



industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

APLICACIÓN DEL LEAN MANUFACTURING EN UNA PLANTA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: **CARLOS IZQUIERDO MARTÍNEZ**
Director: **EVA MARTÍNEZ CARO**

Cartagena, junio de 2022



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Agradecimientos:

Antes de comenzar, agradecer el trato recibido, tanto en cuanto a atención como a orientación de mi tutora del trabajo, Eva Martínez Caro. Asimismo, a mi tutor de empresa durante mi etapa de prácticas, Adrián Gracia Durán, por su apoyo, brindándome conocimientos y experiencia, a la vez que me ofrecía ideas que podían resultar de ayuda en la resolución de este.

De igual manera, a todo el personal del Departamento de Litografía, operarios y carretilleros, y al equipo directivo de la sede de Monteagudo de Auxiliar Conservera, S.A. por ayudarme y facilitarme la ejecución del Caso Práctico y por dedicarme su tiempo y experiencia.

Por otro lado, a mi familia, por amenizarme los días de implicación y lo más importante, me han permitido tener estudios, formarme y labrarme un futuro.

A su vez, agradecerle tanto a ellos como a mis amigos más íntimos todo el apoyo psicológico, aguantándome, apoyándome y animándome en mis peores días durante estos años.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. LOS PROCESOS INDUSTRIALES	8
2.1. SU DEFINICIÓN.	9
2.2. SUS ORÍGENES Y LAS REVOLUCIONES INDUSTRIALES.....	9
2.3. TIPOS DE PRODUCCIÓN UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD.	12
3. LA FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING	13
3.1. ¿QUÉ ES?	14
3.2. ¿CUÁLES SON SUS PRINCIPIOS?	15
3.3. BASES DEL LEAN MANUFACTURING.	15
3.3.1. JUST-IN-TIME.	15
3.3.2. MÉTODO KANBAN.....	17
3.3.3. 8 WASTES.	18
3.3.4. KAIZEN Y GAP.	19
3.3.5. KPI's.....	21
3.3.6. 5S.....	23
3.3.7. POKA YOKE.	24
3.3.8. SISTEMA EFICIENTE DE CALIDAD (QSE).	25
3.3.9. 6-SIGMA.....	26
3.3.10. DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	27
3.3.11. HOSHIN KANRI.	28
3.3.12. HEIJUNKA.	29
3.3.13. JIDOKA.....	30
3.3.14. ANDON.....	31
3.3.15. GEMBA.....	32
3.4. LA FABRICACIÓN ADITIVA.	33

4. CASO PRÁCTICO	35
4.1. LA EMPRESA.....	36
4.2. ANTECEDENTES.	39
4.3. OBJETIVOS.	41
4.4. CRONOLOGÍA DEL PROCESO	43
4.5. ESTADO ANTERIOR.	44
4.6. PUESTA EN MARCHA Y EJECUCIÓN.....	46
5. CONCLUSIONES	62
6. BIBLIOGRAFÍA.....	68

1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente Trabajo de Fin de Grado se va a realizar el análisis y el estudio de las diferentes vías para la implantación de la filosofía Lean Manufacturing en un entorno industrial, bajo la ejemplificación de una propuesta, la cual ha sido finalmente puesta en funcionamiento. La filosofía Lean busca siempre la excelencia y la máxima calidad, utilizando los mínimos recursos, alcanzándolo bajo un cúmulo de cambios y mejoras en la producción, tanto a niveles personales como industriales, que finalmente dan grandes resultados económicos.

En primer lugar, se comenzará con una contextualización acerca de los procesos industriales, dando una breve definición sobre ellos y sus avances tecnológicos fruto de las Revoluciones Industriales, mostrando su afectación a los tipos de producción hoy en día.

Puesto que la temática principal es la filosofía Lean Manufacturing, se continuará dando una definición sobre ella, y exponiendo todas, o al menos la mayoría, de las bases que lo componen.

En tercer lugar, se hará el desarrollo de un caso práctico exponiendo todas las etapas y procesos experimentados para la ejecución de éste, hasta llegar a su instalación final. Esta propuesta ha sido aplicada en una empresa real, Auxiliar Conservera S.A., dentro del Departamento de Litografía, que forma parte del de Procesos, por tanto, también se aportará información acerca de la metodología de trabajo de la entidad, sus orígenes o sus servicios.

Finalmente, se expondrán las principales conclusiones sobre la puesta en marcha definitiva de la propuesta, los últimos pasos ejecutados y los beneficios que se esperan obtener de ella.

2. LOS PROCESOS INDUSTRIALES

2.1. SU DEFINICIÓN.

Un proceso industrial se define como el conjunto de operaciones, realizadas en serie a una o varias materias primas, cuyo final es la obtención de un producto a gran escala, es decir, un gran número de unidades de ese objeto.

Ciertamente, desde tiempos inmemorables, la gente se ha dedicado a producir objetos y útiles, pero se conoce como producción industrial a aquello que se fabrica de forma masiva.

Dicho conjunto de operaciones podría definirse en diferentes fases:

- Separación de materia prima
- Acondicionamiento de materia prima
- Manipulación de la materia prima
- Procesamiento de la materia prima
- Creación del bien final a partir de la materia prima

2.2. SUS ORÍGENES Y LAS REVOLUCIONES INDUSTRIALES

“Es importante saber de dónde venimos para saber a dónde vamos” decía el antiguo presidente estadounidense John Kennedy.

La mejor forma de mejorar el futuro industrial se obtiene poniendo nuestra vista en el pasado, estudiando y analizando tanto el punto de partida como la evolución de los procesos, y centrándonos especialmente en lo que aún está por mejorar.

Tenemos que remontarnos a los primeros datos de los que disponemos, allá en la Edad Media, donde artesanos montaban sus pequeños talleres en el interior de los pueblos, para vender o hacer trueques con la vecindad, con el fin de ganarse la vida.

Existía ya una organización jerárquica dentro de cada gremio, siendo la cúspide de la pirámide el maestro artesano, precedido por el oficial y por último el aprendiz. Las propias ciudades se convertían en lo que hoy en día son los polígonos industriales. Artesanos compartían su domicilio particular con su taller.

Más tarde, a mediados del S.XVII aparecen las primeras manufacturas, que son talleres de mayores dimensiones en los que se realizaban artesanías de mayor complejidad, como porcelanas. Pero realmente para sumergirnos en el primer gran escalón hacia la automatización industrial, tenemos que avanzar hasta mitad del S.XVIII, con la I Revolución Industrial.

- I Revolución Industrial: de su mano aparecen las primeras máquinas, y con ello las primeras fábricas. Fue el momento en el que el hombre pasó a ser dependiente de la máquina, y no al revés. Si bien es cierto que no debe verse como algo negativo, ya que se consiguió abaratar enormemente los costes de fabricación a la vez que se incrementaba la producción. Surge la especialización industrial. Por primera vez, se realizan cadenas de trabajo, y en la fabricación de un objeto existen diferentes etapas con gente especializada particularmente en cada una de ellas. En cambio, toda esta automatización trae consigo un gran aumento en el consumo de energía, sufragada por la aparición de la máquina de vapor. Este invento no solo facilitó la fabricación en masa, sino que también fue clave en el desarrollo del transporte, tanto terrestre con el tren, como marítimo con los barcos. Con todo esto, la evolución de la sociedad hacia su primera época de libertad económica.
- II Revolución Industrial: caracterizada por grandes avances industriales, puesto que aquí se dan las primeras industrias de producción en serie bajo la Teoría de Taylor, también cabe resaltar el nacimiento de las primeras acerías, el uso del petróleo y la aparición de ciertos avances en telecomunicación, como el telégrafo. Esto primero agilizó la industria ferroviaria, lo segundo vino para quedarse hasta nuestros días, sustituyendo al carbón. Como estudiante de Ingeniería Mecánica, lo más destacable en mi ámbito fue la implantación de la producción en serie en la industria automovilística, y es que resulta curioso, puesto que D. Henry Ford empezó a aplicarla en su famosa fábrica, Ford Motor Company, tras inspirarse al verla en un matadero. Su modelo, el Ford T, fue el primer vehículo en introducirse al mercado con acceso a todos los públicos, por tanto, rompió todos los esquemas establecidos hasta ese momento. Con ello se fortaleció el sistema económico capitalista,

pese al incremento del desempleo a causa de una mayor variedad de maquinarias.

- III Revolución Industrial: marcada por un enorme auge en las comunicaciones y los primeros pasos de las energías renovables. Bastante próxima y presente en nuestra sociedad, puesto que con ella viene el internet, toda la era informática y gigantescos avances en automatización de maquinaria. Todo esto sumado a los progresos en las energías renovables, buscando un mundo más limpio. Se sigue en busca de la excelencia en cuanto a este aspecto, pero sin duda vamos por el buen camino. Tan solo en España, sin ser de los países más avanzados tecnológicamente, cualquier familia puede tener acceso a la instalación de paneles solares en su casa, o en su comunidad de vecinos, suponiendo esto grandes ahorros económicos en la factura energética. De igual manera, en relación con la mecánica, la aparición de los primeros vehículos eléctricos, reduciendo contaminaciones sobre todo en grandes ciudades. Aunque este tema da mucho para discutir, puesto que yo hoy en día tampoco lo veo una solución factible, no tengo ninguna duda de que lo será a largo plazo.

- IV Revolución Industrial: la era robótica, lo que antes parecía ficticio, digno de película futurista, ahora es nuestro presente. No llegamos aún a coches voladores, pero sin lugar a duda, la sociedad en estos últimos años está avanzando a pasos agigantados en lo que a la industria respecta. Líneas de producción plenamente autónomas, sistemas inteligentes en domicilios particulares o entornos industriales. Plena conexión cibernética entre todos, como pudimos experimentar por el COVID, haciendo videollamadas o teletrabajando, cosas que si nos dicen hace unos años atrás no nos las creeríamos. Y un nuevo sistema de producción, una micro revolución industrial, a la que voy a dedicar un punto aparte en el siguiente capítulo, la Fabricación Aditiva.

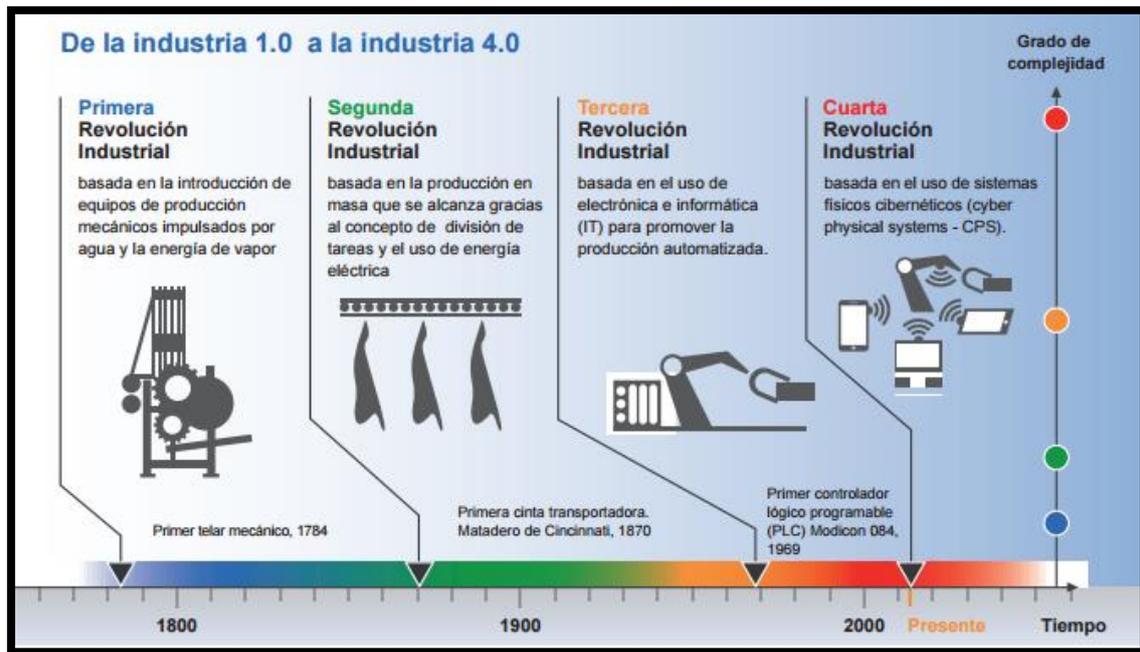


Ilustración 1: De la Industria 1.0 a la 4.0. Fuente: Idia.

2.3. TIPOS DE PRODUCCIÓN UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD.

Existen cuatro tipos de producción, cuya diferencia radica en la metodología de producción que siguen. Estos son:

- Por trabajo: asociado a trabajos de alta mano de obra, o en los cuales el producto final es de grandes dimensiones y altamente costoso de fabricar, como un barco o un avión.
- Por lotes: se realiza de manera esquematizada, paso a paso, y bajo fragmentos de un volumen específico. Una vez el fragmento entero ha finalizado una etapa, entonces pasa todo en bloque a la siguiente.
- Por flujo continuo: relacionado con las fábricas que producen 24 horas al día, sin interrupción. Su sistema consiste en una tiradera de producción de un mismo artículo. Generalmente de esta forma se fabrican consumibles de uso diario.
- En masa: parecido al flujo continuo, se diferencia en que en este se alteran ciclos de producción con ciclos de descanso.

3. LA FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING

3.1. ¿QUÉ ES?

El Lean Manufacturing es un sistema de control y organización del trabajo, en este caso en entornos industriales, cuyo objetivo es reducir los costos, eliminar los desperdicios y, a la vez, mejorar la calidad y la eficiencia de la producción.

Tiene su origen en Japón, cuando varias de sus empresas más potentes se plantean la capacidad de mejoras en sus plantas de fabricación, puesto que tras la II Guerra Mundial, quedaron escasos de recursos y de capacidad económica. No les quedaba otra que reinventarse y optimizar materia y tiempo. Sus mejoras se pudieron observar en aquello relacionado con la fabricación, aunque no terminaron de lograr una correcta optimización y rentabilidad económica. Fue entonces, a finales del siglo XIX, coincidiendo con la III Revolución Industrial, cuando surgió de la mano del empresario Sakichi Toyoda, fundador del Grupo Toyota, los primeros pasos y planteamientos de la filosofía Lean.

El Sr. Toyoda desarrolló un sensor capaz de alertar a sus operarios, trabajadores de las líneas encargadas de fabricación de telares, cuando un hilo se rompía. Dicho avance, además de automatizar un trabajo que previamente era humano, también aumentó la productividad y la eficiencia, bajando costes económicos por defectos de calidad y por coste humano. Inclusive, dicho sistema estaba programado para parar la producción cuando encontraba un defecto.

Bajo esta filosofía, fomentó la creación de distintas metodologías y técnicas para eliminar los desperdicios entre operaciones. Uno de estos resultados fue el método Just-in-Time (JIT): “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”.

Se trata de uno de los principios fundamentales del Lean Manufacturing, pero existen otros.

3.2. ¿CUÁLES SON SUS PRINCIPIOS?

Tal como se ha expuesto anteriormente, los objetivos del Lean Manufacturing son la reducción de costes, buscando de manera simultánea una mayor eficiencia y menores gastos.

Aunque no lo parezca, estos pilares están estrechamente relacionados bajo un término, el desperdicio.

Esto es, una correcta gestión y optimización de los materiales te genera una menor tasa de desperdicios, por ende, ahorras en materia prima e incrementas la eficiencia. Por otro lado, brindando servicios de calidad a los clientes, la empresa será capaz de hacerse un hueco competitivo en el mercado.

Para esta sucesión de acontecimientos ya existen varios principios estandarizados, como pueden ser las 5S, Kanban, 6M, SMED, o la anteriormente mencionada JIT (Just-In-Time), entre otros, los cuales forman las bases de la filosofía Lean: lo necesario se optimiza, lo no necesario se elimina, para acercarse al máximo a la excelencia.

3.3. BASES DEL LEAN MANUFACTURING.

3.3.1. JUST-IN-TIME.

El Just-In-Time, de manera abreviada conocido como JIT, es un sistema de trabajo innovador que vino también de la mano del Sr. Toyoda.

En un principio, las industrias utilizaban un sistema de trabajo, llamado ``Push`` en el que en una primera etapa de fabricación se producía un cierto producto en exceso, con el fin de que con el tiempo se convirtieran en consumible del proceso siguiente, por tanto, en cada etapa existía un exceso de objetos o materias primas fabricadas. El sistema JIT se incorpora a esta metodología, defendiendo que los trabajos pueden realizarse de manera secuencial, pero sin producir excesos, o lo que es lo mismo, ahorrando en costes económicos, espacio y desperdicios.

A dicho método se le llamó ``Pull``, en el que cada etapa de trabajo solicita a la etapa anterior la cantidad justa y necesaria para poder llevarse a cabo. Para ello, se apoyó en el Método Kanban, punto siguiente a tratar.

El JIT cimienta sus principios con el fin de alcanzar ciertas ventajas: reducir niveles de stock, evitando productos caducos o deteriorados, junto a un ahorro considerable del espacio que se necesite, disminuyendo costes derivados más costes de materia prima, simplificando la cadena de trabajo, facilitando también la búsqueda de problemas.

Sobre dicha reducción de desperdicio se desarrolló un epígrafe aparte vinculado al JIT, al igual que el Método Kanban, llamado 8 Wastes (del inglés, desperdicios), del que hablaré también en puntos siguientes.

Indudablemente, hay que poner un gran énfasis en los controles de stock, en la calidad de los productos recibidos y tener una gran coordinación en la secuencia de los trabajos. De lo contrario, pueden existir rupturas de stock, retrasos en la entrega de pedidos o incluso desperdicios temporales de mano de obra y maquinaria por no tener materia con la que trabajar, derivando en pérdidas económicas o falta de fiabilidad hacia el cliente.

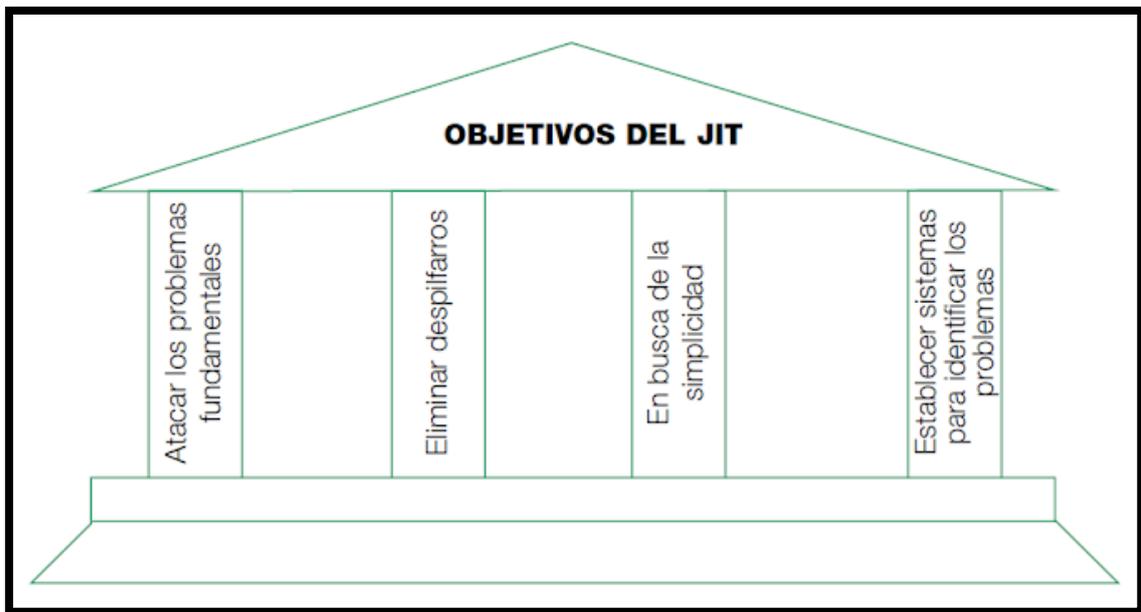


Ilustración 2: Los 4 Pilares del Just In Time. Fuente: Iimgur.

3.3.2. MÉTODO KANBAN.

Sencillamente, si traducimos la palabra Kanban del japonés, significa letrero o tarjeta. Dicho esto, podemos imaginarnos cuál es el principio fundamental de esta metodología de trabajo.

Las distintas etapas del trabajo quedan simplificadas a tarjetas o carteles que muestran qué queda por hacer, qué se está haciendo y las tareas ya finalizadas. Se pretende simplificar, optimizar y acercar la metodología de trabajo al sistema Pull. Su fundamento radica en empezar con lo que ya se está haciendo, hasta finalizarlo, para evitar dejar labores a medio.

Además de este enfoque, pensado en la orientación de las tareas dentro de un puesto de trabajo, también busca la simplificación y correcta ordenación de las herramientas y materiales necesarios para hacer el trabajo, etiquetando, por ejemplo, cajones de materiales auxiliares, calles para almacenar palés o armarios de limpieza, facilitando y agilizando las labores.

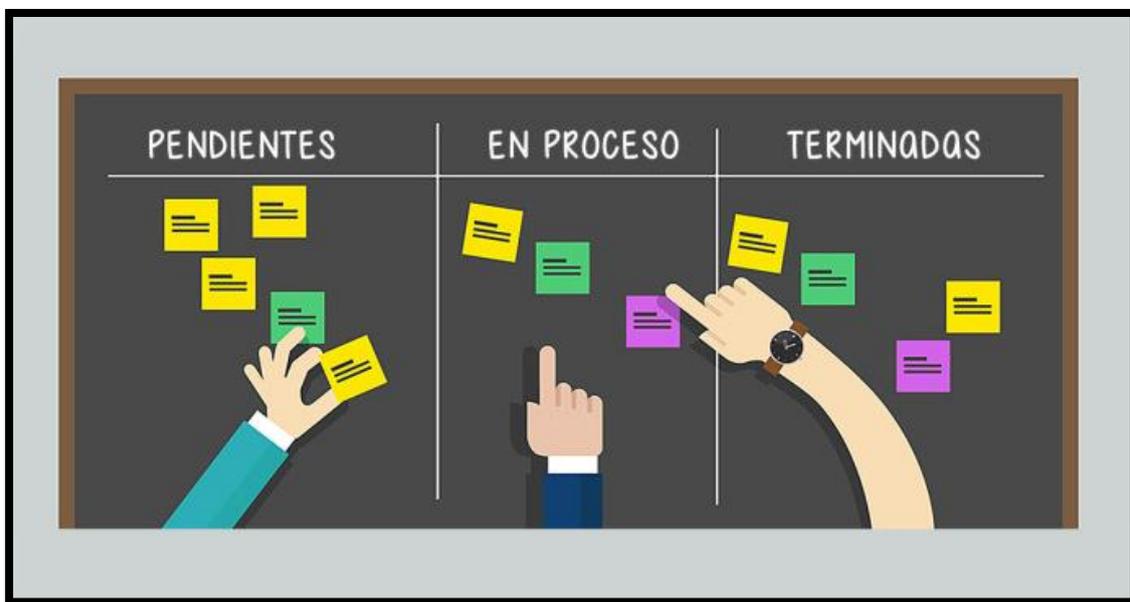


Ilustración 3: Método Kanban. Fuente: ItService.

3.3.3. 8 WASTES.

El término wastes procede del inglés, cuya traducción es desperdicio. En este epígrafe se van a reflejar cuales son los ocho gastos superfluos que se pueden contabilizar, estudiar y evitar dentro de una cadena de producción.

Dentro de la cultura Lean, además de desperdicio, también se le conoce como despilfarro, siendo más correcta la utilización de esta última. ¿Por qué? Por el propio significado de las palabras. La diferencia entre estas palabras se encuentra en que el desperdicio está más enfocado a aquello que no se usa a lo largo de la producción, en cambio, el despilfarro es todo aquello que no aporta valor y/o que es imprescindible.

Las 8 categorías son las siguientes:

- Sobreproducción – se produce más de lo que se necesita.
- Transporte – distancia entre puestos de trabajo o líneas demasiado extensa, causando pérdidas de tiempo mayores entre dichos puntos.
- Tiempo de Espera – asociado a esperas entre una producción y la siguiente, por falta de material, materias primas secundarias, mano de obra...
- Exceso de procesos – procesos repetitivos que se podrían suprimir.
- Inventario – asociado al JIT, excesos de Stocks.
- Movimientos – desplazamientos innecesarios del personal dentro del espacio de la fábrica.
- Defectos en el producto – mermas o productos ya fabricados que no cumplen con los estándares de calidad establecidos.
- Talento subutilizado – muy difícil de detectar a corto plazo, pero útil y provechoso cuando se descubre.



Ilustración 4: 8 Desperdicios (8 Wastes). Fuente: Dominio Printing.

3.3.4. KAIZEN Y GAP.

Procedente de otra combinación de palabras de origen japonés, Kaizen proviene de la unión de Kai (cambio) y Zen (bondad). Un cambio hecho con buena fe siempre debe ser una mejora, y no es casualidad, puesto que es la traducción correcta de la palabra Kaizen.

Se introducen aquí los GAP (Grupos Autónomos de Trabajo), que son un conjunto de operarios o trabajadores, no más de 7, que comparten funciones y turno, buscando un objetivo común. Dentro de cada GAP existe un coordinador, que actuará como capitán e intercambiador de información con las esferas superiores, además de tener una actitud autocrítica con el grupo. Estas propias GAP pretenden producir menos desperdicios, ser más autónomos, o desempeñar las tareas de la forma más excelente posible para destacar frente a las otras GAP de la empresa, a razón de una competencia sana.

Un taller Kaizen, lo que pretende es mejorar los resultados que se están obteniendo mediante la implantación de los cambios observados por el GAP. Esto requiere de una gran implicación por parte de tanto de los empleados como del equipo directivo asociado. Es necesaria una gran preparación de los operarios, y a la vez una buena dinámica entre el equipo y los superiores, por tanto, cobra gran importancia en esta etapa las reuniones de control entre directivos y coordinadores.

Al igual que en otras bases del Lean, se pretende conseguir que el proceso esté lo más estandarizado posible. Para ello es necesario conocimientos sobre las tareas a realizar e ingenio para proponer mejoras por parte de los operarios, junto con una capacidad de análisis y datos de los cargos superiores, para corroborar que las ideas sean factibles.

Se pueden emplear aquí distintas herramientas de apoyo, como son las tarjetas Kanban, TPM o SMED entre otras. Estas dos últimas son definidas en el punto siguiente.

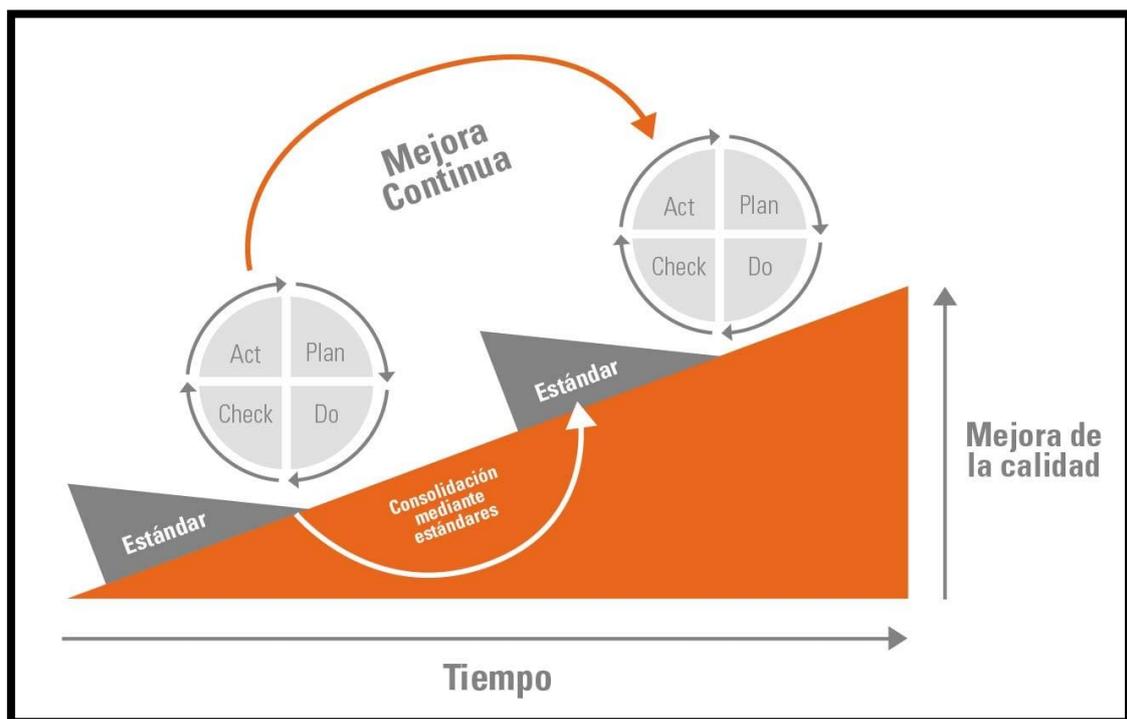


Ilustración 5: Progresión con Metodología Kaizen. Fuente: LeanSIS.

3.3.5. KPI's.

Los KPI's son unos indicadores que marcan, en porcentaje, el rendimiento que se está obteniendo en una producción, bajo unas metas preestablecidas.

Sencillamente son los valores que nos marcan si los resultados del trabajo que estamos realizando son positivos o negativos. Calculan el éxito, o fracaso, de nuestra producción en base a los objetivos descritos.

Por propia definición, estos parámetros deben ser alcanzables, medibles y comprobados con frecuencia. A su vez, tienen que ser relevantes y hay que darles la importancia que merecen, puesto que un análisis a tiempo inicia una acción de mejora, o evita un posible fracaso.

Algunas de las KPI's más empleadas son la OEE o las TPM.

3.3.5.1.OEE – TPM – SMED.

En este epígrafe nos vamos a centrar en la correcta utilización de las máquinas, tanto en aquellas que trabajan de manera autónoma, como aquellas que componen las distintas etapas de una línea productiva.

El coste de la maquinaria no suele ser bajo, por tanto, los objetivos impuestos siempre por las directivas de trabajo pretenden extraer la mayor eficiencia posible, con el fin de amortizar la inversión en el menor tiempo posible. Asimismo, es necesario tanto hacer un uso optimizado como tener un control de los mantenimientos en las máquinas.

Para ello existen herramientas focalizadas en esto, como son las OEE, las TPM y los estudios SMED.

· Las OEE son herramientas que buscan la eficiencia de la máquina. Su cálculo se remite a una fórmula sencilla:

$$\text{OEE (\%)} = \text{Disponibilidad (\%)} \times \text{Rendimiento (\%)} \times \text{Calidad (\%)}$$

La disponibilidad muestra el tiempo que la máquina está realmente trabajando con respecto al tiempo total teórico disponible. El rendimiento es el tiempo útil que ha estado produciendo dentro del tiempo que ha estado en funcionamiento. Y la calidad sencillamente nos muestra cuántas piezas han resultado finalmente correctas respecto al total de piezas que se han fabricado.

· Las TPM se asocian al control de utilización de las máquinas. El mismo coordinador de la GAP es quien debe tener la responsabilidad de que su grupo de trabajo trate con cuidado y desempeñe sus funciones con cierto control. Por otro lado, es de crucial importancia que la maquinaria reciba los mantenimientos pertinentes acorde a la carga de trabajo o tiempo de funcionamiento que tenga. Es por ello por lo que se debe controlar con planificación y cronología los mantenimientos a realizar: preventivos, predictivos (que aseguren la prevención de averías), o en caso de que esta ya haya aparecido, su correctivo de reparación.

· SMED (Single Minute Exchange of Die) hace referencia a los tiempos que se pierden al ejecutar cambios en los ordenes de trabajo. Busca reducir estos tiempos al mínimo, aumentando así el tiempo de rendimiento. Existen diferentes formas de estudiarlo, pero una de las más cotidianas hoy en día es mediante grabaciones. Se instala una cámara en cada puesto de trabajo y tras su análisis, se comprueba en qué actividades se pierde más tiempo, por qué y cómo solucionarlo.

3.3.6. 5S.

Herramienta vinculante con el orden y la limpieza en los puestos operativos. Busca una adecuación óptima para que la realización de las tareas sea lo más eficiente y segura posible.

Tiene su origen en cinco principios japoneses, los cuales empiezan por la letra S, estos son: Seiri (organizar y seleccionar), Seiton (ordenar), Seiso (limpiar), Seiketsu (mantener la limpieza) y Shitsuke (mantenimiento mediante la ejecución de las tareas).



Ilustración 6: Metodología 5S. Fuente: TCMetrología.

Dicho con otras palabras, en castellano, estos cinco conceptos serían: organización, orden, limpieza, pulcritud y hábito. Para alcanzar el último de ellos, y que dicho orden se haga y mantenga de manera automática, debe existir un estándar de trabajo establecido que marque las usanzas a desempeñar, además de realizar posibles controles rutinarios o inspecciones.

Si partiéramos de cero a la hora de intentar desarrollar las 5S en un puesto, deberíamos hacerlo de forma estructurada, primero analizando el posible orden que queremos y la finalidad de la limpieza, después optimizar los recursos y espacio de los que disponemos, para posteriormente formalizarlo y garantizar la continuidad de lo establecido.

A su vez, tiene que ser la propia dirección de la empresa la que ejecute de la mejor manera posible la organización de las tareas para llevar a cabo las 5S, sustentándola en pilares básicos: ``Orden y Limpieza, Inspección y detección de anomalías, Eliminación de anomalías, Preparación de gamas y estándares y, por último, Ejecución de auditorías de las 5S`` (Sacristán, 2005).

El orden se puede conseguir de distintas formas, según lo que se pretenda conseguir. El empleo de pantallas informativas, etiquetado del material u instalación de armarios organizadores, además de dar un mejor aspecto visual, también aportan comodidad a la hora de desempeñar sus funciones, rapidez en cuanto a encontrar aquello que necesiten para desempeñarlas y evitar riesgos de cosas que estén en medio y puedan provocar accidentes.

La metodología es sencilla, se puede diferenciar en tres fases:

- 1º Eliminar lo innecesario y ordenar lo necesario.
- 2º Estandarizar de forma conjunta en los GAP el control y orden que se acometa.
- 3º Respetar y ejecutar de forma correcta lo establecido.

3.3.7. POKA YOKE.

He hablado mucho en torno a optimizaciones en los tiempos de trabajo, en el correcto uso de la maquinaria, de la limpieza y el orden en los puestos, incluso de prevenir averías en las líneas, pero ¿qué hay del error humano?

Si es cierto que todo lo anterior depende de manera directa o indirecta de nosotros mismos, sin embargo, ahora voy a centrarme puramente en nuestras acciones.

El Poka Yoke es un complemento a la calidad, a la eficiencia y también a la seguridad. Se trata de una serie de elementos de bajo coste y generalmente sencillos que buscan prevenir el error del operario.

Todos somos humanos y por ello imperfectos, un empleado se puede equivocar en cualquier cosa por motivos varios. Por tanto, hay que buscar siempre simplificar las tareas. Eso es nuestro objetivo aquí, poder implantar en un entorno industrial ciertas mejoras, sencillas y baratas, que faciliten y hagan repetitiva las labores del operario, de tal manera que no existan variaciones en el proceso.

A la hora de la producción pueden emplearse colores o formas para realizar el seguimiento del trabajo, o listas de chequeo. En cuanto a seguridad, algo muy habitual es doble seta de seguridad, de tal manera que tienes las dos manos ocupadas, evitando accidentes con las máquinas, o los sonidos de las alarmas.

3.3.8. SISTEMA EFICIENTE DE CALIDAD (QSE).

Busca responsabilizar a los GAP de todo aquello relacionado con manipulación y producción, rigiéndose siempre por las normas establecidas tanto en el ámbito legal como impuestas por la empresa, para que, al realizar el conjunto de actividades, estas se realicen de la forma más coordinada y ordenada posible, con el objetivo de incrementar la calidad y la satisfacción de los clientes.

Consta de siete pilares, conocidos como los 7 básicos:

B1- Inspección final, previa al envío al cliente, controlada por el departamento de calidad correspondiente.

B2 - Auto-control del GAP, donde existen instrucciones y muestras para tener referencias de aquello que va a cumplir y lo que no. Asimismo, se dispone de contenedores rojos para echar lo no conforme.

B3 - Contenedores Rojos, cuya finalidad básica es separar la producción no conforme del resto.

B4 - Retrabajo bajo control, todo lo que sea repetir tareas se considera despilfarro. Hay que buscar la forma de eliminar estos actos, encontrando la raíz del problema que los causa.

B5 - PokaYoke, ya definido anteriormente.

B6 - OK de la primera pieza, crucial darse cuenta al inicio de la producción del fallo que se está acarreado, para minimizar desperdicios. Conviene estandarizar unas instrucciones de control.

B7 - QRQC, respuesta rápida para el control de calidad, es una herramienta que pertenece a los GAP, aunque va de la mano con los departamentos de calidad. Buscar la solución al defecto en un corto periodo de tiempo, reuniendo implicados y datos actualizados.

3.3.9. 6-SIGMA.

Está asociada a la gráfica de distribución normal, en estadística, con la cual se puede calcular la probabilidad de defecto de una o varias piezas dentro de un lote, acorde a los datos que se nos brinden.

En este caso, aplicándolo en el entorno industrial busca obtener el mayor número de piezas que cumplan con los estándares de calidad establecidos. Dicho de otra forma, que la producción de piezas aptas para su venta sea la mayor posible. Por ende, hay que disminuir los defectos generados durante el proceso, buscando conseguir la perfección.

Para conseguirlo nos remitimos al ciclo DMAIC: definir (cuál es el problema), medir (entender qué lo produce), analizar (cómo solucionarlo), mejorar (aplicar las mejoras, a ser posible con inversión 0) y controlar (mantener la mejora y su continuidad).

Otra clave del éxito en esta metodología es la estandarización de los procesos, tratar de hacerlos invariables. Solo cambiar aquello que provoca fallos o que se puede optimizar en tiempo y recursos, pero todo lo demás mantenerlo y hacerlo sistemático, hasta lograr la calidad 6σ .

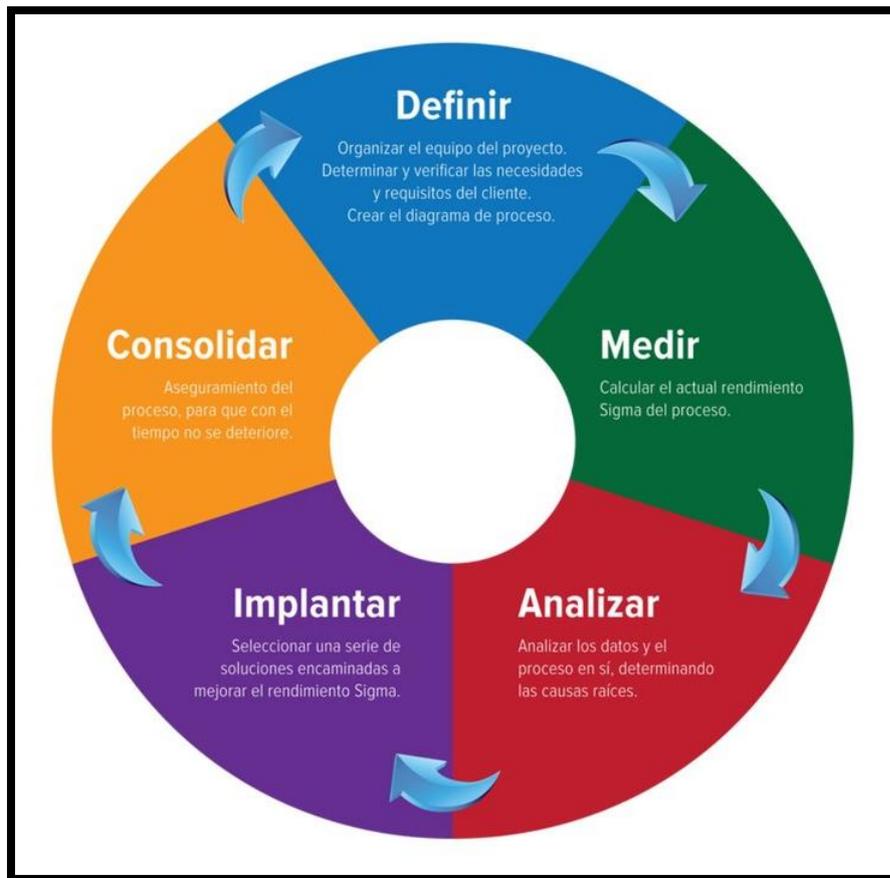


Ilustración 7: 6-Sigma. Fuente: Arrizabalaga Uriarte.

3.3.10. DIAGRAMA DE ISHIKAWA.

Se trata de una herramienta visual (de hecho, otro de los nombres con los que se le conoce es Diagrama de Espina de Pescado), que pretende identificar el origen de un problema a través del análisis por los distintos departamentos que influyen en la fabricación de un producto.

El problema puede provenir de un fallo inherente al proceso, de algo causado por la mano de obra humana o simplemente por averías en la maquinaria. Busca encontrar el origen del problema de manera simplificada, visual y sencilla.

Fruto de esta sencillez, a este diagrama también se le llama 6M, acorde a los 6 principios que le definen. Estos son: método, máquina, mano de obra, materiales, medida, medio ambiente.

En la praxis, al encontrarnos con un problema, primeramente, lo asociaríamos con el causante 6M, para posteriormente reunirnos con el GAP o departamento asociado, analizarlo y buscarle solución.

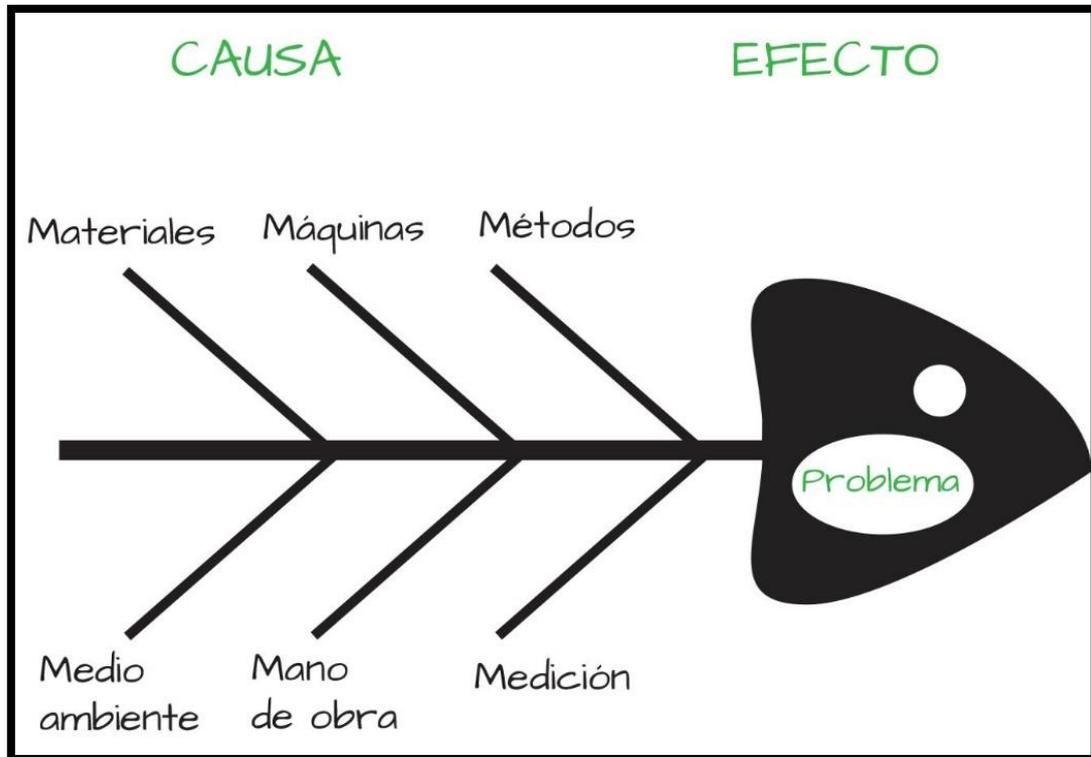


Ilustración 8: Diagrama de Espina de Pescado - Ishikawa. Fuente: Design Thinking España.

3.3.11. HOSHIN KANRI.

Se trata de un método para alcanzar los objetivos de la empresa mediante el desarrollo de una prevención estratégica, fijada por la visión a largo plazo de la empresa.

Dicha estrategia comienza por la asignación de objetivos y responsabilidades a las distintas personas implicadas en el desarrollo del producto. Pretende, como es lógico, que todos ellos remen en la misma dirección, para alcanzar la misión de la empresa. Comienza por cuestionarnos qué necesitamos o cómo alcanzar nuestra misión, mediante hechos que deben ser contrastables y numéricamente posibles. Tras esto, se llega a las acciones estratégicas que debemos llevar a cabo para alcanzar esos objetivos, diferenciadas según las áreas responsables.

Los objetivos deben desarrollarse en un plan de trabajo, identificando puntos críticos y remarcarlos como importantes, para ser considerados tanto en las altas como en las bajas esferas. Es importante distinguir también las responsabilidades que afectan a cada uno de los implicados.

3.3.12. HEIJUNKA.

Está enfocado a la mejora de la producción mediante su nivelación. Busca evitar los excesos de trabajo a través de una fabricación estable y eficaz. "Para implementarlo, es preciso utilizar una serie de herramientas que, integradas, permiten obtener un flujo constante y nivelado a partir de una demanda real". (Giménez, 2019).

A su vez, también indica que el principio de funcionamiento de esta metodología se apoya en 4 pilares, que son:

- Células de trabajo: las máquinas deben trabajar acorde a la producción solicitada.
- Flujo continuo pieza por pieza: ajustar stocks, operaciones y producción a lo que los clientes demandan.
- Producción ajustada al Takt Time: ritmo de producción ajustado a la demanda o expectativa de los clientes
- Nivelación de cantidad de Producción: equilibrar la fabricación de un producto, de tal manera que sea algo equilibrado o nivelado. Evitar producir mucho en poco tiempo para luego estar parado por no tener demanda.

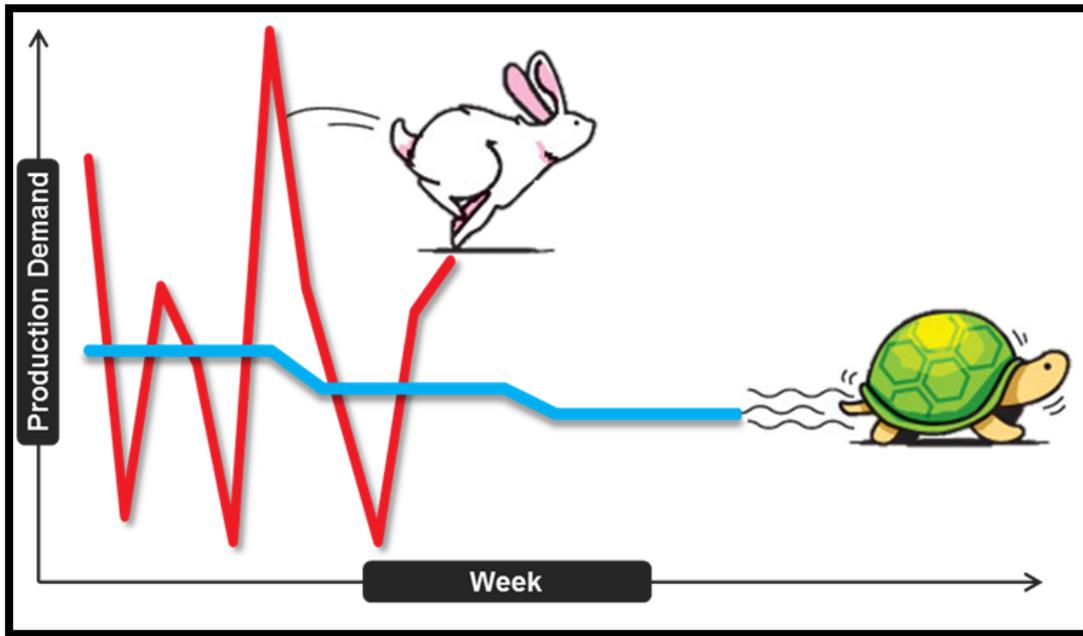


Ilustración 9: Heijunka. Fuente: Pinimg.

3.3.13. JIDOKA.

Fue ideada también por Sr. Toyoda, cuando desarrolló un sistema capaz de detectar el momento en el que se rompía un hilo de su telar, y además paraba automáticamente la máquina a la vez que emitía una señal luminosa para avisar al operario.

Eso es lo que busca esta metodología, se centra en la automatización de las propias máquinas para que sean capaces de realizar procesos de autocontrol. Cuando aparezca un defecto, que el sistema se detenga, favoreciendo así a que el número de elementos defectuosos que se están fabricando sea mínimo.

Los propios operarios necesitarán también conocimientos sobre calidad, puesto que trabajarán de forma simultánea con la máquina. Se pueden dar dos casos, uno en que la máquina automatizada con sensores de detección detecta fallos y pare; u otra en que la máquina detecte los daños, pero sea el operario quien deba parar la producción.

Es un proceso sistemático, que podría ordenarse bajo la siguiente sucesión: localización del defecto, detención de la operación, emisión de la alerta, solución rápida, Taller Kaizen.

3.3.14. ANDON.

En relación con el proceso descrito anteriormente, que busca la automatización de las máquinas para mejorar con los estándares de producción y de calidad establecidos, surge el sistema Andon.

La palabra Andon viene del japonés y significa lámpara, por tanto, se relaciona con el control visual. Antes he descrito que lo que se pretende es que la propia máquina detecte el fallo y a su vez pare su producción, evitando así un mayor número de unidades dañadas, y es lo que se busca exprimiendo de forma más particular esta metodología.

Puede aplicarse en distintas áreas de un entorno industrial, como puede ser en los propios equipos, en procesos de manufactura, o en las mismas oficinas, pero antes de ello debemos cuestionarnos si lo que queremos controlar realmente tiene valor, o si tenemos capacidad para almacenar y/o gestionar la información que nos va a brindar.

Por otro lado, los beneficios de una correcta instalación de estas mejoras son numerosos y además se pueden notar desde el primer momento. Algunos de ellos son mejora de calidad, menos desperdicios, mejor planificación de trabajo, mayor motivación de persona, menos costos en materia prima y mejora del orden en los puestos de trabajo.

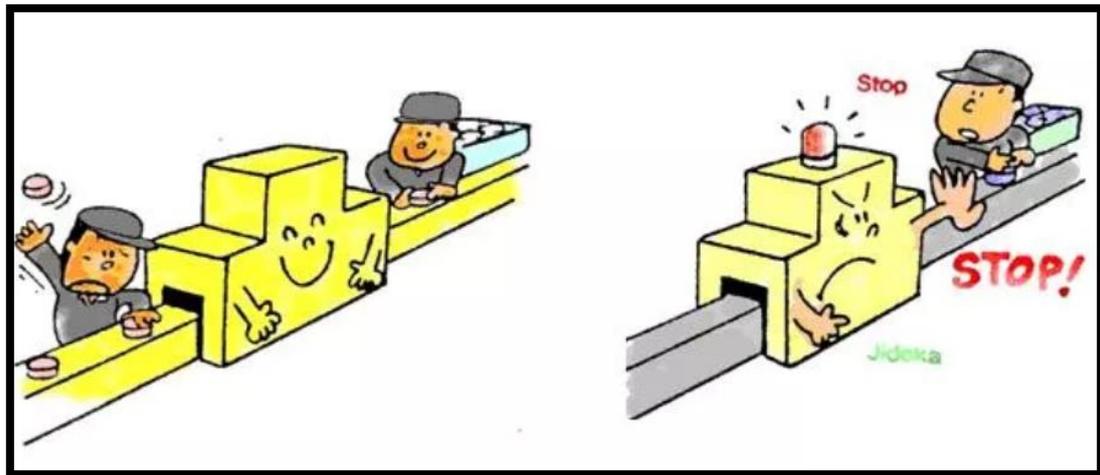


Ilustración 10: Jidoka - Andon; Control de Calidad humano vs Automatizado. Fuente: Wixstatic.

3.3.15. GEMBA.

El propósito principal de esta filosofía es hacer interactuar a directivos con operarios en búsqueda del mayor conocimiento posible sobre lo que se está haciendo y cómo se está haciendo, para entre todos, buscar un mayor número de soluciones o mejoras posibles.

Dentro de las oficinas se pueden resolver muchos de los problemas que surgen en una fábrica en diferentes aspectos burocráticos, de RRHH, o de expansión. En cambio, si pretendes mejorar la producción, has de desplazarte a donde se produce, que es en las líneas, junto a operarios y máquinas. Ese dinamismo se defiende en la teoría Gemba, sustentada por 3 básicos: moverte y mirar (esta metodología también se conoce entre el ámbito industrial como Gemba Walk), cuestionarte lo que veas, y respetar a la gente.

Como en bases de Lean descritas previamente, hay que plantearse primeramente un objetivo, el proceso que queremos llevar a cabo para alcanzarlo, preparar a la gente, tener un control de los procesos y observaciones, y hacer un seguimiento.

3.4.LA FABRICACIÓN ADITIVA.

Dejando atrás todo el desarrollo teórico, pasando por la historia y las revoluciones industriales, los tipos de producción y sus limitantes junto a toda la conceptualización del Lean Manufacturing, sus orígenes y las distintas metodologías que le componen, pasamos ahora a centrarnos en uno de los mayores avances de la historia, que además podría llevar la filosofía Lean a su máximo esplendor.

Como se ha expuesto, la producción industrial bajo los conceptos del Lean Manufacturing busca optimizar al máximo los recursos y los tiempos. Eliminar el mayor número de desperdicios posibles, aprovechando la materia prima de la que se dispone, elevando la producción a lo máximo posible, pero sin exceder a la demanda que se obtenga, todo ello bajo el foco de los estándares de calidad, los cuales pretenden siempre la excelencia.

Procedemos a introducir uno de los mayores avances de la historia. Un nuevo modelo de producción que rompe con todos los esquemas preestablecidos. No se necesitan cadenas de producción, tampoco controles de calidad por etapas, ni TPM o mantenimientos severos rutinarios. Nos encontramos ante un nuevo arte conocido como impresión 3D, únicamente limitado por los materiales que se necesiten para la fabricación de lo que deseemos, puesto que solo está diseñado para trabajar con polímeros y metales.

Con él podemos dejar atrás la producción bajo estimaciones de mercado y centrarnos en algo más parecido al Just In Time, producir bajo demanda, e incluso en algunos casos ofreciendo tiempos de entrega mucho más reducidos que con otros procesos industriales convencionales.

Si bien es cierto que no todo el entorno industrial puede ser reorientado en su totalidad hacia esta tecnología; o que no es algo accesible a cualquier pequeño empresario, sin titubeos podemos afirmar que es una industria en auge que ha venido para quedarse.

Su ámbito de aplicación es realmente amplio, desde la fabricación de prótesis o implantes para la medicina, hasta componentes aeronáuticos de exigencias de funcionamiento altísimas.

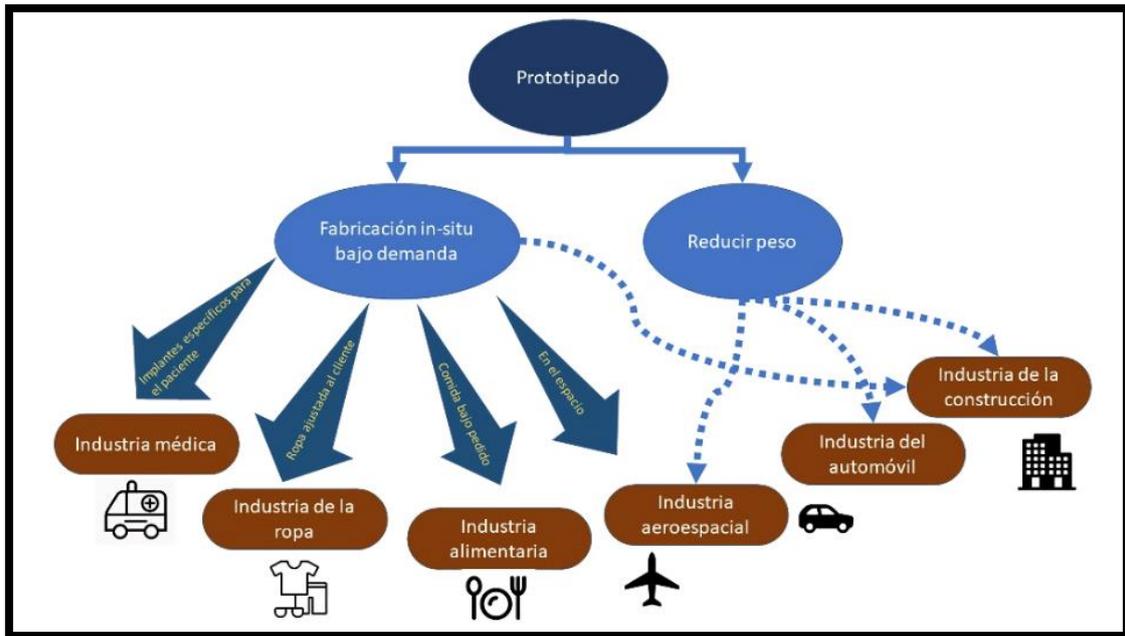


Ilustración 11: Fabricación Aditiva. Fuente: Izaro.

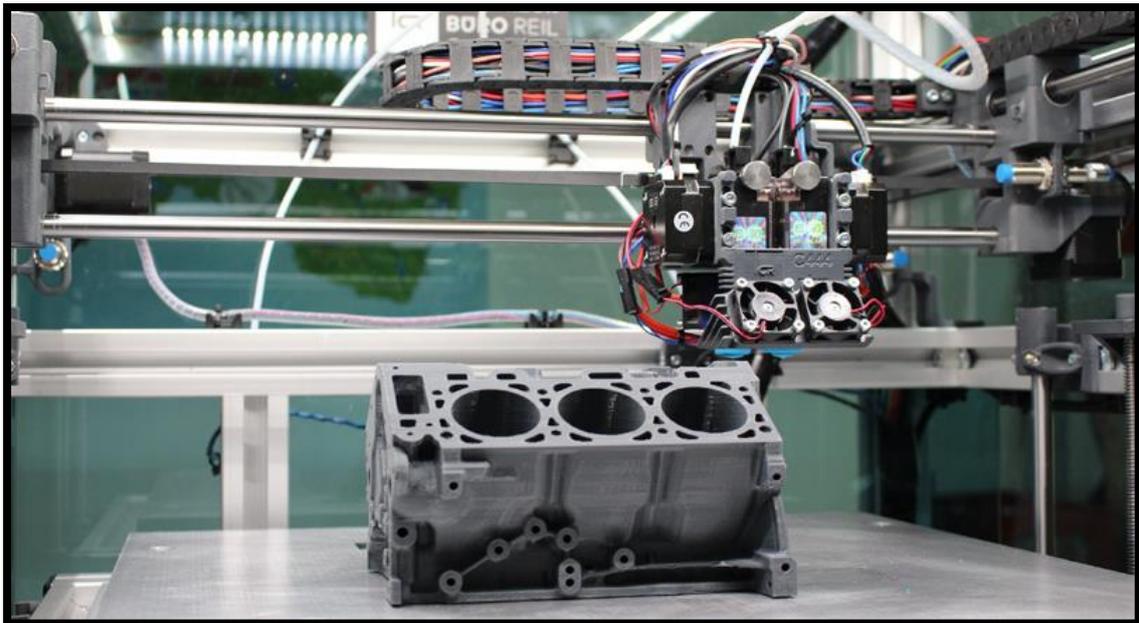


Ilustración 12: Bloque Motor hecho a Impresión 3D. Fuente: Treitus.

4. CASO PRÁCTICO

4.1. LA EMPRESA.

El caso práctico desarrollado está focalizado en la empresa Auxiliar Conservera.

Desde sus orígenes en 1960, se ha dedicado a la fabricación de envases metálicos de todo tipo, ofreciendo soluciones versátiles y de calidad que cumplan con las expectativas y necesidades de las más de 500 empresas para las que trabajan.

Su progresión es indudable, desde que se iniciaron hace 60 años, produciendo de manera manual en torno a unas 40 latas diarias por persona, hasta hoy en día, cuando ostentan diferentes galardones por soluciones de envasado y conservación más sostenibles, cuentan con una cátedra-empresa con la UPCT desde el año 2020, y se les ha otorgado el premio por *La Mejor Estrategia Internacional*, en 2019. Además, no solo tiene premios por la producción, sino que también los tiene por el gran trato y formación que dan a sus empleados, como fue reconocido en *el Premio Cegos en RRHH 2020*.

Hoy en día cuenta con 7 centros distribuidos por España y el resto del mundo, teniendo su sede central en Molina de Segura, Murcia, pero también en otras regiones de España como son La Rioja o Sevilla, u otras internacionales, en Chile y Alemania.



Ilustración 13: Sede de Auxiliar Conservera en Chile. Fuente: Cofides.

Su estructura empresarial está bien definida y posee un sistema de producción claramente organizado, con más de 900 empleados, donde los trabajos son repartidos de manera secuenciada entre sus diferentes fábricas.

La producción comienza en una de sus fábricas, donde reciben bobinas de hojalata, que son cortadas formando hojas de diferentes formatos acorde a la producción que se solicite. Posteriormente, estas hojas llegan a otra sede donde se les aplica una serie de tratamientos de barniz, en función del alimento que vayan a albergar en el futuro, tanto por su cara interna como por su cara externa. Por otro lado, sobre su cara externa se aplica un tratamiento litográfico, apoyado y realizado por el departamento de preimpresión junto a los litógrafos, operarios de gran formación y experiencia en artes gráficas. Entre ambos, bridan la imagen que más tarde vemos cuando las compramos en el supermercado. Por último, dichas láminas de hojalata vuelven a ser recortadas individualmente y se les da la forma de lata de conserva que frecuentemente podemos ver en el supermercado.

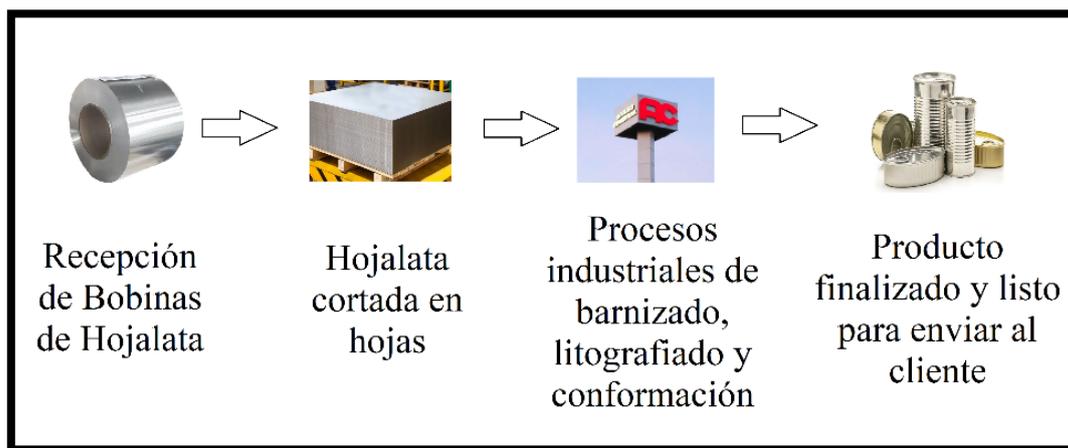


Ilustración 14: Proceso de Fabricación

Son múltiples los formatos de latas con los que cuentan en su catálogo, desde latas de aceite de 8 kilogramos para consumo industrial, hasta pequeños botes de aceituna de consumo diario, pasando por multitud de dimensiones para comidas preparadas, frutos secos, u otros comestibles tanto líquidos como sólidos.

Sin duda alguna, su mayor logro de los últimos años ha sido el nuevo formato de lata, al que denominan OpenVac. Se trata de una ingeniosa forma de enlatar, nunca vista, que basa su principio de cierre en el vacío, aportando un cierre hermético que mejora la conservación del producto en su interior, manteniendo su sabor de una manera más natural.



Ilustración 15: Envases de Alto Vacío. Fuente: Auxiliar Conservera.

4.2. ANTECEDENTES.

La propuesta de mejora que se desarrolla está enfocada al Departamento de Litografía, buscando la optimización y ahorro de tiempos en esta sección.

A continuación, se va a dar una breve explicación de la metodología de trabajo en este departamento.

En primer lugar, desde el departamento de preimpresión se realiza el diseño que posteriormente será litografiado sobre las hojas de hojalata. En preimpresión se encargan de cumplir con la solicitud del cliente, facilitando en la medida de lo posible la labor de los litógrafos en lo que respecta al número de tintas que se van a utilizar, la estandarización de éstas, o si en cambio se trata de colores especiales, fruto de la mezcla de la cuatricromía estándar.

Existen dos líneas de litografía en la empresa y cada línea cuenta con distintos cuerpos de impresión. En cada uno de los cuerpos únicamente se puede introducir una tinta, que plasmará una imagen sobre la hoja de hojalata. Conforme la hoja pase por los distintos cuerpos irá recibiendo distintas tintas, una sobre otra, cuyo resultado final es la imagen previamente diseñada.

Por tanto, una vez ese trabajo de diseño está hecho, pasamos a la línea de producción.



Ilustración 16: Línea de Litografía con 4 Cuerpos. Fuente: Interempresas.

En la línea, los diferentes operarios que trabajan en ella deben tener muchos factores en cuenta antes de empezar a producir en masa. Cada orden de trabajo puede tener unas especificaciones u otras, al igual que las hojas que se van a litografiar son de unas medidas de ancho y largo distintas, o de unos espesores u otros en función de los barnices previos recibidos, o del tipo de material que se trate.

En este ámbito de las medidas es donde se va a ejecutar una propuesta de mejora siguiendo la filosofía Lean Manufacturing.

El arte de litografiar no es como imprimir en la fotocopiadora de casa, sino que hay que realizar distintos ajustes previos para que la producción se parezca lo máximo posible al Plotter. El plotter es el nombre técnico del diseño establecido por preimpresión. Para ajustarlo, se va subiendo y bajando la intensidad de cada color, pudiendo programarla incluso para unas zonas de la hoja dejando otras sin tocar, de la manera más precisa y personalizada posible.

Para cada ajuste, los operarios dejan entrar varias hojas a la máquina, las extraen y las observan minuciosamente, utilizando incluso cuentahílos. Como es de suponer, cada hoja que se ajusta suele convertirse en merma, y la merma es dinero que pierde la empresa. Para agilizar y reducir las pérdidas por merma, los operarios emplean máculas.

Las máculas son hojas litografiadas en trabajos anteriores, que se guardan y se emplean para ser reutilizadas en órdenes de trabajo posteriores para los ajustes de la máquina. Empleando estas hojas de merma, los litógrafos ajustan las tintas sobre hojas reutilizadas. Por ende, la empresa no pierde dinero en todas esas hojas nuevas, que deben ser producto final para el cliente pero que, en ausencia de máculas, se convierten en desperdicio por no cumplir el estándar establecido por el Plotter.

Otro uso de las máculas es para calentar la máquina antes de iniciar la producción en masa. Una vez se ha realizado el ajuste de las tintas, se comienza con la producción de la orden de trabajo, la cual puede ser de un número muy variable de hojas. Cada orden puede estar separada en 2, 3 o X número de paquetes (palés) en función de cuantas hojas lo conformen.

Generalmente, se colocan al comienzo de cada paquete unas 15-20 hojas de mácula, que son las primeras en entrar a los cuerpos de impresión, calentando las distintas baterías de rodillos de los mismos y ahorrando otros problemas que puedan surgir como la suciedad por motas, puesto que se quedarían pegadas en ella. De tal manera, cuando las hojas buenas entran, los rodillos ya están calientes y permiten trabajar a un mayor rendimiento.

4.3. OBJETIVOS.

Como bien se ha comentado previamente, existen numerosos tamaños de hoja. De cada uno de ellos se tienen máculas almacenadas en la fábrica, para recurrirlos cuando sea necesario.

Pese a que los paquetes de máculas, en un comienzo, estaban organizados y estandarizados, con el transcurso del tiempo se han ido desordenando, agotando sin ser repuestos, y también han surgido nuevas medidas que dan lugar a nuevas máculas.

La finalidad de esta propuesta de mejora es optimizar el tiempo de búsqueda del operario. Generalmente, a mitad de producción, el operario marcador de turno abandona su puesto de trabajo para buscar las máculas asociadas a la siguiente orden de trabajo, para posteriormente avisar al carretillero en cuestión y que se las acerque a la cabeza de la línea, retornando el paquete de máculas previo a su lugar.

Aquí está el principal causante del problema. Debido a la carga de trabajo, la falta de espacio o la pérdida de etiquetas identificativas, muchas veces estos paquetes no se colocan en el lugar que les corresponde, haciendo que, pese a que dispongan de una ubicación, no se encuentren ahí.

El operario marcador tiene que perder tiempo en buscarlo por las distintas calles de la fábrica. O el carretillero tiene que perder tiempo buscándole una reubicación a causa de que su espacio original está ocupado por un paquete distinto al que debería.

El objetivo de esta propuesta de mejora es contar con un gran espacio de la fábrica ordenado de la mejor manera posible, haciendo saber a todo el personal implicado donde se encuentran materiales de vital importancia para la producción.

Se abarcarían aquí distintas bases del Lean Manufacturing ya citadas en el punto 3.3. de este trabajo. Estas son:

- ✓ 5S: es su propia definición, que defiende la limpieza y orden en el puesto de trabajo bajo sus 5 pilares. En una primera etapa se ha tenido que organizar informáticamente lo que ya se tenía catalogado junto a todos los nuevos formatos, más tarde se han ordenado entre ellos para almacenarlos de forma segura y práctica. Tras eso, se estandariza para que quede una disposición fija y se crean mapas y etiquetas para mantenerlo así.
- ✓ Kanban: al realizar esta mejora, también se crean etiquetas identificativas individuales para los paquetes de mácula, pero también se diseñan mapas de distribución.
- ✓ 8 Wastes: de sus ocho definiciones, afecta a 5 de ellas.
 - Primero definir movimientos claros de los palés de máculas, evitando andar con ellos por la fábrica arriesgándonos a accidentes innecesarios.
 - Evitar tiempos de espera de máculas en la línea fruto de que el carretillero o el marcador no las encuentran.
 - Movimientos, puesto que el marcador debe desplazarse en búsqueda del paquete de máculas que desee si este no se encuentra en su ubicación.
 - Stocks, se refiere al control de las máculas existentes, para que en caso de que no se dispongan de las mismas en un formato en concreto, se notifique sin dar lugar a tener que gastar hojas buenas innecesariamente.
 - Defectos de producto, o merma producida. Va de la mano con los stocks, puesto que la falta de existencia de máculas te provoca perder material bueno en ajustes. Como se ha explicado previamente, se genera merma innecesaria.

- ✓ Gemba: hay interacción desde los despachos de procesos con los operarios de la línea de trabajo y carretilleros, debatiendo entre ellos en búsqueda de la mejor distribución y el mejor tipo de carteles identificativos para que la visibilidad y el tiempo empleando en llevar a cabo la búsqueda sea mínimo. A su vez, se establece y se comunica entre todos ellos las dimensiones máximas de altura de paquete para que no existan problemas de espacio.

4.4. CRONOLOGÍA DEL PROCESO

Tras hacer el estudio de mejora y plantear las diferentes formas de ejecución, las distintas etapas llevadas a cabo hasta durante su implantación han sido hasta el resultado final han sido:

1. Comprobación de máculas existentes.
2. Creación de un archivo Excel para su catalogación y ordenación.
3. Comunicación con operarios para dar preferencia a aquellos formatos más usados.
4. Primera propuesta de Mapas de Distribución.
5. Creación de etiquetas individuales.
6. Comienzo de una primera puesta de orden.
7. Aparecen nuevos formatos por demanda de la producción a mitad de esta propuesta de mejora, y se encuentran otros formatos ya existentes.
8. Nueva y definitiva propuesta de Mapa de Distribución.
9. Nuevas etiquetas para formatos nuevos y para aquellos afectados por la redistribución.
10. Reorganización de todos los paquetes en base a la propuesta establecida.
11. Entrega de los mapas definitivos al personal implicado.

Asimismo, durante el desarrollo de la recolocación se encontraron formatos repetidos, procediendo en este caso al estudio de cada uno de ellos, seleccionando aquel que contaba con un número de hojas y una calidad de las mismas adecuado. Se refiere a calidad en cuanto a aquellas que no tienen un número excesivo de pases por máquina, o daños por golpes o rayaduras.

Por otro lado, el espesor de los paquetes también se tuvo en cuenta, estableciendo que deben medir tener de altura máxima en torno a un palmo cada uno de ellos. Si se almacenan paquetes de mayor espesor, podrían existir problemas por falta de espacio en la estantería, provocando que los carretilleros dejen los palés en ubicaciones incorrectas, puesto que también tienen otras tareas que hacer.

4.5. ESTADO ANTERIOR.

Se contaba con una estantería formada por 6 columnas y 5 filas, para albergar a un total de 111 paquetes de máculas.



Ilustración 17: Estantería de Máculas con disposición antigua

Dicha organización se realizó mucho tiempo atrás, surgiendo nuevos formatos, pero sin disponer de espacio para ellos. Era necesario un nuevo chequeo y distribución para poder seguir trabajando de forma efectiva.

Muchos de los paquetes eran inexistentes, o se encontraban en ubicaciones erróneas. En cualquier caso, existe cierta información que se podía extraer de estos para realizar la nueva mejora.

4.6. PUESTA EN MARCHA Y EJECUCIÓN.

Gracias al archivo del mapa de máculas antiguo, aún disponible, se pudieron extraer los formatos existentes hasta ese momento. En cambio, habían distribuidos por diferentes lugares de las instalaciones otros bloques de máculas sin catalogar, o con etiquetas de dimensiones, pero sin ningún lugar establecido para su estacionamiento.



Ilustración 20: Algunas de las Máculas desubicadas/descatalogadas

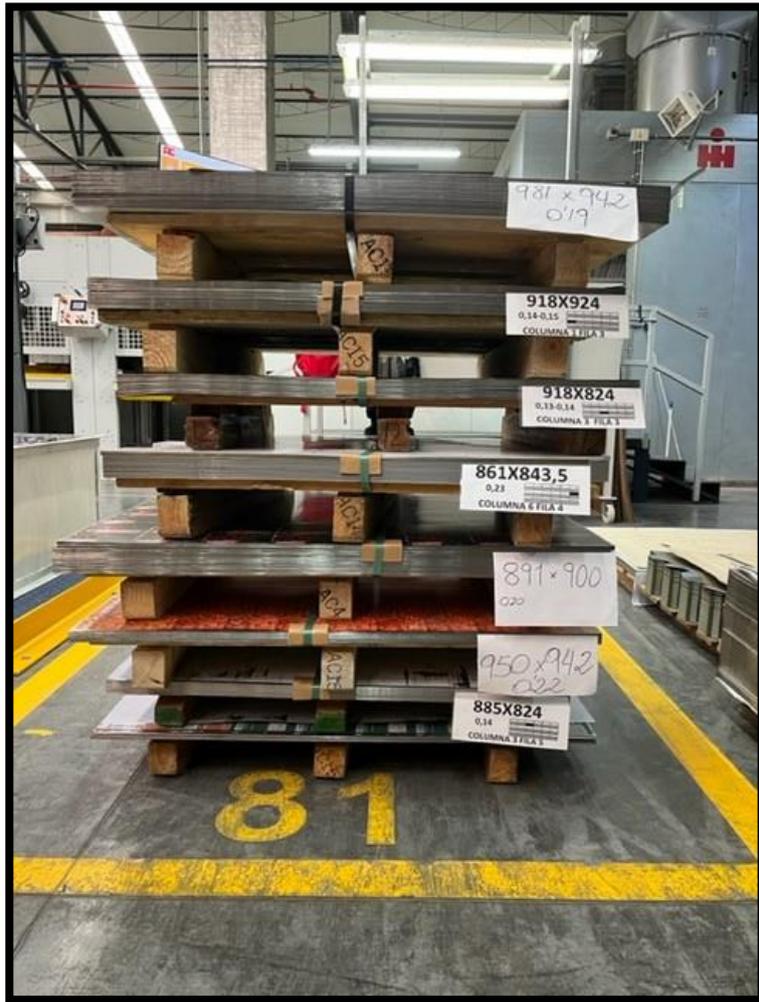


Ilustración 21: Algunas de las Máculas desubicadas/descatalogadas



Ilustración 22: Etiquetas de Máculas nuevas aún sin catalogar

Las medidas del archivo antiguo fueron copiadas, una a una, a un nuevo documento Excel que generó una tabla útil para para comprobar las que existían con respecto a las nuevas generadas, y a su vez, de las existentes, cuales estaban bien organizadas, cuales no, y qué formatos tal vez podían simplificarse.

Un formato se puede simplificar cuando tiene mismas dimensiones y unas diferencias de espesor inferiores a 3 micras.

En la siguiente imagen (*ilustración 23*) se puede observar el proceso de chequeo de todos los formatos existentes, ya impresos en la hoja, y todos los formatos que aparecieron nuevos, apuntados a bolígrafo. Además, aparecen en naranja o sin marcar a color aquellos que están mal ubicados o, directamente, no están. En amarillo aquellos que si se encuentran en sus correspondientes sitios.

0'23 x 865 x 870

0'22 x 963 x 873

C1/2:

F5

- 1 0,15x850x824 C7
- 2 0,14x840x794
- 3 0,20x813x912 C4F2
- 4 0,14x803x924
- 5 0,26x758x973
- 6 0,22x950x924

F4

- 7 0,14x853x933
- 8 0,13-0,14-0,16x850x833
- 9 0,19x864x824
- 10 0,19x860x824
- 11 0,20x880x900
- 12 0,17x880x900
- 13 0,17x905x794
- 14 0,19x901x959

F3

- 15 0,17x905x942 C4F2
- 16 0,17x905x924 C4F3
- 17 0,14-15x918x924
- 18 0,14-0,13x950x989
- 19 0,19x942x822
- 20 0,21x935x983
- 21 0,27x945x900
- 22 0,22x935x950

F2

- 23 0,22x851x885
- 24 0,22x924x942
- 25 0,19x950x982,5
- 26 0,19x950x943,3
- 27 0,22x963x924
- 28 0,17x960x833
- 29 0,27x973x855
- 30 0,23x973x758

F1

- 31 0,24x981x595
- 32 0,19x979x911,4
- 33 0,13-0,15x981x824
- 34 0,17-0,19x981x942 *Ver etiqueta. En frente C4.*
- 35 0,17x989x824
- 36 0,24x981x890
- 37 0,13x941x1057 *(espere 1m en C4)*
- 38 0,16x990x975,4

- 0'25-0'27 x 973 x 740
- 0'13 x 918 x 833
- 0'15 x 836 x 794
- 0'19 x 826 x 942
- 0'20 x 985 x 831
- 0'27 x 984 x 878
- 0'22 x 935 x 874

C3/4:

F5

- 0,14x885x824
- 0,17x858x942 C4F4
- 0,22x851x701
- 0,24x981x977
- 0,17x859x956
- 0,18x880x933 C3F3

F4

- 0,21x833x935 C5F4
- 0,15x805x824
- 0,19x860x824
- 0,15-0,17x858x824
- 0,17x880x861
- 0,22x874x933
- 0,18x880x885,5
- 0,16x870x824

F3

- 0,15-0,17x905x824
- 0,21x900x810 C7
- 0,13-0,14x918x824
- 0,14x918x794
- 0,27x935x776 C4F3
- 0,18x928x887 *Ver etiqueta*
- 0,17x929x794 C5F3
- 0,16x928x924 C4F4

F2

- 0,13x941x794 C4F2
- 0,19x918x942 C5F1
- 0,27x950x900
- 0,22x950x885 C7
- 0,17x956x942 C6F1
- 0,17x956x824 C5F3
- 0,25-0,27x973x755
- 0,23x973x745

F1

- 0,16x978x942 *Ver etiqueta C4F2*
- 0,13-0,15x978x833
- 0,24x981x767
- 0,24x981x705 C5F2
- 0,24x981x876
- 0,24x981x828
- 0,17x989x942 C2F3
- 0,17x989x924

- 0'22 x 840 x 873
- 0'22 x 950 x 942
- 0'19 x 989 x 942
- 0'16 x 990 x 942
- 0'19 x 975 x 924
- 0'20 x 865 x 942
- 0'22 x 890 x 942
- 0'22 x 874 x 859

C5/6:

F5

- 0,18x930x873,7 C6F2
- 0,14x885x924 C3F2
- 0,22x973x805 C5F4
- PRUEBAS ✓
- PRUEBAS ✓
- PRUEBAS ✓

F4

- 0,17-0,18x825x833 C7
- 0,27x800x673
- 0,14x853x924 C7
- 0,14x853x862,9 C2F2
- 0,16x868x824 C7 *etiq. rota*
- 0,23x861x843,5
- 0,15x874x824 C6F1
- 0,14x873x833

F3

- 0,20x891x900 *X2 en frente C4*
- 0,18x880x916,9 *(X2 en C5F2 sin etiq)*
- 0,22x915x873
- 0,14x915x824
- 0,18x880x942
- 0,21x920x924
- 0,13-0,15x927x824
- 0,19x918x924 C6F2 *(0'15-0'18 en C7)*

F2

- 0,19x950x822
- 0,22x950x822
- 0,15x954x824 C5F3
- 0,19x950x989 C7
- 0,22x950x873
- 0,22x970x859 C3 F3
- 0,22x970x885
- 0,22x970x828

F1

- 0,15x978x824
- 0,21x973x924 C6-F2
- 0,24x981x665 C1-F4
- 0,24x981x655 C1-F4
- 0,24x981x644
- 0,24x981x824
- 0,17x983x701 C5F4
- 0,17x989x833

- 0'21 x 985 x 833,5
- 0'19 x 942 x 980
- 0'12 x 0'19 x 981 x 824
- 0'21 x 983 x 924
- 0'27 x 879 x 984
- 0'19 x 853 x 822
- 0'14 x 853 x 833
- 0'22 x 890 x 950

Ilustración 23: Hoja de formatos

El siguiente paso fue completar el Excel con todas las medidas halladas hasta ese momento, ordenándolas de menor a mayor en base a sus medidas de ancho como filtro primario, y de largo como secundario. Después se mantuvo un breve coloquio con el litógrafo para que nos facilitara qué medidas se usan con mayor frecuencia y poder ponerlas así en una posición más accesible. Dichos formatos pueden verse en color verde en la *Tabla 1*. Asimismo, hay que tener en cuenta los formatos más grandes con respecto a los más pequeños para disponerlos de la forma más segura posible, en las alturas más bajas, para evitar riesgos innecesarios.

Se obtiene entonces la siguiente tabla, con los formatos más repetitivos marcados en verde:

MEDIDAS EXISTENTES

Espesor	Ancho	Largo
0,26	758	973
0,27	800	673
0,14	803	924
0,15	805	824
0,20	813	912
0,17-0,18	825	833
0,19	826	942
0,21	833	935
0,15	836	794
0,14	840	794
0,15	850	824
0,13-0,14-0,16	850	833
0,22	851	701
0,22	851	885
0,14	853	862,9
0,14	853	924
0,14	853	933
0,15-0,17	858	824
0,17	858	942

0,17	859	956
0,19	860	824
0,23	861	843,5
0,23	861	870
0,19	864	824
0,20	865	942
0,16	868	824
0,16	870	824
0,14	873	833
0,15	874	824
0,22	874	859
0,22	874	933
0,19	875	924
0,27	879	984
0,17	880	861
0,18	880	885,5
0,20	880	900
0,17	880	900
0,18	880	916,9
0,18	880	933
0,18	880	942
0,14	885	824
0,14	885	924
0,22	890	873
0,22	890	942
0,22	890	950
0,20	891	900
0,21	900	810
0,19	901	959
0,17	905	794
0,15-0,17	905	824
0,17	905	924

0,17	905	942
0,14	915	824
0,22	915	873
0,14	918	794
0,13-0,14	918	824
0,13	918	833
0,14-0,15	918	924
0,19	918	924
0,15-0,17	918	924
0,19	918	942
0,21	920	924
0,22	924	942
0,13-0,15	927	824
0,18	928	887
0,16	928	924
0,17	929	794
0,18	930	873,7
0,27	935	776
0,22	935	874
0,22	935	950
0,21	935	983
0,13	941	794
0,13	941	1057
0,19	942	822
0,19	942	980
0,27	945	900
0,19	950	822
0,22	950	822
0,22	950	873
0,22	950	885
0,27	950	900
0,22	950	924

0,22	950	942
0,19	950	943,3
0,19	950	982,5
0,14-0,13	950	989
0,19	950	989
0,19	953	822
0,14	953	833
0,15	954	824
0,17	956	824
0,17	956	942
0,17	960	833
0,22	963	873
0,22	963	924
0,22	970	828
0,22	970	859
0,22	970	885
0,25-0,27	973	740
0,23	973	745
0,25-0,27	973	755
0,23	973	758
0,22	973	805
0,27	973	855
0,21	973	924
0,15	978	824
0,13-0,15	978	833
0,16	978	942
0,19	979	911,4
0,24	981	595
0,24	981	644
0,24	981	655
0,24	981	665
0,24	981	705

0,24	981	767
0,13-0,15	981	824
0,24	981	824
0,17-0,19	981	824
0,24	981	828
0,24	981	876
0,24	981	890
0,17-0,19	981	942
0,24	981	977
0,17	983	701
0,21	983	924
0,27	984	878
0,20	985	831
0,21	985	833,5
0,17	989	824
0,17	989	833
0,17	989	924
0,17	989	942
0,19	989	942
0,16	990	942
0,16	990	975,4

Tabla 1: Formatos existentes ordenados y clasificados

De igual manera, todos esos formatos se integraron en un primer mapa de distribución, acorde a los estándares previamente definidos. Cabe resaltar que para esta nueva disposición se cuenta con una nueva estantería, que nos amplía el espacio en 5 filas y 2 columnas. Se disponen ahora de 152 espacios en total, para los 136 paquetes encontrados.

Se realizan dos propuestas de distribución, optando finalmente por la segunda de ellas.

Con todo esto, ya teníamos lo necesario para empezar con la puesta en marcha de nuestra mejora en cuanto a la organización de máculas. Procedemos entonces a la creación y diseño de los carteles que se van a instalar en cada uno de los paquetes de estas, además de rediseñar nuevas etiquetas identificativas para las estanterías y columnas.

Se hacen también varias propuestas de todas ellas, dejando la elección en manos de operarios y carretilleros, puesto que serán los que necesiten hacer su trabajo de la forma más rápida y cómoda.

0,13-0,14-0,16	850	833
COLUMNA 2 - FILA 4		
	1	2
5		
4		
3		
2		
1		

Ilustración 26: Formato Propuesto para Etiqueta de Mácula

851 x 701			
ESPESOR:	0,22		
COLUMNA	1	COLUMNA 1	COLUMNA 2
		<small>FILA 5</small>	
		<small>FILA 4</small>	
		<small>FILA 3</small>	
		<small>FILA 2</small>	
		<small>FILA 1</small>	
FILA	5		

Ilustración 27: Formato definitivo de Etiqueta de Máculas



Ilustración 28: Formatos Propuestos para Filas y Columnas

Finalmente, de las etiquetas propuestas para filas y columnas, decidieron que era mejor elección las ya existentes, en fondo amarillo con serigrafía en negro, pero con tamaño de letra mayor, para poder ver mejor, sobre todo, las que se encuentran a mayor altura.

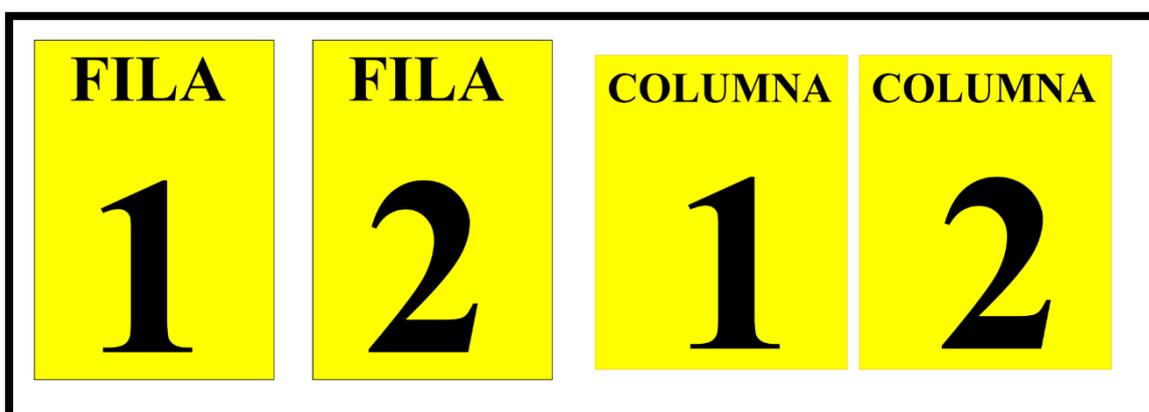
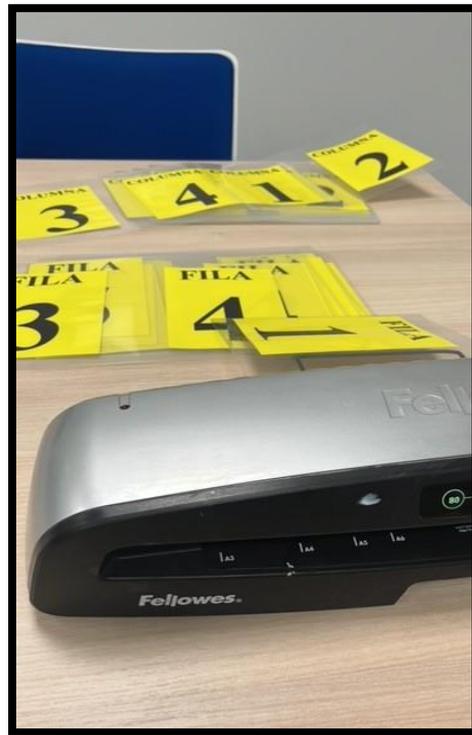


Ilustración 29: Etiquetas de Filas y Columnas definitivas

De las etiquetas de filas y columnas se hicieron las copias necesarias, se recortaron y se plastificaron. De igual manera se hizo con todas las etiquetas de máculas, en un proceso laborioso en cuanto a tiempo, puesto que como bien he dicho anteriormente, eran un total de 136 palés.



Ilustraciones 30 y 31: Plastificación de las Etiquetas de Máculas, Filas-Columnas y Mapas



Ilustración 32: Recorte de Etiquetas individualizada

A continuación, se podía iniciar en la recolocación de las máculas en sus nuevas celdas asignadas, pero para ello era necesario disponer de un carretillero libre y de unas cuantas calles vacías donde ir depositando los paquetes que íbamos retirando y sustituyendo.

Al tratarse de una labor que implicaba íntegramente a terceras personas, se trató de hacer de la forma más rápida y solvente. Primero se vaciaron todos los paquetes de las estanterías, se agruparon junto con aquellos sin catalogar, y se fueron colocando de uno en uno en sus ubicaciones establecidas, colocándoles a la vez sus nuevas etiquetas. Simultáneamente, se iba estableciendo a qué paquetes se les debía reducir su volumen, y de los repetidos, cuales se tiraban y cuales se guardaban.

Durante este periodo surgieron inconvenientes de gran afectación al desarrollo de las tareas: aparecieron nuevos formatos no registrados.

Esto implicaba una nueva reestructuración en algunos de los paquetes a los que ya se les había encontrado un lugar apropiado, junto con hacerles nuevas etiquetas, y tener que encontrar nuevos huecos para los formatos descubiertos.

Se finalizó con la disposición que se estaba haciendo para evitar la pérdida de los paquetes en posibles movimientos de mercancías, pero más tarde hubo que hacer los movimientos pertinentes. Si bien es cierto que la ocupación temporal de la reestructuración fue mucho menor.

Tras ejecutar estos cambios, contábamos con todos los formatos registrados, etiquetados y ajustados por altura a un tamaño que permita almacenarlos en su conjunto. Por otro lado, teníamos las nuevas etiquetas de filas y columnas listas para ser instaladas, y de igual manera, los mapas finales.

De forma añadida, se creó un archivo con el diseño de los carteles, a modo plantilla, para los formatos que puedan ir surgiendo. Se dejó indicado en ese mismo documento los tamaños de letra máximos que pueden emplearse en cada recuadro, puesto que un tamaño superior imprimirá esa celda en blanco.

También se respetaron dos huecos enteros, solicitados por el Departamento de Preimpresión, para que puedan almacenar las planchas, necesarias posteriormente para poder plasmar los diseños sobre la hojalata en las líneas de litografía.

Se procedió a repartir al personal implicado las nuevas disposiciones, pidiéndoles implicación en que el orden se mantenga respetando los sitios asignados.

Como medida restrictiva para futuros problemas, también se ha puesto a disposición de carretilleros una calle únicamente dedicada a aquellos paquetes que sean de nuevo formato, o que no tengan espacio suficiente para ser depositados en su estantería.

5. CONCLUSIONES

Con el fin de mejorar la satisfacción del cliente y la productividad, muchas empresas optan por gestionar sus procesos siguiendo la metodología Lean Management. En este trabajo se han expuesto las principales técnicas empleadas en la filosofía Lean y se ha desarrollado un caso práctico en una empresa industrial en el que se aplican algunas de ellas. En concreto, se ha abarcado el problema de la optimización y ahorro de tiempos en el departamento de Litografía, aplicando las siguientes bases de Lean: Aplicando 5S, Kanban, 8 Wastes (8 desperdicios) y Gemba.

Después de un largo trabajo de búsqueda, registro y catalogación de máculas, junto a un gran esfuerzo de todo el personal implicado, dedicándole horas de su trabajo, se espera que esta propuesta cumpla con el objetivo descrito: facilitar, agilizar y optimizar los tiempos y la producción de las líneas de litografía.

Como se ha descrito en el capítulo 3, muchas de las bases del Lean Manufacturing defienden el desarrollo y la mejora de la producción mediante la aplicación de pequeños cambios en la metodología de trabajo, todo ello bajo ningún, o al menos el menor costo de inversión posible.

Aquí, pese a que contábamos con tres estanterías, esto no era suficiente y fue necesaria la instalación de una nueva, cuya inversión (al tratarse de un elemento industrial con gran capacidad de almacenaje, de unos 3500kg por estante), es de aproximadamente 1800€. En cambio, se ha puesto solución a un problema que estaba surgiendo para el almacenamiento de las máculas.

Poniendo fin a este problema logístico no solo ganan en el departamento de litografía, teniendo todo organizado y controlado, sino que también lo hace el resto de personal de la fábrica, puesto que dispondrán de mayor orden en las calles y espacios muertos liberados, que previamente se veían ocupados por paquetes de máculas sin organizar.

Por otro lado, también se ha mejorado la seguridad, principalmente en dos ámbitos:

1. Se han organizado las máculas, acorde a los formatos más usados, pero asimismo acorde a sus dimensiones, apilando tanto los palés de mayor tamaño, como los palés de medidas que quedaban menos proporcionadas, entre sí, en alturas cercanas al suelo dentro de las propias estanterías.

2. Se ha evitado tener columnas de demasiada altura al sumar numerosos paquetes, estacionadas en medio de cualquier pasillo, sin existir entre ellas un orden de colocación por tamaños. Esto puede desembocar en un accidente en caso de que caigan al suelo.

En las siguientes imágenes se resumen los cambios realizados.



Ilustración 33: Estantería nueva con la Nueva disposición



Ilustración 34: Etiquetas de la Estantería Nueva



Ilustración 35: Estantería vigente reestructurada



Ilustración 36: Etiquetas de la Estantería vigente

	COLUMNA 1			COLUMNA 2			COLUMNA 3			COLUMNA 4			COLUMNA 5			COLUMNA 6		
FILA 5	0,19	875	924	0,19	901	959	0,25-0,27	973	740	0,14	853	833	0,27	800	673	0,17	958	942
	0,22	874	933	0,14	885	924	0,23	973	745	0,15	805	824	0,19	950	980	0,19	901	910,2
	0,18	880	933	0,22	890	950	0,25-0,27	973	755	0,17-0,18	825	833	0,19	950	969	0,22	963	924
FILA 4	0,14	853	924	0,15-0,17	858	824	0,15	874	824	0,20	865	942	0,17	880	861	0,17	905	794
	0,14	853	933	0,19	860	824	0,18	880	916,9	0,18	880	942	0,18	880	885,5	0,15-0,17	905	824
	0,17	858	942	0,16	868	824	0,14	885	824	0,22	890	942	0,20	880	900	0,17	905	924
FILA 3	0,17	859	956	0,16	870	824	0,21	900	810	0,27	879	984	0,17	880	900	0,17	905	942
	0,14	915	824	0,22	915	873	0,13-0,15	927	824	0,22	950	942	0,22	950	873	0,19	953	822
	0,13	918	833	0,14-0,15	918	924	0,18	928	887	0,19	950	982,5	0,22	950	885	0,14	953	833
	0,14	918	794	0,17-0,19	918	924	0,18	930	873,7	0,14-0,13	950	989	0,27	950	900	0,17	960	833
FILA 2	0,13-0,14	918	824	0,21	920	924	0,22	935	874	0,19	950	989	0,22	950	924	0,22	963	873
	0,22	970	828	0,21	973	740	0,24	981	595	0,24	981	828	0,24	981	644	0,13-0,15	981	824
	0,22	970	859	0,22	973	805	0,24	981	767	0,24	981	876	0,24	981	655	0,24	981	824
	0,22	970	885	0,27	973	855	0,19	979	911,4	0,24	981	890	0,24	981	665	0,17-0,19	981	824
FILA 1	0,25	973	854	0,21	973	924	0,16	978	942	0,24	981	977	0,24	981	705	0,17-0,19	981	942
	0,17	956	942	0,19	950	822	0,13	941	794	0,17	983	701	0,21	985	833,5	0,17	989	942
	0,19	942	822	0,22	950	822	0,23	973	758	0,21	983	924	0,17	989	824	0,19	989	942
	0,19	950	943,3	0,15	954	824	0,15	978	824	0,27	984	878	0,17	989	833	0,16	990	942
	0,13	941	1057	0,17	956	824	0,13-0,15	978	833	0,20	985	831	0,17	989	924	0,16	990	975,4

	COLUMNA 1			COLUMNA 2		
FILA 5	0,15	836	794	0,19-0,21	983	878
	0,22	851	701	0,17	929	794
	0,19	864	824	0,27	935	776
FILA 4	0,14	853	862,9	0,22	874	859
	0,23	861	843,5	0,14	873	833
	0,23	861	870	0,22	890	873
FILA 3	0,22	851	885	0,13-0,14-0,16	850	833
	0,20	891	900	0,22	924	942
	0,19	918	942	0,22	935	950
	0,16	928	924	0,21	935	983
FILA 2	0,27	945	900	0,19	942	980
	0,20	813	912	0,26	758	973
	0,21	850	942	0,14	803	924
	0,14	840	794	0,19	826	942
FILA 1	0,15	850	824	0,21	833	935
		PLANCHAS PREIMPRESIÓN			PLANCHAS PREIMPRESIÓN	

Ilustración 37: Mapas definitivos de Distribución

6. BIBLIOGRAFÍA

- Andújar, B. (2022). *¿Qué es la fabricación aditiva?* Mizar Additive.
<https://mizaradditive.com/que-es-fabricacion-aditiva/>
- Belén, V. S. (2022). *Cuarta Revolución Industrial*. Economipedia.
<https://economipedia.com/definiciones/cuarta-revolucion-industrial.html>
- Digitè (2021). *¿Qué Es Kanban? Una Descripción General Del Método Kanban*.
<https://www.digite.com/es/kanban/que-es-kanban/>
- Escuela de Postgrado Industrial. (2021). *Procesos industriales: ¿qué son y cuántos tipos existen?*.
<https://postgradoindustrial.com/procesos-industriales-que-son-y-cuantos-tipos-existen/>
- Gómez, M. F. (2015). *Lean Manufacturing En Español: Cómo eliminar desperdicios e incrementar ganancias*. Editorial Imagen.
- Guerrero, M. (2016). *KPI y métricas en Lean Manufacturing*. Kaizen, Mejora Continua.
<https://manuelguerrerocano.com/kpi-metricas-lean-manufacturing/>
- Guerrero, V. (2019). *¿Qué es six sigma? – Lean Solutions*. Lean Solutions.
<http://leansolutions.co/que-es-six-sigma/>
- Kanbanize (2022). *Kanban Online para Gestión de Proyectos Lean*. Kanban Software for Agile Project Management. <https://kanbanize.com/es>
- Lean, P. (2019). *Origen y evolución del lean manufacturing*. Progressa Lean.
<https://www.progressalean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/>
- LeanSis. (2010). *Excelencia en las operaciones: La Mejora Continua*. Proto Tipo.
- Liker, J. K., & Franz, J. K. (2020). *El modelo Toyota para la mejora continua: Conectando la estrategia y la excelencia operativa para lograr el mejor rendimiento*. Profit Editorial.
- Máxima Uriarte, J. (2012). *Segunda Revolución Industrial: resumen y características*.
<https://www.caracteristicas.co/segunda-revolucion-industrial/>

Production Tools. (2021). Zona de picking y de preparación.
<https://productiontools.es/lean/desperdicios-en-el-lean-manufacturing/>

Ramírez, L. (2022). ¿Qué es el Lean Manufacturing o producción ajustada? Thinking for Innovation. <https://www.iebschool.com/blog/que-es-lean-manufacturing-negocios-internacionales/#:%7E:text=El%20Lean%20Manufacturing%20naci%C3%B3%20en,peque%C3%B1os%20y%20de%20bajo%20coste.>

Réquillard, M. (2020). ¿Cómo realizar un proyecto 5S?: Metodología paso a paso, consejos y trucos, caja de herramientas para empezar (Spanish Edition). Independently published.

Rodríguez, A. E. G. (2012). Apuntes sobre la actividad industrial y su evolución – Sapientiae Lux. Edugoro. <https://www.edugoro.org/blog/apuntes-sobre-la-actividad-industrial-y-su-evolucion/>

Socconini, L. V. (2019). Lean Manufacturing. Paso a paso. Marge Books.

Vieira, D. (2021). Diagrama Ishikawa: conoce qué es y cómo te ayudará a identificar y resolver problemas en tu negocio. Rock Content - ES. <https://rockcontent.com/es/blog/que-es-diagrama-de-ishikawa/>

➤ Bibliografía fotográfica:

Arrizabalaga Uriarte. (2013, 15 junio). [Ilustración].
<https://arrizabalagauriarte.com/wp-content/uploads/2017/11/2013-06-alr-sistema-para-calidad-six-sigma.jpg>

Auxiliar Conservera, S.A. (2022). [Captura de Pantalla].
<https://www.auxiliarconservera.es/envase-alto-vacio/>

Cofides. (2013, 23 julio). [Ilustración].
<https://www.cofides.es/sites/default/files/img/2013-07/382-3.jpg>

Design Thinking. (2021). [Ilustración].

<https://designthinkingespaña.com/wp-content/uploads/2018/07/Diagrama-Ishikawa-.jpg>

Dominio-Printing. (2021, 28 mayo). [Ilustración].

<https://www.dominio-printing.com/image-library/blog/UK/2021/Lean-Blog/8-Wastes-1200x627-LinkedInESP.x7cd1a078.png>

Idia. (2017, 25 abril). [Ilustración].

http://www.idia.es/wp-content/uploads/2016/03/Evolucion-Industria-hasta-4_0.png

Imgur. (2011, 16 abril). [Ilustración].

<https://i.imgur.com/srcgD0t.png>

Interempresas. (2019). [Ilustración].

<http://img.interempresas.net/FotosArtProductos/P47623.jpg>

ITService. (2020, 11 agosto). [Ilustración].

<https://itservice.com.co/wp-content/uploads/sistema-kanban.jpg>

Izaro. (2020, 9 noviembre). [Ilustración].

https://www.izaro.com/files/contenidos/1604737241_5g.jpg

LeanSIS. (2019, 29 enero). [Ilustración].

<https://leansisproductividad.com/wp-content/uploads/2021/01/kaizen-mejora-continua.jpg>

Pinimg. (2017). [Ilustración].

<https://i.pinimg.com/originals/6e/b3/3e/6eb33e129fb1dd39fde51b1976c44c3b.png>

TCMetrología. (2019). [Ilustración].

https://www.tcmetrologia.com/content/uploads/2018/08/5S_methodology.jpg

Treitus. (2019, 2 agosto). [Ilustración].

https://treitus.com/blog/wp-content/uploads/2019/08/industry-3225119_640.jpg

Wixstatic. (2018, 11 octubre). [Ilustración].

https://static.wixstatic.com/media/5b7cd2_020440c6295f42609d3d57b05983a575.jpg/v1/fill/w_597,h_257,al_c,q_80/5b7cd2_020440c6295f42609d3d57b05983a575.webp