G

La quinta generación de conexión móvil supone entre otras cosas una mejora de la velocidad: mientras que con el 4G se alcanzaba una velocidad de descarga de 150 MB/s, se llegará a 20 GB/s., no se necesitará instalar gran cantidad de procesadores en algunos objetos porque la computación se podrá hacer en la nube. (*Oasys Group, 2018*)

Después, el 5G también trae consigo un descenso de la latencia (tiempo transcurrido entre que se da una orden y esta es ejecutada). En este sentido, la caída es de los 50 milisegundos del 4G a en torno a 1/5 del 5G. En situaciones como la conducción autónoma, frenar antes o después (tiempo de reacción) puede significar el evitar o no un accidente.



[Fig. 14 Bases del 5G: Comunicación mediante fiabilización de baja latencia, banda ancha mejorada y comunicación masiva entre máquinas]. (*Ciudades del futuro, 2019*)

Anteriormente, los procesos productivos eran generalmente manuales y era necesario contar con un amplio número de empleados para lograr los objetivos. No obstante, la industria se ha aprovechado de las nuevas tecnologías y ha cambiado de manera radical. Actualmente, la automatización de procesos industriales evita accidentes y optimiza la fiabilidad de la cadena productiva, pero aún queda margen de mejora. Es el momento en el que se deben combinar 5G y automatización industrial para romper las barreras tecnológicas. (*Oasys Group, 2018*)

La quinta generación traerá grandes innovaciones, pero se presentan retos y dificultades, dado que aclimatarse a las nuevas tecnologías es un proceso paulatino. Sin olvidarse de las dificultades que presentará, algunas de las ventajas que puede aportar el 5G a la automatización serán las siguientes: (*Oasys Group, 2018*)

- ➔ Uno de los procesos que más cambiarán de la industria será la línea de producción, que mejorará combinando 5G y automatización industrial. La velocidad a la que se transferirá la información aumentará, permitiendo así potenciar el

rendimiento de las máquinas autónomas. Se aplicará el llamado "Network Slicing", o la capacidad que posee el 5G para dividir la red en subredes.

El "Network Slicing" permitirá regular la conectividad acorde a necesidades y situaciones concisas. Por ejemplo, hará más sencillo el control del ancho de banda, la velocidad de conexión y la latencia. En las generaciones antiguas todas las redes compartían las mismas características, pero el conjunto de 5G y automatización industrial hará posible dedicar más recursos de red a las máquinas. Por lo tanto, será posible exprimir la totalidad de la potencia del 5G al sector de la industria.

- La combinación entre 5G y automatización industrial también involucra al IoT y a los sistemas de control involucrados en este. En ambos casos, esta tecnología ofrece nuevas oportunidades, debido a que los problemas de latencia y baja velocidad ya no estarán presentes. El 5G fiabiliza la seguridad de los procesos automatizados relacionados con la cadena productiva y debido a sus altas prestaciones; queda asegurada la calidad de operaciones que requieran de una mayor precisión.

- La tecnología 5G potenciará las redes "TSN" o "Time-Sensitive Networks", que permiten una comunicación estandarizada en tiempo real. Todo esto asegurará la calidad de los sistemas y su velocidad. Del mismo modo, reducirá los costes en hardware a largo plazo, que acabarán amortizándose tras la implementación de la automatización. En resumen, las máquinas podrán responder de manera prácticamente instantánea a los estímulos recibidos. De este modo, no solo aumentará la productividad, sino que mejorará también la seguridad de los profesionales.

Entre las dificultades podemos encontrar las siguientes: (*Oasys Group, 2018*)

- Esta tecnología, requiere de un gran desembolso inicial en materia de infraestructuras. Es necesario tener en cuenta que

para que el 5G pueda aplicarse, hay que modificar la legislación, el espectro radioeléctrico y la infraestructura eléctrica. Los costes asociados a su implantación serán elevados, pero todos los dispositivos que permanezcan conectados a la red podrán compartir información de forma casi instantánea, incluyendo máquinas como los robots industriales.

- Aunque el ininterrumpible crecimiento tecnológico puede parecer “deshumanizador”, son las empresas quienes tienen que potenciar la mano de obra humana. La formación constante de los empleados y la reasignación de labores serán elementos fundamentales cuanto más automatizados estén los entornos industriales.

Aunque puede parecer evidente que las nuevas tecnologías siempre potenciarán las que llevan tiempo instauradas, hay que tener en cuenta los costes y tiempos de adaptación necesarios. La velocidad y el tiempo reducido entre órdenes y ejecuciones asociadas al 5G son la base primordial para la existencia de nuevas soluciones. (*Oasys Group, 2018*)

3.2.1.3 Sistemas de trazabilidad avanzados:

La imparable implantación de la utilización del Internet de las Cosas (IoT) continúa aumentando su tamaño y complejidad a la vez que crece entre los analistas e industria su interés, debido de las expectativas de transformación que estos entornos generan. Diversas organizaciones (En su mayoría tecnológicas) de diverso origen, desarrollan habitualmente nuevas líneas de productos y servicios ligados al IoT, intentando desarrollar la enorme oportunidad de negocio que se puede presentar mediante la conectividad, hardware, software y/o soluciones de almacenamiento, tratamiento y análisis de datos requeridos para introducir proyectos transformadores. (*CIC40, 2018*)

Solventar esta complejidad de productores, tecnologías y resto de actores involucrados es importante para sortear las reticencias de ciertas empresas que pretenden comenzar a aplicar inmediatamente en sus ambientes industriales el valor que puede ofrecer IoT. No obstante, conocer a fondo las mejores técnicas de sensorización, escenarios de gestión o soluciones de *analytics* o *cloud* ineludibles para el procesado de información de manera rápida y eficaz, es la mejor garantía para emprender proyectos de éxito y evitar la decepción por incumplimiento de objetivos en el entorno de IoT y, concretamente, para su aplicación a la resolución de desafíos determinados de la Industria 4.0.

Uno de los desafíos más importantes a superar es el de optimizar la “Supply Chain” – “cadena de suministro” en empresas con altos flujos logísticos de entrada y salida de material, para incrementar la rentabilidad y aumentar la producción mediante la mejora de los procesos, lo que se conoce como Logística 4.0. Un caso de uso concreto es la trazabilidad y control de la utilización de carretillas de una empresa de servicios a través de una solución establecida en la geolocalización y monitorización de activos.

La solución consta de un sensor ligado al movimiento de la carretilla, que contabiliza su periodo de funcionamiento y envía mensajes en tiempo real a una plataforma para su situación, seguimiento, identificación y control, tanto del personal como de los útiles logísticos. La información tratada y posteriormente analizada facilita su control y permite optimizar su rendimiento y vida útil, evitando averías o roturas de los activos y optimizando la operación logística industrial.

La aplicación de otras técnicas como códigos de barras, tags RFID, tags NFC, balizas con bluetooth de bajo consumo (BLE) o localización por satélite para ambientes de movilidad a cadenas de suministro, permiten generar un mayor valor para ubicar y trazar cuándo y por dónde han pasado materiales, productos y personal, lo que aumenta la productividad y reduce el uso de recursos. (CIC40, 2018)

3.2.1.4 Big data e inteligencia artificial:

“Big Data” es un término referido al procesamiento de enormes volúmenes de información y se aplica en la industria 4.0, gracias al IoT, formado por diferentes sensores que recolectan información en tiempo real de todo el proceso industrial. La evolución digital industrial depende en gran parte de la inteligencia artificial y de los datos. El uso de estas tecnologías permite a las empresas tomar decisiones basadas en hechos y no en corazonadas o golpes de ingenio. (Verde, 2019)

Es importante señalar que el dato por sí mismo no genera valor, debido a esto es necesario que las empresas evolucionen progresivamente hacia un modelo data-centric en el que las decisiones se tomen de forma empírica, con los datos requeridos a disposición. De hecho, tecnologías como big data e inteligencia artificial han abierto un abanico de oportunidades inéditas para poder aprovechar el valor del dato.

En el ámbito industrial, algunas empresas ya han hallado nuevas aplicaciones de analítica predictiva y ciencia de datos. En una línea productiva resulta vital maximizar el tiempo de funcionamiento de las máquinas de las que esta se compone, ya que cualquier fallo puede detener completamente la fabricación. Este tipo de incidentes hace que el coste por unidad fabricada crezca, ofreciendo menores márgenes económicos. En otra época, simplemente se asumía como 'ley de vida', actualmente se pueden corregir y prever las anomalías con anterioridad a que se produzcan, gracias a la introducción de modelos predictivos en tiempo real que permiten aplicar estrategias proactivas para anticiparse a estos fallos y poder corregirlos. *Verde, 2019)*

ANALÍTICA PREDICTIVA

Gracias al Internet de las Cosas (IoT), los sensores y dispositivos conectados a la Cloud Computing/ nube actúan también como fuente de información para el big data. Esto abre un abanico de posibilidades a la hora de almacenar todos los diversos parámetros que intervienen en el proceso para poder analizarlo. Cualquier proceso que genere grandes cantidades de datos, evolucione rápidamente o deba contemplar fuentes muy heterogéneas de datos para no perjudicar el proceso debería aprovechar el beneficio que ofrece esta técnica.

Por otra parte, los costes asociados a la sensorización de equipos son cada vez menores. Identificar las causas raíz que han producido el éxito o fracaso de cierta actividad permite sacar conclusiones para el futuro. Desde el punto de vista empresarial, es muy útil para establecer futuras metas de negocio realistas, planificar de forma más eficaz o acotar razonablemente las expectativas.

Cuando se trata de anticipar cuándo puede fallar una máquina, son muchos los parámetros a tener en cuenta que anticipan la avería, como pueden ser por ejemplo los tiempos de un determinado proceso, las diferentes lecturas

de voltajes o corrientes o los niveles de temperatura o presión. En base a todos estos datos, un modelo de analítica predictiva tiene la capacidad de aprender los patrones que suelen tener lugar antes del fallo del equipo.

El “machine learning” identifica patrones complejos a partir de incalculables volúmenes de datos, procesándolos hasta poder predecir comportamientos. Su capacidad para mejorar sin recibir ayuda del exterior le permite generar sus propios modelos para, por ejemplo, descubrir tendencias en los gustos de los clientes. Su funcionamiento está basado en una experiencia o conocimiento previo que lo orientan en sus decisiones. (Verde, 2019)

Aplicaciones en el entorno industrial:

- ➔ Diagnósticos predictivos. El big data puede ayudar a identificar los posibles parámetros en los datos de calidad del producto, en los de fabricación o en las reclamaciones de garantía. Todo minimizando los costes de garantía y optimizando los procesos productivos. Un ejemplo es la posibilidad de que una empresa pueda anticiparse a la demanda que van a tener sus clientes en cuanto a mantenimiento y logística, para así ajustar sus procesos, ahorrar costes innecesarios y aumentar el grado de cumplimiento del servicio que presta.

- ➔ Análisis de problemas de garantía. Otra posible aplicación interesante asociada al uso del big data es la aplicación para reducir de manera significativa los costes asociados a las reclamaciones de garantías, evitando discrepancias que puedan producirse fruto de reclamaciones no válidas, una incompleta formación de los técnicos, problemas de fraude o un aviso prematuro de fallos por las piezas.

- ➔ Optimización del rendimiento de máquinas y dispositivos: Las aplicaciones de predicción utilizan complejos modelos que supervisan la disponibilidad de las plantas. La inteligencia

artificial y el big data permiten también optimizar el rendimiento de centros de almacenamiento de datos y de servidores.

Los proyectos de integración IA y big data no son sencillos y no consiguen sus objetivos en una única etapa, ya que requieren una aproximación iterativa y de aproximación que, en sucesivas etapas, acabe obteniendo el resultado deseado. (Verde, 2019)

3.2.2 LOGÍSTICA 4.0.

La actual industria 4.0 se caracteriza por el gran protagonismo que tiene la hiperconectividad y las nuevas tecnologías de la información. El concepto de logística 4.0 está igualmente basado en esos mismos protagonistas y hace referencia a una gestión logística fundamentalmente determinada por la interconexión, la digitalización de los datos y la utilización de aplicaciones informáticas en la nube. (Mecalux, 2019)

El grado de complejidad y de información a manejar aumenta respecto a los modelos de la logística 2.0 y 3.0, más bien basados en el avance de la robotización y en la estandarización de procesos.

El futuro plantea una serie de retos que será preciso solucionar para que la digitalización llegue a todos los aspectos del almacenamiento y el reparto de productos. Se resume en los siguientes: (Mecalux, 2019)

1. Reducir los tiempos de respuesta con producciones más limitadas

El entorno fabril tiene tendencia a trabajar con cada vez mayores producciones cortas, con una gran variación de productos y demandas diferentes. Se prioriza la obligación de controlar lotes cada vez menores y de reducir el tiempo de respuesta en la entrega de estos.

La clave se basa en la flexibilidad, obteniendo así un producto más adecuado a las pretensiones del cliente, sin perder la eficacia propia de la propia empresa del trabajo en cadena o de la tarea de administrar grandes volúmenes de materiales.

2. Apostar por la logística inteligente

Para poder implementar la logística inteligente en la actualidad de la industria es imprescindible aprovechar todas las posibilidades tecnológicas que existen y están disponibles en el mercado.

3. Favorecer una omnicanalidad real:

En la actualidad, en la mayoría de casos respecto a la atención al cliente, la información que llega por cada canal se aborda de manera diferenciada, lo que produce una diferencia en el trato de las órdenes recibidas.

Adaptar el almacén a una concepción omnicanal de la logística pone fin a estos desajustes, aglomerando el flujo de gestión de materiales y agilizando la preparación de pedidos.

La logística 4.0 favorece la hiperconectividad de los dispositivos electrónicos y mejora notablemente los flujos de trabajo en el almacén.

4. Anticiparse a las necesidades del cliente:

La introducción del big data al mundo de la logística hace en cierto modo posible pronosticar las necesidades del cliente y lograr, anticiparse a ellas con acciones de aprovisionamiento asociadas a previsiones de valor muy cercano a los de la demanda real. (*Mecalux, 2019*)

5. Controlar la trazabilidad de todo el proceso

Optimizar el proceso logístico implica controlar la trazabilidad de cada producto de principio a fin de la línea productiva. Cobran gran importancia las etiquetas RFID, que ayudan a monitorizar de manera remota la ubicación de los productos, pero también las herramientas informáticas en que se integran y su estandarización a través de la cadena de suministro.

Gestión de almacenes y distribución de mercancías con la logística 4.0

La implantación de la logística 4.0 en la gestión de almacenes y en la entrada y salida de materiales está orientada a la aplicación de complejos métodos como los siguientes: (*Mecalux, 2019*)

- ➔ Uso de drones o de vehículos autónomos, sin conductor, para la entrega de los pedidos.

- Análisis predictivo del comportamiento de los receptores para disminuir el número de entregas fallidas.
- Evaluación en tiempo real de los condicionantes externos para seleccionar la mejor ruta de reparto, y adaptación instantánea de los recorridos en caso de imprevistos.
- Detección de problemas que puedan comprometer el buen estado de los productos antes de que estos lleguen a su destino.

Uno de los mayores partícipes para la aplicación del sistema just-in-time (“JIT”) en el almacén es la logística 4.0, pues ambos términos comparten el fin de conseguir que el lote adecuado llegue al cliente correspondiente en el plazo previsto. (*Mecalux, 2019*)

4. EL CONCEPTO MONOZUKURI

En el entorno productivo, se define como Monozukuri a la filosofía de trabajo que busca optimizar todos los procesos de la cadena de valor de un producto. El término procede del japonés y significa: “proceso de fabricación de algo”. (Arango, 2016)

A partir del siglo XXI el Monozukuri se ha popularizado en todo el sector industrial por aplicaciones basadas en este nombre en empresas líderes, como NEC, Nissan, Toyota, Renault, Toshiba, Mazda o Sharp. Eso sí, no se trata de una metodología homogénea y comparable dentro de estas industrias, ya que cada empresa lo interpreta de una manera diferente. Podríamos ampliar su definición como un estado mental que hace producir bien, integrando toda la cadena de valor y mejorándola en todos sus aspectos continuamente. (Arango, 2016)

El Monozukuri se aleja un poco de los postulados del lean manufacturing, puesto que es un sistema más genérico y que nace de la interacción de varias industrias y sectores, incluso es aplicable en producción en masa y producción artesanal lo cual no es posible con Lean Manufacturing que se aplica a producción ajustada. Mientras que el enfoque Lean se centra en la eliminación de los desperdicios (sobreproducción, sobreproceso, inventario, movimiento, transporte, defectos y esperas) y la optimización del flujo de materiales (Kanban), Monozukuri se centra en la eliminación de defectos y en la reducción de la variabilidad de los procesos mediante una gestión por proyecto y el empleo de diversas herramientas estadísticas. (Arango, 2016)

Ha tenido derivaciones como el Monozukuri Genba, que es una metodología que se basa en 4 niveles de madurez del sistema de producción. El Monozukuri-Genba transforma las organizaciones formando la base, a través de los supervisores, líderes/jefes de equipo y operarios de producción. Se considera al Monozukuri Genba como un sistema de producción que engloba otras metodologías como Kaizen, TPM, 5S, JIT. (Arango, 2016)

En cada nivel de madurez se aplican herramientas según los problemas reales de las etapas de producción, normalmente las aplicadas son: (Arango, 2016)

Nivel 1: 5S, Estandarización de puestos de trabajo, formación y matrices de polivalencia. Estas herramientas buscan principalmente la instauración de la disciplina en la empresa.

Nivel 2: Implantación de herramientas de análisis y solución de problemas como qc-story, triz, 5W. La idea es que la empresa organización aprenda a resolver problemas con estas metodologías. Frecuentemente se instaure la reunión de respuesta rápida o QRQC (Quick Reponse Quality Control)

Nivel 3: En este nivel normalmente se aplica la metodología Kaizen. Hay que diferenciar la aplicación de grupos Kaizen a otro tipo puesto que estos grupos se crean como pilar de desarrollo humano y si además el Kaizen no se entiende como administración participativa corre el riesgo de perder su espíritu.

Nivel 4: Nivel de aplicación del benchmarking y de la capitalización. En este nivel de madurez las organizaciones se pueden considerar “industrialmente competitivas”.

A continuación se desarrollará más profundamente cada uno de los niveles de aplicación, y lo que conlleva cada uno de ellos.

4.1 NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN MONOZUKURI

4.1.1 PRIMER NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN:

4.1.1.1 5S:

5S es una herramienta de gestión originaria de Japón; Hiroyuki Hirano, de Toyota; puede ser considerado el padre de esta técnica. Desarrollando sobre los 80 metodologías para mantener el puesto de trabajo limpio y ordenado. Basada en 5 simples etapas, las 5S de la calidad son: (Mouton-Raconte, 2012)

Seiri (eliminar), Seiton (ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (disciplina). El nombre del método (5S) se debe a que está formado por 5 etapas, que empiezan por “S” en japonés.



[Fig. 15 Significado de las 5S] (Mouton-Raconte, 2012)

Los principios en los que se basa el 5S quizás sean los más sencillos de comprender dentro del pensamiento Monozukuri, y además sea posiblemente la herramienta menos costosa económicamente, por lo que pertenece a dicha primera etapa de industrialización. Aun así, el 5S es una potente herramienta que genera grandes beneficios pero de la que exprimir el máximo beneficio es costoso. Como cualquier técnica de mejora continua, el 5S exige un compromiso elevado por parte de la dirección de la empresa para que se pueda desarrollar exitosamente.

Los objetivos principales de esta herramienta son todos los objetivos relacionados con el aspecto del puesto de trabajo, el orden en las herramientas, el ambiente de trabajo, la seguridad. (Mouton-Raconte, 2012)

Ejemplos de lo que se pretende evitar es:

Los proyectos de implantación de las 5S deben cortos en el tiempo. Sus mejoras a nivel visual son evidentes. A su vez, el análisis del puesto de trabajo y flujo del proceso permite mejora continua. Para proyectos 5S la dirección debe dotar de recursos para fomentar un cambio importante en la cultura de la empresa. (*Mouton-Raconte, 2012*)

La implantación de las 5S o las 5 eses consiste en 5 pasos o fases, cuyos nombres en japonés empiezan todos por S:

Seiri (eliminar), Seiton (ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (disciplina).

Hay que documentar cada una de las fases para formar al personal de la empresa asignado en cada fase, y lograr una implicación por parte del personal. (*Mouton-Raconte, 2012*)

1. SEIRI – ELIMINAR

Seiri significa clasificar y eliminar del puesto habitual de trabajo elementos innecesarios para poder realizar la tarea asignada al puesto de trabajo. Hay que separar lo necesario de lo prescindible para evitar posibles despilfarros (*Madariaga, 2013*)

- Espacios no aprovechados.
- Transportes innecesarios por parte de los empleados
- Menor inventario
- Tiempo para encontrar útiles o herramientas.

Como beneficios inmediatos de la fase Seiri los siguientes:

- Aumento de espacio en planta.
- Organización de los recursos, y minimización de tiempos de procesos.
- Aumento en seguridad laboral.

2. SEITON – ORDENAR

Seiton se basa en establecer una organización u orden para los recursos necesarios del proceso productivo. El objetivo es disminuir el tiempo en encontrar los recursos. La implantación de Seiton implica la delimitación de cada área de trabajo y de las comunicaciones entre ellas. Y a su vez definir el sitio específico para cada cosa: “Un sitio para cada herramienta y cada herramienta en su sitio”.

En la práctica, el desarrollo de Seiton consiste en especificar y documentar donde se usa y se almacena cada elemento (facilitar y ‘automatizar’ la localización de los recursos en función de su uso). Se trata de encontrar una localización óptima en función de dónde se utiliza, la frecuencia, y la dificultad de su manipulación y mantenimiento, manteniendo de la misma manera la mayor ergonomía posible para el operario.

Con esta etapa se consigue entre otras cosas una mayor accesibilidad a los elementos necesarios, mejora en la seguridad de la empresa, aumento de la productividad global. (*Madariaga, 2013*)

3. SEISO – LIMPIEZA E INSPECCIÓN

La fase Seiso conlleva la limpieza e inspección del entorno productivo en busca de defectos. Se trata de trabajar en preventivo, anticipando el defecto o fallo. La aplicación de esta fase implica la aceptación de la limpieza como una de las tareas más a realizar e imprescindible y enfocándolo desde un punto de vista del mantenimiento preventivo de la máquina o recurso. Con lo cual no basta con mantener limpio, sino que además sin fallos o defectos. Hay que usar la limpieza como herramienta para detectar posibles fallos o averías. Las soluciones a los defectos deben ser definitivas, no pueden ser recurrentes. (*Madariaga, 2013*)

Los beneficios de esta fase (seiso) son muy parecidos a la aplicación de una correcta política de mantenimiento preventivo, y son básicamente el incremento del tiempo entre averías (reducción del número de averías) y decremento del riesgo de accidentes laborales. (*Madariaga, 2013*)

4. SEIKETSU – ESTANDARIZAR

La cuarta fase consiste en estandarizar lo conseguido en las fases anteriores para que prolongar los beneficios en el tiempo. Se trata de estandarizar o determinadas acciones o procesos mejoradas en los apartados anteriores. La mejor manera de desarrollar esta fase es mediante la elaboración de instrucciones técnicas a modo de esquema, que permitan rápidamente consultar cómo hacer determinada tarea. (Madariaga, 2013) Para que dicha estandarización tenga éxito y dure en el tiempo hay que tener en cuenta que hay que las tareas derivadas de los 5S deben repartirse de manera concreta a cada operario. Estas actividades se deben tratar como parte del proceso productivo, y no como una acción nueva o extra. Y hay que hacer seguimiento continuo y medible de las acciones realizadas. (Madariaga, 2013)

5. SHITSUKE – DISCIPLINA

Shitsuke significa disciplina. El objetivo de esta fase es hacer que las acciones derivadas de las fases anteriores se automaticen y se convierta en una acción más del proceso productivo. (Madariaga, 2013)

La implementación de las 5S en una empresa debe comenzar controlada y paulatinamente, no es factible comenzar con un proyecto que englobe toda la empresa, sino que es mucho más asequible empezar con una zona pequeña o acotada e ir experimentado y adquiriendo el conocimiento sobre esta, para posteriormente adaptar al resto de la empresa, esto es lo que se conoce como puesto piloto, ese puesto puede servir como primer ejemplo para mostrar al personal como realizarlo. De esta manera, será más fácil comenzar el proyecto con éxito, se dotará a la metodología de cierta fama de éxito, y nos dará una primera idea de los problemas que nos encontraremos posteriormente, y como resolverlos. (Madariaga, 2013)

Es importante acotar y cuantificar la zona de actuación, buscando unos objetivos claros, y pudiendo realizar mediciones de lo conseguido. Para poder medir el avance de consecución del proyecto es buena idea realizar auditorías 5S. Estableciéndose una sistemática y un cuestionario parecidos a los necesarios para las auditorías de calidad. De esta manera siempre se evaluarán los mismos aspectos, no se dejarán temas por tratar y los resultados se pueden comparar durante el tiempo o entre diferentes zonas. (Madariaga, 2013)

OTRAS “S”

Hay ya algunas empresas han ampliado las 5 S originales, y han adoptado más nuevas características “S” que han considerado importantes. De manera que otras S pueden ser:

- Shikari – Constancia.
- Shitsukoku – Compromiso.
- Seishoo – Coordinación.
- Seido – Sincronización.

Los principios de las 5S no se limitan solo a una planta productiva, se pueden aplicar a cualquier tipo de actividad (oficina, mercado...etc.).

La herramienta 5S es un proceso de mejora continua, que no exige un nivel de conocimientos elevados, ya que trata temas bastante. Las fases son eliminar lo sobrante, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y la autodisciplina de mantener los pasos anteriores. A pesar de la no complejidad técnica de ninguno de los pasos anteriores, la necesidad de disciplina, hace que muchos de estos proyectos fracasen. (*Madariaga, 2013*)

Algunos de los beneficios obtenidos con esta herramienta son:

- Aumento de la productividad
- Disminución de número de averías y aumento de vida de herramientas
- Aumento de la seguridad laboral
- El desarrollo de los 5 pasos hace que salgan a la luz problemas ocultos derivados del proceso productivo.
- Evitar movimientos innecesarios en el flujo de trabajo. Flujos lógicos innecesarios dentro del taller.
- Buen aspecto del entorno laboral.
- Evitar la falta de seguridad laboral en el puesto, mediante el uso de gafas y equipos de protección individual (EPI).
- Evitar la falta de instrucciones en planta.



[Fig. 16 Antes y después de aplicar 5s en almacén de recambios] (Madariaga, 2013)

4.1.1.2 Estandarización de puestos

La estandarización de trabajos consiste en seleccionar las mejores prácticas de cada operario o lo que se comprueba que obtiene los mejores resultados para definir una metodología de trabajo, que todos los trabajadores deben seguir. Lo que se busca es que todos y cada uno de los operarios trabajen de la misma manera, para un mismo proceso de producción.

Esta herramienta a seguir con los trabajos estandarizados, sirve a la vez de base para encontrar nuevas mejoras. Cada mejora se incorpora a la metodología, por lo que se va mejorando continuamente. Mejorar la estandarización de trabajos es un proceso que nunca termina, por lo que es una referencia para el Kaizen. (ITEMSA, 2016)

CONCEPTOS CLAVE EN LA ESTANDARIZACIÓN DE TRABAJOS

La estandarización de trabajos se desarrolla en base a tres conceptos clave : (ITEMSA, 2016)

Takt time, que es el ritmo a la cual los productos deben entregarse de acuerdo a la demanda del cliente. En ningún caso puede ser mayor al tiempo de ciclo de la operación.

La secuencia de tareas que un operario debe realizar para completar una operación, dentro de dicho tiempo de ciclo.

El inventario estándar, incluyendo las unidades en las máquinas, que se necesitan para evitar problemas de paradas en la producción.

Juntando estos tres conceptos, se crea la metodología a seguir en ese momento, con el fin de aprovechar al máximo todos los recursos disponibles.

Se recopilan y se registran todos los datos necesarios, que serán supervisados por ingenieros y jefes de equipo, para diseñar el proceso ideal. Los operarios también colaboran para proponer mejoras en sus puestos de trabajo, que serán tenidas en cuenta para incluirlas en la metodología estándar (ITEMSA, 2016)

CÓMO IMPLEMENTAR LA ESTANDARIZACIÓN DE TRABAJOS

El trabajo estándar se centra en tres herramientas principales:

→ HOJA DE CAPACIDAD DEL PROCESO DE TRABAJO ESTÁNDAR.

La hoja de capacidad de proceso, también denominada hoja de capacidad de producción; indica la capacidad de salida de cada elemento implicado en el proceso. Es decir, describe el ritmo máximo de producción para cada máquina y correlaciona esos valores con el ritmo de producción real medido para cada máquina.

Esto permite a la empresa identificar fácilmente los cuellos de botella de su proceso, especialmente cuando se relacionan con un balanceo inadecuado de la entrada/salida de diferentes nodos en la cadena.

Varios factores intervienen en el cálculo de la capacidad de producción de una máquina, como el tiempo de producción, el tiempo de finalización y el tiempo de cambio de herramienta. Éstos pueden dividirse en etapas concretas, dependiendo de la estructura de la cadena de producción. (ITEMSA, 2016)

→ HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADA DE LA COMBINACIÓN DE TRABAJO

Se emplea para calcular la combinación de varios factores de tiempo en la producción, como el tiempo de trabajo manual, el tiempo de marcha, o el tiempo de procesamiento real requerido por cada máquina involucrada en el proceso productivo.

La Hoja de Combinación es una herramienta habitualmente utilizada en las etapas intermedias de la estandarización del proceso de una empresa, ya que puede mostrar si la organización se está moviendo o no en la dirección correcta, qué variables necesitan ser ajustadas y si cada parte específica del proceso es adecuada para el enfoque actual de la estandarización.

La información contenida en esta hoja servirá como base para todos los desarrollos futuros de la empresa y las mejoras adicionales que se implementarán. (ITEMSA, 2016)

→ CUADRO DE TRABAJO ESTANDARIZADO

Este documento muestra la secuencia en la que se realiza el trabajo, así como la forma en que los diferentes operadores cambian de posición y estado con respecto a las máquinas con las que trabajan.

El takt time y el tiempo de ciclo también deben ser medidos aquí, y la compañía necesita tener una relación más profunda con todos sus operadores para llenar esta tabla correctamente.

Hay diferentes factores que se pueden tener en cuenta a la hora de rellenar un cuadro de trabajo estándar, y es una herramienta altamente individual que debe estar alineada con la operación específica de la empresa.

Sin embargo, entenderlo correctamente es uno de los puntos más importantes para asegurar que el proceso de implementación del trabajo estándar se lleve a cabo correctamente.

La estandarización de trabajos debe ser entendida profundamente por todos los mandos de la empresa, y cuanto antes se decida comenzar a implementar el trabajo estándar en los procesos de producción, mayores serán los beneficios que al final se verán. (ITEMSA, 2016)

BENEFICIOS DE LA ESTANDARIZACIÓN DE TRABAJOS

Una vez implementado, se pueden obtener enormes beneficios como éstos: (ITEMSA, 2016)

- Asegura que el trabajo se realiza de la mejor manera posible
- Ahorro en formación (tiempo y dinero)
- Aumenta la satisfacción del cliente
- Hace que responder al cambio externo sea más fácil y rápido.
- Hace que las mejoras se implementen de una manera más sencilla y rápida
- Aumenta la previsión de los resultados, ya que hace que el trabajo sea medible
- Mejora la calidad y reduce errores y desperdicios
- Mejora la capacidad de calcular costes de producción de establecer precios
- Favorece el compromiso de los empleados y aumenta su confianza
- Hace que la gerencia responda a las necesidades de los empleados
- Impulsa una cultura de liderazgo y mejora continua
- Consigue que todas las partes interesadas trabajen en conseguir los mismos objetivos
- Los empleados se sienten más valorados al implicarse en las mejoras
- En caso de error, no se culpará al trabajador, sino al sistema
- Facilita la resolución de problemas.
- Menos problemas permite un enfoque empresarial más proactivo. Especialmente las personas de más alto nivel pueden centrarse en cosas realmente importantes como la generación de nuevos negocios y el crecimiento de la empresa.
- Una manera fácil de hacer que la gente acepte el lean manufacturing como filosofía de trabajo porque rápidamente entienden que es bueno para ellos
- Aumento de la eficiencia de producción
- El trabajo estándar muestra a las personas cómo la estructura que promueve la flexibilidad, la creatividad y facilita el cambio

4.1.1.3 Formación y matriz de polivalencia

Un factor importante dentro de una organización es que exista la menor dependencia posible respecto a ciertos trabajadores. Esto se consigue incentivando la formación de todo el personal en una determinada función. De este modo, la ausencia de un trabajador no afectará al rendimiento de la organización. (Matsuzaki, 2012)

La polivalencia es la capacidad para trabajar en puestos diferentes cumpliendo las normas de calidad, productividad o servicio que son

requeridas en cada uno de ellos. De tal manera que la falta de un trabajador no dificulte la consecución del objetivo diario de producción/rendimiento.

La matriz de polivalencia es una herramienta que visualmente nos proporcionará la información necesaria para saber en qué puestos de trabajo y a que trabajadores es necesario formar.

Esta matriz consiste en un cuadro de doble entrada donde se listan los trabajadores frente a los diferentes puestos de trabajo o tareas y en el cruce de ambos la calificación de cada uno de ellos en cada competencia, nos dará como resultado un plan formativo por cada trabajador/puesto de trabajo de forma que se pueda conocer la diferencia que existe entre los conocimientos que se tiene y los que se necesita para llegar al óptimo de eficacia y eficiencia en el desempeño de ese puesto de trabajo. (Matsuzaki, 2012)

Según cuán grande sea el número de trabajadores, se puede tener una matriz global de toda la empresa, una por Departamento o una por sección. Dependerá de las necesidades de cada organización.

Las fases para la realización de esta matriz de polivalencia son las siguientes. (Matsuzaki, 2012):

1. Listado de los trabajadores que van a formar parte del plan de formación.
2. Enumerar cada una de las tareas/puestos.
3. Establecer el nivel deseado de formación requerido para el desempeño máximo en el puesto de trabajo.
4. Puntuar a cada uno de los trabajadores el nivel de polivalencia en cada una de las tareas. La puntuación abarcará desde el nivel 1 al nivel 4. Siendo:
 - a. Nivel 1: comprende y aplica.
 - b. Nivel 2: comprende y aplica y lo realiza con la calidad deseada.
 - c. Nivel 3: comprende y aplica y lo realiza con la calidad deseada y en el tiempo estándar.
 - d. Nivel 4: es capaz de formar a un compañero.
5. Diseñar la planificación formativa para cubrir el GAP (grupo autónomo de personas) que existe entre el conocimiento conseguido y el necesario para cada puesto/persona.

NAME	PUNCHING	CUTTING	BENDING	WELDING	FORMING
Operator 1		□	□		U
Operator 2	L		□	□	L
Operator 3	U		U		□
Operator 4	U		L	U	□
Operator 5	□	L	□		

[Fig. 17 Ejemplo de matriz de polivalencia con 5 operarios] (*Lean Manufacturing 10, 2015*)

Una vez que se alcance el objetivo de formación nos centraremos en mantener los niveles alcanzados y en ir formando a nuevos operarios de manera que consigamos obtener una plantilla polivalente y podamos detectar de manera visual las carencias de nuestros equipos.

Son múltiples las empresas en el mundo que han optado por implementar este modelo de adquisición y medición del nivel de habilidad, esto como una estrategia fundamental para asegurar múltiples puntos, como: (*Matsuzaki, 2012*)

- La calidad de sus productos y/o servicios
- Reducción de desperdicios
- Mejorar la satisfacción de sus clientes
- Lograr la continuidad operativa
- Polivalencia en sus operaciones
- Se elimina o reducen los paros por ausentismo, rotación, incapacidades e impuntualidad
- El riesgo de accidentes es menor
- El supervisor tiene múltiples opciones para configurar la operación
- Aumenta la motivación de los empleados
- Desarrolla el sentido de pertenencia hacia la organización

NIVELES DE HABILIDAD ILUO

Las siglas ILUO tienen un significado gráfico y representan el avance en el desarrollo de los empleados de la organización. La cantidad de líneas que forman cada letra indica el nivel de madurez de cada empleado. Los cuatro niveles de habilidad ILUO indican: (*Lean Manufacturing 10, 2015*)

Nivel I: Aquellas personas que se encuentran en capacitación para conocer y cumplir con su tarea, sin intervenir en los procesos.

Nivel L: Aquellas personas que ya intervienen en los procesos, pero no están calificadas para operar sin supervisión.

Nivel U: Aquellas personas que ya están acreditadas para cumplir con su tarea bajo los estándares y el tiempo requerido.

Nivel O: Aquellas personas que ya han acreditado todos los niveles de habilidad y recibieron una certificación para poder formar a otras personas.



[Fig. 18 Matriz ILUO] (*Lean Manufacturing 10, 2015*)

4.1.2 SEGUNDO NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN

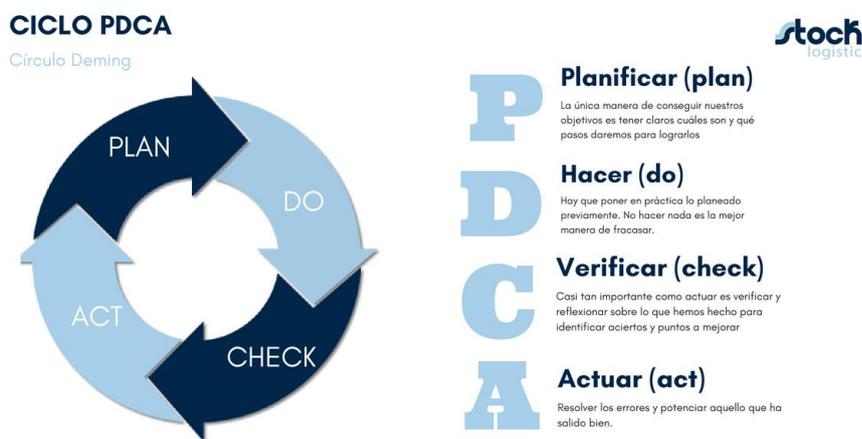
4.1.2.1 QC STORY

Es un modo diferente de aplicar el ciclo de Deming. El problema que se enfrenta y su solución se desarrolla como una narración. (*Galgano, 1995*)

El ciclo PDCA

El Ciclo PDCA es la herramienta más usada para implantar un sistema de mejora continua. A continuación vamos a explicar qué es lo que representa, cómo funciona y su estrecha relación con algunas normas ISO, concretamente con la ISO 9001 “Requisitos de los Sistemas de gestión de la calidad”, donde aparece mencionado como un principio fundamental para la mejora continua de la calidad. (Jimeno, 2013)

Esta herramienta describe las cuatro etapas esenciales a llevar a cabo de forma sistemática para lograr la mejora continua, entendiendo como tal al mejoramiento continuado de la calidad (disminución de fallos, aumento de la eficacia y eficiencia, solución de problemas, previsión y eliminación de riesgos potenciales...). El círculo de Deming está compuesto por 4 etapas cíclicas, de forma que una vez acabada la etapa final se debe volver a la primera y repetir el ciclo de nuevo, de forma que las actividades son reevaluadas periódicamente para incorporar nuevas mejoras.



[Fig. 19 Ciclo PDCA] (Stock logistic, 2016)

Las cuatro etapas que componen el ciclo son las siguientes:

1. Planificar (Plan): Búsqueda de actividades susceptibles de mejora y se establecen los objetivos a alcanzar. Para buscar posibles mejoras se pueden realizar grupos de trabajo, escuchar las opiniones de los trabajadores, buscar nuevas tecnologías mejores a las que se están usando ahora, etc.

2. Hacer (Do): Se realizan los cambios para implantar la mejora propuesta. Se recomienda hacer un ensayo piloto para probar el funcionamiento antes de realizar los cambios a gran escala.

3. Controlar o Verificar (Check): Ya implantada la mejora, se marca un periodo de seguimiento para comprobar su correcto funcionamiento. Si la mejora no cumple las expectativas iniciales habrá que modificarla para ajustarla a los objetivos esperados.

4. Actuar (Act): Una vez finalizado el periodo de seguimiento se estudian los resultados y se comparan con el funcionamiento antes de haber sido implantada la mejora. Si los resultados son satisfactorios se implantará la mejora de forma definitiva, y si no lo son habrá que decidir si realizar cambios para ajustar los resultados o si desecharla. Una vez terminado el paso 4, se debe volver al primer paso periódicamente para estudiar nuevas mejoras a implantar.

Según la ISO 9001:2015, todo sistema de Gestión de Calidad certificado por esta norma debe aplicar la metodología de la mejora continua de forma sistematizada.

Volviendo al QC Story, este método, de origen japonés, forma parte de la filosofía kaizen o de mejora continua y es utilizado en el control de la calidad para la resolución de problemas. *(Galgano, 1995)*

Con QC Story, se busca erradicar la causa raíz de un problema, instaurando una constancia de hábitos. Con esta herramienta no sólo eliminamos su origen, sino que, además, evitamos el problema, mediante la adopción de procesos innovadores y planificación. En definitiva, mediante la mejora de la organización y estableciendo buenas prácticas en el control de la calidad. Por tanto, es especialmente importante para aquellas que tengan un Sistema de Gestión de la Calidad basado en la norma ISO 9001 implantado.

En este sentido, el QC Story es aplicable a varias de las etapas del control de la calidad. Estas son:

- **Planificación de la calidad:** en esta etapa del control de la calidad, QC Story se utiliza para la creación de estándares de satisfacción de personas.
- **Mantenimiento de la calidad:** sirve para conservar los estándares anteriores, para evitar derivaciones de la calidad (generar y mantener el estándar de control de calidad)
- **Mejora de la calidad:** aporta la innovación a través del reenfoque de procesos, creando nuevos estándares.

Las etapas del control de calidad mediante QC Story, y su paralelismo con el ciclo PDCA, son: (Galgano, 1995)

Fase de Planificar (Plan)

Paso 1: Identificación del problema

En este paso será necesario conocer la situación y el contexto en el que tiene lugar el problema, para poder identificarlo.

Es preciso, además, recopilar toda la información en torno a la incidencia para poder definir responsabilidades.

Paso 2: Observación y planificación

Una vez seleccionados los problemas de mayor importancia, deben cuantificarse y definirse las razones de su elección.

En el control de la calidad de cualquier organización, debe buscarse la relación entre el problema y los objetivos y políticas de esta, considerando a mayores cómo afecta a la satisfacción de los clientes y/o partes interesadas en general.

Por tanto, en este paso se fijan metas numéricas y un programa de trabajo.

Paso 3: Análisis del problema

Identificar las causas de los problemas hasta llegar al origen, creando relaciones entre ambos, y asignándoles valores numéricos (a elección, por ejemplo, porcentajes) para un sencillo manejo de esta información.

Paso 4: Análisis de soluciones y plan de acción

Evidentemente, para que los pasos anteriores tengan sentido, se debe elaborar un plan o un programa de acción con las soluciones aportadas, asignando responsables.

Fase de Hacer (Do)

Paso 5: Implantación

Llevar a cabo el plan de acción con las distintas alternativas de solución al problema o problemas.

Fase de Verificar (Check)

Paso 6: Confirmación del efecto positivo de la acción (verificación)

Al haber asignado indicadores numéricos, en este paso de control de la calidad y resolución de problemas, se evalúa el grado de disminución o eliminación del problema, confirmándose cuantitativamente.

Es aquí donde podemos discernir las acciones más eficaces. En este punto, es preferible realizar un control de los efectos secundarios de las acciones implementadas para la resolución de problemas.

Fase de Actuar (Act)

Paso 7: Estandarización y control

Se implantan definitivamente las acciones o soluciones más efectivas, mejorando los estándares creados para eliminar el problema.

Por supuesto, se realiza un seguimiento y control de todas las medidas correctivas implantadas.

Paso 8: Conclusión

Finalmente, se hace una reflexión sobre todo el proceso de resolución de problemas para el control de calidad que se ha ejecutado, comparando resultados y evaluándolos económicamente.



[Fig. 20 Flujograma QC Story] (Galvano, 1995)

4.1.2.2 5W (5 Por qué) y 5M

La técnica de “los 5 por qué” (también “escalera de porqués” o “los 5 porqués”) es una herramienta de análisis basada en la generación de preguntas para explorar las posibles relaciones de causa-efecto que originan un problema particular. El objetivo final de los 5 porqués es determinar la causa raíz de una incidencia o problema para poder resolverlo de forma eficaz y garantizar su no recurrencia. (Jimeno, 2013)

Esta herramienta se basa en un proceso de trazabilidad, donde se hacen preguntas para analizar las posibles causas del problema, yendo aguas arriba, hasta llegar a la última causa que originó el problema. No tienen por qué ser exactamente 5 preguntas, ya que esto va a depender de la complejidad de la casuística del problema.

De esta forma, con cada pregunta *¿por qué?* y su correspondiente respuesta, se profundizará más en el problema y sus causas, hasta llegar a la causa raíz.

Su objetivo es ayudarnos a descubrir información de una forma sistemática, analizar las causas menos visibles y desarrollar soluciones a las preguntas planteadas. Este análisis se puede aplicar tanto para la resolución de un conflicto, para realizar un diagnóstico de un problema o para la toma de decisiones.

Ejemplo de los 5 porqués

Ejemplo de un producto defectuoso que pesa más de lo permitido en las especificaciones.

1. ¿Por qué ha ocurrido el defecto en el producto? -> Porque la báscula no pesaba bien.
2. ¿Y por qué no pesaba bien? -> Porque la báscula no estaba calibrada.
3. ¿Y por qué no estaba calibrada? -> Porque no se siguió el calendario de calibración.
4. ¿Y por qué no se siguió el calendario de calibración? -> Porque la persona responsable estaba de vacaciones.
5. ¿Y por qué no había una persona de sustituto? o bien ¿Por qué no se calibró antes de irse de vacaciones? -> Solución propuesta: Instaurar un sustituto formado para calibrar la máquina, y capitalizar al resto de productos, para evitar mismo defecto en otras máquinas.

La causa raíz siempre debería encontrarse en lo que se conoce cómo las 5M, Man, Machine, Means, Method, and Medium: Que traducido sería: Operario (Ej: Operación de ensamblaje no bien realizada), máquina (Ej: Máquina no fiabilizada) , medio (Proceso), método y medio (Ambiente en el que se realiza la operación). Aunque en algunos casos se amplía hasta 8 incluyendo Management, Material y Maintenance: Dirección, Material (Prima) y mantenimiento. (*Jimeno, 2013*)

4.1.2.3 8D:

Las ocho disciplinas de resolución de problemas (8D) es una herramienta de resolución de problemas diseñada para encontrar la causa raíz de un problema, idear una solución a corto plazo e implementar una solución a largo plazo para evitar problemas recurrentes. Cuando está claro que su producto es defectuoso o no satisface a sus clientes, un 8D es un excelente primer paso para mejorar la calidad y la confiabilidad. (*Quality one, 2015*)

Ford Motor Company desarrolló esta metodología de resolución de problemas, entonces conocida como Solución de problemas orientada al equipo (TOPS), en la década de 1980. El uso temprano de 8D demostró ser tan efectivo que Ford lo adoptó como el método principal para documentar los esfuerzos de resolución de problemas, y la compañía continúa usando 8D en la actualidad.

8D se ha vuelto muy popular entre los fabricantes de automóviles porque es efectivo y relativamente fácil de enseñar.

El proceso de resolución de problemas 8D es un enfoque detallado y orientado al equipo para resolver problemas críticos en el proceso de producción. Los objetivos de este método son encontrar la causa raíz de un problema, desarrollar acciones de contención para proteger a los clientes y tomar medidas correctivas para evitar problemas similares en el futuro.

El éxito de la utilización de la herramienta 8D radica en su estructura, disciplina y metodología. 8D utiliza una metodología compuesta, utilizando las mejores prácticas de varios enfoques existentes. Es un método de resolución de problemas que impulsa el cambio de manera sistemática, mejorando un proceso completo para evitar no solo el problema en cuestión, sino también otros problemas que pueden derivarse de una incidencia sistémica.

8D se ha convertido en una de las metodologías de resolución de problemas más populares utilizadas para fabricación, ensamblaje y servicios en todo el mundo. (*Quality one, 2015*)

8D fue creado para representar las mejores prácticas en la resolución de problemas. Cuando se realiza correctamente, esta metodología no solo mejora la calidad y la confiabilidad de sus productos, sino que también prepara a su equipo de ingeniería para futuros problemas

El proceso de resolución de problemas 8D generalmente se requiere cuando:

- Se han descubierto problemas de seguridad o normativos.
- Se reciben quejas de clientes
- Las inquietudes sobre la garantía han indicado tasas de falla mayores a las esperadas

- Los rechazos internos, el desperdicio, la chatarra, el bajo rendimiento están presentes en niveles inaceptables

El proceso 8D alterna herramientas de resolución de problemas inductiva y deductiva para avanzar hacia una solución.

Las 8D se corresponden a las siguientes etapas: (*Quality one, 2015*)

D0: preparar y planificar para el 8D

Antes de que comience el análisis 8D, siempre es una buena idea preguntar primero a un experto por sus impresiones. Después de informarse, se debe aplicar el siguiente criterio antes de formar un equipo:

Recopilar información sobre los síntomas.

Uso de una Lista de verificación de síntomas para hacer las preguntas correctas

Identificar la necesidad de una Acción de Respuesta de Emergencia (ERA), que proteja al cliente de una mayor exposición a los síntomas no deseados.

D1: formar un equipo

Un equipo funcional cruzado (CFT) está compuesto por miembros de muchas disciplinas.

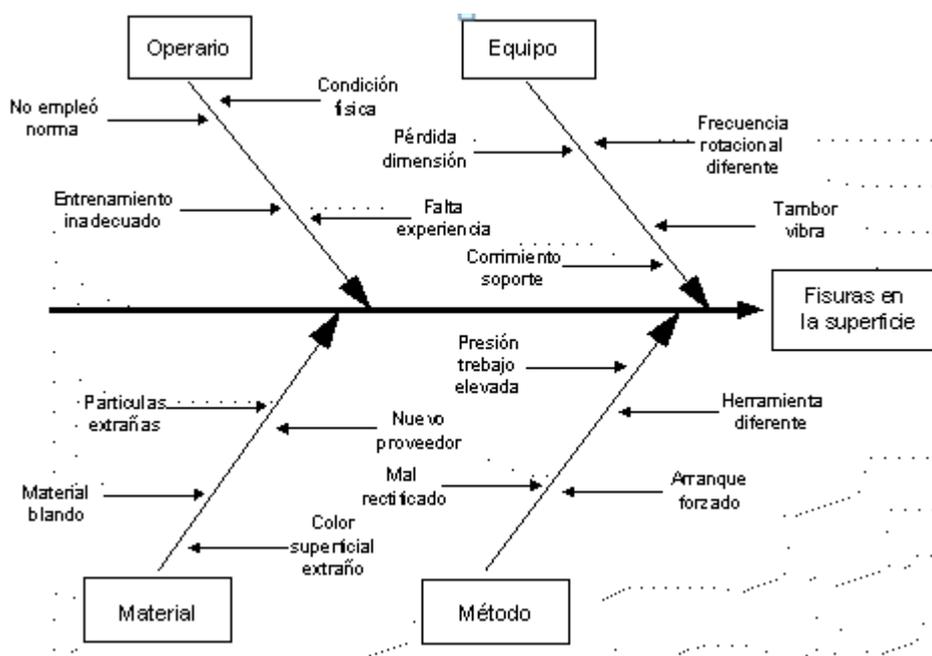
Los equipos requieren una formación adecuada. Establecer las reglas básicas es primordial. La implementación de disciplinas como listas de verificación, formularios y técnicas asegurará un progreso constante. El equipo formado para la resolución de un 8D siempre debe tener dos miembros clave: un Líder y un Campeón:

El Líder es la persona que conoce el proceso 8D y puede guiar al equipo a través de él (aunque no siempre es el que más sabe sobre el problema que se está estudiando). El Campeón o Patrocinador es la única persona que puede afectar el cambio al estar de acuerdo con los hallazgos y puede proporcionar la aprobación final de dichos cambios.

D2: Descripción del problema

El enfoque inicial del método 8D es describir adecuadamente el problema utilizando los datos conocidos y colocándolos en categorías específicas para futuras comparaciones. Los datos "Is/Es" respaldan los hechos, mientras que los datos "Is Not/No es" no. A medida que se recopilan los datos "No es", se pueden eliminar muchos posibles motivos de defecto. Este enfoque utiliza las siguientes herramientas:

- ➔ 5 Por qué (5W)
- ➔ Planteamiento del problema
- ➔ Diagrama de afinidad (herramienta deductiva)
- ➔ Diagrama de espina de pescado / Ishikawa (herramienta deductiva). La causa raíz corresponderá a alguna de las 5M vistas en el apartado anterior.
- ➔ Is / Is Not (herramienta inductiva)
- ➔ Descripción del problema



[Fig. 21 Diagrama de Ishikawa o espina de pescado] (Quality one, 2015)

D3: Acción de contención provisional

Antes de que se haya determinado la acción correctiva permanente, se puede tomar una acción para proteger al cliente. La Acción de Contención Provisional (ICA) es temporal y debe ser eliminada después de que se toma la Acción Correcta Permanente (PCA). La verificación de la efectividad de la ICA siempre se recomienda para evitar cualquier llamada adicional de insatisfacción del cliente

D4: Análisis de causa raíz (RCA) y punto de escape

La causa raíz tiene que estar identificada para tomar medidas permanentes para eliminarla. La definición de causa raíz requiere que se pueda activar o desactivar, a voluntad. Las actividades en D4 incluyen:

- ➔ Análisis comparativo que enumera las diferencias y los cambios entre "Es" y "No es"
- ➔ Desarrollo de teorías de causa raíz basadas en elementos restantes
- ➔ Verificación de la causa raíz a través de la recopilación de datos
- ➔ Revise el diagrama de flujo del proceso para ver la ubicación de la causa raíz
- ➔ Determinar el punto de escape, que es el punto más cercano en el proceso donde la causa raíz podría haberse encontrado pero no fue

D5: Acción correctiva permanente (PCA)

El PCA se enfoca hacia la causa raíz y elimina / cambia las condiciones del producto o proceso causante del problema. Las actividades en D5 incluyen:

- Establecer los criterios de aceptación que incluyen los requisitos y deseos obligatorios
- Realizar una evaluación de riesgos / modo de falla y análisis de efectos (AMFE) en las opciones de PCA
- Con base en la evaluación de riesgos, hacer una elección equilibrada para PCA
- Seleccionar la mejora del punto de control para el punto de escape
- Se requiere la verificación de la efectividad tanto para el PCA como para el punto de escape.

D6: Implementar y validar la acción correctiva permanente

Para implantar exitosamente una modificación de manera permanente, una planificación adecuada es esencial. Un plan de proyecto debe incluir: comunicación, pasos para completar, medición del éxito y lecciones aprendidas. Las actividades en D6 incluyen:

- Desarrollar un plan de proyecto para la implementación.
- Comunicar el plan a todas las partes interesadas.
- Validación de mejoras mediante medición cuantitativa.

D7: prevenir recurrencia

D7 consiste en preservar y compartir el conocimiento, evitando problemas en productos, procesos, ubicaciones o familias similares. Se espera que la actualización de documentos y procedimientos / instrucciones de trabajo en este paso mejore el uso futuro. Las actividades en D7 incluyen:

- Revisar productos y procesos similares para la prevención de problemas.
- Desarrollar / actualizar procedimientos e instrucciones de trabajo para la prevención de sistemas.
- Capturar el trabajo / práctica estándar y reutilice.
- Asegurar que las actualizaciones de FMEA se hayan completado.
- Asegurar que los planes de vigilancia, diagramas de flujo y demás documentación pertinente han sido actualizados.

D8: Clausura y celebración del equipo

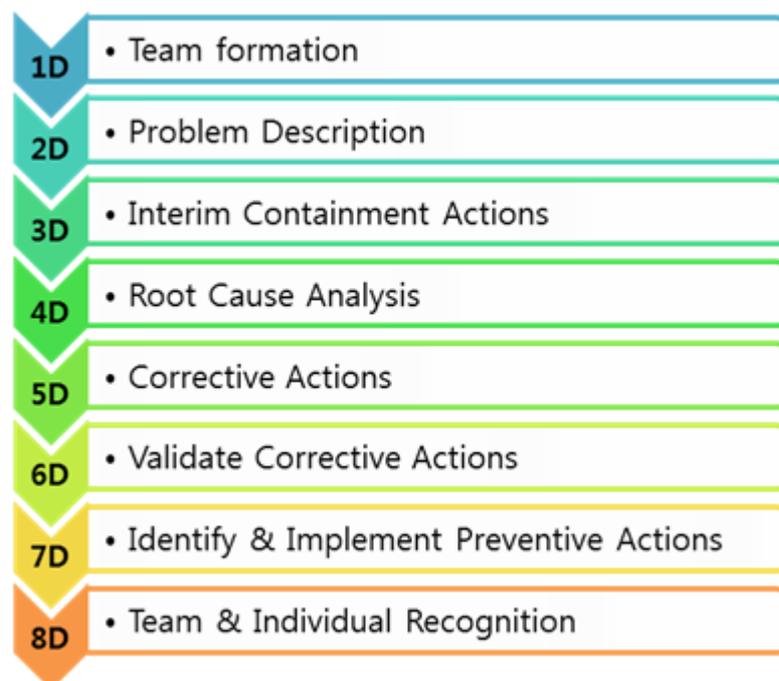
Los equipos requieren retroalimentación para permitir un cierre satisfactorio. Reconocer los esfuerzos individuales y del equipo y permitir que el equipo vea el estado anterior y nuevo solidifica el valor del proceso 8D. Las actividades en D8 incluyen:

- Archivar los documentos 8D para referencia futura.
- Documentar las lecciones aprendidas sobre cómo mejorar la resolución de problemas antes y después de la comparación del problema.
- Celebrar la finalización exitosa.

La metodología 8D es muy popular en parte porque le ofrece a su equipo de ingeniería un enfoque consistente, fácil de aprender y completo para resolver cualquier problema que pueda surgir en varias etapas de su proceso de producción. Cuando se aplica correctamente, puede esperar los siguientes beneficios:

- Habilidades mejoradas de resolución de problemas orientadas al equipo en lugar de depender del individuo
- Mayor familiaridad con una estructura para la resolución de problemas.
- Creación y expansión de una base de datos de fallas pasadas y lecciones aprendidas para prevenir problemas en el futuro

- Mejor comprensión de cómo usar las herramientas estadísticas básicas necesarias para la resolución de problemas.
- Mayor efectividad y eficiencia en la resolución de problemas.
- Una comprensión práctica del análisis de causa raíz (RCA)
- El esfuerzo de resolución de problemas puede ser adoptado en los procesos y métodos de la organización.
- Habilidades mejoradas para implementar acciones correctivas
- Mayor capacidad para identificar los cambios sistémicos necesarios y las entradas posteriores para el cambio.
- Comunicación más sincera y abierta en la discusión de resolución de problemas, aumentando la efectividad
- Una mejora en la comprensión de la administración de los problemas y la resolución de problemas



[Fig. 22 Flujograma 8D] (Quality one, 2015)

4.1.2.4 ORQC (Quick Reponse Quality Control)

El Control de Calidad de Respuesta Rápida, como en sus siglas en inglés: QRQC – Quick Response Quality Control, es un método de mejora continua usado por empresas para poder gestionar sus procesos productivos y resolver incidencias de manera reactiva. Su uso está muy extendido en empresas del sector industrial, en todo caso como reunión diaria y a diferentes niveles según la jerarquía de la empresa. *(Jimeno, 2013)*

Implantar este sistema está especialmente recomendado para empresas en las cuales donde el tiempo sea un agente clave, ya sea porque trabaja con un sistema de producción en serie donde tener paradas las líneas de producción mucho tiempo conlleva una pérdida económica importante, o porque los costes de no calidad (costes y gastos derivados de defectos) podrían ser muy elevados.

El principio de San-Gen-Shugi consiste en conocer las 3 realidades que se presentan durante un problema y las cuales son: *(Valera, 2015)*

- 1.- Tiempo y Gente real al momento del problema. (Gemba)
- 2.- Pieza buena, pieza mala y estándar (Gembutsu)
- 3.- Datos, hechos y evidencias reales al momento del problema (Genjitsu)

QRQC está fundamentado en un ciclo similar al PDCA (Planificar, Hacer, Controlar y Actuar), en el cual en primer lugar se detectan las incidencias, para después comunicarse y estudiarse, posteriormente se implantan las medidas correctoras oportunas y finalmente se verifica que no vuelven a suceder y que las medidas han sido robustas. *(Jimeno, 2013)*

Paso 1: Detección de incidencias

Al detectarse una incidencia de cualquier tipo en el proceso productivo se debe comunicar y decidir si es lo suficientemente grave como para tener que parar la actividad, se puede continuar con el proceso sin realizar acciones adicionales o es necesario realizar alguna acción.

En el caso de incidencias que puedan ser relevantes o que se repitan varias ocasiones, se debe recopilar toda la información posible de la para posteriormente poder analizar los datos y obtener soluciones.

Paso 2: Comunicar las incidencias

Se debe comunicar las incidencias a los responsables del proceso para que tomen la decisión adecuada. Esta comunicación debe ser inmediata si la incidencia es grave, o puede ser apuntada y comunicada posteriormente si es leve pero no se desea que se vuelva a repetir.

Se recomienda convocar reuniones de manera periódica con los implicados en los procesos clave, para evaluar el avance de las acciones. A estas reuniones deben asistir los responsables de las actividades y el personal implicado. En dichas reuniones se deben encontrar soluciones y propuestas, que serán apuntadas en fichas para poder controlarlas posteriormente. Las fichas deben incluir una descripción del problema, su nivel de importancia, los usuarios afectados y las acciones propuestas.

Paso 3: Analizar y decidir las acciones a tomar

En cuanto se detecte una incidencia relevante que pone en peligro el buen funcionamiento del proceso productivo, se deben tomar acciones.

Estas acciones pueden ser de 2 tipos:

1º) Determinar qué hacer con los productos que han salido defectuosos, para evitar costos es posible que esas piezas sean salvables mediante algún tipo de retoque. Si los productos aún no han sido despachados a un cliente se debe realizar una contención, hasta saber si estos están afectados o no por el modo de falla.

2º) Concretar las acciones para que no vuelva a surgir el fallo (lo que se llama “acción correctiva”).

Ya decidida la medida correctiva, se deberá implantar. Por lo general, en las incidencias puntuales poco relevantes no es preciso una acción correctiva,

pero si la incidencia es grave o se reiterativa es necesario proponer una acción correctiva que evite su recurrencia.

Como caso práctico: si se da un defecto por el cual en una línea de producción la máquina de pintura de una superficie no ha funcionado bien un 5% de las veces durante la última semana, la “corrección” podría ser revisar todas las piezas producidas y volver a pintar las defectuosas, y la acción correctiva sería hacerle un mantenimiento correctivo a la máquina de pintura para que no vuelva a darse el problema, o incluso sustituirla por otra o añadir un control de calidad tras del pintado para comprobar que este ha sido correcto. Otra posibilidad es establecer un PMP (Plan de mantenimiento preventivo para dicha máquina, analizando su frecuencia de fallo se podría establecer un frecuencial de revisión para anticiparse al fallo.

Paso 4: Verificar la eficacia

Finalmente, hay que verificar que la corrección es eficaz. Del mismo modo, si se ha realizado una acción correctiva es recomendable esperar un tiempo prudencial y luego comprobar su eficacia, comprobando que el problema no vuelve a repetir.



[Fig. 23 Flujograma tratamiento QRQC] (Valera, 2015)

4.1.3 TERCER NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN. KAIZEN

El Kaizen es una herramienta originaria de Japón como resultado de la necesidad de alcanzar el nivel competitivo industrial de naciones occidentales. El método Kaizen es una herramienta de gestión de la calidad orientado a la mejora continua de procesos en busca de erradicar todas aquellas ineficiencias en los que consiste el sistema industrial de producción. El rápido avance tecnológico, así como la creciente y feroz competencia entre organizaciones o el cada vez menor ciclo de vida útil de los productos hace inevitable que las empresas de hoy en día se concentren en maximizar la calidad con unos costes de producción los más bajos posibles, así como un menor tiempo de respuesta ante posibles incidencias. Aquí es donde entra en juego el Kaizen, que destaca por su sencillez y su clara visión práctica. (*Imai, 2001*)

Kaizen está formado por las palabras “kai” y “zen” cuyo significado es “cambio a mejor”. El Kaizen puede ser aplicable tanto a nivel industrial como a nivel empresarial o social, el método Kaizen se caracteriza por utilizar una cultura de involucración a nivel global de toda la jerarquía de la empresa.

El objetivo primero y fundamental del Kaizen es mejorar para dar al cliente o consumidor el mayor valor agregado, mediante una mejora continua y sistemática de la calidad, los costes, los tiempos de respuestas, la diversidad, y los mayores niveles de satisfacción.

El Método Kaizen consiste de los siguientes siete sistemas, siendo estos:

– Sistema Producción “Justo a Tiempo” (Just in time o Sistema de Producción Toyota), basado en la búsqueda y eliminación de los diversos tipos de sobrecostes cómo: stock inmovilizado, material que caduca o puede ser dañado por no poder venderlo, con el objetivo de producir en la medida y momento justos, y en las condiciones y cantidades requeridas por los clientes. Evitando así costes financieros por acumulación productos terminados y altos niveles de rotación de inventarios, y consecuentemente mayores niveles de rentabilidad.

- TQM (Gestión de Calidad Total), tiene por finalidad conseguir la calidad total e integral de todos los productos / servicios y procesos de la empresa.

- TPM (Mantenimiento Productivo Total / SMED), asegura la disponibilidad de las máquinas e instalaciones a su máxima capacidad de producción, cumplimentando los objetivos en materia de calidad, al mínimo coste y con la mayor seguridad para el personal que opera con las mismas. En tanto que el SMED persigue como objetivo el reducir el tiempo de preparación o de cambio de herramientas, evitando con ello la producción en series largas, logrando de tal forma disminuir los inventarios y haciendo más fluido el traspaso de los productos en trayecto.

- Actividades en pequeños grupos como los Círculos de Control de Calidad, que permiten la participación del personal en la resolución de problemas y en la búsqueda de soluciones para el logro de los objetivos.

- Sistema de Sugerencias. Destinado no sólo para motivar al personal, sino además a utilizar sus conocimientos y experiencias, aprovecharse de su visión de la empresa. Constituye una “puerta de ingreso” a las ideas de los trabajadores. Se consigue de esta manera una identificación del trabajador con la empresa y un mayor nivel de motivación.

- Despliegue de políticas, tendiente a la plena participación de todos los niveles y áreas de la empresa en las actividades de planificación como en las de control y evaluación.

- Sistema de Costos Japonés, basado en la utilización del Análisis de Funciones, Coste Objetivo y Tabla de Costes, persigue como objetivo la reducción sistemática de los costes, para lo cual se analizan de forma pormenorizada y metódica los niveles de fallas, desperdicios (mudas en japonés), componentes y funciones, tanto de los procesos y actividades, como de los productos y servicios generados.



[Fig. 24 Principios metodológicos de la Filosofía Kaizen] (Imai, 2001)

4.1.4 CUARTO NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN

4.1.4.1 BALANCED SCORECARD/TABLERO DE BORDO:

El Balanced Scorecard (BSC) o Cuadro de Mando Integral (CMI) es una herramienta de gestión que permite a las empresas contar con una visión general, conjunta e interrelacionada de los distintos objetivos de la empresa, así como la situación real en comparación a dichos objetivos, tanto global, como en periodos de tiempo concretos, desde que se divulgó esta herramienta y desde entonces ha sido incorporada a los procesos de gerencia estratégica de muchas empresas del mundo. (Kaplan, Norton, 1996)

El BSC o CMI se basa en diferentes indicadores que permiten relacionar los objetivos propuestos por la empresa con resultados actuales concretos. Los indicadores empleados por esta herramienta permiten tener una mirada que más allá de la medición de aspectos cuantitativos o tangibles, como pueden ser las ventas o las ganancias. El BSC valora también aspectos como la satisfacción de los clientes o el bienestar de los trabajadores.

Se puede tener un gran número de indicadores, conocidos como KPIs. KPI es el acrónimo formado a partir de las iniciales de los términos: “*Key Performance Indicator*”. En castellano: “Indicador clave de desempeño” o “indicadores de gestión”. Los KPIs son valores objetivos que ayudan a identificar el rendimiento de una determinada acción o estrategia. Estas unidades de medida muestran el rendimiento en base a los objetivos anteriormente fijados.

Esta herramienta se crea como método de comunicación de información periódica para la dirección de la situación actual de la empresa, siendo capaz de facilitar una toma de decisiones oportuna conociendo el nivel de cumplimiento de los objetivos, definidos anteriormente mediante indicadores de control.

Lo que se pretende conseguir cuando se implanta un BSC es:

- 1) Poder definir y desarrollar la estrategia empresarial mediante objetivos expresos e indicadores que midan su grado de cumplimiento.
- 2) Identificar al personal de la empresa con la estrategia.
- 3) Hacer un seguimiento periódico de los datos.
- 4) Facilitar la comunicación de los indicadores y objetivos.
- 5) Tener información para ayudar a la toma de decisiones.

Si se opta por una clasificación basada en las diversas perspectivas al interior de una organización, se habla de los siguientes grandes tipos de indicadores KPI a nivel industrial:

- Económicos: Ingresos, gastos, beneficios, rentabilidad, costes previstos y costes reales...
- Financieros: Nivel de deuda, rentabilidad, solvencia, liquidez, VAN, TIR, payback...
- De producción: Cantidad producida, tiempo de producción, material usado, eficiencia del proceso...
- De calidad: Porcentaje de defectos, nivel de calidad, número de fallos de los equipos, interrupciones forzadas, costes de calidad y no calidad...
- De logística: Cantidad de stock, rotación, número de pedidos, roturas de stock, tiempo medio de entrega...
- De servicio: Tiempo en responder llamadas, pedidos sin atender, devoluciones...

- De cliente: satisfacción, número de reclamaciones, número de clientes nuevos, cuota de mercado...
- Otros: Consumos, salarios, accidentes...

Todos ellos deben estar medidos durante un periodo de tiempo previamente acordado y deben también llevar asociados unas unidades de medida. Es habitual que cada departamento tenga sus indicadores, lo más lógico es que sean las personas del departamento que trabajan sobre un tema las que decidan los aspectos clave que se deben de medir para controlar el correcto funcionamiento de las diferentes actividades.

Un indicador bien definido debe ser útil, comprensible de manera sencilla y se debe medir a periodos de tiempo regulares para facilitar gráficos que muestren su evolución. Se deben establecer referencias (expectativas, límites u objetivos) para poder obtener conclusiones de si el proceso funciona bien o mal.

Al definir los indicadores, hay que fijar una serie de parámetros para cada uno de ellos. Los apartados más importantes que deben definirse junto al indicador son los siguientes:

> **Definición:** Describir concretamente que se está midiendo.

> **Forma de calcularlo / ratio:** La fórmula o ecuación que se usará para obtener el dato. Ejemplo: Si medimos un porcentaje de defectos, su fórmula será $1.000.000 * (\text{unidades defectuosas} / \text{unidades totales})$, conocido como partes por millón.

> **Unidades:** Junto al valor, se deben especificar las unidades en que se está midiendo. Ej: piezas no conformes/año.

> **Periodicidad:** Debe fijarse cada cuánto se va a medir: Mensualmente, Trimestralmente, Anualmente, Semanalmente, Diariamente, cada hora, instantáneamente... Si el indicador es clave para el buen funcionamiento se deberá medir y controlar más frecuentemente que si es un indicador secundario menos importante.

> **Proceso:** La actividad o proceso que está asociado al indicador.

> **Responsable:** El departamento o persona que es responsable del proceso o la actividad a controlar.

Sobre los resultados del indicador, debemos compararlos con un valor preestablecido previamente: Un objetivo, una expectativa y/o límite:

> **Objetivo:** Valor que queremos alcanzar (muy utilizado en normas como la ISO:9001). Debe ser ambicioso, alcanzable, cuantificado y acotado en el tiempo. Por ejemplo, si ahora producimos 1000 unidades de producto/día, un posible objetivo sería alcanzar las 1200 dentro de 3 meses.

> **Expectativa:** Es el valor ideal del indicador, no siempre alcanzable. Por ejemplo, en una cadena de producción la expectativa sería obtener cero defectos, pero hay muchos procesos que por su propia naturaleza eso es imposible, así que tendremos que asumir un determinado valor que no alcance esa expectativa.

> **Límites legales:** Es el límite impuesto por ley, y que no podemos pasar (ejemplo: emisiones de CO2 a la atmósfera). Se considera diferente a los objetivos, porque el objetivo marca un propósito voluntario y el límite legal es un valor de obligado cumplimiento.

> **Límite de aceptabilidad:** Aparte de lo anterior, también se puede fijar un valor límite para considerar que el proceso funciona bien (por ejemplo, Porcentaje de defectos <2%, o Producción > 100 unidades/día). Sabiendo de antemano cuál es el funcionamiento normal del proceso, se puede fijar un valor, por debajo del cual se asume que el proceso está funcionando mal.



[Fig. 25 Indicadores KPI. Real vs teórico] (Kaplan, Norton, 1996)

4.1.4.2 BENCHMARKING

El benchmarking consiste en tomar "comparadores" o benchmarks para aquellos productos, servicios y procesos de trabajo que pertenezcan a empresas que evidencien las mejores prácticas sobre el área de interés (empresas líderes en su sector), con el propósito de transferir el conocimiento de las mejores prácticas y su aplicación. (Solfa, 2012)

Se considera que las mejores prácticas son un conjunto heterogéneo de prácticas, términos y teorías; entre las cuales se encuentran: calidad total, JIT (justo a tiempo), estudio de referencia, reingeniería, externalización de servicios, redimensionamiento, gestión formada por actividades, gestión basada en el valor, gestión por objetivos...etc.

El término en el idioma inglés "Benchmark" proviene de las palabras bench ("banquillo", "mesa") y mark ("marca", "señal").

El concepto de benchmarking tiene su origen en los años ochenta, cuando la compañía Xerox se interesó en investigar cómo comparar su rendimiento en relación con sus competidores. La utilización del benchmarking ha estado tradicionalmente ligada a las organizaciones empresariales, pero actualmente se ha extendido a diferentes ámbitos, como administraciones públicas (benchmarking público) y agencias gubernamentales para mejorar sus procesos y sistemas de gestión y evaluar la implementación de las actuaciones políticas, la gestión estratégica de una ciudad, etc.

Los resultados obtenidos a partir de las aplicaciones de utilización del benchmarking en el sector público, han evidenciado un desarrollo de mejores servicios y organizaciones con entornos más eficientes.

Es una técnica para buscar las mejores prácticas que se pueden encontrar fuera o a veces dentro de la empresa, en relación con los métodos, procesos de cualquier tipo, productos o servicios, siempre encaminada a la mejora continua y orientada fundamentalmente a los clientes".

Hay principalmente 3 diferentes tipos de benchmarking: competitivo, funcional e interno. El objetivo de estos tres tipos es ayudar a la dirección de la empresa a mirar fuera de sus departamentos, de su propia empresa, hacia su competencia e incluso hacia otros sectores en los cuales hay empresas con mejores prácticas. (Sofa, 2012)

→ Competitivo

El benchmarking competitivo busca una manera de poder medir los servicios, productos, procesos y funciones de los principales competidores para realizar una comparación con nuestra empresa y poder detectar y llevar a cabo mejoras que superen a las de nuestros competidores.

Quizá sea el más complicado de evaluar, dado que el análisis y el estudio mencionado se realizan sobre los principales competidores. Al considerarse como competencia directa en el mismo sector, en la mayoría de los casos no será sencillo obtener datos sobre ellos, ya que normalmente los datos son confidenciales y exclusivos para uso de interno dentro de la empresa.

→ Interno

El benchmarking interno se lleva a cabo en el interior de la propia empresa. Se suele llevar a cabo en empresas grandes que cuentan con diferentes departamentos o también para grupos empresariales formados por varias empresas, fábricas o sociedades, puesto que cada una actúa de una manera autónoma y debe tener sus propios objetivos independientes de los del grupo global. Durante el proceso se identifica un departamento o área que sea un ejemplo a seguir por sus buenos resultados para poder llevar a cabo un benchmark con los demás departamentos internos de la compañía.

Es de sencilla aplicación dentro de empresas de un cierto tamaño, además normalmente es el que menos recursos necesita para llevarse a cabo, pues la información es interna de la propia empresa.

→ Funcional

El benchmarking funcional se enfoca en las mejores prácticas de una empresa cuyo rendimiento es excelente en el área que se pretende mejorar. No es necesario que esta empresa sea competidora, ni siquiera que pertenezca al mismo sector. Estas empresas pueden no ser competencia directa sino el mayor referente del sector, al que se pretende alcanzar.

Habitualmente es el benchmark más productivo, dado que al no tratarse de organizaciones que no son competidoras directas no existe un problema de confidencialidad y se suele ofrecer la información necesaria para el estudio.

Hay 5 etapas bien diferenciadas en el diseño de una estrategia de Benchmarking en una empresa:



[Fig. 26 Etapas del Benchmarking] (Solfa, 2012)

1. Planificación

El fin principal de la primera etapa es planificar correctamente la investigación que se va realizar. En esta etapa se ha de responder tres preguntas:

-¿Qué se quiere medir? Toda investigación debe tener un porqué, ligado al área de la empresa a observar/mejorar.

-¿A quién voy a medir? Para responder a esta segunda pregunta hemos de plantearnos la clase de benchmarking a seguir: competitivo, interno o funcional. Una vez se haya tomada la decisión se estudiará si se comparará con un departamento propio o con una empresa de dentro o fuera del sector.

-¿Cómo hacerlo? Para llevar a cabo el proyecto hay que crear un equipo de trabajo que se responsabilice de la organización y dirección del mismo.

2. Datos

La recopilación del mayor número de datos relevantes posible es fundamental para el benchmarking, ya que de ello dependerá en principalmente el éxito o el fracaso de todo el proceso. Podemos obtener datos de diferentes fuentes: interna, asociaciones profesionales o investigaciones propias entre otras.

3. Análisis

Una vez recopilada la información necesaria, es necesario analizar los elementos que producen las diferencias entre nuestra compañía y las empresas estudiadas, para poder identificar las oportunidades de mejora.

Tras identificar la magnitud de las diferencias, es el momento de proponer las mejoras que vamos a llevar a cabo. Hay que tener en cuenta que es importante únicamente seleccionar aquellas mejoras que por tamaño, recursos e infraestructura sea viable llevar a cabo.

4. Acción

El siguiente paso después de analizar la información y de haber seleccionado los aspectos de referencia en las empresas seleccionadas (O la propia si es Benchmark interno), es el momento de adaptarlos implementando mejoras.

Dicho de otra manera, después de analizar la información y de lograr identificar los mejores aspectos, los tomamos como puntos de referencia para adaptarlos añadiéndoles alguna mejora o alguna ventaja que le aporte valor añadido a nuestros clientes.

5. Seguimiento y mejora

Finalmente se debe hacer un informe de seguimiento periódico con toda la información destacada del proceso. Esto ayudará a retomar el trabajo en proyectos posteriores. La idea es que se convierta en un ejercicio de la empresa sostenido en el tiempo para adoptar una mejora continua.

Las herramientas que se pueden realizar para conseguir esta mejora pueden ser cualquiera de las vistas anteriormente, en los diferentes niveles de industrialización del Monozukuri.

4.2 MONOZUKURI GENBA:

Existe un variante de la metodología que es la adaptación a la ideología latina, que sociológicamente es considerada muy diferente de la japonesa. En otras palabras, es necesario adaptar los métodos e ideologías japoneses a los europeos. El monozukuri genba es un entendimiento de que el sentimiento laboral europeo es muy diferente al que mueve a un empleado japonés, debido a esto se basa en la obtención de la disciplina en las operaciones sin olvidar que el trabajador europeo se moviliza por la pasión por lo que hace. Es imposible que un europeo entienda cómo se mueve la pasión de un trabajador japonés salvo que haya vivido mucho tiempo en estos países, es por esto que muchas veces falla el intento de implementar metodologías y herramientas de trabajo en otras regiones. (Barton, 2016)

5. CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIONES

Tras la realización del siguiente trabajo, la conclusión principal que se obtiene es la importancia de herramientas de gestión como el Monozukuri, en todas las empresas del sector industrial, nos encontramos ante un mercado cada vez más cambiante que necesita de:

- Flexibilidad y calidad en los suministros para lograr una satisfacción del cliente final, poder alcanzar los niveles de calidad y de cantidad exigidos ante una demanda variable en cuanto a diversidad y cantidad.
- En una producción en masa como en el caso concreto del sector de la automoción, la reactividad es un factor clave tanto para anticipar posibles problemas, como para resolver los ya existentes y poder dar respuesta rápida a posibles incidencias a clientes.
- Como se puede comprobar, es también imprescindible que toda la jerarquía de la empresa se sienta involucrada en la actividad de la empresa, como se puede ver en los diferentes niveles de industrialización del Monozukuri. Adquiere aquí importancia la formación del personal, de manera que cada empleado sea capaz de realizar de manera eficiente su trabajo.
- En entornos de producción masiva, la inversión suele ser elevada (Equipos, componentes, mano de obra), por lo que los márgenes de ganancia obtenidos por unidad fabricada son relativamente bajos, es importante no tener imprevistos, y de tenerlos, que estos no se conviertan en recurrentes (Capitalización de problemas), de manera que se descubra con la mayor rapidez posible la causa raíz del problema, y trazar un plan de acción robusto para que este no vuelva a suceder.
- Algunas de las herramientas del Monozukuri favorecen la seguridad de los operarios, lo cual es importante en un sector en el que los procesos tienden a ser automáticos y los trabajadores suelen operar con medios industriales. Por ejemplo las formaciones sobre funcionamiento de ciertas máquinas, o la limpieza, orden y estandarización del puesto de trabajo (5S).

Por otra parte, hemos comentado algunas características que definen el actual sector industrial, caracterizado por la integración de la industria 4.0 en las plantas:

- Esta implantación, como visto anteriormente, supone una inversión inicial alta, que quizá todas las empresas no sean capaces de afrontar.
- Desde el punto de vista laboral, cobran importancia los puestos ligados a la intervención en máquinas, y los conocimientos informáticos, pues muchos de los procesos ya son automáticos.

5.2 FUTUROS TRABAJOS

- Cambio climático e industria 4.0: Como se ha comentado, la minimización de recursos disponibles conlleva entre otras cosas la optimización del volumen de flujos logísticos y la reducción drástica de los niveles de stock. ¿Cómo puede la empresa afrontar una parada por falta de material? ¿Qué estudio económico se puede hacer debido a la disponibilidad de zonas antes ocupadas para almacenar material y ahora pueden ser utilizadas con otros fines o cerradas?
- La implantación de la automatización y de las fábricas digitales implica la búsqueda de unos perfiles diferentes para los puestos ligados a la fabricación, con un perfil más especializado en la intervención a las máquinas y a la reparación, mantenimiento y comprobación de su funcionamiento, un perfil que se puede considerar más técnico. ¿Qué pasará con los antiguos puestos de trabajo manual? ¿La empresa podría afrontar su formación para cambiar su rol en esta?
- También se vio antes que unas de las mayores desventajas de la implantación de la industria 4.0 eran: Su elevado coste inicial, y el riesgo asociado a su no implantación. ¿Qué pasaría con las empresas que por motivos económicos no puedan afrontar la migración a los sistemas informáticos

ligados a esta? ¿Y con las fábricas de países emergentes ligadas a empresas punteras que no la adopten?

- ➔ La industria 5.0: Aunque la actual industria 4.0 no está del todo definida, ya se pueden anticipar ciertos rasgos de la futura industria 5.0, basada en la colaboración robots-humanos, siendo los robots cada vez más personalizados e independientes. ¿Cuándo se prevé la implantación de esta industria? ¿Cuáles serían sus objetivos y medios para conseguirlos? ¿Cómo afectaría a nivel laboral la sustitución de ciertos puestos de trabajo actualmente ocupados por personas al cambiarlos por robots?

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Acebes, P. F., La industria del automóvil, 2012. [Última visita 13/10/2019]
- [2] Agencias El mundo, España, octavo fabricante mundial de automóviles en 2016, 2017. <http://www.elmundo.es/motor/2017/03/08/58bdfd05468aeb22588b45e3.html> [Última visita 13/10/2019]
- [3] Agüero H., 2013, Historia del automóvil. Historia Del Automóvil TINS Básicos INGENIERÍA AUTOMOTRIZ (TINS). [Última visita 30/10/2019]
- [4] Alzaga A., Larreina J., ¿Qué es la industria 4.0? , 2016. [Última visita: 22/04/2020]
- [5] Arango D., Los tiempos modernos de la productividad, 2016. [Última visita: 03/03/2020]
- [6] Barton E., BBC Capital, 2016. <https://www.bbc.com/mundo/vert-cap-37270163> [Última visita: 17/02/2020]
- [7] Camós J., 100 años de Ford en cadena o cuando Ford reinventó la industria, 2013. <https://www.motorpasion.com/industria/100-anos-de-ford-en-cadena-o-cuando-ford-reinvento-la-industria> [Última visita 13/10/2019]
- [8] Challenges, Demain des usines pilotées par internet , 2013. https://www.challenges.fr/high-tech/demain-des-usines-pilotees-par-internet_7180 [Última visita: 14/02/2020]
- [9] CIC40, La inteligencia aplicada a la trazabilidad, 2018. <https://cic40.es/la-inteligencia-aplicada-a-la-trazabilidad-de-equipamiento-en-logistica/> [Última visita: 25/02/2020]
- [10] Circula Seguro, ¿Qué es la comunicación entre vehículos?, 2018. <https://www.circulaseguro.com/que-es-la-comunicacion-entre-vehiculos/> [Última visita: 20/02/2020]
- [11] Ciudades del futuro, ¿Qué es el 5G industrial?, 2019: <https://ciudadesdelfuturo.es/que-es-el-5g-industrial.php> [Última visita: 20/02/2020]
- [12] Claudio P., Descubrimiento de la rueda, 2011: <https://historiaybiografias.com/> [Última visita 04/11/2019]
- [13] Coches.com, Así se fabrica un coche desde cero, 2014. <https://noticias coches.com/videos/asi-se-fabrica-un-coche-desde-cero/137142> [Última visita 28/10/2019]

- [14] Daimler, 2016: <https://www.daimler.com/company/tradition/company-history/1885-1886.html> [Última visita 13/10/2019]
- [15] Diccionario Real Academia Española, 2019. <https://dle.rae.es/?id=4Tpk0J8> [Última visita: 09/10/2019]
- [16] Fernández D., Una revisión a la industria 4.0, 2017 [Última visita: 12/11/2019]
- [17] Galgano A., Los siete instrumentos de la calidad total: manual operativo, 1995. [Última visita: 02/12/2019]
- [18] Grupo ITEMSA, Estandarización del trabajo, métodos y tiempos, 2016. [Última visita: 02/12/2019]
- [19] Hernández Macías J.C, Lirrazalde E., Vizán A., Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación, 2013. [Última visita: 16/01/2020]
- [20] Historia del automóvil: Apuntes tecnología IES Castillo de la Yedra, 2016: <http://tecnologia-lcp.orgfree.com/Documentos/Historia del automovil.pdf> [Última visita: 02/12/2019]
- [21] Imai M., Kaizen: La clave de la ventaja competitiva japonesa, 2001. [Última visita: 12/04/2020]
- [22] Isotools, Industria 4.0 ¿Qué debemos saber?, 2018. [Última visita: 12/03/2020]
- [23] Jimeno J., el ciclo PDCA, 2013. <https://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/#> [Última visita: 12/03/2020]
- [24] Kaplan R., Norton D., El cuadro de mando integral, 1996. [Última visita: 21/03/2020]
- [25] Kuka, 2014: <https://www.kuka.com/en-ca/industries/automotive> [Última visita: 11/12/2019]
- [26] *Lean Manufacturing 10, Sistema ILUO qué es y cómo implementarlo, 2015*, <https://leanmanufacturing10.com/sistema-iluo-que-es-y-como-implementarlo-ejemplo-de-matriz-iluo> [Última visita: 27/02/2020]
- [27] Madariaga F., Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos, 2013. [Última visita: 01/12/2019]
- [28] Matsuzaki H., Monozukuri Genba, 2012. [Última visita: 22/04/2020]

- [29] Mecalux, Logística 4.0: Un futuro muy presente, 2019.
<https://www.mecalux.es/blog/logistica-4-0-futuro-presente> [Última visita: 25/02/2020]
- [30] Mouton-Raconte, Magazine L´automobile, 2012. [Última visita: 01/03/2020]
- [31] Oasys Automation Systems, 5G y automatización industrial: Retos y posibilidades, 2018. <https://oasys-sw.com/5g-y-automatizacion-industrial-retos-posibilidades/> [Última visita: 25/02/2020]
- [32] Quality one, 2015. <https://quality-one.com/8d/> [Última visita: 12/03/2019]
- [33] Rodal E., Podcast industria 4.0, 2019.
<https://www.podcastindustria40.com/sistemas-ciber-fisicos/> [Última visita: 19/01/2019]
- [34] Slusarczyk B., Industry 4.0 – Are we ready?, 2018. [Última visita: 06/02/2020]
- [35] Solfa D., El Benchmarking en el sector privado, 2012. [Última visita: 20/05/2020]
- [36] Stock logistic, Ciclo PDCA, 2016. <https://www.stocklogistic.com/ciclo-pdca-mejora-continua/> [Última visita: 01/03/2019].
- [37] TodoAutos, La historia detrás de Toyota, 2011:
<http://www.todoautos.com.pe/portal/autos/200-especiales/1435-la-historia-detras-de-toyota-de-los-telares-a-los-autos> [Última visita: 02/11/2019]
- [38] Valera G., Quick Reponse Quality Control, 2015.
<http://alfreanadvisors.com/qrc/> [Última visita: 28/04/2020]
- [39] Verde A., Big Data, inteligencia artificial e industria 4.0, 2019.
<https://www.digitalbizmagazine.com/big-data-inteligencia-artificial-e-industria-4-0/> [Última visita: 20/02/2020]
- [40] ViewNext, ¿Cuál es la diferencia entre el IoT y el M2M? , 2018.
<https://www.viewnext.com/cual-es-la-diferencia-entre-iot-y-m2m/> [Última visita: 12/02/2020]