



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**Implementación de la metodología Lean
Manufacturing en un taller de
mecanizados y calderería**

Autor:

Blasco Burgos, Daniel

Tutor:

**Santos Martín, Francisco Javier
Área de Ingeniería de los
Procesos de Fabricación**

Valladolid, septiembre de 2020.

RESUMEN

Este trabajo fin de grado es fruto de la realización de unas prácticas en una pequeña empresa de fabricación de estructuras metálicas y mecanizados. El trabajo propone la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la producción reduciendo despilfarros y actividades que no añadan valor al producto.

Para la búsqueda de soluciones nos apoyaremos en la metodología Lean Manufacturing para la mejora de tiempos y costes en sus procesos. Esta filosofía demuestra que, con técnicas sencillas, se pueden obtener resultados muy satisfactorios. A pesar de que esta metodología va aplicada a grandes empresas, en este estudio comprenderemos que también se puede aplicar a pequeñas empresas.

PALABRAS CLAVE

- Herramientas Lean
- Despilfarro
- Fabricación
- Flujo de material
- Disposición en planta

ABSTRACT

The aim of this project, which started during an internship in a small manufacturer of metal structures and machining, is the pursuit of possible solutions to the industry problems, such as reducing waste and deleting activities which did not add value to the product.

In order to look for possible solutions, this project will support itself in the Lean Manufacturing technique, improving the timing and reducing costs. This philosophy proves that, with some simple techniques, it is possible to reach satisfying results. Despite this technique is normally applied in big manufacturers, in this project we will prove that exists the possibility of applying it in small companies.

KEYWORDS

- Lean tools
- Waste
- Manufacture
- Material flow
- Lay-out

ÍNDICE

RESUMEN	3
PALABRAS CLAVE	3
ABSTRACT	4
KEYWORDS	4
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	12
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	12
1.2. OBJETIVOS	12
1.3. LABORES DESEMPEÑADAS DURANTE EL PERÍODO DE PRÁCTICAS ..	13
1.4. SUMARIO	14
2. ESTADO DEL ARTE: INTRODUCCIÓN AL LEAN MANUFACTURING	15
2.1. HISTORIA Y ORÍGENES	15
2.2. PRINCIPIOS LEAN	18
2.2.1. Etapas del Lean Manufacturing	19
2.2.1.1. Definir el valor	19
2.2.1.2. Identificar el flujo de valor	19
2.2.1.3. Flujo continuo y equilibrado	22
2.2.1.4. Sistema PULL	23
2.2.1.5. Mejora continua (Kaizen)	24
2.3. SISTEMA DE PRODUCCIÓN TPS	26
2.3.1. Cimientos del TPS	27
2.3.1.1. Filosofía Toyota	27
2.3.1.2. Estabilidad	27
2.3.1.3. Heijunka (Nivelación de la producción)	28
2.3.1.4. Estandarización	31
2.3.2. Pilares del TPS	31
2.3.2.1. Just In Time (JIT)	32
2.3.2.2. Jidoka	34
2.3.3. Techo del TPS	35
2.4. UNIDADES ELEMENTALES DE TRABAJO (UET'S)	36

2.4.1.	Estructura de las UET´s.....	36
2.4.1.1.	El “rol” del líder de la UET	37
2.4.2.	Etapas de una UET	38
2.4.3.	Ciclo PDCA	38
2.5.	LAS HERRAMIENTAS DEL LEAN MANUFACTURING.....	41
2.5.1.	5S	42
2.5.1.1.	SEIRI (Clasificación y descarte).....	43
2.5.1.2.	SEITON (Organización).....	44
2.5.1.3.	SEISO (Limpieza).....	45
2.5.1.4.	SEIKETSU (Estandarización)	46
2.5.1.5.	SHITSUKE (Disciplina)	48
2.5.2.	SMED (Single Minute Exchange of Dies).....	49
2.5.2.1.	Principios del SMED.....	49
2.5.2.2.	Procedimiento del SMED.....	50
2.5.3.	Sistema KANBAN.....	53
2.5.3.1.	Tarjetas (Kanban)	54
2.5.3.2.	Contenedores.....	55
2.5.3.3.	Buzones Kanban.....	56
2.5.3.4.	Requisitos del sistema Kanban	57
2.5.3.5.	Funcionamiento y ejecución del sistema Kanban.....	57
2.5.3.6.	Reglas del sistema Kanban	62
2.5.4.	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	62
2.5.5.	SOIKUFU (Recogida de ideas)	64
3.	OBJETO DE ESTUDIO: LA EMPRESA	66
3.1.	HISTORIA Y DEDICACIÓN DE LA EMPRESA	66
3.2.	PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LA EMPRESA.....	67
3.3.	ESTRUCTURA DE LA EMPRESA.....	67
3.3.1.	Administración.....	68
3.3.2.	Ingeniería	68
3.3.3.	Taller	69
3.4.	DISPOSICIÓN EN PLANTA DE LA EMPRESA	69
3.4.1.	Nave 1.....	70
3.4.2.	Nave 2.....	72

3.4.3.	Nave 3.....	74
3.4.4.	Patio	75
3.4.5.	Plano general del taller.....	76
3.5.	CONCLUSIONES DEL OBJETO DE ESTUDIO	76
4.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN AL TALLER.....	77
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	77
4.2.	SITUACIÓN INICIAL.....	78
4.2.1.	Mano de obra directa.....	78
4.2.2.	Cadena de fabricación.....	79
4.2.3.	Puestos de trabajo	80
4.2.3.1.	Puesto de soldadura.....	80
4.2.3.2.	Zona de mecanizados	81
4.2.3.3.	Puesto de pintura	81
4.2.3.4.	Zona de montaje	82
4.2.3.5.	Otros puestos.....	83
4.3.	OBJETIVOS.....	83
4.3.1.	Reducción de stocks.....	83
4.3.2.	Cambio de disposición en planta en el taller	84
4.3.3.	Diferenciar el tránsito de personas y carretillas	84
4.3.4.	Mejora de puestos de trabajo	85
4.3.5.	Implantación del sistema Kanban	85
4.4.	ACTUACIONES IMPLANTADAS EN LA EMPRESA	85
4.4.1.	Actuaciones en stocks y materiales.....	86
4.4.2.	Actuación en la distribución en planta	87
4.4.3.	Actuación en el tránsito de peatones y carretillas o elementos de transporte dentro del taller.	90
4.4.4.	Actuación en los puestos de trabajo.....	91
4.4.5.	Actuación en el flujo de material mediante Kanban	92
4.4.5.1.	Buzones.....	92
4.4.5.2.	Kanban de fabricación	93
4.4.5.3.	Kanban de transporte	95
4.4.5.4.	Contenedores	96
4.4.5.5.	Carretilleros y encargados de transportes.....	97

4.5.	CONCLUSIONES DE LA APLICACIÓN LEAN EN LA EMPRESA	98
5.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	99
5.1.	RECURSOS UTILIZADOS	99
5.2.	COSTES DEL PROYECTO.....	99
5.2.1.	Costes directos.....	99
5.2.1.1.	Costes de personal	99
5.2.1.2.	Coste de material amortizable.....	101
5.2.1.3.	Coste de material no amortizable.....	103
5.2.1.4.	Costes directos totales.....	103
5.2.2.	Costes indirectos.....	104
5.3.	COSTE TOTAL DEL PROYECTO	105
6.	RESULTADOS.....	107
6.1.	RESULTADOS DE LA REDUCCIÓN DE STOCKS Y DEL CONTROL DE MATERIAL.....	107
6.2.	RESULTADOS DEL CAMBIO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	108
6.3.	RESULTADOS DEL CAMBIO DE CIRCULACIÓN DE PERSONAS Y MATERIAL.....	110
6.4.	RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LAS 5S EN LOS PUESTOS DE TRABAJO.....	110
6.5.	RESULTADOS DEL CONTROL DE FLUJO DE MATERIAL MEDIANTE EL SISTEMA KANBAN	111
7.	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	112
7.1.	CONCLUSIONES.....	112
7.2.	LÍNEAS FUTURAS	113
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	114
8.1.	Referencias primarias	114
8.2.	Referencias obtenidas a través Web (última consulta: 03/09/2020) 115	
	ANEXO 1: DISPOSICIÓN EN PLANTA.....	116
	ANEXO 2: CAMBIO DE LAY-OUT.....	117
	ANEXO 3: CAMBIO DE LIMITACIONES DEL TRÁNSITO DEL TALLER.....	118

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 2.1. Esquema de la evolución del Lean Manufacturing en la década de los 70	16
Imagen 2.2. (izquierda) Taiichi Ohno, promotor del concepto JIT	17
Imagen 2.3. (derecha) Toyota Corolla, uno de los grandes éxitos de Toyota en toda su historia.....	17
Imagen 2.4. Esquema sobre el concepto Lean Manufacturing.....	18
Imagen 2.5. Representación de los 7 despilfarros en una empresa.....	22
Imagen 2.6. Línea de flujo en forma de “U”	23
Imagen 2.7. Gráfica comparativa entre Kaizen y Kaikaku	24
Imagen 2.8. Casa del TPS.	26
Imagen 2.9. Transformación a líneas en forma de “U”.....	29
Imagen 2.10. Esquema de los Cinco Ceros.	33
Imagen 2.11. Estructura de una UET.	37
Imagen 2.12. Ciclo PDCA.....	39
Imagen 2.13. Escalera de las 5S japonesas.....	42
Imagen 2.14. Puesta en práctica del SEIRI	44
Imagen 2.15. Ejemplo de aplicar la limpieza en un puesto de trabajo.	46
Imagen 2.16. Ejemplo del “colour management” en una fábrica.....	47
Imagen 2.17. Esquema del sistema PULL, impulsado por el consumo.....	54
Imagen 2.18. Ejemplo de una Kanban.....	54
Imagen 2.19. Algunos tipos de contenedores.	56
Imagen 2.20. Algunos ejemplos de buzones	56
Imagen 2.21. Situación inicial del Kanban	58
Imagen 2.22. Paso 1 del Kanban	58
Imagen 2.23. Paso 2 del Kanban.....	59
Imagen 2.24. Paso 3 del Kanban.	59
Imagen 2.25. Paso 4 del Kanban.....	60
Imagen 2.26. Paso 5 del Kanban.....	60
Imagen 2.27. Paso 6 del Kanban	61
Imagen 2.28. Paso 7 del Kanban.....	61
Imagen 2.29. Vuelta al inicio del Kanban.....	62
Imagen 3.1. Ubicación de la empresa.....	66
Imagen 3.2. Esquema de la estructura de la empresa.....	68
Imagen 3.3. Vista de “pájaro” de las naves de la empresa.....	69
Imagen 3.4. Fotografía de la Nave 1.	70
Imagen 3.5. Vista panorámica de la Nave 2.....	73
Imagen 3.6. Fotografía de la Nave 3.	74
Imagen 3.7. Fotografía del Patio.....	75

Imagen 4.1. Uno de los puestos de soldadura del taller.	80
Imagen 4.2. Zona de mecanizados	81
Imagen 4.3. Puesto de pintura.	82
Imagen 4.4. Zona de montaje	82
Imagen 4.5. A la izquierda, situación inicial. A la derecha, eliminación de las estanterías de stock.	88
Imagen 4.6. A la izquierda, situación inicial. A la derecha, nueva posición de los perfiles estructurales, junto al material de llegada.	88
Imagen 4.7. A la izquierda, situación inicial. A la derecha, nueva posición de la plegadora y la cizalla.	89
Imagen 4.8. A la izquierda, situación inicial. A la derecha, nuevo lugar para almacenar los productos terminados.	89
Imagen 4.9. Modelo de la valla de protección.	90
Imagen 4.10. Ejemplo de viñeta de un puesto de soldadura.	92
Imagen 6.1. Cartel de señalización colocado por diferentes partes en la empresa.	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Hoja de cálculo para la reserva de perfiles metálicos.....	87
Tabla 4.2. Kanban de fabricación.....	94
Tabla 4.3. Kanban de transporte.....	96
Tabla 5.1: Días útiles al año.....	100
Tabla 5.2: Coste total de un trabajador en un año.....	100
Tabla 5.3: horas empleadas en la realización del proyecto	101
Tabla 5.4: Costes amortizables del proyecto	102
Tabla 5.5: Costes no amortizables	103
Tabla 5.6: Costes directos totales	103
Tabla 5.7: Costes indirectos del proyecto	104
Tabla 5.8: Coste total del proyecto	105
Tabla 6.1. Resultados del espacio conseguido por los puestos afectados..	108
Tabla 6.2. Resultados sobre la reducción de distancias entre puestos	109

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 5.1. Costes directos totales	104
Gráfica 5.2. Costes indirectos totales	105
Gráfica 5.3. Costes totales del proyecto.	106

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto ha sido realizado durante la realización de prácticas curriculares y extracurriculares en una empresa del sector de fabricación de calderería, mecanizado de piezas, estructuras metálicas y otros componentes. Este sector se caracteriza por la importancia de técnicas de control, del mantenimiento de la producción y de la mejora continua. Además de esto, toda empresa busca reducir tiempos y costes de producción para mejorar la eficiencia y economía de su negocio.

Debido a la gran demanda y a la competitividad del sector, estas empresas deben innovar en los procesos de gestión para conseguir adelantarse a las otras empresas. Las empresas de referencia serán aquellas que eliminen defectos y desperdicios y que no tengan ningún retraso de entregas con sus clientes.

Para llevar a cabo este proyecto, se hará empleo de técnicas y herramientas de la metodología Lean Manufacturing. Este tipo de implantaciones no son tareas fáciles, debido a que conllevan muchos cambios de mentalidad de los empleados y cambios físicos en una empresa.

En este proyecto, se pretende demostrar que con técnicas sencillas se pueden lograr grandes resultados, pero siempre con un apoyo total de la empresa. Una vez aplicado, este sistema será atractivo para todos, ya que, además de reducir tiempos y costes, se renueva y mejora el entorno de trabajo.

1.2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto consiste en mejorar los tiempos, los costes y los puestos de trabajo analizando sus procesos para poder optimizarlos. Esta empresa consiste en un taller de mecanizados y calderería, por lo que el estudio irá enfocado a todos los departamentos que enfocan al producto.

Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Estudio de la metodología Lean Manufacturing para seleccionar las herramientas que pueden servir a la pequeña empresa analizada, observando ejemplos en otras empresas o industrias.

2. Conocimiento y toma de contacto con la empresa, para conocer cómo trabaja.
3. Investigación de puntos a mejorar.
4. Aplicaciones de las técnicas de la metodología a los diferentes puntos a mejorar.
5. Obtención de resultados y conclusiones de la implementación.

Estos objetivos, pretenden conseguir el objetivo principal, añadiendo la importante misión de implicar a todos los trabajadores para conseguir los mejores resultados posibles.

Se puede observar en los últimos años el gran auge del Lean Manufacturing, con el que las empresas han podido ser más competitivas gracias a la observación de procesos y a la implantación de sus técnicas, dado que son sencillas y no necesitan grandes recursos para llevarlas a cabo. Todo esto es lo que se demostrará en este proyecto, además de corroborar que esta metodología es aplicable tanto a grandes empresas como a pequeñas empresas.

1.3. LABORES DESEMPEÑADAS DURANTE EL PERÍODO DE PRÁCTICAS

Durante las prácticas en Talleres Pehima S.L., que es la empresa en la que se ha desarrollado el proyecto, se basaban en los siguientes trabajos:

- Trabajos en oficina técnica, desarrollando y planificando proyectos de diseño mecánico, líneas de manutención y estructuras.
- Planificación y seguimiento de procesos de fabricación en taller.
- Supervisión de obras en instalaciones de clientes.
- Mediciones y recogida de datos en instalaciones de clientes.

Además de estos trabajos, durante la estancia de prácticas hemos recogido datos importantes y relevantes para la elaboración de este proyecto. También, hemos tenido bastante contacto con operarios de la empresa para tener diferentes puntos de vista y sugerencias que puedan tener. Con esto, podemos conseguir que a los empleados se les tenga en cuenta a la hora de implementar un sistema que puede beneficiar a todos.

1.4. SUMARIO

Este documento está estructurado de la siguiente forma:

- En el Capítulo 1, se expone la justificación del proyecto para servir de introducción a la lectura del proyecto y poner en situación al lector de los temas a abarcar.
- En el Capítulo 2, se describe la metodología Lean Manufacturing, incluyendo sus orígenes, principios, estructura y técnicas y herramientas que se utilizarán en la implantación en la empresa.
- En el capítulo 3, detalla información de la empresa como objeto de estudio, comentando su dedicación, su organización interna y sus procesos de fabricación.
- En el capítulo 4, consistirá en la aplicación de la metodología Lean en el taller de la empresa, localizando los puntos donde se debe prestar más atención y los desperdicios presentes, analizar esos puntos y ver cómo poder mejorarlos y actuando sobre ellos.
- En el capítulo 5, se hará una valoración de los recursos utilizados y los costes del proyecto.
- Por último, en el capítulo 6 se mostrarán los resultados obtenidos a partir de las modificaciones y en el capítulo 7 se concluirá el proyecto.

2. ESTADO DEL ARTE: INTRODUCCIÓN AL LEAN MANUFACTURING

El Lean Manufacturing (producción ajustada) es un tipo de método de organización que se centra en la mejora continua y en optimizar el sistema de producción reduciendo actividades que no generan ningún tipo de valor al producto al proceso de producción.

El principal objetivo de esta metodología es minimizar pérdidas de producción y evitar el despilfarro, es decir, utilizar recursos que sean los más imprescindibles, mejorando la calidad y reduciendo costes de producción.

2.1. HISTORIA Y ORÍGENES

Durante los años 70, el entorno económico de la sociedad sufre cambios importantes. En plena fase de globalización, la industria tuvo que reinventarse debido al encarecimiento de factores y al desarrollo de nuevas tecnologías.

En el mercado de bienes y servicios, toma la palabra el cliente, ya que es el que estimula la demanda de productos. Debido a la alta competencia entre empresas y al desarrollo tecnológico, los productos van evolucionando más rápido, provocando una aceleración de la obsolescencia de los productos y unos ciclos de vida más cortos.

Por tanto, las empresas empezaron a tener nuevas prioridades competitivas:

- Coste, impulsado por la alta demanda
- Plazos, calidad y servicios, impulsado por el consumidor
- Flexibilidad
- Innovación

Todo esto hizo que se impulsara nuevas metodologías de trabajo, como el Lean manufacturing. Incluso llegaron a fomentarla gobiernos a empresas debido a la crisis del petróleo en 1973.

En la *imagen 2.1*. se puede ver una esquematización de la impulsión del Lean Manufacturing en la década de los 70.

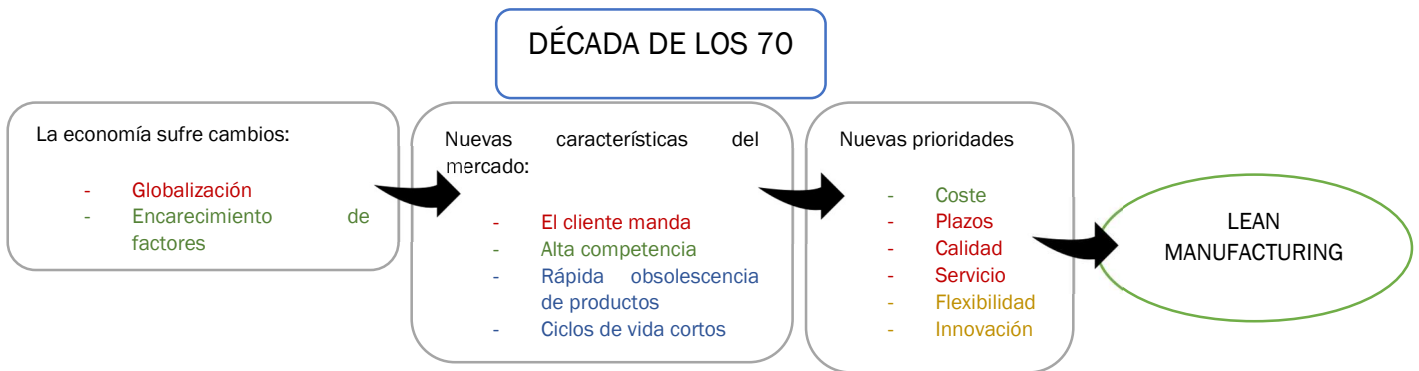


Imagen 2.1. Esquema de la evolución del Lean Manufacturing en la década de los 70

Para explicar los orígenes del Lean Manufacturing hay que irse a la década de los 50 en Japón, justo después de la Segunda Guerra Mundial (1945).

Tras la Segunda Guerra Mundial, Japón entra en una gran depresión. Se produce una escasez de recursos tales como materias primas, recursos de espacio y financieros. Por aquel entonces, la primera potencia mundial era Estados Unidos. La economía norteamericana se basaba en la producción a gran escala, es decir, producía más de lo que la demanda le pedía. Sin embargo, en Japón la demanda era muy pequeña y solo se recibían pequeños pedidos. Esto ocasionaba una gran diversidad, y haciendo que Japón no fuera competitiva ni con Estados Unidos, ni con el resto de los países con el mismo modelo.

Por aquel entonces, en Japón se encontraba Toyota Motor Company (en la *imagen 2.3.* se puede apreciar uno de sus modelos más exitosos), una de las empresas más importantes de este país. Fundada en 1933 cuando un fabricante de telares creó una división de fabricación de automóviles dirigida por Kiichiro Toyoda, hijo del fundador Sakichi Toyoda.

Durante la postguerra en Japón, el mercado de la automoción se parecía al del mercado global moderno. La competencia de los productos occidentales, sobre todo americanos, los elevados precios debido a la escasez de recursos, y el mercado pequeño nipón originado por la diversidad de la demanda, hizo que Toyota se replanteara la metodología de producción.

Fue entonces Taiichi Ohno (*imagen 2.2.*), director por aquel entonces de Toyota, desarrollara un sistema de gestión de producción basado en el concepto Just In Time (“lo que el mercado demanda cuando el mercado lo demanda”), es decir, producir justo lo que la demanda diga.

En la década de los 70 y en plena crisis del petróleo, este sistema demuestra la ventaja competitiva del nuevo modelo de producción, debido a que los productos japoneses, especialmente automóviles y productos electrónicos invaden el mercado mundial, ya que compiten en calidad y precio. Esto hace que se estudie en Occidente las causas del éxito nipón y pronto se empezó a hablar en Occidente del TPS (Sistema de producción Toyota) como modelo de gestión de la producción en todas las empresas del mundo.



*Imagen 2.2. (izquierda) Taiichi Ohno, promotor del concepto JIT(Google)
Imagen 2.3. (derecha) Toyota Corolla, uno de los grandes éxitos de Toyota en toda su historia(Google)*

2.2. PRINCIPIOS LEAN

El término “Lean” significa escaso, delgado, flaco, y normalmente viene asociado a las carnes magras, las que presentan ausencia de grasa. El término “manufacturing” significa producción. Por tanto, la traducción al castellano sería “producción ajustada”.

El objetivo principal del Lean manufacturing consiste en maximizar el valor de los productos mientras se minimizan los despilfarros generados en la elaboración de éste, es decir, eliminar toda clase de actividades que gasten recursos, pero que no den ningún tipo de valor al producto final: defectos, sobreproducción, inventario, esperas, traslados, etc. En la *imagen 2.4.* se puede ver un dibujo que ayuda a visualizar este concepto.

Este pensamiento proporciona un método para crear valor a los procesos de producción y a los servicios. Mediante secuencias lógicas y óptimas alinea acciones productivas buscando siempre la mejora continua en el proceso, y consiguiendo una reducción de costes y plazos para garantizar la satisfacción del cliente.

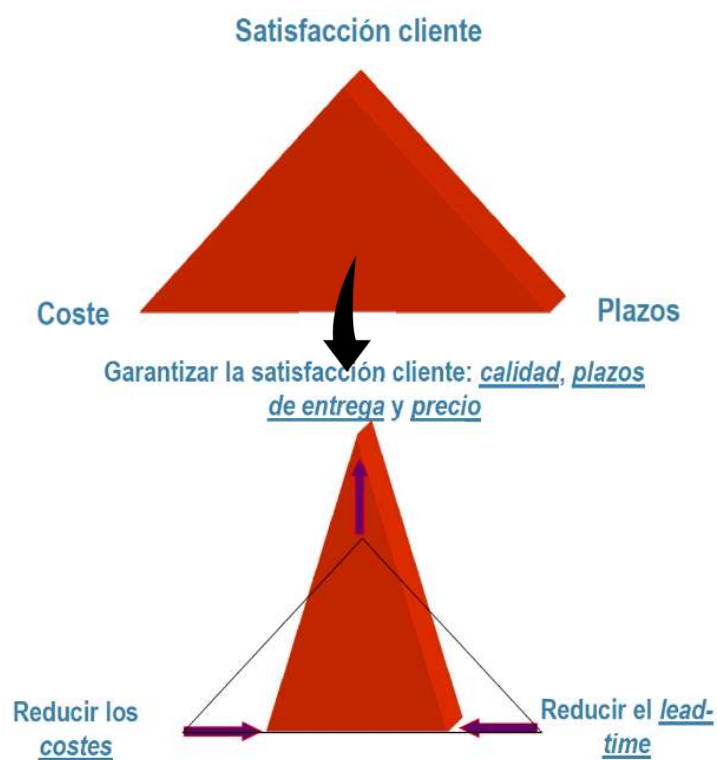


Imagen 2.4. Esquema sobre el concepto Lean Manufacturing (Renault-Nissan Consulting).

2.2.1. Etapas del Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing puede aplicarse a todas las empresas, sin embargo, hay que saber identificar la naturaleza de la producción para adaptar la metodología de una manera más efectiva y conveniente. Dicha implementación debe hacerse de una manera secuencial, equilibrando cada uno de los esfuerzos y recursos con los que se cuentan, así como tener claro los objetivos de mejora continua.

Se pueden distinguir 5 etapas a la hora de implantar la metodología Lean Manufacturing en una compañía u organización.

2.2.1.1. Definir el valor

En esta etapa, la empresa interacciona directamente con el cliente, recoge sugerencias de éstos para poder tener ideas de mejora de su producto. Una vez recogida la información del cliente, el equipo responsable examina y recoge datos reales de la situación inicial de la planta. Con estos datos numéricos se valoran las condiciones actuales de la organización para el cambio cultural y se elabora una planificación para identificar todas y cada una de las oportunidades de mejora (reducción de despilfarros).

Esta primera etapa no es fácil, es un reto complicado y difícil de conseguir debido a la propia naturaleza humana que está basada en una actitud contraria a cambios. De hecho, el sentido principal de la metodología Lean es totalmente opuesto, y no es más que ser capaces de estar en continuo cambio y adaptación. Para ello es muy importante mantener una completa visibilidad del proceso, es decir, todo el mundo debe saber qué es lo que va a pasar, cuándo va a pasar y qué es lo que se espera conseguir a lo largo de todo el proceso. Todo el personal tiene que estar motivado, y para mantener esto, es necesario transmitir esa motivación a partir de los líderes de la iniciativa, que no solo deben ser por sus palabras, sino también por sus actos.

2.2.1.2. Identificar el flujo de valor

Una vez elaborada la planificación de mejora hay que valorar cuáles son los procesos y actividades que añaden valor y cuáles no, para conseguir reducir todo tipo de desperdicios y desequilibrios.

Estos desperdicios y desequilibrios vienen caracterizados por las 3 palabras japonesas Mura, Muri y Muda.

- *Mura (斑)*

Se refiere a cualquier irregularidad, inconsistencia, incumplimiento o variación prevista. Cuando se presenta el mura, el sistema completo se desequilibra.

El Mura puede surgir a causa de la variación de la demanda, sobreproducción, de productos innecesarios, etc.

Todo esto se puede solucionar a través de los principios del Just In Time: conocer en profundidad las necesidades y demanda de los mercados y clientes, trabajar por órdenes y pedidos para producir la pieza adecuada en el momento apropiado, en la cantidad necesaria y acorde a la capacidad de producción.

- *Muri (無理)*

El Muri denota exceso, sobrecarga o carga pesada, alto nivel de estrés o esfuerzo no razonable. Se considera Muri cuando se realizan actividades innecesarias. Provoca cuellos de botella, tiempos muertos y averías.

El Muri surge principalmente a causa de una mala planificación.

Todo esto se puede solucionar aplicando una serie de herramientas Lean. Planificando bien los procesos a través de estándares de trabajo, priorizando actividades, haciendo un diseño adecuado de la planta (lay-out) y planificando la demanda reduce los tiempos de preparación y mantenimiento productivo total, entre otras.

- *Muda (無駄)*

Muda significa desperdicio. Todo aquello que consume recursos y no aporta valor para el cliente. Toda actividad que se considere inútil o innecesaria.

Probablemente de las tres palabras, esta es la más significativa en la metodología Lean, puesto que trata de erradicar toda fuente de despilfarro.

Se han descrito 7 despilfarros. En la figura XXX se muestra en forma de comparativa cómo el desperdicio hace que aumente el tiempo de producción. Al elevar las existencias, ocultamos la no calidad, la no flexibilidad y la no fiabilidad.

- La sobreproducción: es un activo retenido que provoca pérdidas por deterioro, gasto en almacenamiento y personal ocupado en

gestión del producto. Por otro lado, tendremos una utilización de recursos que puede que no recuperemos ya que nadie nos asegura la venta del producto.

- Los stocks: el exceso de inventario es un despilfarro, tanto el material en bruto, los stocks intermedios, como el producto terminado a la espera de recogida. Todo esto causan esperas, obsolescencia del producto, costo de almacenaje, mano de obra y transporte.
- La producción de defectos: producir piezas irrecuperables o con defectos se pierde una gran cantidad de recursos. El control de calidad es un no valor añadido y hay que intentar producir lo más optimo posible.
- Operaciones sin valor añadido: los operarios que realizan trabajos por debajo de su capacidad o creatividad también es un despilfarro. Hay que aprovechar las capacidades de los operarios y minimizar actividades que no creen valor añadido.
- El transporte y la manutención: todo transporte de piezas dentro de una factoría es un no valor añadido absoluto. Al cliente lo que le interesa es el producto final, y va independiente del transporte. Por ello hay que optimizar el flujo de materiales y piezas.
- La espera y la inactividad: los trabajadores ociosos que esperan a que acabe un proceso de máquinas automáticas, o a la intervención de un tercero es un despilfarro. Habría que replantear si esos trabajadores ociosos podrían hacer otras labores mientras esas máquinas automáticas estén trabajando, o reducir el número de trabajadores en ese tipo de líneas.
- Los movimientos inútiles: todo movimiento que no aporte valor al proceso, si la labor a desempeñar se puede hacer en 2 movimientos, hacerlo en 3 será un desperdicio.

Los despilfarros están enmascarados por las existencias. Los grandes stocks hacen que los problemas no salgan a la luz, por eso hay que reducirlos lo máximo posible para que esos problemas aparezcan y poder actuar contra ellos.

La *imagen 2.5*. muestra una ilustración de un barco, que en este caso representa el producto, y los obstáculos representan los despilfarros. Lo que quiere decir es que el barco le costará más navegar si hay muchos obstáculos. Pasa lo mismo con los despilfarros y el producto en una empresa. Esta representación se la conoce como el “río de las existencias”.

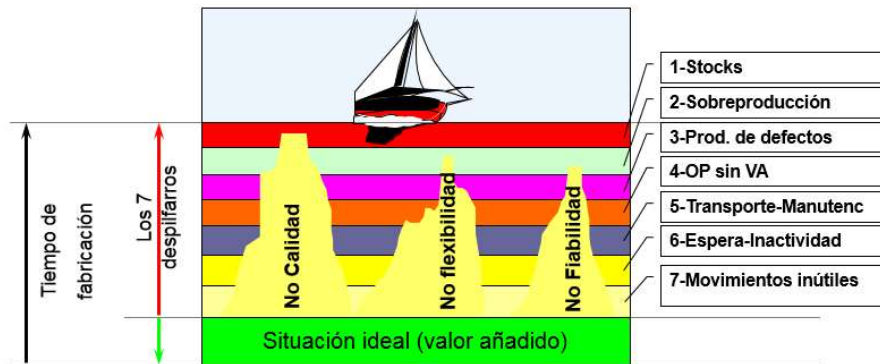


Imagen 2.5. Río de las existencias(Liker, 2004).

2.2.1.3. Flujo continuo y equilibrado

El objetivo de las dos anteriores etapas es ofrecer el entorno adecuado para poner en marcha la práctica satisfactoria de la metodología Lean. Esta fase se refiere a los cambios físicos de los procesos que de los procesos de fabricación que mejoraran el flujo de trabajo.

Los cambios de proceso tienen 3 formas principales:

- Reducir el tiempo de preparación de las máquinas: el tiempo de preparación es el plazo que pasa desde que sale o termina la última pieza de un lote hasta que se empieza o se obtiene la primera pieza buena del lote siguiente. Para mejorar este tiempo se utilizan herramientas Lean. Un tiempo de preparación excesivo es perjudicial por dos razones:
 - Durante este tiempo, la máquina no produce nada, por lo que los tiempos de preparación largos disminuyen el rendimiento de la máquina.
 - Cuanto más largo sea este tiempo, más grande tendería a ser el lote, dado que los lotes pequeños no resultarían económicos. Al hacer lotes grandes llegan inconvenientes de alargamiento de plazos y niveles de existencias (stocks).
- Mantenimiento preventivo: a medida que disminuyen los stocks, las máquinas poco fiables son cada vez más problemáticas. La reducción de inventarios de seguridad significa que, si una máquina sufre una avería, les faltará material a las máquinas siguientes. Para evitar esto, el programa deberá incluir un programa de mantenimiento preventivo para garantizar la fiabilidad del proceso. Se podría conseguir delegando a los operarios una responsabilidad de mantenimiento rutinario.

- Cambiar a líneas de flujo: El flujo de trabajo a través del sistema de fabricación puede mejorar sustituyéndola disposición más tradicional por líneas de flujo (normalmente en forma de U, como en la *figura 2.6.*). De esta forma el proceso fluye de un proceso a otro rápidamente, ya que son adyacentes, reduciéndose bastante los plazos de fabricación.

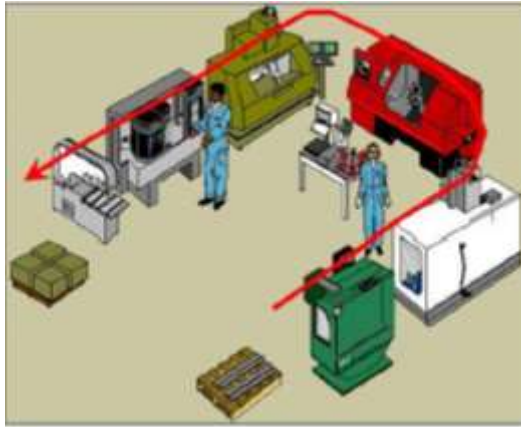


Imagen 2.6. Línea de flujo en forma de "U" (www.aulafacil.com).

2.2.1.4. Sistema PULL

Una vez conseguido los cambios físicos de los procesos y un buen lay-out de la factoría, en esta etapa se busca la forma de controlar el sistema de fabricación, ya que determinará los resultados globales de la aplicación del sistema Lean. El principio de la búsqueda de la simplicidad proporciona la base del esfuerzo por mejorar el mecanismo de control de fabricación.

Para ello, existe el sistema "PULL". En este sistema, el consumidor es el que debe "tirar" de la demanda. Esto se traduce como la cantidad que se demanda en el mercado es la que debe producirse, ya que si se produce más será un despilfarro. Además, la demanda del consumidor tiende a estabilizarse si el producto le puede llegar cuando lo desea.

El sistema PULL resuelve:

- Reposición basada en el consumo del cliente, mayor flexibilidad
- Ajusta los recursos a la demanda real del cliente
- Reducción de inventarios
- Libera superficie ocupada
- Mejora la eficiencia
- Reduce desperdicios

En cuanto a la forma de aplicar esta etapa, hay que ayudarse de herramientas Lean para optimizar los tiempos de cambio, los procesos y los flujos estandarizados. Es importante también que todas las personas implicadas tengan una formación necesaria de la metodología Lean, aparte de estar motivadas al nuevo cambio.

2.2.1.5. Mejora continua (Kaizen)

En las cuatro anteriores etapas se trataba de conseguir la implantación de la metodología Lean. Este paso trata de que lo anterior se mantenga y que no solo tenga continuidad, sino que exista también un camino para seguir mejorando, un proceso de mejora continua.

Se puede considerar la mejora continua como la búsqueda de despilfarros de manera continua, de manera que se busque implantar en todas las fases del sistema productivo y en todos los trabajadores implicados en esta filosofía. Este trabajo en equipo se denomina “Kaizen” en japonés (KAI=cambio, ZEN=bueno).

Puede llegar un momento que la introducción de mejoras no produce resultados significativos, por lo que hay veces que interesa realizar una mejora “radical” (*figura 2.7.*) a través de una inversión más elevada o tecnológica. En contraposición al Kaizen, surge el Kaikaku (“mejora radical”).

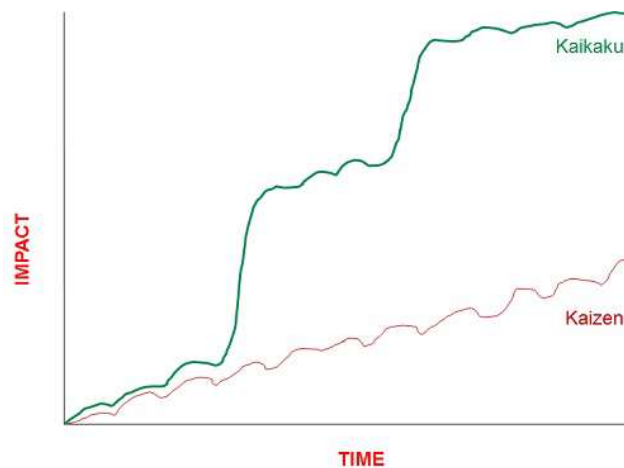


Imagen2.7. Gráfica comparativa entre Kaizen y Kaikaku (www.projectation.com)

Existen 10 puntos clave en los que el Kaizen se puede aplicar de formas más rápida:

- Abandonar las ideas fijas y rechazar el estado actual de las cosas. Hay que ser críticos con cualquier cosa que parezca extraño o por qué es así. Que algo se haya hecho del mismo modo no quiere decir que se pueda modificar o haya alguna forma de hacerlo mejor.
- En vez de explicar que algo no se puede hacer, es más importante reflexionar sobre cómo hacerlo.
- Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora.
- No buscar la perfección en el primer momento, ganar un poco a partir de ahora.
- Corregir errores in situ. Hay que estar en el terreno y conocer, analizar e investigar los hechos.
- Encontrar las ideas en la dificultad. Es en los grandes retos se pone a prueba la capacidad de los trabajadores y donde cada uno da lo mejor de sí, y que surjan grandes mejoras.
- Buscar la causa real, respetar los por qué y buscar la solución. Hay que buscar la verdadera raíz del problema y actuar sobre ella. Si se actúa sobre causas secundarias no se llega a eliminar el problema de forma definitiva.
- Tener en cuenta las ideas de diez personas en vez de la genial idea de una sola. Es necesario el trabajo en equipo, dado que es muy potente y hay que aprovecharlo al máximo.
- Probar y validar. Hasta que no se pruebe la mejora, no se tiene la certeza de que se han conseguido los resultados esperados.
- La mejora es infinita. Volver al punto de inicio y buscar de nuevo una mejora. Siempre se podrá mejorar.

2.3. SISTEMA DE PRODUCCIÓN TPS

Un sistema de producción tiene la ambición de conjuntar las dinámicas, métodos y herramientas de progreso con el fin de maximizar las ganancias en Calidad, Coste y Plazo. Cada empresa tiene su propio sistema de producción, y poco a poco se va desarrollando y mejorando continuamente. No obstante, la mayoría de las empresas que utilizan la metodología Lean se basan en el sistema TPS (Toyota Production System), desarrollado por Taiichi Ohno.

El que fue director de Toyota, buscó una manera sencilla de representar el sistema TPS. Esta representación consiste en una casa, (como muestra la *figura 2.8.*) donde se puede apreciar los cimientos, los pilares y el techo. Para conseguir llegar al techo, se necesitan unos pilares muy fuertes y deberán estar sustentados por unos cimientos sólidos.



Imagen 2.8. Casa del TPS .arrizabalagauriarte.com).

2.3.1. Cimientos del TPS

Los cimientos representan los requisitos iniciales para poder construir un sistema Lean apropiado para una empresa. Esto es de vital importancia, ya que, si no se consiguen unos cimientos sólidos desde el principio, lo más probable es que el proceso se tambalee y todo el trabajo empleado no habrá servido. Es fundamental disponer de una base antes de estudiar la implantación de cualquier sistema o característica en una línea.

Los cimientos para construir un sistema Lean están a continuación.

2.3.1.1. Filosofía Toyota

La empresa Toyota revolucionó al mundo con su metodología Lean basada en la reducción del despilfarro. Tal es así, que el sistema es estudiado en universidades y empresas de todo el mundo, creando una reputación de filosofía empresaria que es respetada por todos, debido a los términos en eficiencia y calidad en la fabricación.

Los principios fundamentales que se centra Toyota son:

- Aumentar el rendimiento
- Aportar valor al cliente
- Mejorar la calidad en cada uno de los procesos de fabricación
- Controlar la economía para evitar costes superfluos
- Buscar la complicidad del empleado para conseguir su motivación

2.3.1.2. Estabilidad

La estabilidad de una línea implica la capacidad de predecir problemas y contar con una fuerte disponibilidad en mano de obra, máquinas, materiales y métodos.

Para conseguir esta estabilidad básica nos centramos en 4 elementos clave de disponibilidad:

- **Mano de obra:** debe estar formada en consonancia con la tarea que va a desempeñar. Los trabajadores deben ser tratados como personas y deben resolver problemas con talante en vez de ignorarlos. Por lo que

es necesario la formación del trabajador para que desempeñe su labor con total seguridad, fomentando el espíritu crítico y la mejora continua.

- **Máquinas:** deben tener una capacidad igual o superior a la demanda del cliente. Por lo que es necesario conocer la capacidad de los procesos productivos. Ohno propuso realizar una observación de la producción de las máquinas cada cierto tiempo (entre 15 minutos y una hora) para compararlo con el plan de producción. Si en esos periodos no se conseguía llegar al plan, se anotaban las causas para poder estudiarlas e intentar atajarlas lo antes posible.
- **Materiales:** estabilizar el nivel de inventario es clave, pero no siempre reducirlo es positivo. El inventario que sobrepase lo necesario para que el proceso fluya de forma continua será un despilfarro. Existen tres tipos de inventarios:
 - o Stock de ciclo: nivel de inventario necesario para cubrir la demanda media más el tiempo necesario para reponerlo.
 - o Stock de contención: nivel de inventario que cubre las variaciones que pueden existir en la demanda.
 - o Stock de seguridad: nivel de inventario para cubrir pérdidas por piezas no conformes.

Unos niveles altos de inventario suelen ocultar problemas, pero si se resuelven dichos problemas se puede reducir el inventario manteniendo la estabilidad del proceso.

- **Medio ambiente:** las condiciones ambientales pueden afectar al proceso y es necesario estudiar y analizar el ambiente ya que puede ser inestable en el proceso.

2.3.1.3. *Heijunka (Nivelación de la producción)*

El Heijunka es el conjunto de técnicas que sirven para nivelar la producción con la demanda del cliente tanto en volumen como en variedad, de tal manera que permita conseguir una producción mediante un flujo continuo pieza a pieza. Es una de las técnicas más importantes en la implementación Lean Manufacturing.

Vale la pena y aclarar que la nivelación debe buscarse en el flujo de la producción y no en la capacidad de la producción, ya que operando a la capacidad máxima y sin ordenes de pedido ocasiona una sobreproducción basada en excesos de inventarios y costos de oportunidad.

Respecto al producto, Heijunka es aplicable a procesos que tienen referencias variadas, es decir, que exista flexibilidad de unidades. En cuanto al proceso, requiere un cumplimiento estricto de los balances de la producción.

Para implementar Heijunka es preciso utilizar una serie de herramientas que permitan obtener un flujo constante y nivelado:

- **Células de trabajo:** Uno de los primeros pasos es la creación de flujo en la planta, es decir, un lay-out orientado al producto. Las operaciones se deben colocar de forma secuencial al proceso productivo y el producto avanza a medida que se le aplican las transformaciones correspondientes. El diseño que mejor cumple con esto es la llamada célula de trabajo, que responde al flujo de actividades cercanas y que adopta la forma de una “U”, donde las entradas y salidas están en la misma posición. Es importante considerar que la implantación de células de trabajo pasa de fabricar lotes muy grandes a lotes más pequeños, y, en consecuencia, se generan cambios de referencia. En la imagen 2.9. se puede ver una transformación de las líneas a una célula de trabajo en forma de “U”.

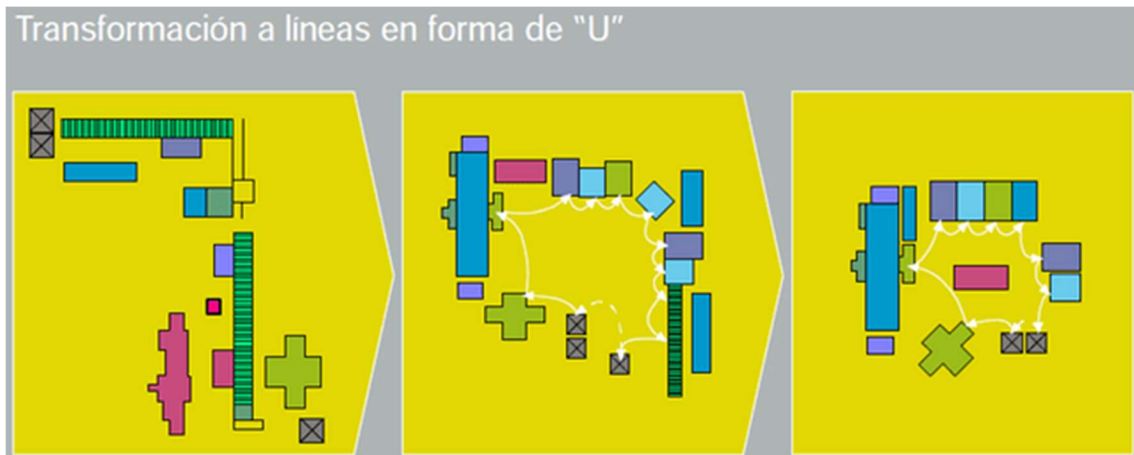


Imagen 2.9. Transformación a líneas en forma de “U”(www.ingenieriaindustrialonline.com).

- **Flujo continuo pieza a pieza:** la estrategia basada en un flujo continuo pieza a pieza es algo similar al sistema PULL, es decir, en optimizar los inventarios y el flujo del producto de acuerdo con la demanda. El flujo continuo implica que una operación “aguas arriba”, nunca hace más de lo que requiere una operación, mientras que “aguas abajo”, nunca se produce más de lo que solicita el cliente. Esto es más complejo de lo que uno imagina, ya que supone una configuración de toda la cadena logística de una compañía, y esto trasciende al alcance de la organización, requiriendo de la implementación de estrategias colaborativas con proveedores y eslabones de la red de valor, sobre todo en lo relacionado al flujo de información.
- **Tiempo de ciclo:** es el tiempo necesario para transformar el producto creando valor añadido a éste. El tiempo de ciclo de la línea viene

marcado por el tiempo de ciclo de la operación de cuello de botella, es decir, no se puede producir a un ritmo superior al marcado por la operación más lenta.

- **Takt Time:** es un indicador de la frecuencia de compra del cliente medida en segundos. Para Heijunka, se trata de un tiempo objetivo en el que el sistema de producción debe adaptarse a las expectativas del cliente, y por ello, marcar el ritmo de la producción. Se calcula de la siguiente manera:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda}$$

El Takt Time debe coincidir con el tiempo de ciclo. De esta manera se nivela la producción a la demanda del cliente. Si el Takt Time es superior al tiempo de ciclo habrá tiempos de espera y mayor producción de la necesaria. Por el contrario, si es inferior, no se podrá satisfacer la demanda del cliente por lo que se traduce en costes de oportunidad y en coste de horas extras.

- **Nivelación del volumen de la producción:** El objetivo de nivelar la cantidad de la producción consiste en minimizar la diferencia entre la producción de un período y la del período siguiente. Lo ideal sería producir una misma cantidad de productos en un mismo período (por lo general, cada día), para que, si varía la demanda dependiendo de factores estacionales, la nivelación de la cantidad de la producción permite que el volumen de producción diaria permanezca constante.
- **Nivelación de la producción por referencias:** Una vez conseguida la nivelación del volumen de la producción, se pasa a nivelar la producción de cada referencia, es decir, por cada tipo de producto. Cuando se tienen lotes con grandes volúmenes se hace muy difícil servir a clientes que desean productos con especificaciones diferentes a la serie. Para obtener una flexibilidad que haga ganar clientes potenciales, se puede hacer un “mix” de productos, es decir, producir en pequeños lotes las variantes que demanda el cliente. Este paso asegurará definitivamente que se produzca según el orden de los requerimientos del cliente.

Implementar correctamente Heijunka es una labor que, si bien es ardua, puede brindar muchas utilidades, por ejemplo:

- Minimiza la sobreproducción
- Implementa correctamente el sistema PULL
- Minimiza inventarios de producto en proceso y terminado
- Minimiza costes de oportunidad
- Sincroniza el uso de capital de trabajo y tasa de facturación

2.3.1.4. Estandarización

La estandarización consiste en la aplicación del método de operación más idóneo para realizar una tarea y en la asignación de tiempos correctos de ejecución, con los medios disponibles:

- Cumpliendo con las exigencias de calidad, coste y plazos de entrega
- Asegurando la adquisición de los mismos conocimientos teórico-prácticos del trabajo
- Garantizando niveles satisfactorios de productividad y seguridad
- Simplificando los procesos de producción
- Eliminando acciones que no añaden valor al producto
- Estableciendo producciones exigibles a partir del takt time.

Los tiempos que se establezcan, por cualquiera de las técnicas admitidas, deberán adaptarse a los métodos preestablecidos y a las condiciones tecnológicas, teniendo en cuenta los niveles de calidad que se han fijado en la dirección de la empresa.

Los mandos intermedios de los distintos talleres de factorías deben participar en las mejoras de los métodos de trabajo y colaborar con la oficina técnica en la implantación de éstos y de sus correspondientes tiempos de ejecución. En estas implantaciones, es necesario tener presente la posible convivencia de establecer y aplicar a los trabajadores afectados de los cambios unos adecuados períodos de formación y adaptación.

Finalmente, para ayudar a mantener la estandarización y la mejora de trabajo hay que aplicar herramientas Lean (como las 5 S o el SMED) que asegure el mantenimiento sistemático y la reducción de costes, así como el aprovechamiento del trabajo.

2.3.2. Pilares del TPS

Los pilares de la “casa TPS” representan la estructura que debe tener el sistema de producción, y sobre él, debe apoyarse el objetivo común.

Los pilares para construir un objetivo común, siempre y cuando se mantenga el Kaizen, el personal motivado y la reducción de despilfarros, se explicarán a continuación

2.3.2.1. Just In Time (JIT)

El concepto JIT (Just In Time o Justo A Tiempo) de Taiichi Ohno es una filosofía de trabajo que busca la optimización de un proceso productivo. Se basa en la idea de que las materias primas lleguen a la línea de producción exactamente cuando lo requiera, y, a su vez, la línea producirá cuando el cliente lo demande. Permite a una compañía entregar el producto en pequeños lotes, acortando tiempos y satisfaciendo las necesidades del cliente.

Existen dos tipos de JIT:

- **JIT interno:** se da el JIT dentro de la organización de la compañía, es decir, un control total en el proceso de producción. Todos los trabajadores del sistema productivo deben estar implicados en el sistema Lean.
- **JIT externo:** se refiere a las relaciones fuera de la empresa, tanto con proveedores como con clientes. Se requiere una gran comunicación y entendimiento con ellos y cada componente del sistema de transacción esté implicado en la filosofía Lean.

Esta filosofía de trabajo se resume en “Los Cinco Ceros” (en la *imagen 2.10*. esquematiza y relaciona todos estos puntos que se explican a continuación con el JIT):

- **Cero stocks:** los inventarios son un despilfarro, suponen tener inmovilizados recursos monetarios y producen un coste en la empresa, además de que requieren espacio y vigilancia, por lo que reducen la rentabilidad. Además, ocultan problemas que redundan en una gestión inadecuada: incertidumbre en entregas, averías, falta de calidad, etc.
- **Cero defectos:** Los defectos generan costes e irregularidades, y acaban en stock. Los costes asociados a los defectos son los siguientes:
 - Por rectificación
 - Por errores administrativos
 - Por asistencia postventa
 - Por achatarramiento
 - Por devoluciones a proveedores
 - Por pérdida de rendimiento
 - Por pérdida de imagen...

Para disminuir estos costes y poder hacer las cosas bien a la primera:

- Maquinaria de calidad
- Calidad concertada con los proveedores
- Programas de mejoras
- Mantenimiento de efectivos
- Personal cualificado

- Control autónomo de defectos...
 - **Cero averías:** las averías causan parones y retrasos en la producción y son una de las causas que hacen que existan stocks. Para disminuir estas averías es necesario tener un layout adecuado y actualizado, mantener el orden y la limpieza en el trabajo y realizar programas de mantenimiento.
 - **Cero plazos:** El plazo de entrega es, junto al precio y la calidad, una de las variables competitivas, por lo que reducir plazos es importante. Esto permite:
 - Dar un servicio adecuado al cliente
 - Evitar stocks
 - Aumentar la flexibilidad para adaptarse a la demanda
- Por ello, es importante reducir tiempos no indispensables (de espera, de preparaciones, de tránsito, de inspección...).
- **Cero papeles:** El JIT busca la simplicidad. Es por eso que, en la medida de lo posible, eliminar cualquier burocracia, para evitar la duplicidad de datos y así captar la información a través de medios informáticos. Esta reducción permite:
 - Disminuir plazo de toma de decisiones
 - Reducir costes administrativos
 - Contar con información más rápida y precisa

La unión de los Cinco Ceros permite llegar a conseguir la optimización del proceso.

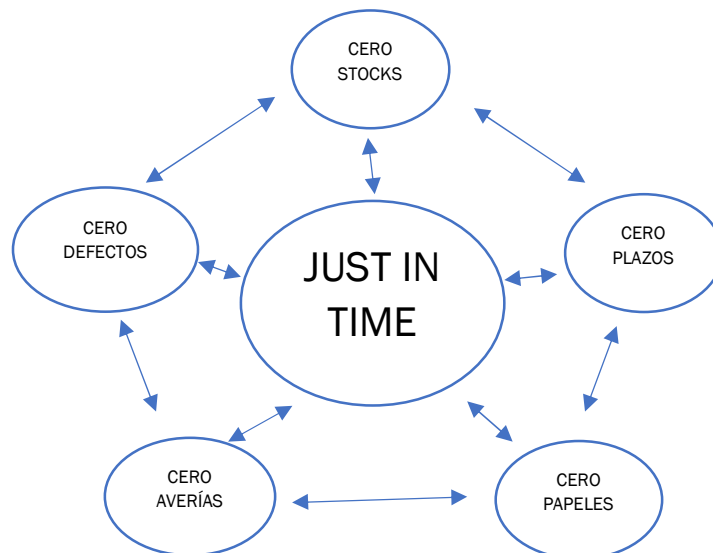


Imagen 2.10. Esquema de los Cinco Ceros.

2.3.2.2. Jidoka

Jidoka es un término japonés que significa “automatización con toque humano”. Se basa en que el sistema tenga su propio control de calidad, de tal manera, que, si hay algún error, el sistema se detenga haciendo que ese error no se arrastre “aguas abajo” en la cadena de producción.

Al aplicar Jidoka no solo hay que detectar el fallo, sino que se debe investigar la raíz de la causa e intentar erradicarla. El proceso a seguir es el siguiente (la imagen 2.11. explica de forma esquemática esto):

- Detectar la anomalía
- Detener la línea de producción
- Fijar y corregir el fallo
- Investigar la causa raíz
- Implementar mejora

Para que este sistema sea efectivo, existen dos elementos básicos:

- **Andon (Ayuda)**: es un dispositivo de control visual o auditivo que permite conocer el estado actual del sistema de producción y avisa al trabajador que existe algún tipo de problema, y así, reaccionar lo antes posible. Normalmente, esto se soluciona con un cuadro de luces que indica el estado actual de la línea o de la máquina.
- **Poka-Yoke (a prueba de errores)**: el termino Poka-Yoke viene del japonés “Poka” (error inadvertido) y Yoke (prevenir). Consiste en un elemento preventivo cuya finalidad es detectar los fallos antes de que se produzcan y no permitir errores en la producción. Los Poka-Yoke buscan evitar el error humano y resaltar el defecto de tal manera que sea imposible no detectarlo.

Existen 3 métodos Poka-Yoke:

- o **Métodos de contacto**: mediante sensores detecta anomalías en la pieza.
- o **Método del valor fijo**: Las anomalías son detectadas mediante un número específico de movimientos.
- o **Método de paso movimiento**: asegura que los pasos a realizar se ejecutan en el orden correcto.

2.3.3. Techo del TPS

El techo de la “casa TPS” es el elemento que está sostenido por la estructura (cimientos y pilares) y es el objetivo que se quiere llegar a conseguir. Se identifica como el aumento de calidad, la reducción de costes y la disminución del tiempo de entrega:

- Rentabilidad: Es la performance económica y financiera
- Competitividad: Es la performance en cuanto a riesgo, coste y plazo de los procesos que comparan a los mejores.
- Tiempo de entrega (Lead Time): Es el tiempo medio necesario para que la pieza recorra todo el proceso productivo desde que se recibe del proveedor hasta que se envía al cliente. La fórmula es:

$$\text{Lead Time} = \frac{n^{\circ} \text{ piezas (stock + proceso)}}{\text{Demanda del cliente}}$$

Para satisfacer de una forma más rápida al cliente se puede reducir el tiempo de entrega:

- Eliminando stocks inútiles
- Reduciendo los lotes de fabricación
- Mejorando la fiabilidad de nuestros medios
- Disminuyendo los tiempos de fabricación
- Disminuyendo los defectos de calidad y siendo reactivos en los retoques.
- Disminuyendo la cantidad de piezas por embalaje
- Aumentando la frecuencia de aprovisionamientos

2.4. UNIDADES ELEMENTALES DE TRABAJO (UET'S)

En los años 80, los mercados automovilísticos se convirtieron en mercados de renovación y no de crecimiento. Debido a esto, la competencia entre ellos creció aún más. Persiguiendo la innovación, Renault llevó a cabo un cambio en la estructura de la organización de la fabricación. Estos planes de mejora de la producción partieron de una cultura empresarial que englobase un proyecto de empresa capaz de definir la meta perseguida, los procedimientos para alcanzar ese objetivo y el estilo o forma en que las personas se integran en ella.

El punto de mira en los procesos de optimización de la gestión pasó necesariamente por una adecuada preparación de las personas que integran la empresa. Si la cultura de empresa provoca un freno, es preciso sembrar una nueva cultura. Todo proceso de mejora continua y de gestión total de la calidad requirió la implantación de una cultura de empresa basada en las personas y equipos, es decir, por encima de una adecuada formación y motivación, la persona tenía que adaptarse al trabajo en grupo con un elevado grado de responsabilidad en las tareas que realiza que, a su vez, le producen un sentimiento de satisfacción y autorrealización.

Por ello, Renault hizo que su organización de fabricación pivotase en torno a las “Unidades Elementales del Trabajo” (UET), responsables tanto de la fabricación, como de las funciones del mantenimiento y del control de calidad.

Esta filosofía implica que el operario de fabricación tiene una mayor responsabilidad, ya que ha de atender, vigilar y mantener normalmente el equipo productivo que utiliza, de modo que el mantenimiento productivo pasa de ser de una función de especialistas, a construir “una tarea de todos”. Por ello, ha de haber una adecuada preparación del operario de fábrica en técnicas y prácticas elementales de mantenimiento y mejora continua. Los operarios están insertados en pequeños grupos autónomos creando la estructura propia de los grupos de mejora continua.

2.4.1. Estructura de las UET's

Las UET's están diseñadas de forma que su operatividad se desarrolle con un número muy reducido de niveles jerárquicos (hasta un único nivel de mando) estando centradas en una actividad homogénea de producción o servicio. Se caracteriza por la polivalencia de sus miembros que les permite integrarse en tareas que requieren un mayor nivel de cualificación.

Tal y como muestra la *imagen 2.11.*, la estructura de una UET es la siguiente:

- Un responsable jerárquico único, gestionando la calidad, los costes, los plazos y los propios recursos humanos: el “Líder de la UET”.
- Un máximo de 20 operarios en el mismo espacio-tiempo de trabajo, organizados en líneas o módulos, que comparten unos mismos objetivos, unos mismos orígenes y destinos de los flujos productivos.
- Unos clientes y proveedores claramente identificados.
- Una misión producto-proceso definida.

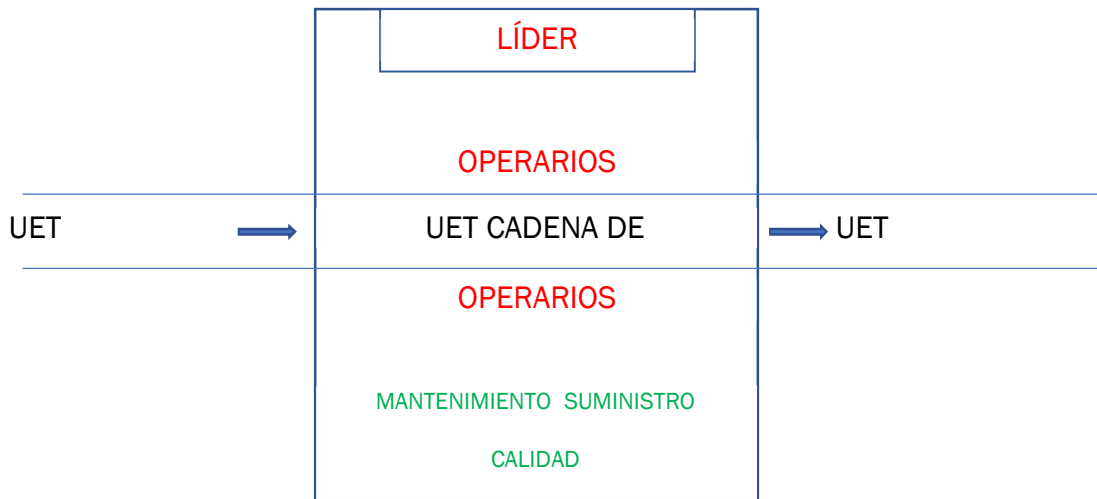


Imagen 2.11. Estructura de una UET.

2.4.1.1. El “rol” del líder de la UET

La tarea de Líder de la UET es la de planificar y gestionar su actividad y la de sus colaboradores para alcanzar los resultados, siguiendo un proceso de mejora continua y desarrollando a la vez las capacidades de las personas de su equipo. Este encargado tiene tres roles:

- LEADER: desplegar la estrategia y delegar
- COACH: acompañar a sus colaboradores
- EXPLORADOR: guiar a sus colaboradores hacia el futuro y progreso a través de la motivación.

Esta responsabilidad la ejerce a través de siete actividades principales:

- Despliegue y puesta en marcha de objetivos y planes de acción de la UET
- Consecución de los objetivos cotidianos
- Establecimiento de los estándares operacionales de la UET
- Garantía de calidad
- Mantenimiento de los medios de producción

- Animación y gestión de su personal
- Desarrollo de las capacidades, la formación y el entrenamiento de su equipo

2.4.2. Etapas de una UET

En función de los objetivos generales de la empresa, cada unidad elemental de trabajo selecciona aquellos indicadores que permitan analizar el grado de progreso alcanzado. El Líder de la UET revisa junto a su equipo periódicamente los resultados, las posibles opciones de mejora y establece y aplica el propio plan de progreso.

El desarrollo de una unidad elemental de trabajo pasa por las siguientes etapas:

1. Identificación del Líder, los miembros que la componen, las funciones y tareas a realizar, así como las responsabilidades asignadas.
2. Identificación de los clientes y proveedores, receptores y suministradores de bienes y servicios ya sean externos o internos.
3. Identificación de los indicadores de seguimientos de los resultados obtenidos, así como del cumplimiento de objetivos de calidad, costes, disponibilidad y recursos humanos. Tales indicadores han de ser sencillos, significativos y estar reconocidos por todos.
4. Establecer y definir un plan de progreso que recoja la sistemática de captación y estructuración de la problemática existente, su representación, la selección, ejecución y seguimiento de las acciones tendentes al cumplimiento de los objetivos prioritarios.
5. Identificación de costes y resultados, en relación con las principales variables objeto de análisis: materiales, mano de obra, presupuestos, desviaciones, averías, etc.
6. Establecer un plan de animación que permita obtener y analizar conclusiones, planificar las posibilidades de mejora e informar resultados.

2.4.3. Ciclo PDCA

El progreso en la fabricación implica enormemente a las UET de fabricación y a los equipos de concepción del producto y del proceso. El sistema Lean permite la responsabilidad en cuanto a calidad, coste, plazo y recursos humanos a las

UET´s, y las consolida suministrando una herramienta eficaz: la aplicación del ciclo PDCA en el puesto de trabajo.

El ciclo PDCA o también llamado ciclo de mejora continua describe cuatro pasos básicos (*imagen 2.12.*) que hay que implementar para conseguir una mejora continua:

- **Plan (planificar)**: establecer objetivos y procesos necesarios para obtener los resultados de acuerdo con el esperado. Al tomar como foco el resultado esperado, difiere de otras técnicas en las que el logro o la precisión de la especificación es también parte de la mejora.
- **Do (Hacer)**: implantar los cambios acordados. Normalmente, es recomendable hacer una prueba a menor escala para saber si estos cambios son eficaces.
- **Check (Verificar)**: Pasado un período previsto con anterioridad, volver a recopilar datos de control y analizarlos, comparándolos con los objetivos y especificaciones iniciales, para evaluar si se ha producido la mejora esperada. Se deben documentar todas las conclusiones.
- **Act (Actuar)**: Modificar los procesos según las conclusiones del paso anterior para alcanzar los objetivos con las especificaciones iniciales, si fuese necesario. Aplicar nuevas mejoras, si se han detectado errores en el paso anterior. Documentar el proceso.

Una vez asegurada la mejora, es necesario volver al primer paso para buscar actividades susceptibles a mejorar y mantener esa mejora continua.

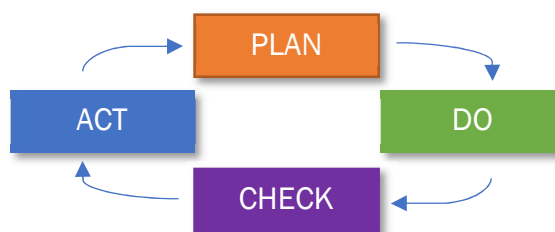


Imagen 2.12. Ciclo PDCA.

Todo el trabajo efectuado por los operarios de una unidad elemental de trabajo se coceptúa como mano de obra directa, sean las tareas de producción, reprocesado, mantenimiento, control de calidad o análisis de datos y estudios de mejora.

La gestión del control de calidad constituye una de las tareas de la UET, al actuar bajo la filosofía de “cero defectos” que implica un esfuerzo conjunto orientado a la resolución de problemas a medida que se presentan.

Paralelamente, los indicadores de seguimiento de calidad previamente seleccionados permiten transmitir la información usando un lenguaje común. Tales planteamientos requieren prestar una especial atención a las funciones de mantenimiento, pues, si bien el mantenimiento de carácter básico corre a cargo de los propios operarios de la UET, existen determinadas tareas específicas que precisan la atención de técnicos cualificados.

2.5. LAS HERRAMIENTAS DEL LEAN MANUFACTURING

El modelo Lean Manufacturing es más que un modelo. Es, de hecho, toda una filosofía de gestión empresarial que busca la máxima eficacia en los procesos, reduciendo todos los obstáculos que puedan surgir para la consecución de objetivos.

Para ello, existen unas cuantas herramientas Lean que pueden emplearse en distintos momentos de la fase de ejecución de un proceso y que ayudan a eliminar desperdicios, a mejorar el nivel de calidad de los productos y a reducir los costes.

Para profundizar más en las herramientas Lean Manufacturing, las cuales forman parte de uno de los modelos de gestión más reconocidos en la actualidad, hay que fijarse en el diagrama de casa del TPS de la *imagen 2.8.*: si sus cimientos y pilares son sólidos, el global de la vivienda tendrá más resistencia.

Estas herramientas también se pueden aplicar a proyectos, sea cual sea su naturaleza y su proceso de ejecución. Algunos de los principios básicos que mantienen las herramientas Lean son los siguientes:

- Detección de defectos y problemas; busca la calidad
- Eliminación de actividades improductivas
- Aumento de productividad y mejora continua del proceso
- El cliente es el que solicita y determina los productos
- Implementar variantes sin sacrificar la eficiencia ni la productividad
- Construcción de relaciones a largo plazo con terceros

Algunas de las herramientas Lean más utilizadas son las siguientes:

- 5s
- SMED
- Sistema KANBAN
- TPM
- SOIKUFU

2.5.1. 5S

La herramienta 5S consiste en una práctica ideada en Japón refiriéndose al mantenimiento de la empresa, no sólo de maquinaria, de equipo o de infraestructura, sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos. Las 5S se refiere a las iniciales de estas cinco palabras japonesas:

- Seiri (clasificación y descarte)
- Seiton (organización)
- Seiso (limpieza)
- Seiketsu (estandarización)
- Shitsuke (Disciplina y mantenimiento)

La representación de estas cinco palabras japonesas consiste en una escalera (ver *imagen 2.13.*) en la que cada peldaño es un principio que se va consiguiendo hasta alcanzar el último escalón, que es la disciplina y el mantenimiento sistemático del lugar de trabajo.

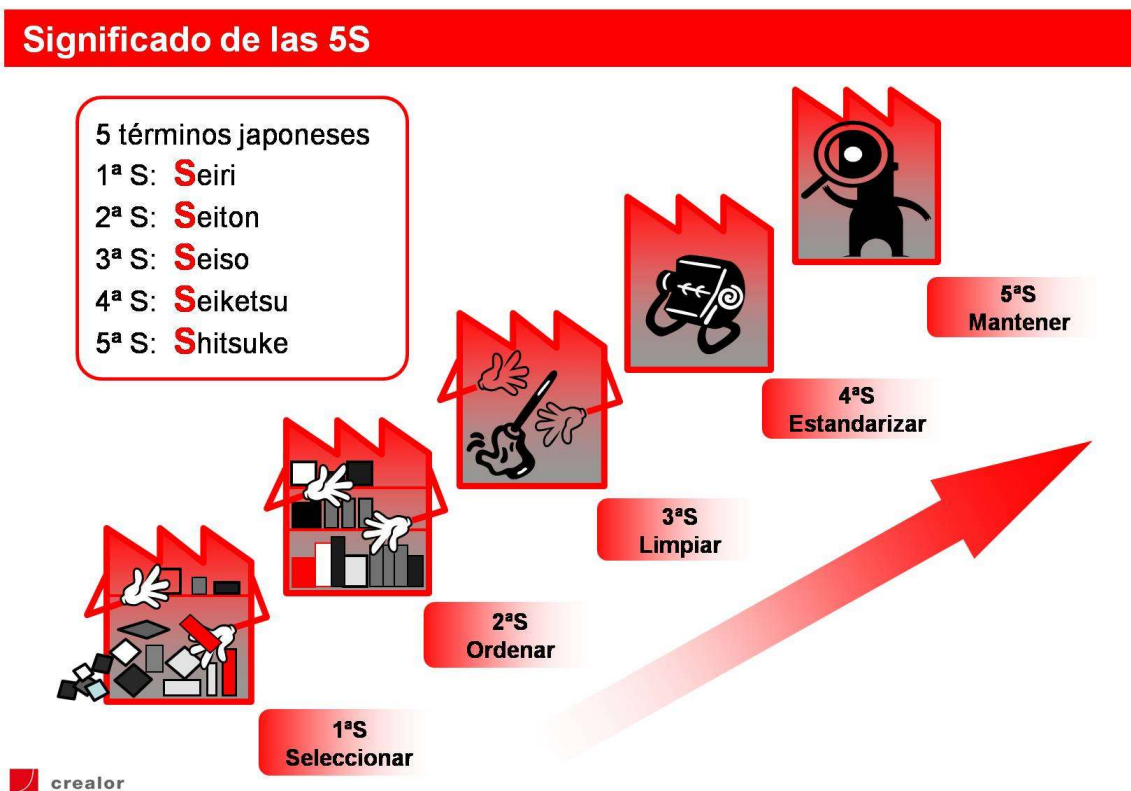


Imagen 2.13. Escalera de las 5S japonesas (plusintegralconsultores).

Esta técnica es muy conocida en todo el mundo debido a los excelentes resultados y la sencillez de aplicarlo, alcanzando buenos niveles de calidad y reduciendo tiempos muertos y costes. Eso sí, esta aplicación requiere el compromiso total del personal para que la empresa que aplique este método sea un modelo de organización, limpieza, seguridad e higiene. Los primeros en

asumir dicho compromiso han de ser los gerentes y los jefes, ya que la mejora continua es tarea de todos.

Los beneficios que aportan las 5S son los siguientes:

- **Mayor productividad:** traducida en:
 - o Menor número de productos defectuosos
 - o Menores averías
 - o Menor nivel de inventarios
 - o Menores accidentes
 - o Menores movimientos y traslados inútiles
 - o Menor tiempo para el cambio de herramientas
- **Mejor lugar de trabajo:** se consigue:
 - o Más espacio
 - o Orgullo del lugar en el que se trabaja, traducida en la motivación del trabajador.
 - o Mejor imagen de la compañía ante clientes
 - o Mayor cooperación y trabajo en equipo
 - o Mayor compromiso y responsabilidad en tareas
 - o Mayor conocimiento del puesto de trabajo

2.5.1.1. SEIRI (Clasificación y descarte)

Seiri significa separar las cosas necesarias y las que no lo son clasificando las cosas que son necesarias en un lugar conveniente y adecuado.

También, hay veces que es importante colocar en un lugar determinado todo aquello que va a ser descartado, dado que hay cosas que no tendrían que estar en el puesto de trabajo al que pertenecen, y evitar tirar cosas que son necesarias para otro departamento.

Esta clasificación y descarte tiene una serie de ventajas:

- Reducción de stock
- Evitar la compra de materiales no necesarios
- Aumento de productividad de máquinas y personas
- Menor cansancio físico y mayor facilidad de operación

Para poner en práctica el Seiri es necesario analizar el lugar de trabajo y responder a una serie de preguntas:

- ¿Qué se debe tirar?
- ¿Qué debe ser guardado?
- ¿Qué puede ser útil para persona u otro departamento?

- ¿Qué deberíamos reparar?
- ¿Qué podemos vender?

El esquema de la *imagen 2.14*. es un ejemplo de cómo poner en práctica el Seiri y ayuda a responder esta serie de preguntas.

CLASIFICACIÓN (SEIRI)

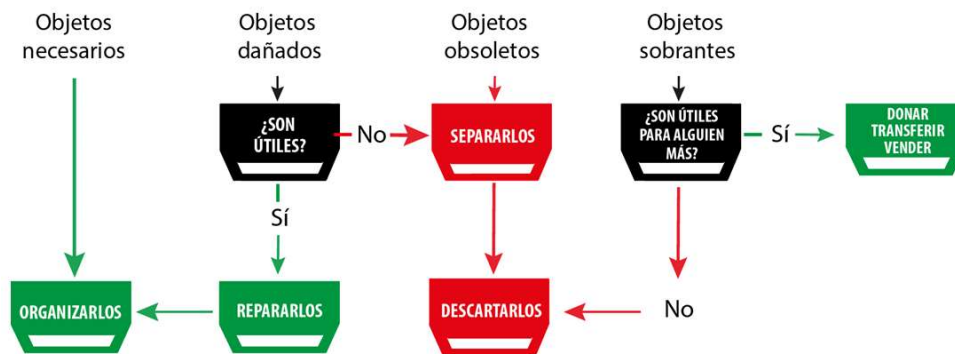


Imagen 2.14. Puesta en práctica del SEIRI(www.facebook.com/ecocorporacion)

2.5.1.2. SEITON (Organización)

El Seiton consiste en el estudio de la eficacia. Esto quiere decir lo rápido que uno puede conseguir lo que necesita y devolverlo a su sitio. Cada cosa debe tener un único y exclusivo lugar donde debe encontrarse antes de su uso y, después de utilizarlo, debe volver a su lugar correspondiente, para que en todo momento las cosas estén disponible y en el lugar de su uso.

Esta organización tiene una serie de ventajas:

- Menor necesidad de controles de stock
- Facilidad para el transporte interno, control de la producción y ejecución del trabajo
- Menor tiempo de búsqueda de aquello que nos falta
- Evita la compra de materiales y componentes innecesarios
- Aumenta el retorno de capital
- Aumenta la productividad de máquinas y personas
- Provoca una mayor racionalización de trabajo, menor cansancio físico y mejor ambiente.

Para tener claro los criterios de Seiton, hay que responder a la siguiente serie de preguntas:

- ¿Es posible reducir el stock de cada cosa?
- ¿Esto es necesario que esté a mano?

- ¿Todos llamaremos a esto con el mismo nombre?
- ¿Cuál es el mejor lugar para cada cosa?

Por último, hay que tener en cuenta que todas las cosas han de tener un nombre y todos deben conocerlo, acordando un espacio definido para su almacenamiento o colocación e indicándolo con exactitud.

2.5.1.3. SEISO (Limpieza)

El Seiso, es decir, la limpieza debe ser tarea de todos los trabajadores. Es importante que cada persona tenga una pequeña zona de su puesto de trabajo que deberá estar limpia siempre bajo su responsabilidad. Si estas personas no cumplen con este compromiso la limpieza nunca será real.

Los trabajadores deben conocer la importancia de la limpieza en el trabajo y retirar cualquier tipo de suciedad generada antes y después de cada trabajo realizado. Es importante que esto se convierta en un hábito diario. Para conseguir esto hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

- Los trabajadores deben limpiar utensilios y herramientas antes y después de usarlos
- Los muebles de trabajo tienen que estar limpios y en buenas condiciones
- No debe haber ni suciedad ni herramientas por los suelos.
- No hay excepciones cuando se trata de limpieza. El objetivo no es impresionar a las visitas externas, sino tener un ambiente ideal para trabajar.

Un ambiente limpio proporciona, aparte de seguridad y calidad:

- Mayor productividad de personas y máquinas
- Mayor espacio
- Facilidad para vender el producto
- Daños materiales y durabilidad de las herramientas y máquinas
- Imagen, tanto dentro como fuera de la empresa

Para conseguir una limpieza y un ambiente adecuado en el lugar de trabajo, es necesario responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cree que realmente puede considerarse como “limpio”?
- ¿Cómo cree que podría mantenerlo limpio siempre?
- ¿Qué utensilios, tiempo o recursos necesitaría para ello?
- ¿Qué cree que mejoraría el grado de limpieza?

En la imagen 2.15. se muestra cómo puede variar un puesto de trabajo si está limpio y ordenado respecto a uno mismo que no lo está.



Imagen 2.15. Ejemplo de aplicar la limpieza en un puesto de trabajo (www.sistemasoe.com)

2.5.1.4. SEIKETSU (Estandarización)

Las tres primeras S, Seiri, Seiton y Seiso son actividades que exigen comportamientos concretos y “cosas por hacer” en el entorno laboral. En esta cuarta S, Seiketsu, consiste en aplicar y mantener lo que se ha venido desarrollando hasta ahora. Más que una actividad es una condición de estado permanente. Si no existe un proceso para conservar lo que se ha conseguido en etapas anteriores, lo más probable es que se vuelvan a acumular elementos innecesarios en el puesto de trabajo.

Por lo tanto, el siguiente paso es estandarizar la solución de forma que todo el mundo se pueda beneficiar de estas mejoras y multiplicar sus efectos.

La técnica más usada para aplicar Seiketsu es el “Visual Management”, o “Control Visual”. Esta técnica es sumamente útil en el proceso de mejora continua y se usa en la producción, calidad, seguridad y servicio al cliente.

El Control Visual es cualquier dispositivo de comunicación que indique el estado con un solo vistazo, permitiendo identificar rápidamente si está fuera del estándar, y ayuda a ver cómo los empleados están haciendo su trabajo. Este trabajo lo suelen realizar un grupo de responsables que realizan periódicamente una serie de visitas a los distintos puestos de trabajo y detectan aquellos puntos que necesitan mejorar.

Una variación mejor y más moderna es el “colour manegement” o gestión por colores (ver imagen 2.16.). Esto consiste en que los responsables, en vez de tomar notas sobre la situación, colocan una serie de tarjetas, rojas en aquellas

que necesitan mejorar, y verdes en zonas muy cuidadas. Normalmente, esto funciona, dado que el trabajador responsable que tiene alguna tarjeta roja en su puesto de trabajo rápidamente soluciona el problema para poder quitarla.

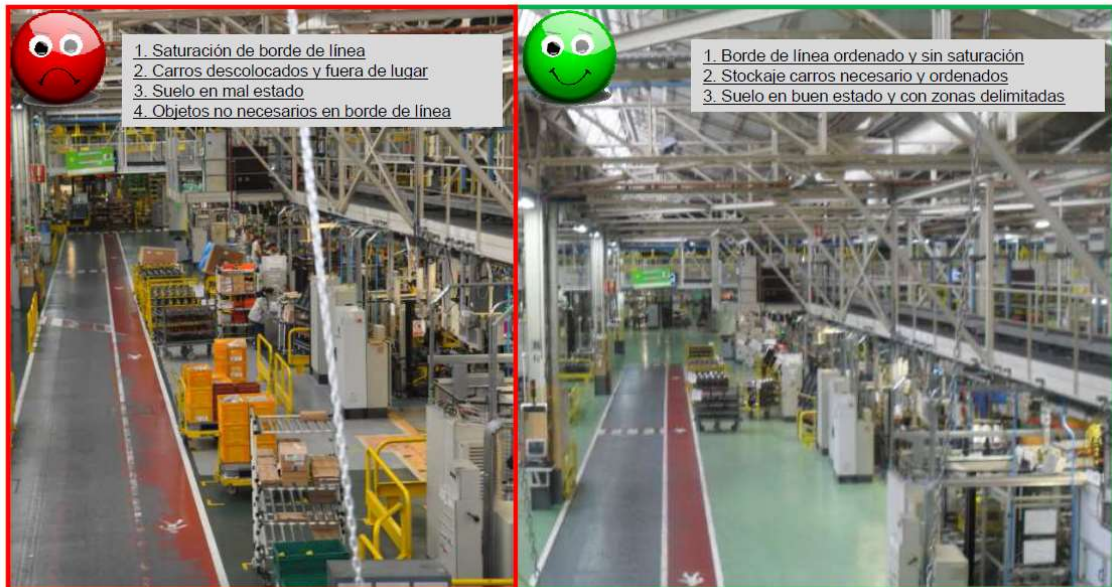


Imagen 2.16. Ejemplo del “colour management” en una fábrica (Fábrica de automóviles de Valladolid).

Los recursos visibles en el establecimiento del Control Visual son los siguientes:

- Avisos de peligro, advertencias, limitaciones de velocidad, etc.
- Informaciones e instrucciones sobre equipamiento y máquinas
- Avisos de mantenimiento preventivo
- Recordatorios de requisitos de limpieza
- Instrucciones y procedimientos de trabajo

Estos avisos y recordatorios deben ser:

- Visibles a cierta distancia
- Colocados en sitios adecuados
- Claros, objetivos y de rápido entendimiento
- Creados para conseguir un lugar de trabajo motivador y confortable

El Seiketsu tiene una serie de beneficios:

- Resalta la información importante de manera que no puede ser ignorada
- Evita la sobrecarga de información para que sus empleados puedan ver sus resultados
- Reduce el tiempo necesario para entender la información
- Mejora el bienestar del personal al crear hábito

- Se evitan errores en limpieza que puedan llegar a conducir a accidentes o riesgos laborales
- La dirección se compromete más en el mantenimiento de áreas
- Se prepara al personal para asumir mayores responsabilidades en su puesto de trabajo
- Se incrementa la productividad¹⁹

Por último, para aplicar el Seiketsu es necesario analizar por un momento el lugar de trabajo y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo de carteles, avisos, advertencias y procedimientos crees que faltan?
- ¿Los que ya existen son adecuados y proporcionan seguridad e higiene?
- En general, ¿calificaría su entorno de trabajo como motivador y confortable? En caso negativo, ¿cómo podría colaborar para que sí lo fuera?

2.5.1.5. SHITSUKE (Disciplina)

El Shitsuke quiere decir la voluntad de hacer las cosas como se supone que se deben hacer. Es el deseo de crear un entorno de trabajo en base a buenos hábitos.

A través del entrenamiento y la formación para todos los trabajadores y la puesta en práctica de estas medidas, es cómo se consigue romper con los malos hábitos pasados y poner en práctica los buenos.

La disciplina convierte la mejora alcanzada por las 4S en una rutina más a parte de los trabajos correspondientes. Es el crecimiento a nivel humano y personal de autodisciplina y satisfacción.

Estas 5S es el mejor ejemplo de compromiso con la mejora continua.

2.5.2. SMED (Single Minute Exchange of Dies)

El SMED (“Single Minute Exchange of Dies”, en español, “cambio de matriz en menos de 10 minutos”) es una herramienta para reducir el tiempo de preparación o cambio de utillaje, pero también puede utilizarse para mejorar cualquier operación. Esta aplicación ayuda en gran medida a la implementación del Heijunka y es considerado un método de mejora continua.

El SMED nació de la necesidad de reducir el tamaño de los lotes que pasaban por las prensas de estampación, optimizando el tiempo de cambio empleado en pasa de una matriz a otra. Hoy en día el SMED se aplica a las preparaciones de toda clase de máquinas.

El tiempo de preparación es el plazo que pasa desde que sale o termina la última pieza de un lote hasta que se empieza la primera pieza del lote siguiente.

Para poder implementar Heijunka se mencionó el trabajar con lotes pequeños para reducir inventarios y nivelar la producción. Para ello, es necesario reducir los costos y tiempos de preparación. Además, estas actividades de preparación son un despilfarro.

2.5.2.1. Principios del SMED

Los principios básicos para utilizar la herramienta SMED son los siguientes:

- **Diferenciar entre preparación interna y externas.** Aquellas actividades que se deben realizar con la máquina parada se entenderán como actividades de preparación interna. Por el contrario, si se puede realizar la actividad mientras la máquina se encuentra en marcha se entiende como preparación externa.
- **Convertir el mayor número posible de preparaciones internas en externas.** Analizando y diferenciando lo que son preparaciones internas y externas, las internas son un despilfarro, puesto que se para la producción al parar la máquina. Si se puede evitar esto, y se encuentra una forma de no parar la máquina o hacerlo en menos tiempo, se aumenta la productividad y se reducen los problemas de arranque de la máquina.
- **Eliminar procesos de ajuste.** Estos procesos normalmente se hacen con la máquina parada, por lo que se deben simplificar y reducir lo máximo posible para reducir el tiempo de preparación.

2.5.2.2. Procedimiento del SMED

La implantación del SMED sigue 7 pasos:

1. Evaluación de situación actual y definición de objetivos.

El primer paso de todo proyecto de mejora es definir el objetivo que se quiere alcanzar. Para ello es necesario investigar todo aquello enlazado con ese objetivo:

- Conocer el producto, la operación, la máquina, la distribución en planta, las instrucciones de preparación existentes...
- Obtener datos históricos de tiempos de preparación (estos datos serán sólo útiles si la situación en la que se tomaron es comparable a la de partida)
- Observar la preparación in situ.

Posteriormente, se debe cuantificar ese objetivo, es decir, reducir lo máximo posible el tiempo de preparación. Aunque SMED signifique cambiar en menos de 10 minutos, el objetivo puede ser menos ambicioso.

2. Selección y formación del equipo.

Definidos los objetivos y conocida la situación de partida, debe realizarse una selección y formación del equipo que va a participar en el proyecto. Este equipo no solo debe tener los medios necesarios para poder realizarlo, también debe tener una formación sobre:

- Metodología SMED
- Funcionamiento y mantenimiento de la máquina
- Trabajo en equipo
- Montar, medir, centrar, ajustar, calibrar...
- Herramientas básicas de calidad²

Este equipo también debe contar con personas que tengan experiencia en la preparación, con capacidades para hacer modificaciones técnicas y organizativas y, sobre todo, motivación por el cambio y la mejora continua.

3. Documentación del procedimiento actual.

Para facilitar el análisis del cambio, lo primero es documentar la situación actual. La forma más tradicional es que un especialista identifique y cronometre cada una de las tareas, anotándolos detalles necesarios. Otra alternativa es grabar la preparación en video, lo que tiene una serie de ventajas:

- Se puede visualizar cada operación repetidas veces
- Se puede recoger más opiniones
- Se objetivan los hechos
- Es más fácil de analizar
- Puede utilizarse para la formación de nuevo personal
- Sirve de referente para analizar las desviaciones del tiempo de cambio

4. Análisis y mejora

Este paso se puede dividir en tres subfases:

- Clasificar las preparaciones en internas y externas: en este paso deben estudiarse y clasificarse todas las operaciones relacionadas con la preparación, con el objetivo de poder descartar o convertir las internas.
- Convertir las operaciones internas en externas: este paso es importante, ya que se pueden ver esas operaciones externas que podrían convertirse en internas o parte de ellas, es decir, con la máquina en marcha, como, por ejemplo, haciendo premontajes o prerreglajes que ayuden a facilitar el cambio de operación de una máquina y no eliminando por completo su tiempo de preparación, pero sí reduciéndolo.
- Mejorar todas las operaciones: el objetivo es reducir al mínimo el tiempo de preparación. Para ello, es necesario:
 - Estandarizar la operación de preparación
 - Utilizar sistemas de fijación rápida
 - Adoptar medidas de preparación en paralelo
 - Eliminar ajustes
 - Mecanizar algunos procesos de preparación

5. Plan de acción

En esta fase, el equipo debe plantear las ideas de mejora para reducir los tiempos de preparación de las actividades internas. Una vez definida una idea de mejora que sea prioritaria y aceptada por todo el equipo, dicho equipo debe definir un Plan de Acción para poder implementar esa mejora.

Si las oportunidades de mejora prioritarias no se consiguen transformar en un Plan de Acción, lo más probable es que no se consigan los objetivos.

Dicho plan debe contener:

- Un responsable de realizar y validar cada acción
- Una fecha objetivo para la finalización de la nueva mejora
- Recursos y costes estimados de la realización de la mejora
- Una mejora global para conseguir el cambio

6. Seguimiento del cambio

Una vez aprobado el plan de acción, hay que implantarlo y comprobar que el resultado es el esperado. Según se va implantando el cambio, debe actualizarse cada cierto tiempo para conseguir estandarizar las mejoras y que no se pierdan resultados.

De esta forma, el seguimiento se debe apoyar en dos premisas:

- Registrar todas las incidencias que se han dado durante la semana.
- Registrar todos los tiempos de cambio que se dan durante la semana para luego, en una gráfica, representar los valores máximos, mínimo y medio de cada semana. Una evolución de los datos puede desvelar si todo va según lo esperado o existen desviaciones.

La causa más frecuente de fracaso en estos proyectos es que la dirección y los responsables del proyecto no le dediquen la atención necesaria.

7. Mantenimiento del cambio

Una vez conseguido los resultados esperados, es de vital importancia mantener el cambio a lo largo del tiempo, por lo que:

- El operario debe respetar la nueva instrucción de preparación
- El responsable debe controlar que los tiempos de preparación se ajusta a lo esperado. En el caso de que aumenten, debe determinar las causas y tomar medidas correctoras para poder solventarlo.
- En auditorias del proceso se deben comprobar las evidencias de las desviaciones que surjan en el sistema de cambio de utillaje.
- La dirección debe evaluar la eficiencia del cambio, y si es necesario, volver a realizar un nuevo Plan de Acción. También, debe reconocer a los implicados en la mejora.

2.5.3. Sistema KANBAN

Kanban (看板) es una palabra japonesa que significa “tarjeta”.

El funcionamiento del sistema Kanban consiste en controlar el flujo de material y la producción siempre de acuerdo con el sistema PULL., mediante circuitos de control de autorregulación para garantizar el suministro de materiales (ver esquema de la *imagen 2.17*). En Kanban, el orden de los materiales lo impulsa el consumo. Esto significa que el consumo y la logística activan los puntos de reorden de los materiales.

Los sistemas más tradicionales de Kanban utilizan principalmente una serie de tarjetas para transportar los materiales de un circuito o línea con el objetivo de controlar la producción de forma más visual.

Las principales ventajas de un sistema Kanban son:

- Evitar la producción excesiva y la limitación de recursos
- Mayor disponibilidad de materiales
- Tiempos de entrega más cortos y mayor fiabilidad de entrega
- Tiempos de ciclo más rápidos
- Reducción de planificación y control del esfuerzo
- Aumento de rotación de inventarios
- Espacio de almacenamiento menor del necesario

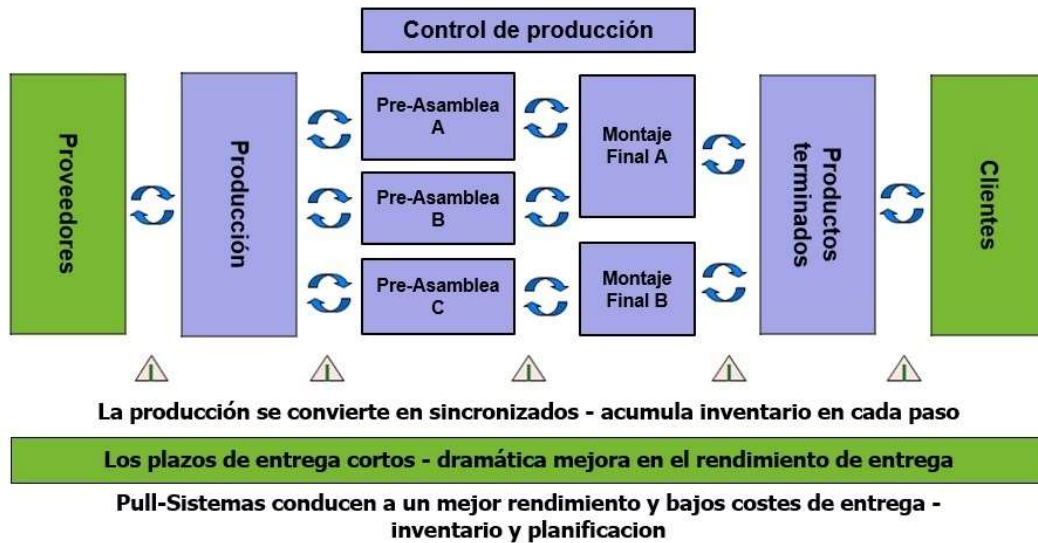


Imagen 2.17. Esquema del sistema PULL, impulsado por el consumo (www.kanban-system.com).

2.5.3.1. Tarjetas (Kanban)

Las tarjetas o Kanban tienen una importante función en este sistema, ya que actúan de testigo en el proceso de la producción. Se suelen poner en contenedores de materiales y se quitan cuando estos contenedores son utilizados, para asegurar la reposición de dichos materiales.²

En estas Kanban deben aparecer los detalles de la orden de la fabricación (en la *imagen 2.18* se muestra un ejemplo de un tipo de tarjeta). Algunas cosas que deben aparecer son las siguientes:

- El número de parte y descripción
- El número de piezas del recipiente
- El consumidor (sumidero) y el proveedor (fuente)

Proveedor: PU1 Descripción: Production Unit 1 #Kanbans: 9	Cliente: PU2 Ubicación: Loc02 Envase: Box 1 Cantidad: 100
Creado: 10/12/2013 22:33:00 Impreso: 11/12/2013 12:10:11	Descripción: Item 012345
 IKS INTEGRATED KANBAN SYSTEM Identificación del artículo: 012345	Kanban ID:  1090

Imagen 2.18. Ejemplo de una Kanban (www.kanban-system.com)

Además, el Kanban puede incluir otra información importante que se almacene en el contenedor.

Existen varios tipos de Kanban que se utilizan para realizar diferentes tipos de tareas. Los tipos principales de Kanban son:

- **Kanban de fabricación**: se desplazan desde el mismo centro de trabajo como órdenes de producción. La información que contiene es la siguiente:
 - o Centro de trabajo
 - o Ítem a fabricar
 - o Número de piezas por contenedor
 - o Punto de almacenamiento de salida
 - o Identificación y punto de recogida de los componentes necesarios
- **Kanban de transporte**: transmiten de un centro de trabajo a su predecesor las necesidades de material. Contienen la siguiente información:
 - o Ítem transportado
 - o Número de piezas por contenedor
 - o Número de orden de la tarjeta
 - o Tarjetas emitidas
 - o Centro de trabajo de predecesor y sucesor
- **Kanban de proveedores**: relacionan el centro de recepción de materia prima, con el centro de fabricación.

No sólo existen estos tipos de Kanban, pero sí son los más utilizados e importantes. Algunos tipos más de Kanban son:

- **Kanban urgente**: en caso de escasez de una pieza o elemento
- **Kanban de emergencia**: cuando se requieran materiales o elementos para recuperar unidades defectuosas, averías de maquinaria o trabajos extraordinarios.
- **Kanban de orden de trabajo**: para una línea de fabricación específica y se emite con ocasión de cada orden de trabajo.
- **Kanban señal**: para agrupar lotes.
- **Kanban virtual**: informático.

2.5.3.2. *Contenedores*

Los contenedores son los recipientes donde se almacenan y se transportan los ítems fabricados. Tienen lugares para poner los Kanban, como se puede ver en

la *imagen 2.19*. Estos contenedores deben tener una dimensión proporcional al trabajo que desempeña una línea.



Imagen 2.19. Algunos tipos de contenedores (Google).

Para mover estos contenedores de unos centros de trabajo a otros, normalmente se usan carretillas o carros para hacer estos desplazamientos.

2.5.3.3. Buzones Kanban

Estos buzones o casilleros sirven para depositar los Kanban pendientes de ejecutar. También puede haber buzones que se encuentren todavía en curso o que estén terminados. Es importante que se encuentren en un lugar bastante vistoso y transitado. En la *imagen 2.20*, aparece un ejemplo de los buzones Kanban.



Imagen 2.20. Algunos ejemplos de buzones (Google).

2.5.3.4. Requisitos del sistema Kanban

Para poder ejecutar y controlar correctamente el sistema Kanban, la planta de producción debe cumplir una serie de requisitos:

- Fijar los flujos de trabajo para que cada elemento venga de un único lugar y tenga su camino definido a lo largo de la ruta de producción.
- Cada lugar de trabajo debe tener una zona asignada donde poder depositar los elementos que constituyen los inputs y otras para los outputs.
- Cualquier puesto de ensamblaje que utilice distintas piezas o componentes, deberá dividir su zona de inputs con lugares para cada uno de ellos.
- Si un puesto suministra a más de un proceso posterior, deberá dividir su zona de outputs con lugares para cada uno de ellos.
- En cada una de las zonas de ensamblaje será necesario colocar buzones que, posteriormente, servirán para recoger los Kanban.

2.5.3.5. Funcionamiento y ejecución del sistema Kanban

Para explicar la ejecución del sistema Kanban ayudará un ejemplo con una serie de viñetas por cada paso para un mayor entendimiento. En las viñetas aparecen representados los puestos de trabajo, los contenedores Kanban, las zonas de almacenaje, los buzones y los operarios.

0. Situación inicial

Antes de iniciar la producción, los contenedores están llenos de materiales y se encuentran en las zonas de almacenaje. En la viñeta de la *imagen 2.21*. aparecen unas iniciales que dice qué es cada cosa:

- KP: Kanban de Producción
- KT: Kanban de Transporte
- PT1: Puesto de Trabajo 1
- PT2: Puesto de Trabajo 2
- BKP1: Buzón de Kanban de Producción 1
- BRKP1: Buzón de Recogida de Kanban de Producción 1
- BKT2: Buzón de Kanban de Transporte 1.

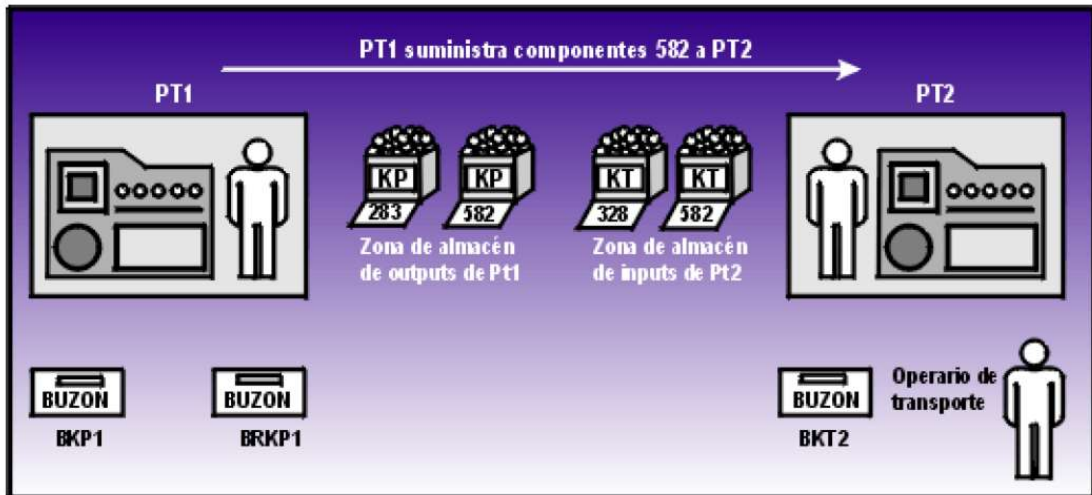


Imagen 2.21. Situación inicial del Kanban (O'Grady PJ 1992)

1. Paso 1

El operario del puesto PT2 recoge las piezas del contenedor para poder utilizarlas y retira el Kanban de Transporte para introducirlo en el buzón BKT2 (ver imagen 2.22.).

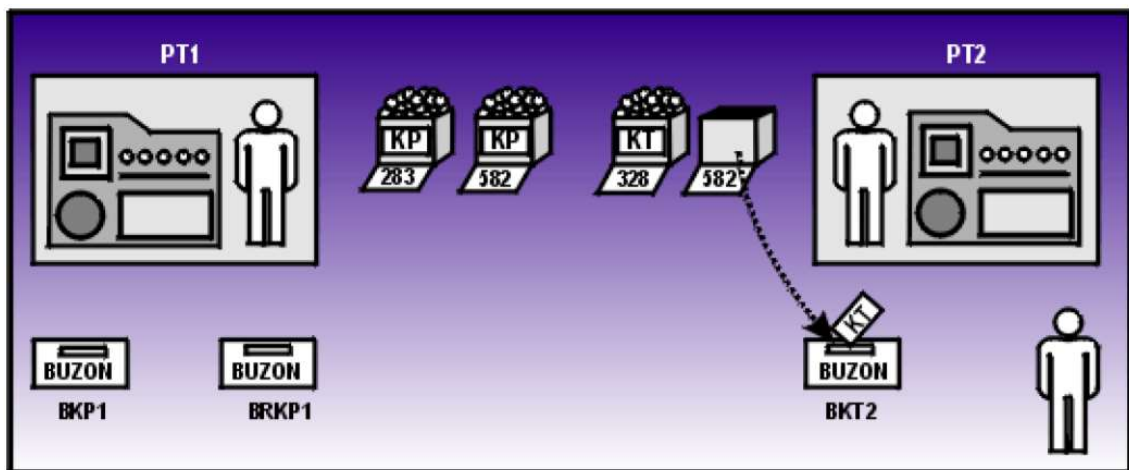


Imagen 2.22. Paso 1 del Kanban (O'Grady PJ 1992)

2. Paso 2

El operario de transporte recoge el contenedor vacío con su Kanban correspondiente para ir a por más piezas (ver imagen 2.23.).

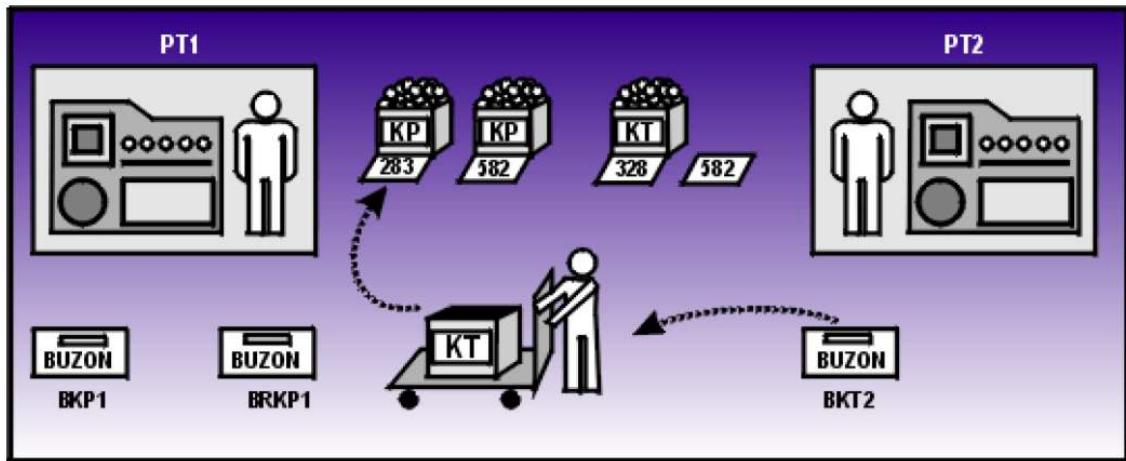


Imagen 2.23. Paso 2 del Kanba (O'Grady PJ 1992)n.

3. Paso 3

El operario de transporte intercambia el contenedor vacío por uno lleno, y compara la información de los Kanban de transporte y producción (ver imagen 2.24.).



Imagen 2.24. Paso 3 del Kanba (O'Grady PJ 1992)n.

4. Paso 4

Una vez intercambiado el contenedor, el operario de transporte introduce el Kanban de producción en el buzón BRKP1 (ver imagen 2.25.).

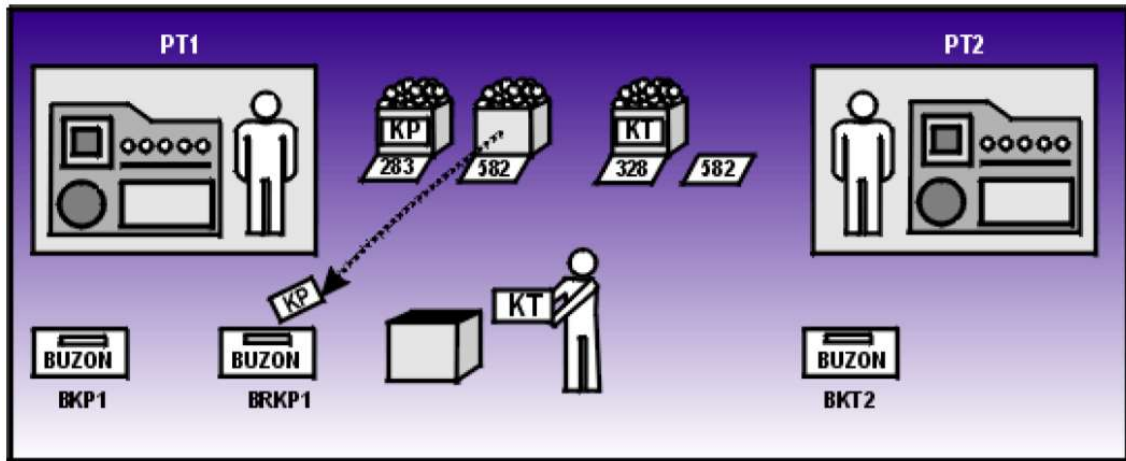


Imagen 2.25. Paso 4 del Kanban (O'Grady PJ 1992).

5. Paso 5

El operario de transporte coloca el Kanban de transporte en el contenedor y lo lleva al puesto PT2 (ver imagen 2.26.).

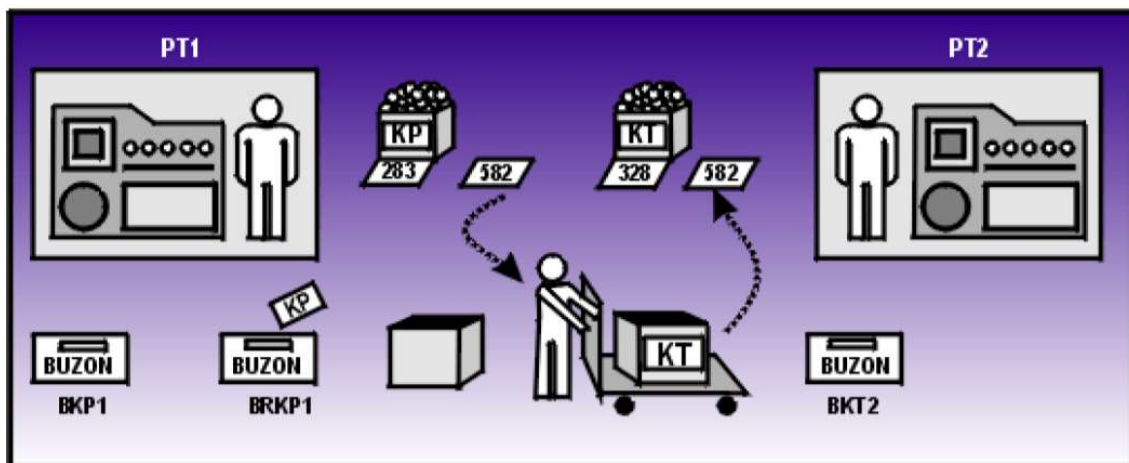


Imagen 2.26. Paso 5 del Kanban (O'Grady PJ 1992).

6. Paso 6

El nuevo contenedor es depositado en el puesto PT2, a la espera, de nuevo, a que el operario comience la fabricación de éste (ver imagen 2.27.)

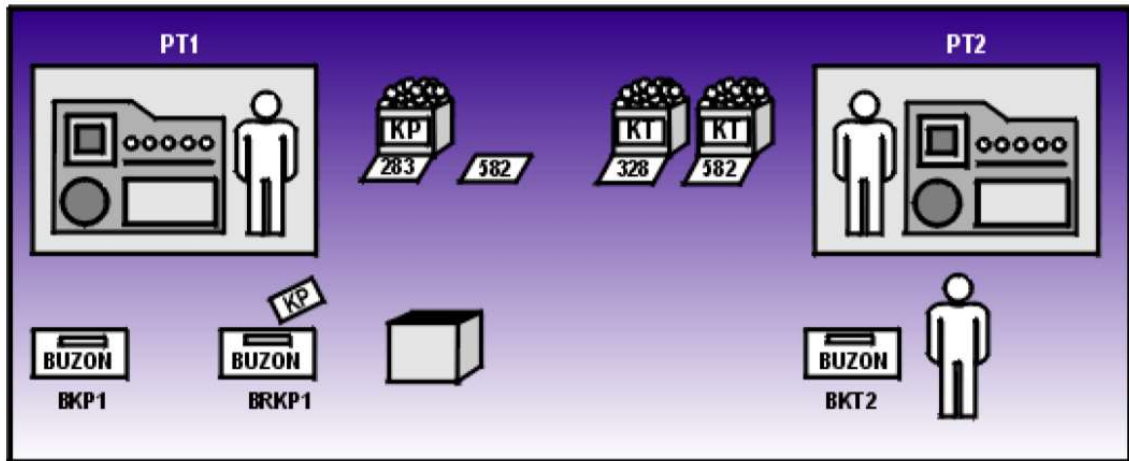


Imagen 2.27. Paso 6 del Kanban (O'Grady PJ 1992).

7. Paso 7

Una vez el Kanban de producción pase al buzón BKP1, el operario del puesto PT1, puede recogerlo e iniciar la fabricación de ese producto (ver imagen 2.28.).

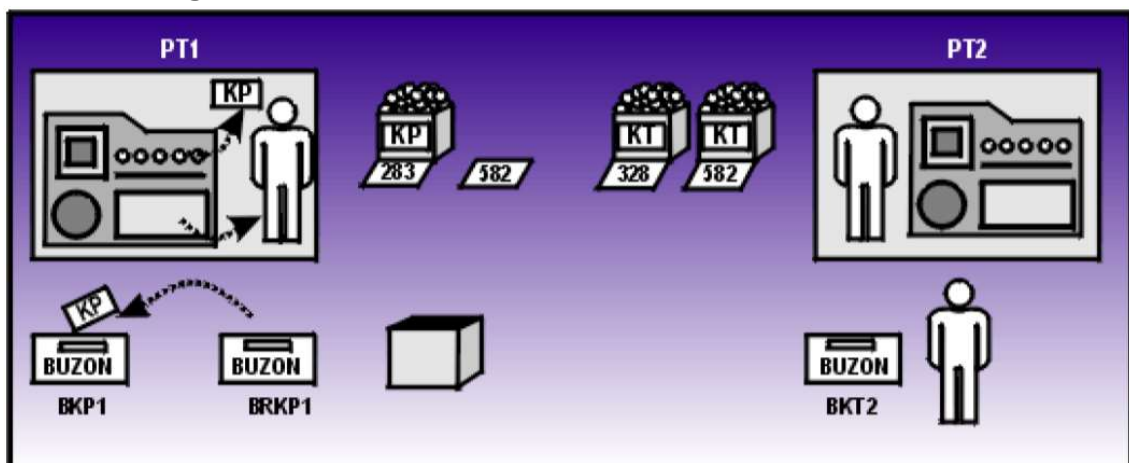


Imagen 2.28. Paso 7 del Kanban (O'Grady PJ 1992).

8. Vuelta al inicio

Una vez fabricadas las piezas 582, el operario del puesto PT1, llena el contenedor vacío y lo deja en su punto de posicionamiento, junto con el Kanban de producción, volviendo a la posición inicial (ver imagen 2.29.).

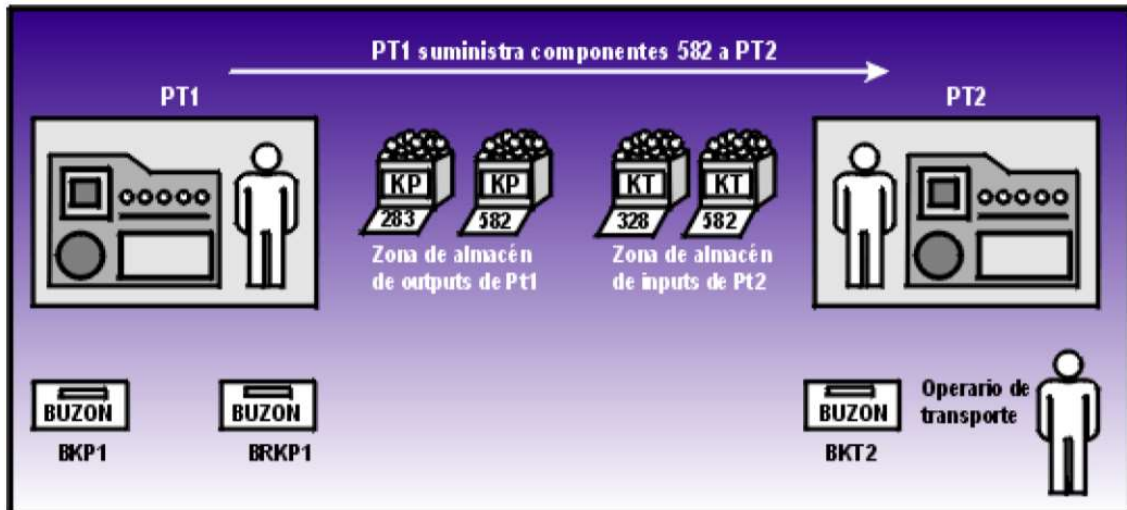


Imagen 2.29. Vuelta al inicio del Kanban (O'Grady PJ 1992).

2.5.3.6. Reglas del sistema Kanban

Para ejecutar correctamente el sistema Kanban se necesitan tener unas reglas que deben ser respetadas y cumplidas por los trabajadores que realizan este tipo de tareas:

- **Regla 1:** las piezas defectuosas no deben pasar al siguiente proceso.
- **Regla 2:** el proceso posterior recogerá del anterior los productos necesarios, en las cantidades precisas, del lugar y en el momento oportuno.
- **Regla 3:** se reabastecen solo los productos que fueron retirados.
- **Regla 4:** las piezas no deben ser producidas o transportadas sin un Kanban.
- **Regla 5:** el Kanban debe estar colocado correctamente en el contenedor.
- **Regla 6:** la cantidad de piezas debe ser el mismo al número de piezas indicado por el Kanban.

2.5.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total o TPM (Total Productive Maintenance) es una herramienta de gestión de mantenimiento de los equipos de la empresa con el objetivo de evitar fallos, con la vocación de los trabajadores de la empresa y en cualquier fase del desarrollo del producto. Es un programa de mejora continua.

El buen funcionamiento de las máquinas es un elemento clave con respecto a la productividad y a la calidad del producto. Debería ser una actividad más dentro de la empresa el registro de los factores por fallos en averías y la elaboración para poder eliminarlos, buscando la optimización del mantenimiento de equipos y herramientas.

Dado que el objetivo final del TPM es cero fallos, el mantenimiento debe estar planificado como un mal menor. No solo debe reparar la funcionalidad perdida del equipo, sino que también se debe estudiar los factores para que no vuelva a ocurrir.

Una implantación correcta del TPM hace que los trabajadores adopten tareas de prevención, detección y corrección de anomalías para un correcto funcionamiento de las máquinas. Si ocurre un problema menor, el propio trabajador intentará resolver un problema menor por él mismo.

Los pilares en los que se basa el TPM son los siguientes:

- **KOBETSU KAIZEN (mejoras enfocadas)**: busca mejorar la eficiencia de las máquinas, operaciones y el sistema en general. Elimina las limitaciones de los equipos a través del ciclo PDCA.
- **JISHU HOZEN (mantenimiento autónomo)**: se lleva a cabo con la colaboración de los operarios del proceso. Trata las actividades que no son específicas, como son la lubricación, la limpieza, pequeños ajustes, etc. Contribuye a la durabilidad de los equipos mediante la prevención.
- **KEIKAKU HOZEN (mantenimiento planificado)**: consiste en actividades planificadas de revisión parcial de los medios de producción, para tratar las actividades de prevención de fallos de las máquinas. Con este método se puede evitar gran cantidad de fallos que generan distorsiones. Esta planificación requiere una programación periódica.
- **INSHITSU HOZEN (mantenimiento de calidad)**: busca mantener las condiciones óptimas de equipos que permiten asegurar la calidad. En el mantenimiento de calidad es necesario contar con herramientas y equipos adecuados, como instrumentos precisos de medición y control.

Las ventajas de esta herramienta son las siguientes:

- Disminución de averías
- Mayor uso de máquinas
- Reducción de defectos
- Disminución de costes de mantenimiento
- Disminución de accidentes
- Aumento de la satisfacción de los trabajadores

Por lo tanto, el trabajador de producción debe realizar una serie de tareas para la adecuación del TPM en el puesto de trabajo:

- Limpieza, lubricación y ajuste de piezas
- Adoptar medidas contra averías
- Proponer operaciones de mantenimiento
- Detección y reparación de defectos menores
- Mantener el orden y la limpieza en el centro de trabajo (5S)

2.5.5. SOIKUFU (Recogida de ideas)

La herramienta Soikufu proviene e integra perfectamente la metodología Just In Time. Es un sistema de recogida y aprovechamiento de ideas y sugerencias de los trabajadores.

Esto surge de la importancia de alcanzar los Cinco Ceros, y para alcanzarlos, es necesario la mejora de los procesos de producción.

Estas mejoras se pueden abordar desde dos puntos de vista:

- Mejora de la automatización
- Mejora de las operaciones manuales

Es preferible comenzar por la mejora de las operaciones manuales, dado que no se interrumpe el funcionamiento del proceso y los cambios son más fácilmente reversibles. El coste de los cambios también es menor que el de la automatización. Estas operaciones manuales son realizadas por los trabajadores, por lo que son los que mejor las conocen. Conviene que estos trabajadores fomenten su participación en este tipo de mejoras.

Existen dos tipos de elementos para fomentar la recogida de ideas:

- Plan de sugerencias: este método promueve la participación del personal en la mejora continua del trabajo. Consiste en la colocación de buzones en los talleres donde los trabajadores depositan sus ideas relacionadas con la mejora del trabajo. Estas sugerencias las evalúan periódicamente un conjunto de expertos y promueven las que son viables. Si una sugerencia de mejora se aplica y resulta satisfactoria, es importante recompensar monetaria y honoríficamente a las personas que proponen las mejores ideas. Las ventajas del plan de sugerencias son los siguientes:
 - o Se establece una relación estrecha entre staff y trabajadores
 - o Mejora la motivación de trabajadores

- Círculos de calidad: consiste en unos grupos de 5 a 12 trabajadores que tratan diferentes aspectos como calidad, distribución en planta, mantenimiento, costes, seguridad, etc., con el objetivo de promover la mejora continua. Estos círculos de calidad tienen una serie de características:

- Participación voluntaria
- Organización que refuerce la cadena de mando
- El propio grupo elige los temas de discusión
- El grupo forma a los trabajadores que participa

Las ventajas de estos círculos de calidad son las siguientes:

- Fomenta el estudio entre grupos
- Dinamiza capacidades individuales
- Mejor entorno de trabajo
- Mayor integración de los trabajadores
- Contribuye a la formación

3. OBJETO DE ESTUDIO: LA EMPRESA

3.1. HISTORIA Y DEDICACIÓN DE LA EMPRESA

Talleres Pehima es una empresa familiar española que fue constituida bajo la forma social de Sociedad Limitada (S.L.) y cuyo CNAE (Clasificación Nacional de Actividades Económicas) se corresponde con la fabricación de estructuras y componentes.

Fue fundada en octubre de 1989 como un taller de mecanizado de piezas metálicas y calderería situado en el polígono de “La Mora” (ver *imagen 3.1.*), en la localidad vallisoletana de La Cistérniga.



Imagen 3.1. Ubicación de la empresa (Google Maps)

Actualmente, no solo fabrican estructuras o mecanizan piezas, sino que se dedican también a la fabricación de bienes de equipo industriales, desde elementos mecánicos sencillos, hasta líneas enteras de transporte de materiales, al montaje de éstos y a su correspondiente mantenimiento para otras empresas del sector industrial.

Los clientes de esta empresa son factorías de empresas que necesitan subcontratar otras empresas para la fabricación y montaje de elementos en sus líneas. Los clientes más potenciales son Michelin España y Portugal y

RENFE (Red Nacional de Ferrocarriles Españoles), ya que constituyen el 95% de las ventas en la empresa.

En los últimos años, Talleres Pehima ha contado con una plantilla que varía entre 20 y 30 trabajadores, repartidos entre soldadores, montadores, torneros y fresadores, ingenieros y administradores. En cuanto a su facturación anual, ronda entre los 2 y 2,5 millones de euros.

3.2. PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LA EMPRESA

Talleres Pehima cuenta con una serie de procesos de fabricación tanto para metales, como para termoplásticos. Los procesos de fabricación que cuenta la empresa son los siguientes:

- Mecanizados. Dispone de una pequeña zona de maquinaria (rectificadoras, máquinas de corte, tornos, fresas, taladros de columna, punzonadoras, etc.), que les confiere una gran flexibilidad para hacer proyectos específicos.
- Soldadura. La empresa cuenta con una plantilla de profesionales homologados para soldar materiales necesarios en los proyectos, garantizando una correcta soldadura.
- Montaje. Los muy variados proyectos que lleva la empresa hacen que el equipo de montadores tenga una polivalencia en diferentes tipos de trabajo, que permiten hacer montajes en las instalaciones de la empresa o en casa del cliente.
- Pintura. La empresa cuenta con una nave para realizar trabajos de pintura y un pintor experto que hace estas tareas.

El material que más se trabaja en el sector de fabricación de la empresa es el acero, tanto en perfiles estructurales, como en mecanizados, chapas, etc. Se trabaja también otros metales, como el aluminio, el plomo o el bronce.

3.3. ESTRUCTURA DE LA EMPRESA

Es importante conocer la estructura de la empresa. En ocasiones, y sobre todo en las empresas pequeñas, se desconoce la función de cada uno al estar los departamentos poco diferenciados.

La estructura de la empresa se puede esquematizar como aparece en la *imagen 3.2*.

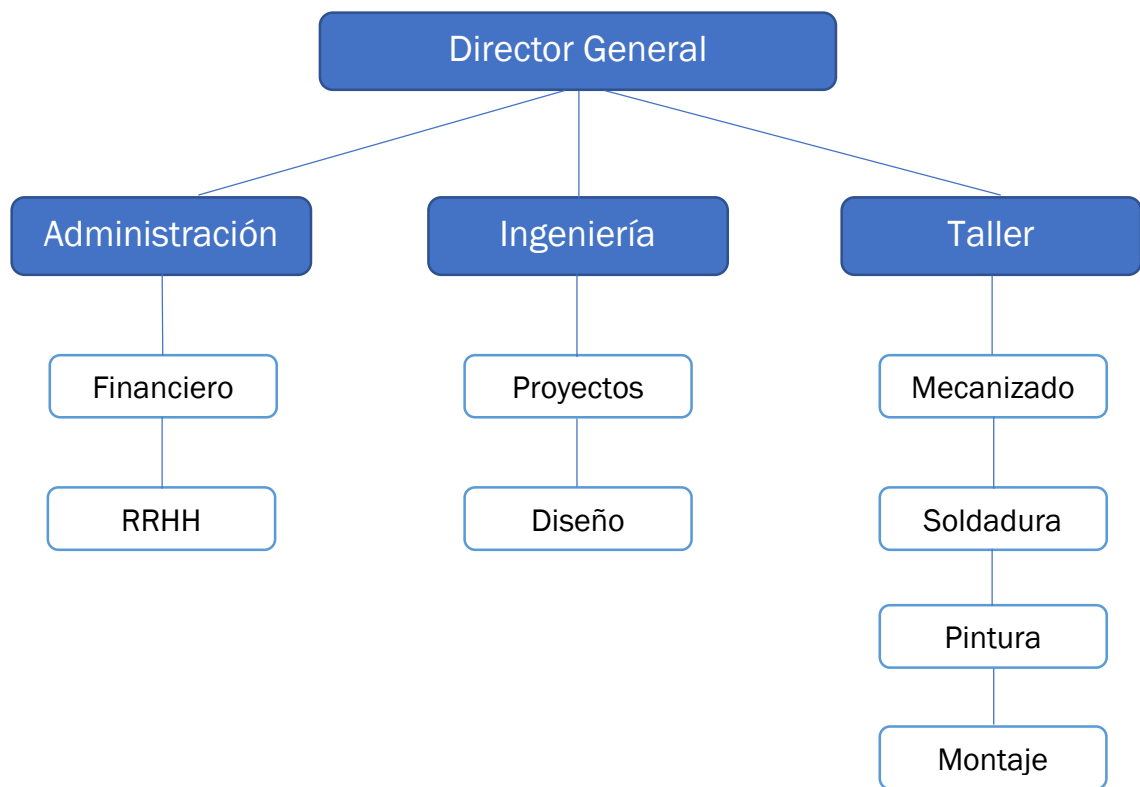


Imagen 3.2. Esquema de la estructura de la empresa.

Existen tres departamentos que son coordinados por la Dirección: Administración, Ingeniería y Fabricación.

3.3.1. Administración

La labor de este departamento es la de gestionar los procesos de contabilidad, presupuesto, administración de fondos, apoyo logístico y de infraestructura para el desarrollo de actividades de Dirección. Otra misión incluida es la tramitación de recursos humanos en los procedimientos de selección, contratación, formación y evaluación.

3.3.2. Ingeniería

El Departamento de ingeniería es el responsable de la realización de diseños, como de la dirección y documentación de proyectos que dan el soporte técnico necesario para que un proyecto salga adelante.

3.3.3. Taller

El Taller se encarga de realizar los procesos de fabricación bajo la supervisión de un responsable, que se encarga de supervisar las tareas de los trabajadores.

3.4. DISPOSICIÓN EN PLANTA DE LA MEPRESA

Las instalaciones de Talleres Pehima son dos naves industriales principales (nave 1 y nave 2), en la que en una parte de ellas se encuentran las oficinas de ingenieros y de administradores. Cuenta también con otras dos naves abiertas, que se encuentran pegadas a las otras dos naves principales (naves 3 y 4), un patio a la derecha de la nave 2 y un pequeño aparcamiento donde aparcar los vehículos de los empleados. En las naves 1 y 2 existe una entrada en cada nave para camiones, y en la 1 existe también una entrada peatonal. Todas las naves se encuentran conectadas entre sí.

La imagen XXX muestra todo el recinto marcado en rojo que dispone la empresa. Este recinto tiene un total de unos 4000 metros cuadrados.

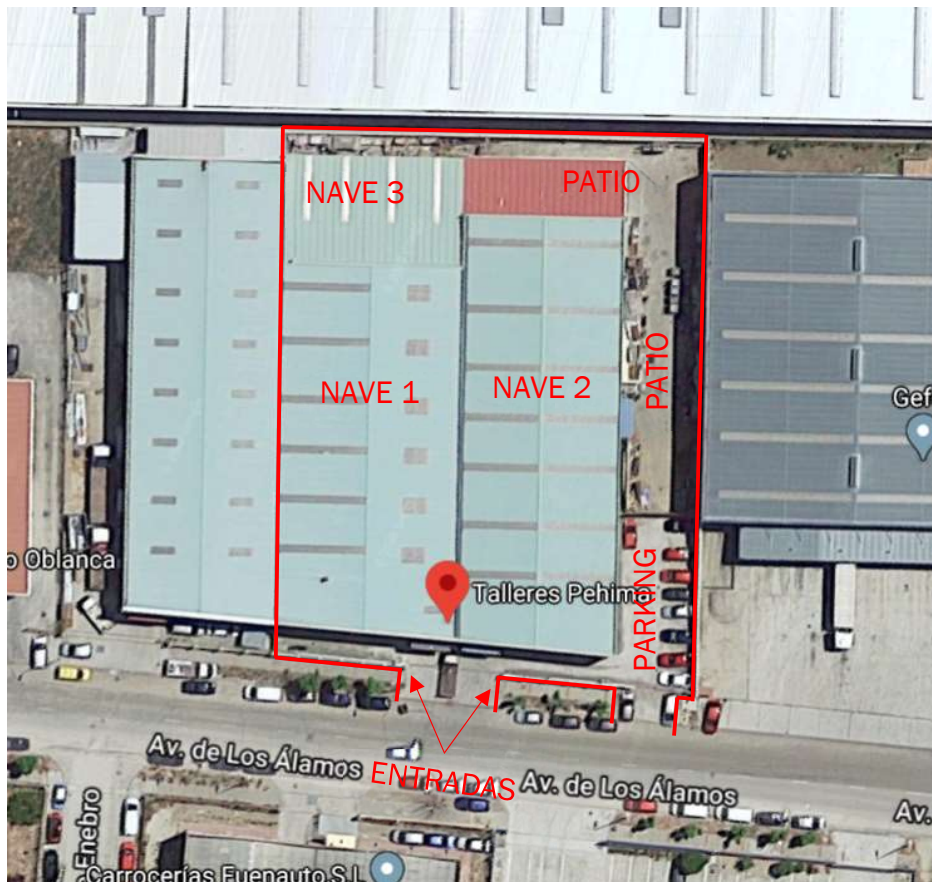


Imagen 3.3. Vista de "pájaro" de las naves de la empresa (Google Maps).

A continuación, se explicará con detalle cada uno de los espacios ocupados dentro del recinto de la empresa.

3.4.1. Nave 1

En la *imagen 3.4.* muestra el interior de la nave 1, hecha desde la puerta de la oficina. La nave 1 cuenta con unas dimensiones aproximadas de 50 m de largo por 25 de ancho, alcanzando unos 1250 m² útiles. En esta nave se encuentran los vestuarios y las oficinas, por lo que es la única que tiene entrada peatonal para poder acceder a las instalaciones y conecta con las naves 2 y 3. No sólo tiene entrada peatonal, sino que tiene también entrada de vehículos.

En esta nave descargan los camiones de paquetes pequeños y de perfiles metálicos, dado que se encuentra el almacén de tornillería y las estanterías de estos últimos. Si es necesario descargar elementos pesados, no es problema puesto que esta nave alberga un puente grúa que soporta una carga de hasta 5 toneladas y llega a todos los puntos de la nave.

Al lado de las estanterías de perfiles metálicos, se encuentran las sierras, para desplazar lo menos posible los perfiles y que estén cortados para su fabricación.

La nave cuenta también con una zona de mecanizados donde se realizan este tipo de tareas y donde se encuentran las máquinas de control numérico. A su derecha, existe un espacio amplio y con mesas donde se realizan montajes de todo tipo, desde elementos mecánicos pequeños hasta estructuras de un cierto tamaño. Al fondo de la nave a la izquierda, existe un espacio amplio donde se realizan también ciertos montajes.

Por último, hay que decir que esta nave cuenta con un sistema de calefacción por gasóleo y un circuito de aire comprimido cuyas tomas se encuentran en distintos puntos de la nave.



Imagen 3.4. Fotografía de la Nave 1.

3.4.2. Nave 2

En la *imagen 3.5.* se muestra una vista panorámica de la nave 2 desde la entrada al patio. La nave 2 cuenta con unas dimensiones aproximadas de 60 m de largo por 20 de ancho, alcanzando unos 1200 m² útiles. En esta nave se encuentran todos los puestos de soldadores (en total 9) y algunas máquinas que hacen algún trabajo exclusivo o puntual que no se pueda hacer en otra máquina.

No solo descargan los camiones en la nave 1, sino que también descargan aquí, pero normalmente solo descargan los camiones propios en la nave 2, dado que son mercancías las cuales necesitan un trabajo previo de soldadura antes que cualquier otro. Se suelen depositar estas mercancías en el medio de la nave, para que los trabajadores o los responsables de los trabajos puedan ver fácilmente el material de cada proyecto.

En esta nave lo normal es que no se realice ningún montaje, salvo en casos excepcionales cuando se necesite mucho espacio para ello, ya sean grandes máquinas o plataformas. También, los productos acabados se almacenan aquí, ya que lo normal es que carguen los camiones aquí.

Al igual que ocurre en la nave 1, la nave 2 tiene estanterías en las que acumulan stocks y chapas de diferentes espesores, acabados y mallas para vallados. Cuenta con una sierra para cortar perfiles, aunque es menos utilizada dado que no se encuentra cerca de las estanterías de perfiles.

Al igual que la nave 1, la nave 2 equipa sistema de calefacción por gasóleo y circuito de aire comprimido cuyas tomas se encuentran en distintos puntos de la nave, y un puente grúa con la misma capacidad de carga.



Imagen 3.5. Vista panorámica de la Nave 2

3.4.3. Nave 3

La *imagen 3.6.* muestra el interior de la nave 3. Esta nave es una ampliación de la nave 1 y cuenta con unas dimensiones de 15 metros de largo por 25 de ancho, alcanzando unos 375 metros cuadrados. El motivo de esta ampliación es debido a la necesidad en su día de un puesto de pintura que estuviera separado del resto de las instalaciones, y actualmente se sigue utilizando para ello.

La nave 3 no cuenta con cerramientos y está al aire libre por el lado derecho si uno se fija en la posición de la toma de la imagen de la *imagen 3.6.* Esta nave no solo conecta con la nave 1 sino que conecta con el patio.



Imagen 3.6. Fotografía de la Nave 3.

3.4.4. Patio

La imagen 3.7. muestra una imagen del patio. El patio cuenta con unas dimensiones de unos 700 metros cuadrados y se encuentra en la periferia de la nave 2, la cual tiene acceso por dos entradas de ésta. No sólo conecta con la nave 2, sino que también conecta con la nave 3.

Este patio está reservado para almacenar chatarra, restos imposibles de aprovechar en el taller y piezas defectuosas. Actualmente, este patio se encuentra al aire libre.



Imagen 3.7. Fotografía del Patio.

3.4.5. Plano general del taller

En el Anexo 1 aparece una representación de la disposición en planta del taller.

3.5. CONCLUSIONES DEL OBJETO DE ESTUDIO

En este capítulo hemos conocido la empresa objeto de estudio, dedicada a la fabricación de bienes de equipo industriales.

Hemos podido conocer un poco acerca de sus procesos de fabricación y a la organización interna que tiene, en cuanto a departamentos.

También hemos podido conocer de forma muy detallada la disposición en planta donde se desarrollan cada uno de los trabajos del taller.

Una vez conocida la empresa, vamos a proceder al análisis y a la aplicación del Lean Manufacturing en el siguiente capítulo.

4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN AL TALLER

4.1. INTRODUCCIÓN

El procedimiento de aplicación de la metodología Lean no se encuentra normalizado, es decir, cada empresa ha de buscar su propio procedimiento para poder aplicarlo en función de sus características. Muchas empresas han fracasado en aplicar esta metodología por copiar estrictamente el sistema Toyota sin fijarse en las necesidades y características únicas de éstas.

En este capítulo vamos a analizar los datos que tenemos en el taller utilizando la metodología Lean Manufacturing y buscar soluciones para aplicar los cambios necesarios que nos ayuden a reducir los despilfarros en la medida de lo posible.

Introducir cambios en una empresa tiene una gran dificultad, y más si no se ha tocado nunca esta metodología en la empresa, que es el caso de ésta. Por lo que hemos podido comprobar en el taller tenemos una serie de problemas que se pueden ver a simple vista:

- Acumulación de despilfarros: es el principal problema que tratar. Es necesario eliminar actividades que gasten recursos y que no añadan valor al producto.
- Priorización de la producción frente a otras actividades: muchas mejoras son difíciles de implantar si no se hace una parada a las actividades realizadas.
- Resistencia al cambio: las novedades en la forma de trabajo son difíciles de asimilar ya que cambia los funcionamientos habituales en las actividades y presentan discrepancias en introducir nuevas mejoras.
- Conformismo: las aspiraciones de mejora continua chocan a veces con personas que prefieren continuar con una actividad que no siempre está bien hecha a tener que adaptarse a nuevas mejoras.
- Favoritismos: esto ocurre cuando hay que hacer actividades en equipo y algunos trabajadores prefieren a otros que a los asignados porque se llevan mejor o porque tienen más experiencia.

4.2. SITUACIÓN INICIAL

En este apartado vamos a examinar y recoger datos reales de la situación inicial de la empresa con el objetivo de caracterizar el sistema actual para encontrar despilfarros y eliminarlos en la medida de lo posible.

Recogeremos información tanto de trabajadores, como de puestos de trabajo, y zonas que se encuentren ocultas debido a los despilfarros que se puedan generar en la forma de trabajar.

4.2.1. Mano de obra directa

En el proceso de fabricación de la empresa encontramos a 19 operarios, los cuales trabajan 40 horas a la semana repartidas en 8 horas al día de lunes a viernes de 7 a 15 horas. En esta empresa no hay ni turnos de tarde ni turnos de noche.

- Soldadores: existen 9 puestos de trabajo dedicados a la soldadura por lo que debe haber 9 soldadores en cada uno. Estos soldadores no sólo se encargan de soldar, sino que también son capaces de realizar otros procesos de fabricación como cortar, taladrar, plegar, etc. y recogen material inicial y llevan el producto acabado. Normalmente se les deja libertad para realizar su trabajo salvo es en casos extremos cuando algún trabajo sea de urgencia.
- Pintor: La empresa cuenta con un pintor formado que se encarga tanto de pintar como de recoger los materiales que necesitan ser pintados y de llevar los que ya han sido pintados. Como no siempre se necesita pintar, también se encarga de labores como embalaje y de recogida de material que provengan de otras empresas.
- Montadores (mecánicos): la empresa tiene contratados a unos 6 mecánicos que se encargan de montar y de ensamblar los productos fabricados por la empresa y otros productos que son comerciales. No siempre se encuentran en el taller a la vez los 6 mecánicos. Esto es debido a que algunos mecánicos se les envían a las fábricas de clientes para montar máquinas u otros elementos.
- Torneros fresadores: la empresa tiene contratado a 3 torneros fresadores que se encargan de utilizar las máquinas de control numérico para realizar piezas con formas complejas.

4.2.2. Cadena de fabricación

Se podría diferenciar una serie de etapas del funcionamiento de la empresa.

1. Al inicio de un proyecto, los ingenieros técnicos planifican cada uno de los trabajos que tienen que realizar los operarios. También estudian la posibilidad de enviar a fabricar piezas a otras empresas para ahorrar tiempo y costes. Estas piezas suelen ser en gran medida las placas realizadas por corte por láser u oxicorte, dado que son más rápidas y baratas de fabricar que fabricarlas en el taller. También se envían a fabricar piezas mecanizadas.
2. Los materiales provenientes de otras empresas pueden venir a través de un transporte del proveedor o de un operario del taller al que se le ha enviado por poca carga de trabajo. Estos materiales pueden entrar por la nave 1 o 2 dependiendo de quién lo vaya a tratar:
 - Las placas de corte por láser se dejan en la isla de materiales de la nave 2
 - Los perfiles estructurales se dejan en las estanterías para dichos perfiles de la nave 1, al igual que los redondos de mecanizado.
 - Los elementos de unión se dejan en el almacén de tornillería la nave 1
 - Elementos comerciales que no son tratados se dejan en la zona de montaje
3. Antes de empezar a soldar, se prepara todo el material que va a ser soldado. Se tiene antes preparado los cortes de los perfiles estructurales que se necesitan en el proyecto. Para facilitar al operario que va a cortar material, los ingenieros preparan una hoja de corte con todos los cortes y medidas que se necesitan para el trabajo de soldadura. Con esta hoja, el operario no se tiene que fijar en los planos y agiliza el trabajo.
4. Una vez revisado y preparado todo el material por parte del soldador, ya se puede empezar a soldar. A cada soldador se le asigna un proyecto, aunque muchas veces se divide entre varios cuando hay demasiada carga de trabajo para uno solo.
5. Cuando el soldador termina el trabajo, lo lleva al siguiente puesto, que puede ser el de mecanizado en fresa, si se necesita alguna forma en especial, o al de pintura. En caso de que deba llevar algún otro tratamiento contra la corrosión, se lleva a otra empresa dedicada a esto.
6. Después de que esté todo terminado de fabricar, se procede al montaje y ensamblado de los componentes. Normalmente se hace en la nave 1, pero si se necesita más espacio, también se realiza en la nave 2.

7. Por último, se embala el producto final y se transporta al cliente. También es necesario un montaje en la fábrica del cliente, por lo que se necesita un equipo de mecánicos y algún soldador.

4.2.3. Puestos de trabajo

4.2.3.1. Puesto de soldadura

Los puestos de soldadura están asignados a cada soldador, por lo que cada uno tiene total libertad para ordenarlo como quiere. En la *imagen 4.1.* se puede ver un puesto de soldadura de los 9 que hay en la empresa.

Este puesto dispone de una mesa amplia y de caballetes para poder hacer soldaduras de todo tipo. También dispone de mamparas de protección a los lados para no molestar con la luz de la llama a otros trabajadores. En el puesto no solo hay herramientas para soldar, también hay una caja de herramientas y radiales con sus respectivos recambios para hacer otros trabajos. Todos los puestos llevan equipados una toma de aire comprimido para eliminar rápidamente virutas y elementos que dificulten las operaciones.



Imagen 4.1. Uno de los puestos de soldadura del taller.

4.2.3.2. Zona de mecanizados

La zona de mecanizados está formada por una serie de máquinas que realizan diferentes tipos de operaciones, como son los tornos, las fresadoras y los taladros de columna. En esta zona no hay puesto como tal, por lo que no está asignado a ningún trabajador, aunque los torneros-fresadores son los que controlan esta zona. Dado que es una zona común para todos, las herramientas y útiles de mecanizado deben estar ordenados de tal forma que los trabajadores sepan dónde están en cada momento. En la *imagen 4.2.* se puede ver una foto de esta zona.



Imagen 4.2. Zona de mecanizados

4.2.3.3. Puesto de pintura

El puesto de pintura cuenta con un espacio amplio para poder pintar todo tipo de piezas, al igual que puedan secarse sin tener que moverlas. Solamente hay una persona que esté al cargo de este puesto de trabajo. En la *imagen 4.3.* se puede ver una foto de este puesto.



Imagen 4.3. Puesto de pintura.

4.2.3.4. Zona de montaje

Existen algunas zonas amplias que están reservadas solo para montajes. Estas zonas no están asignadas a un trabajador en concreto, así que dependiendo de la magnitud del proyecto estarán unos montadores u otros. Al ser una zona común para todos, las herramientas y los útiles de trabajo tienen que estar ordenados de tal forma que todos sepan dónde están en cada momento. En la *imagen 4.4.* e puede ver una foto de uno de los puestos de montaje.



Imagen 4.4. Zona de montaje

4.2.3.5. Otros puestos.

- **Sierras:** en el taller hay 4 sierras para cortar perfiles metálicos colocadas en distintos sitios. Están diseñadas para que una persona pueda cortar en cadena y facilite el trabajo. Son utilizadas por todos los trabajadores.
- **Carretillas:** se utilizan para transportar materiales de un lugar a otro sin esfuerzo humano. Actualmente hay dos carretillas eléctricas y se necesita un permiso para poder conducir las.
- **Punzonadora:** se utiliza para hacer agujeros rasgados que no pueden hacer los taladros. También se utiliza cuando hay que hacer varios rasgados en una o muchas piezas y evitar así meter una pieza en fresa.
- **Plegadora:** se utiliza para plegar chapas o tubos. Actualmente se utiliza poco.
- **Cizalladora:** utilizada para cortar chapas y placas. Actualmente en desuso.

4.3. OBJETIVOS

Una vez planteada la situación inicial, es necesario definir los objetivos que queremos cumplir y valorar, si es posible, la implantación de éstos. Dado que es una empresa que no ha tocado a lo largo de su vida la metodología Lean Manufacturing, no nos podemos poner objetivos muy específicos y concretos, dado que hay que ir empezando poco a poco ya que es un gran cambio a largo plazo. Los objetivos propuestos son los siguientes:

4.3.1. Reducción de stocks

Como hemos visto, los grandes stocks son un problema, y en el taller hay bastante, sobre todo restos que no se utilizan. Y las cosas que se pueden utilizar no se sabe con cierta exactitud lo que hay, debido a que no existe un registro del material sobrante.

Uno de los principales objetivos del Lean Manufacturing es reducir los stocks en la medida de lo posible.

El objetivo es eliminar el despilfarro, por lo que necesitamos un plan para conseguirlo. Para empezar, necesitamos tener un control de los materiales que se han pedido, reservarlos para el proyecto el cual se ha pedido y así evitar que coja alguien estos pedidos para otro trabajo.

Nos centraremos en las estanterías de perfiles metálicos. Los perfiles metálicos se piden en barras de 6 o de 12 metros, por lo que muchas veces sobra. Estos sobrantes se pueden aprovechar, y la idea es utilizarlos para el siguiente proyecto, así que la idea es tener un registro de los sobrantes y materiales que hay para evitar pedir de más.

Este registro podría ser unas hojas de cálculo que estuviesen en una base de datos para que las puedan ver todos. De este registro se encargaría el responsable de taller.

Existen stocks que no se pueden utilizar (despilfarro), por lo que es necesario eliminar ese material, ya que ocupa demasiado espacio.

4.3.2. Cambio de disposición en planta en el taller

El objetivo de mejorar el puesto de trabajo es conseguir tener un espacio más amplio para los montadores y soldadores, pero también, reducir de tamaño algunos puestos de soldadura para realizar trabajos de piezas pequeñas.

Para ampliar los puestos de montaje nos basaremos simplemente en reducir las estanterías de stocks y ganar metros cuadrados para la zona de montaje y soldadura.

4.3.3. Diferenciar el tránsito de personas y carretillas

En el taller existe mucho movimiento de material, además de la circulación de personas y carretillas. En teoría, hay marcas en el suelo que delimitan las zonas por las que deben ir, pero con los años se han ido borrando y apenas se aprecian, por lo que se suele tender que las personas y las carretillas vayan por los mismos sitios y supone un riesgo.

Para solventar con esto, hemos planteado un “tráfico en el taller”, que consiste en repintar esas zonas que se han deteriorado y marcar bien los pasos de peatones y carretillas para una correcta circulación por el taller y prevenir un riesgo laboral.

4.3.4. Mejora de puestos de trabajo

El objetivo de mejorar el puesto de trabajo es conseguir que cualquier puesto pueda ser utilizado por todos, incluso los de soldadura.

Para los puestos de soldadura queremos conseguir que sean en la medida de lo posible lo más parejos posibles. Hasta ahora, en cada puesto de soldadura siempre se encontraba el mismo trabajador, por lo que el puesto es de ese trabajador y lo tiene como lo necesita. Lo que queremos es romper esto y que cada puesto sea utilizado en función del trabajo a desarrollar (o dividido por proyectos). Con ayuda de herramientas como las 5 s no sólo queremos mejorar el puesto de soldadura, sino todos los puestos de trabajo.

4.3.5. Implantación del sistema Kanban

Como se ha mencionado en el apartado 4.3.3., en el taller hay mucho movimiento de material, y hay veces que, al haber tanto material, puede ser un caos. Para mejorar el control del flujo de material queremos instalar el sistema Kanban.

Nuestro objetivo con el sistema Kanban no es otro que mejorar el flujo de material y que todas las piezas de un producto estén donde corresponden.

4.4. ACTUACIONES IMPLANTADAS EN LA EMPRESA

Tras realizar un análisis de la empresa en el apartado anterior y localizar los puntos más críticos, contemplaremos a proceder las actuaciones de mejora implantadas en la empresa.

Como hemos comentado, estas actuaciones van a consistir en la eliminación de stocks que no generan valor al producto y disminuye el espacio, la mejora de puestos de trabajo, con ayuda de la herramienta de las 5s, instalar el sistema Kanban, para tener un mejor control de material y crear una circulación de personas y materiales en el taller.

4.4.1. Actuaciones en stocks y materiales

Es de gran importancia que toda operación que no aporte valor añadido al producto sea reducida con el fin de eliminarla, como el inventario excesivo. En el taller hemos conseguido identificar mucho material que es inútil y que no aporta nada y materiales que se utilizan mucho (como los perfiles metálicos), aunque con un cierto descontrol. Por lo tanto, procederemos a actuar de la siguiente forma:

1. **Eliminación de estanterías de stocks antiguos y sin valor:** Las piezas y materiales que se han ido acumulando con el paso del tiempo se han ido dejando en estanterías del taller. Los materiales que no son posible aprovechar nada de ellos se eliminarán con la ayuda de un chatarrero que compra materiales metálicos al peso. En cuanto a las estanterías también se eliminarán de la mayor forma posible para aumentar el espacio en el taller.
2. **Control de perfiles metálicos:** cuando entra en curso un proyecto en fabricación, los materiales los pedimos lo más exacto posible, al igual que los perfiles metálicos (los perfiles metálicos se compran en barras de 6 o 12 metros). Una vez que el camión llega al taller, se almacenan en las estanterías dedicadas a los perfiles metálicos, o directamente se preparan para cortar. Hasta aquí todo correcto, pero el problema llega cuando un trabajador necesita material y coge por su cuenta, dado que las cuentas calculadas por los ingenieros no salen y falta material. Otro problema es que no se sabe con exactitud cuánto material hay. La forma en la que actuaremos consta de dos partes:
 - La primera solución consiste en vallar la zona de los perfiles metálicos para asegurar que no se coge ningún material sin el consentimiento del responsable del taller o superiores. A esta zona solo tendrá acceso el responsable del taller o una persona que haya sido autorizada por él y que comunique cuánto material va a necesitar.
 - Crear una sencilla hoja de cálculo controlada por el responsable de taller y los ingenieros, de tal forma que quede guardada en la base de datos. En esta hoja están todos los perfiles metálicos que se encuentran en stock, qué queda pendiente por llegar y cuánto material está reservado para un proyecto en concreto. De esta forma, cualquiera puede ver el material que se necesita para un proyecto. En la *tabla 4.1.* se puede ver la hoja de cálculo descrita.

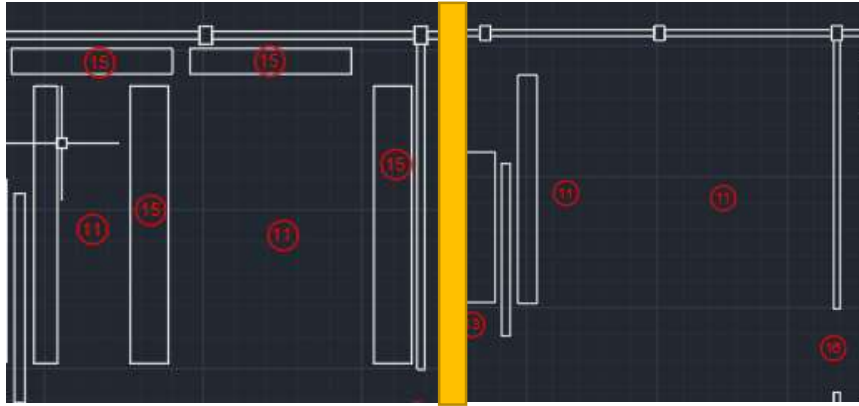


Imagen 4.5. A la izquierda, situación inicial. A la derecha, eliminación de las estanterías de stock.

- La zona de perfiles estructurales (punto 14) pasa toda ella a la nave 2, junto al material de llegada (punto 19). Con esto conseguimos que todo el corte de estos materiales se haga en el mismo lugar y estén más cerca de la zona de soldadura, consiguiendo reducir el tiempo de transporte. La *imagen 4.6.* muestra este cambio.

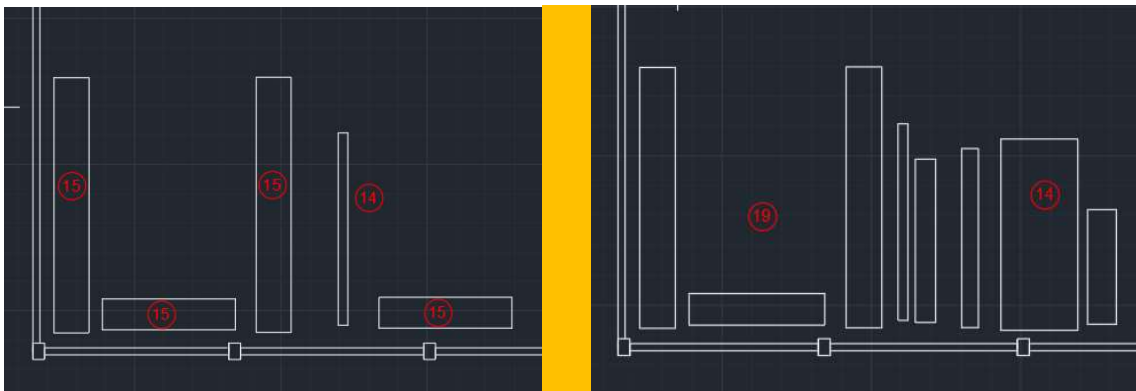


Imagen 4.6. A la izquierda, situación inicial. A la derecha, nueva posición de los perfiles estructurales, junto al material de llegada.

- La punzonadora (punto 25) pasa a estar a la derecha de la zona de perfiles estructurales (punto 14). La punzonadora se utiliza principalmente para realizar taladros en perfiles por lo que se reduce un tiempo considerable.
- La plegadora y la cizalla (puntos 21 y 22) se mueven a la pared del fondo de la nave 2, junto con las estanterías de chapa y malla (puntos 23 y 24). En la *imagen 4.7.* se muestra este cambio.

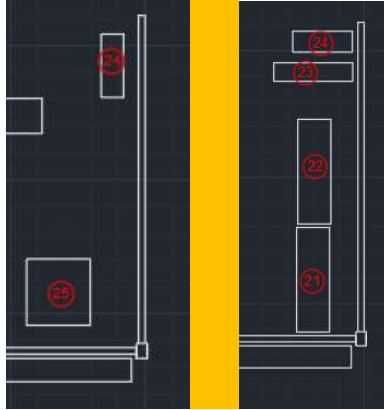


Imagen 4.7. A la izquierda, situación inicial. A la derecha, nueva posición de la plegadora y la cizalla.

- Aumento de espacio en cuatro puestos de soldadura (punto 18) y disminución de espacio de otros cuatro.
- Una de las zonas de montaje (punto 11) pasa al fondo de la nave 1, dejando todo el fondo de la nave para montajes.
- La zona de almacenaje de productos terminados pasa a estar en la nave 1 y se convierte en el punto 15. La *imagen 4.8.* muestra este cambio.



Imagen 4.8. A la izquierda, situación inicial. A la derecha, nuevo lugar para almacenar los productos terminados.

- La disposición en planta resultante se puede comprobar en el **Anexo 2.**
3. **Aumento de espacio en zonas de montaje:** gracias al cambio de layout, conseguiremos aumentar las dimensiones para trabajos de montaje. No solo eso, sino que conseguiremos que todas las zonas estén lo más cerca posible.
 4. **Cambio de disposición de puestos de soldadura.** Con el cambio de layout, aumentaremos 4 puestos de soldadura y disminuirémos otros 4 de ellos, dejando para trabajos pequeños los de menor tamaño, y para trabajo de grandes dimensiones los otros 4. Con esto, conseguiremos que los puestos de soldadura estén asignados a un soldador de manera temporal.

4.4.3. Actuación en el tránsito de peatones y carretillas o elementos de transporte dentro del taller.

La idea de esta actuación de mejora es mejorar dos apartados muy importantes dentro de este tipo de empresas:

- Mejorar la circulación de material sin que haya materiales o personas de por medio.
- Mejorar la protección de los trabajadores y prevenir riesgos importantes que puedan ocurrir dentro de un taller.

Previamente a esta actuación de mejora, hemos diseñado en plano cómo debería ser el tráfico en el taller y qué señalización debería llevar. Los elementos que hemos introducido en el taller para la mejora de circulación de personas y trabajadores es la siguiente:

- **Vallado de color amarillo**: dentro del recinto de vallas amarillas sólo podrán circular los peatones. Haremos pasillos con estas vallas de 750 mm de ancho, suficiente para que circule una persona. El modelo de valla es el que aparece en la *imagen 4.9*.

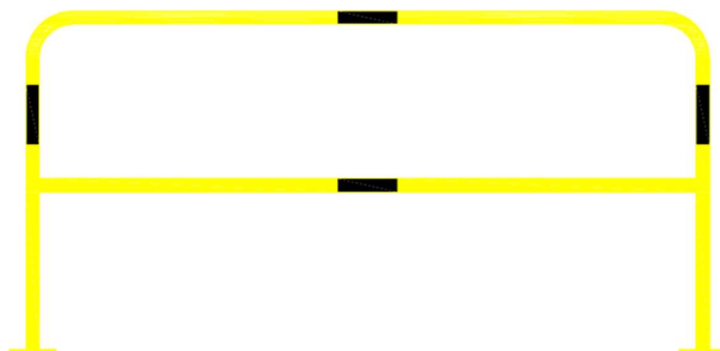


Imagen 4.9. Modelo de la valla de protección

- **Delimitaciones naranjas**: estas delimitaciones significan que pueden circular tanto personas como elementos de transporte, pero con la condición de que, si se encuentra una persona dentro de ella, el elemento de transporte no se podrá movilizar hasta que esta persona salga de ella.
- **Delimitaciones rosas**: estas delimitaciones impiden el paso de carretillas, pero sí del puente grúa. Únicamente solo habrá delimitación rosa en la zona de mecanizados.
- **Delimitaciones verdes**: estas delimitaciones significan la carga y descarga de material. Los contenedores deberán permanecer en todo momento en esta zona.

- **Pasos de cebra azules:** Los pasos de cebra sirven para poder cruzar peatones dentro de la circulación de carretillas, pero en este caso la preferencia la tienen estas últimas. Esto es así para que el carretillero no se tenga que parar a la hora de llevar material.
- **Zona sin delimitación:** si no hay zona sin delimitar, se entiende que es zona exclusiva de paso de carretillas y de puentes -grúa, por lo que los peatones tienen prohibido acceder a ella.

En el **Anexo 3** podemos ver en planta todas las delimitaciones que se van a hacer en el taller.

4.4.4. Actuación en los puestos de trabajo

El puesto de trabajo es aquel espacio en el que el trabajador desarrolla las actividades o tareas que le corresponde. Es por lo que debe ser el adecuado para realizar cada una de las labores desempeñadas.

Hemos visto que en la empresa existen bastantes puestos o lugares de trabajo dedicados a diferentes acciones, pero nos centraremos en los lugares que más labores se desempeñan y necesitan un cambio importante, que son la zona de montaje y los puestos de soldadura.

Para ello, nos apoyaremos en la herramienta de las 5s. Esta herramienta ha sido aplicada en toda la empresa, aunque con mayor empeño en los puestos de soldadura y montaje. Con esta herramienta buscamos una disminución de incidencias y tiempos de espera, al igual que una mejoría de la actitud y satisfacción de los trabajadores.

Las acciones por llevar a cabo son las siguientes:

- Señalización de la ubicación fija de las herramientas y útiles de trabajo.
- Establecer que únicamente se encontrarán en ellos puestos aquellos materiales necesarios para realizar el pedido que se está trabajando, es decir, se evitará cualquier tipo de distracción o equivocación. Además, todo lo necesario deberá estar preparado antes de comenzar a operar. Con esto, podrá solicitarse previamente aquello que no se disponga y evitar paradas.
- Se colocarán carteles recordatorios por las distintas zonas de trabajo para establecer hábitos de limpieza y orden en el personal, y se dejarán viñetas para conocer cómo tiene que estar el puesto de trabajo siempre, como la de la *imagen 4.10*.

- Realizar controles frecuentemente (al principio cada mes, para ver que está siendo favorable el cambio) para verificar el cumplimiento de las acciones implantadas.
- Se crearán instrucciones técnicas de cada operación y estándares de documentación.



Imagen 4.10. Ejemplo de viñeta de un puesto de soldadura.

4.4.5. Actuación en el flujo de material mediante Kanban

Al haber cambiado el lay-out de la empresa y conseguir mejorar los puestos de trabajo, queremos conseguir mejorar el control de flujo de material dentro del taller. Para ello, nos apoyaremos en el sistema Kanban.

Esta actuación de mejora tiene cinco componentes esenciales que mejorará el flujo de material y no habrá problemas a la hora de implementarlo.

4.4.5.1. Buzones

Como hemos comentado en el apartado 2.5.3., los buzones sirven para dejar las Kanban. Estos buzones los colocaremos en dos lugares: en los puestos de trabajo y en la entrada al taller.

En cada puesto de trabajo habrá dos buzones: uno de color rojo en el que se depositarán las Kanban pendientes de ejecutar (buzón de trabajos pendientes)

y otro de color verde para los Kanban que ya están ejecutados (buzón de trabajos terminados).

En la entrada al taller, cada trabajador tendrá su buzón correspondiente (tablón de trabajos). Estos buzones servirán para colocar las Kanban de fabricación asignados a los trabajadores. Así, nada más empezar la jornada laboral, cada trabajador va a saber qué trabajos le va a tocar realizar, en qué puesto estará y qué material necesita. Una vez cogidas estas Kanban se lleva al buzón de trabajos pendientes en el puesto de trabajo que corresponda y se empieza a realizar la operación.

4.4.5.2. *Kanban de fabricación*

Las Kanban de fabricación las utilizaremos para el control del material dentro de un puesto de trabajo, y para saber rápidamente si hay trabajos pendientes o terminados dentro del mismo.

Inicialmente, estas Kanban las colocará el responsable de taller en el tablón de trabajos cuando el responsable de proyecto inicie la orden. En ella, aparecerá el trabajador al que se le ha asignado la orden de trabajo, al igual que el puesto correspondiente.

Las Kanban de fabricación no solo nos sirven para controlar el material, sino para que el trabajador ya tenga una orientación previa al trabajo a realizar.

A continuación, vamos a explicar qué información va a llevar nuestro primer modelo de Kanban de fabricación (*tabla 4.2.*):

- La Kanban de fabricación es de color amarillo
- Referencia del proyecto.
- ID del producto. Cada proyecto puede tener bastantes productos distintos, por lo que la empresa los separa y lo referencian con una letra o un número.
- La empresa que solicita el proyecto.
- Comienzo y fin del proyecto.
- Responsable del proyecto. Es el ingeniero interno al que se le ha encomendado la organización y la supervisión del proyecto.
- Proceso de fabricación.
- Puesto de trabajo.
- Trabajador/eses. Pueden ser más de uno, como en el caso de los montajes.

- Inicio y fin del proceso. Estas dos casillas son las únicas que tienen que rellenar los trabajadores para saber cuál ha sido el tiempo empleado en el proceso.
- Contenedor/es. Puede haber más de un contenedor de material.
- Piezas a fabricar. En todas las Kanban de fabricación va a haber una lista con todas las piezas a fabricar, que, posteriormente, aparecerán en la Kanban de transporte. De esta forma, conseguiremos que todas las piezas lleguen al siguiente puesto de trabajo. Abajo del todo aparece el número de piezas totales.

Tabla 4.2. Kanban de fabricación

KANBAN DE FABRICACIÓN			
Referencia del proyecto:	A-00001	ID producto:	B
Solicitado por:	Neumáticos S.A.	Comienzo proyecto:	01/01/2020
Responsable:	Daniel Blasco	Fin proyecto:	05/02/2020
Proceso:	Corte de perfiles		
Puesto de trabajo:	Sierra 3		
Trabajador:	Adrián González Valverde		
Inicio proceso:			
Fin proceso:			
Contenedor:	12		
PIEZAS A FABRICAR			
Nº pieza	Descripción	Cantidad	
1	IPE 100 (L=1500) s/p: 058	6	
2	IPE 150 (L=450) s/p: 058	2	
3	UPN 100 (L=1000) s/p: 059	2	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
TOTAL:			10

4.4.5.3. *Kanban de transporte*

Las Kanban de transporte informarán el material que hay en un contenedor. Estas serán colocadas en los contenedores que necesitan ser transportados a un determinado lugar de la nave. Cuando estos materiales se transportan a su destino, la Kanban se retirará del contenedor para que el carretillero vea perfectamente qué material hay que transportar.

A continuación, vamos a explicar qué información va a llevar nuestro primer modelo de Kanban de transporte (*tabla 4.3.*):

- La Kanban de transporte es de color azul
- Referencia del proyecto.
- ID del producto.
- La empresa que solicita el proyecto.
- Comienzo y fin del proyecto.
- Responsable del proyecto.
- Material. Una breve descripción del material a transportar.
- Origen. De dónde procede el material.
- Destino. A dónde tiene que ir el material.
- Contenedor.
- Piezas a transportar. En ella, aparece una lista con todas las piezas que lleva el contenedor, y al final, el número total de piezas.

Tabla 4.3. Kanban de transporte.

KANBAN DE TRANSPORTE			
Referencia del proyecto:	A-00001	ID producto:	C
Solicitado por:	Neumáticos S.A.	Comienzo proyecto:	01/01/2020
Responsable:	Daniel Blasco	Fin proyecto:	05/02/2020
Material:	Placas procedentes de OXICORTE S.A.		
Origen:	Estante 13		
Destino:	Puesto de soldadura 5		
Contenedor:	7		
PIEZAS A TRANSPORTAR			
Nº pieza	Descripción	Cantidad	
1	Placa según plano 085	2	
2	Placa según plano 086	1	
3	Placa según plano 087	1	
4	Placa según plano 088	1	
5	Placa según plano 089	1	
6	Placa según plano 090	3	
7			
8			
9			
10			
11			
12			
TOTAL:			9

4.4.5.4. Contenedores

Los contenedores son una parte importante del transporte, ya que se pueden introducir muchas piezas dentro de ellos y así poderlas llevar de un sitio a otro más fácil. Estos contenedores pueden ser tanto recipientes, como palés. Incluso, si hay piezas muy grandes imposibles de que quepan en estos contenedores, estas piezas se considerarán como tal.

En cada contenedor debe haber una Kanban de transporte para poder moverlo, y en caso de que no la haya, no se puede mover.

Los contenedores no se van a poder dejar en cualquier zona del taller. En su caso, se tendrán que dejar en las estanterías si son productos terminados o materias primas. Los productos en elaboración que estén pasando por el taller de puesto en puesto, se instalarán zonas única y exclusivamente para la carga y descarga de contenedores para facilitar el tránsito de personas y máquinas de transporte.

4.4.5.5. Carretilleros y encargados de transportes

Los carretilleros y encargados de transportes son las personas que se van a dedicar a mover los materiales dentro del taller.

Estos trabajadores pueden ser cualquiera, dependiendo de la carga de trabajo que tenga. Es el propio responsable de taller quien elige qué trabajador tiene menos tareas que realizar dentro del taller y los selecciona para mover el material. Así, evitamos que el personal que esté realizando tareas o tenga más carga de trabajo, se libre de mover su propio material al siguiente puesto. De esta forma reducimos tiempo de transporte y ganamos tiempo de fabricación.

Disponemos de 4 herramientas de transporte:

- 2 carretillas elevadoras, las cuales se necesita un curso de conducción de carretillas, por lo que se tendrá en cuenta que todos los trabajadores lo tengan.
- 2 puentes-grúa de carga máxima 5 toneladas, los cuales también se necesita un curso de manipulación de puentes-grúa.

4.5. CONCLUSIONES DE LA APLICACIÓN LEAN EN LA EMPRESA

Como hemos visto en este capítulo, hemos conseguido aplicar algunas herramientas Lean aprendidas en el capítulo 2. Normalmente, estas aplicaciones suelen ser utilizadas en las grandes compañías con producciones en cadena, por lo que han sido personalizadas para que pudiesen encajar en esta empresa.

Resumiendo, hemos empleado los conceptos de Mura, Muri y Muda para identificar el flujo de valor y conseguir eliminar tanto irregularidades, como desperdicios propios del taller. Los puestos de trabajo han sido mejorados tanto en espacio, como en limpieza, con la ayuda de un cambio de lay-out y la herramienta de 5S, siendo revisado su cumplimiento mensualmente. Por último, hemos conseguido una evidente mejoría del flujo de materiales mediante la instalación del sistema Kanban y de la mejora del tránsito de peatones y de elementos de transporte dentro del taller.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. RECURSOS UTILIZADOS

Los recursos utilizados han sido principalmente equipos informáticos y periféricos de éstos.

Los recursos de hardware son:

- Ordenador de sobremesa con procesador Intel® Core™ i7-4790 y 8 GB de RAM
- Ordenador portátil LENOVO IdeaPad 3 15IIL05 con procesador Intel® Core™ i5-1035G1 y con 8 GB de RAM

Los recursos de software son:

- Sistema operativo Windows 10 Pro
- Sistema operativo Windows 10 Home
- Aplicaciones ofimáticas: Microsoft Office 2010.
- Programas:
 - o AutoCad Mechanical 2010
 - o AutoCad 2018
 - o SolidWorks 2017

Los recursos clasificados como material de oficina son los presentados a continuación:

- Papel DIN A3 y DIN A4
- Suministros de impresora
- Bolígrafos y lapiceros
- Grapadora

5.2. COSTES DEL PROYECTO

5.2.1. Costes directos

5.2.1.1. Costes de personal

A lo largo de este apartado, se consideran las horas trabajadas para la realización del proyecto para poder obtener los costes totales de personal.

Lo primero a considerar es el tiempo que trabaja una persona a lo largo de un año (*tabla 5.1.*).

Tabla 5.1: Días útiles al año

Concepto	Días/año
Días anuales totales	365
Sábados y domingos	-104
Días efectivos de vacaciones	-20
Días festivos	-12
Días de petición/enfermedad	-15
Total días hábiles	214

A los 365 días existentes durante el año, restamos los días que no se van a trabajar: sábados y domingos, vacaciones, enfermedad, etc.

A los días que finalmente tenemos, se multiplican por 8 horas/día, para conseguir el número de horas que se trabaja a lo largo de todo un año: 1.712 h/año.

La persona que realiza este proyecto será un Ingeniero Mecánico. Su coste anual se recoge en la *tabla 5.2.*:

Tabla 5.2: Coste total de un trabajador en un año

Concepto	Euros/año
Sueldo neto e incentivos	24.988,18
Prestaciones a la Seguridad Social	8.750,00
Coste total	33.738,18

Una vez que tenemos conocimiento de las horas que se van a trabajar y cuanto coste va a tener, calculamos el coste por hora del trabajador. Para ello dividimos el coste total del ingeniero entre el número de horas anuales. El coste total por hora será por tanto de **19,71 €/hora**.

Para terminar, se deben calcular el número de horas en los que se ha desarrollado el proyecto (*tabla 5.3.*).

Tabla 5.3: horas empleadas en la realización del proyecto

Concepto	Horas
Planificación de tareas	50
Estudio y documentación	200
Trabajo de campo	350
Realización de memoria	150
Horas Totales proyecto	750

El coste de personal se obtiene multiplicando las horas totales que se han empleado en este proyecto por el coste de las horas de trabajo, por tanto, el presupuesto correspondiente al coste de personal asciende a **14.782,50 €**.

5.2.1.2. Coste de material amortizable

Para calcular los costes del material amortizable, se considerará un coste actual y la amortización lineal de un número de años de amortización n que dependerán del material que estemos tratando. Como material amortizable nos referimos básicamente a equipos informáticos y software. Dado que la mayoría de estos aparatos se quedan obsoletos aproximadamente en el mismo tiempo que se produce la amortización, no se considerará valor residual. Además, se tendrá en cuenta el número de horas que se trabajará con cada uno de los equipos.

También se tendrá en cuenta, en el precio de los ordenadores las licencias del sistema operativo (Windows 10 Pro y Home) y el paquete ofimático (Microsoft Office 2010), ya que están instalados y se han utilizado para la ejecución de este proyecto.

Se han utilizado dos equipos: un ordenador portátil para hacer los escaneos y fusiones (trabajo experimental) y un ordenador de sobremesa para realizar y tomar medidas.

Además, se tendrá en cuenta las licencias utilizadas de programas. Todos estos datos se reflejan en la *Tabla 5.4*.

Tabla 5.4: Costes amortizables del proyecto

Concepto	Euros	Años	Días	Horas	Coste final(€)
Ordenador portátil LENOVO IdeaPad 3 15IIL05 con procesador Intel® Core™ i5-1035G1 y con 8 GB de RAM	595,00	1	214	400	139,02
Ordenador de sobremesa con procesador Intel® Core™ i7-4790 y 8 GB de RAM	1.250,00	5	214	600	87,62
Microsoft Windows 10 Pro	65,00	5	214	600	4,55
Microsoft Windows 10 Home	45,00	1	214	400	10,51
Microsoft Office 2010	250,00	5	214	200	5,84
Licencia AutoCad Mechanical 2010	500,00	5	214	600	35,04
Licencia AutoCad 2018	500,00	1	214	400	116,82
Licencia SolidWorks 2017	2000,00	5	214	400	93,46
Total	5.205,00				492,86

El resultado se conseguirá: dividiendo entre los años de amortización, los días que se trabajan en un año (214) y entre las 8 horas que se trabaja durante una jornada de un día. Finalmente, para conocer el coste por las horas que se han dedicado en este proyecto concreto, se multiplicará por el número de horas dedicadas.

Por tanto, el coste de amortización es de **492,86 €**.

5.2.1.3. Coste de material no amortizable

El coste de material no amortizable se refleja en la tabla 5.5. Los conceptos relacionados son los de los materiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

Tabla 5.5: Costes no amortizables

Concepto	Euros
Papel DIN A3 y A4	25,00
Suministros de impresora	120,00
Bolígrafos	3,00
Grapadora	5,00
Otros	30,00
Total sin IVA	183,00
IVA 21%	38,43

Resumiendo, los costes de material no amortizable ascienden a **221,43 €**.

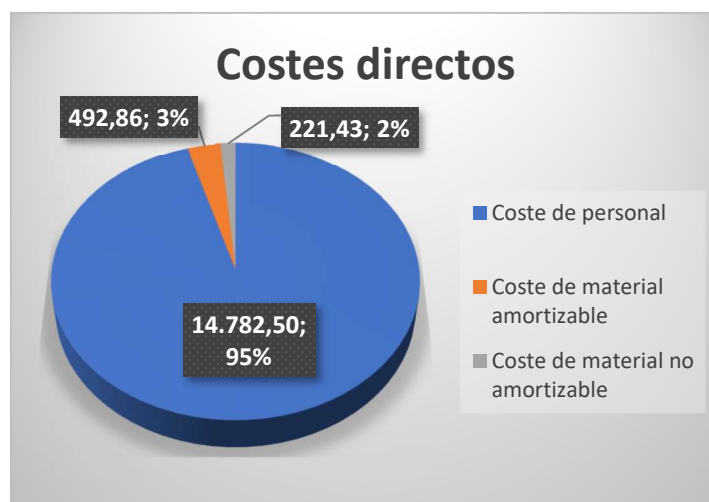
5.2.1.4. Costes directos totales

Por lo tanto, finalmente, la suma de los costes directos aparece en la *Tabla 5.6.* y en la *Gráfica 5.1.:*

Tabla 5.6: Costes directos totales

Concepto	Costes (euros)
Coste de personal	14.782,50
Coste de material amortizable	492,86
Coste de material no amortizable	221,43
Total	15.496,79

Gráfica 5.1. Costes directos totales



5.2.2. Costes indirectos

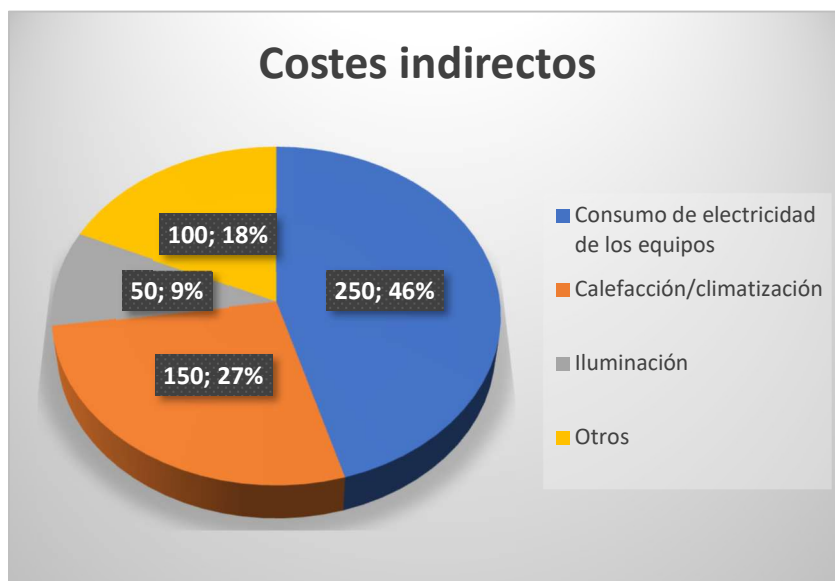
Este tipo de costes se refieren a gastos que son imprescindibles en la realización del proyecto, pero que no se pueden añadir a ninguno de los apartados anteriores. Por ejemplo: calefacción/climatización, consumo de electricidad de los equipos, iluminación, teléfono, etc.

Se muestran los gastos indirectos de este proyecto en la *Tabla 5.7.* y en la *Gráfica 5.2.:*

Tabla 5.7: Costes indirectos del proyecto

Concepto	Coste (euros)
Consumo de electricidad de los equipos	250,00
Calefacción/climatización	150,00
Iluminación	50,00
Otros	100,00
Total	550,00

Gráfica 5.2. Costes indirectos totales



Los costes indirectos son: **550,00 €**.

5.3. COSTE TOTAL DEL PROYECTO

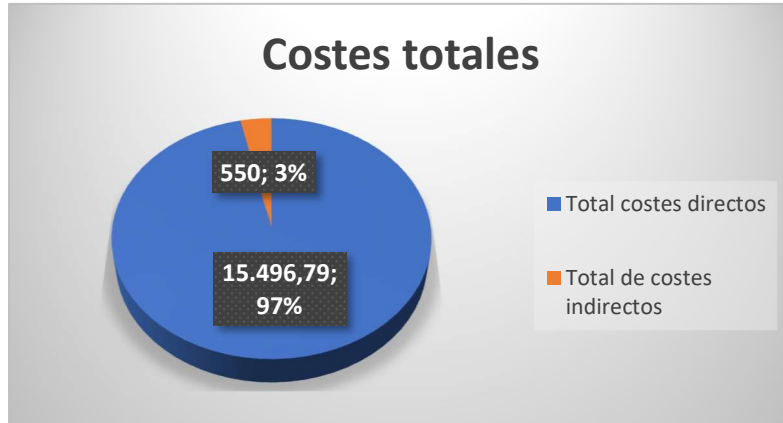
Una vez que hemos calculado, tanto los costes directos como los indirectos, sumaremos los dos para ver cuál es el coste total del proyecto.

En la *Tabla 5.8.* y en la *Gráfica 5.3.* se muestran un resumen de los costes:

Tabla 5.8: Coste total del proyecto

Concepto	Euros
Total costes directos	15.496,79
Total de costes indirectos	550,00
Total de costes proyecto	16.046,79

Gráfica 5.3. Costes totales del proyecto.



El coste total del proyecto asciendo a **16.046,79€**.

6. RESULTADOS

En este capítulo veremos los posibles resultados y predicciones que se conseguirán tras implantar las mejoras del capítulo 4. Por el momento no se han podido implementar en la empresa debido a que falta una aprobación total de la dirección. Otro de los motivos es la gran crisis social, sanitaria y económica que ha sacudido a España debido a la pandemia provocada por el COVID-19.

A continuación, explicaremos con detalle las previsiones futuras de cada actuación implementada.

6.1. RESULTADOS DE LA REDUCCIÓN DE STOCKS Y DEL CONTROL DE MATERIAL

La reducción de stocks que implantará la empresa conseguirá dos evidencias bastante claras:

- Un 50% de reducción de stocks, tanto de material aprovechable como del que no lo era. Todo ese material inservible se podrá reducir al 100% a final de año.
- Se ganará unos 130 metros cuadrados útiles de espacio que servirán para ampliar puestos de trabajo que veremos más adelante.

En cuanto al control de perfiles materiales, se conseguirán los siguientes resultados:

- El ingeniero podrá ganar entre 5 y 10 minutos por trabajo. Esto se deberá a que el ingeniero podrá ver desde su pantalla el material disponible que hay de existencias. Esto le puede llevar como mucho un minuto de su tiempo, ya que no tendrá que bajar al taller.
- El trabajador encargado para cortar material tendrá mayor visibilidad de las estanterías y le resultará más fácil buscar el material que necesita, a parte que tendrá que pensar menos. Con esto, podremos ahorrar hasta 20 segundos de tiempo de preparación (es el tiempo que necesita el trabajador desde que ve el material hasta que lo coloca en la sierra).

6.2. RESULTADOS DEL CAMBIO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Al conseguir un aumento de espacio provocado por una reducción de stocks causaría un cambio de distribución en planta en gran parte de taller. Esta implementación creará áreas y puestos de trabajo más amplios y una reducción de estorbos gracias a la eliminación de materiales de por medio, como la isla de materiales de llegada, que pasará a estar en estanterías anteriormente ocupadas por stocks en la nave 2. También se conseguirá reducir las distancias entre varios puestos de trabajo, y, al cambiar las estanterías de perfiles y las sierras de lugar, se conseguirá reducir la distancia entre la entrada a la nave considerablemente. En las *tablas 6.1.* y *6.2.* se han calculado los resultados de este cambio de distribución.

Otro aspecto que se ha valorado en el cambio ha sido crear un espacio de material de salida, para que no se dejen los productos terminados en medio y no estorben tanto a personas trabajando, como a carretilleros desplazando material.

Tabla 6.1. Resultados del espacio conseguido por los puestos afectados

Puesto de trabajo	Espacio actual (m ²)	Espacio futuro (m ²)
Zona de montaje	180	240
Puestos de soldadura 1-4	18	15
Puestos de soldadura 5	18	18
Puestos de soldadura 6-9	22	34
Material de llegada	80 (isla de material)	40

Tabla 6.2. Resultados sobre la reducción de distancias entre puestos

Puesto 1 - Puesto 2	Distancia actual (m)	Distancia futura (m)
Sierras - Puesto de soldadura 1	32	7
Sierras - Puesto de soldadura 2	27	6
Sierras - Puesto de soldadura 3	22	9
Sierras - Puesto de soldadura 4	35	12
Sierras - Puesto de soldadura 5	40	32
Sierras - Puesto de soldadura 6	20	30
Sierras - Puesto de soldadura 7	28	36
Sierras - Puesto de soldadura 8	29	27
Sierras - Puesto de soldadura 9	35	33
Puesto de pintura- zona de montaje 2	25	5

6.3. RESULTADOS DEL CAMBIO DE CIRCULACIÓN DE PERSONAS Y MATERIAL

Los resultados que se obtendrá en la creación de un tráfico en el taller son los siguientes:

- Reducción de tiempos de circulación de material, debido a la ausencia tanto de personas como de materiales en las trayectorias de carretillas y puentes grúa.
- Ausencia de material en vías peatonales y de transportes, debido a las delimitaciones verdes. Estas delimitaciones también hacen que aumente la limpieza en todo el taller.
- Aumento de la seguridad en el taller. Las vallas y las delimitaciones de peatones, carretillas y puentes grúa disminuyen cualquier tipo de riesgo, por lo que cualquier evaluación de riesgos será muy favorable. Los riesgos que son erradicados son:
 - o Riesgo de atropello
 - o Riesgo de caída de peatones
 - o Riesgo de caída de objetos por derrumbamiento de almacenamientos
 - o Riesgo de caída de objetos desprendidos durante el movimiento de cargas por carretillas o puentes grúa
 - o Riesgo de choques contra objetos inmóviles y móviles
 - o Riesgo de golpes, pinchazos y cortes por objetos
 - o Riesgo de atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos
- Mejora de la imagen de la empresa, tanto de forma interna como externa.

6.4. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LAS 5S EN LOS PUESTOS DE TRABAJO

Por otra parte, con las 5s se conseguirá mejorar la imagen de la empresa, dando sensación de orden y limpieza. Además de esto, disminuirán los tiempos de espera producidos por la búsqueda de material y eliminando actividades sin valor.

En cada puesto, se organizarán las herramientas y materiales, se separarán cosas que tienen utilidad y las que no y se señalará para recordar la necesidad del hábito de aplicación.

Por toda la empresa habrá carteles recordatorios de las 5s que hay que mantener el orden y la limpieza, como las de la *imagen 6.1*.



Imagen 6.1. Cartel de señalización colocado por diferentes partes en la empresa.

6.5. RESULTADOS DEL CONTROL DE FLUJO DE MATERIAL MEDIANTE EL SISTEMA KANBAN

Con el nuevo sistema de control de flujo de material se comprobará que se ahorrará en desplazamientos y en tiempos de espera. Los resultados que se obtendrán son los siguientes:

- La persona que termina un trabajo ya no tendrá que preocuparse de llevar el producto final, eliminando así el tiempo de espera que hace el trabajador para tener disponible una carretilla. Este tiempo de espera puede ser de hasta 5 minutos por trabajo. Sucede lo mismo para el suministro de material.
- El trabajador sabrá qué trabajos le van a tocar en su jornada o tendrá una orientación previa sobre ellos, ya que sabrá en todo momento los trabajos que le esperan. Las Kanban de fabricación sin empezar estarán en su buzón.
- Al tener personal únicamente transportando material, se reducirán tiempos de transporte y tiempos de espera de suministro de material.
- Gracias a las Kanban de transporte colocadas en los contenedores, el personal sabrá en todo momento qué material hay que transportar.
- Se reducirá la pérdida de materiales y, por tanto, una reducción de desperdicio tanto de material como de mano de obra.

7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

7.1. CONCLUSIONES

Gracias a la realización de este trabajo se ha podido confirmar que la metodología Lean Manufacturing no sólo tiene aplicación en la gran empresa, sino que también la tiene en las pequeñas empresas, demostrando unos resultados positivos.

Es verdad que para poder mejorar con las herramientas empleadas de este proyecto hay que contar con el apoyo completo de la dirección y de los trabajadores, manteniendo una postura abierta y una mentalidad positiva por querer cambiar las cosas.

Esta implantación, de unas 750 horas utilizadas entre estudios y documentación, planificación de tareas, trabajos de campo y recogida de datos, ha orientado en divulgar la importancia de luchar continuamente por el progreso de la empresa y ha dado a conocer las sencillas técnicas que pueden ayudar a completar la eficiencia que desea.

En conclusión, los beneficios de la implantación de la metodología Lean en la empresa han sido:

- Una reducción de stocks, una eliminación de despilfarro y un gran control del material existente en el taller.
- Un mayor orden y limpieza tanto en los puestos de trabajo, como en el taller en general, creando un mayor espacio.
- Un significativo mayor control del flujo de material y una reducción de tiempos de espera por falta de material.
- Una mejora de control de piezas producidas y una reducción de incidencias.
- Una mayor seguridad para los trabajadores.
- Una mayor satisfacción de los trabajadores por los cambios implantados
- Una mejora de la imagen de la empresa, tanto a nivel interno, como externo.

7.2. LÍNEAS FUTURAS

Al conseguir implantar la filosofía Lean en la empresa, se pasaría a una dinámica de búsqueda de la mejora continua, a través de nuevas herramientas:

- Implantar el Mantenimiento Productivo Total con el objetivo de que se eliminen los fallos. Para ello, requiere una formación previa de los trabajadores para que puedan hacer los mantenimientos preventivos de las máquinas que utilizar.
- Utilizar la herramienta SOIKUFU para recoger ideas de los trabajadores y con el objetivo de tener una mejora continua en la empresa y una mayor integración de los trabajadores.
- Conseguir una mejora continua de los puestos de trabajo, no solo con la herramienta 5S, sino proporcionando equipos nuevos y mejorando la tecnología en éstos.
- Mejorar el sistema Kanban mediante la informatización de Kanbans de fabricación. Para ello, se requeriría un ordenador en cada puesto de trabajo.
- Implantación de las Unidades Elementales de Trabajo (UET´s) en puestos de trabajo que se dediquen a lo mismo, y asignando un líder entre ellos, que sea el encargado de planificar y gestionar las actividades de sus colaboradores.

8. BIBLIOGRAFÍA

8.1. Referencias primarias

ARENAS REINA, J. M. (2000). *Control de tiempos y productividad. ¡La ventaja competitiva!* Madrid: Paraninfo.

Domínguez-Machuca, J. A. (1995). *Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

Goldratt, E.M., Cox, J. (2005). *La Meta: Un Proceso de Mejora Continua*. Madrid: Díaz de Santos.

Liker, J. K. (2010). *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. Barcelona: Gestión 2000.

Moden Y. (2007). *El Just In Time hoy en Toyota*. Deusto S.A. Ediciones, Bilbao.

O'Grady, P.J. (1992). *Just-in-time: Una estrategia fundamental para los jefes de producción*. McGraw-Hill, Madrid.

Renaud, J., Rollet, J. E. (1987). *La preparación del trabajo*. Bilbao: Urmo.

8.2. Referencias obtenidas a través Web (última consulta: 03/09/2020)

<https://www.sistemasoe.com/lean-manufacturing/>

<https://www.monografias.com/trabajos82/lean-manufacturing-manufactura-esbelta/lean-manufacturing-manufactura-esbelta.shtml>

<http://javiersole.com/?p=3235>

<https://www.ceupe.com/blog/como-implementar-el-lean-manufacturing.html>

<https://www.monografias.com/trabajos16/teorias-jit/teorias-jit.shtml>

<http://acmplean.com/servicios/lean-manufacturing/sistemas-kanban-pull/>

<http://scrumizate.com/post/45/los-14-principios-del-modelo-toyota-para-la-mejora-continua-en-scrum>

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/heiijunka-nivelacion-de-la-produccion/>

<https://www.grupoitemsa.com/estandarizacion-del-trabajo-metodos-y-tiempos/>

www.jcyl.es/jcyl/cee/dgeae/congresos_ecoreg/CERCL/51257.PDF

www.calidad-gestion.com.ar/boletin/58_ciclo_pdca_estrategia_para_mejora_continua.html

<https://obsbusiness.school/es/blog-project-management/proyectos-ingenieria/principios-de-las-herramientas-de-lean-manufacturing>

<https://blog.pro-optim.com/las-5s/las-5s-beneficios-de-la-cuarta-seiketsu-estandarizacion/>

<https://www.progressalean.com/que-es-smed/>

<https://www.kanban-system.com/es/sistema-kanban-y-control-de-inventario-pull/>

<https://leanmanufacturing10.com/tpm-mantenimiento-productivo-total>