



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Lean Manufacturing: Primera fase de implantación
en una fábrica de rodamientos de grandes
dimensiones

Lean Manufacturing: First implantation phase in a
slewing bearings factory

Autor

Jorge Serrano Sanz

Directores

Rafael María Gella Marín y Luis Berges Muro

EINA

2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

TRABAJOS DE FIN DE GRADO / FIN DE MÁSTER

D./D^a. _____,

con nº de DNI _____ en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
_____, (Título del Trabajo)

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, _____

Fdo: _____

Lean Manufacturing: Primera fase de implantación en una fábrica de rodamientos de grandes dimensiones

RESUMEN

El trabajo fin de grado se va a centrar en la explicación e implantación de las bases (primeras fases) del Lean Manufacturing, haciendo hincapié en las técnicas de las 5S, los KPIs, los TPM y los flujos de trabajo. La mayoría de estas técnicas y sistemas son nuevos en la empresa por lo que se partirá prácticamente de cero.

La intención de la empresa es instaurar de forma progresiva, en todas sus máquinas y secciones, las técnicas y sistemas nombrados. Se empieza con 5 de ellas, para que la transición sea más fácil y metódica.

Para ello se facilita información sobre estas técnicas y se muestran, con ejemplos y fotografías, algunas de las medidas que se han tomado en la empresa Rothe Erde Ibérica.

Se va a seguir un orden ascendente de niveles tomando como referencia la casa Lean, empezando por las bases (5S y KPIs) que se encuentran en la zona más baja, para continuar con los TPM, los cuales necesitan de la implantación previa de las bases y los niveles inferiores.

En el documento también se va a explicar en qué consiste el trabajo realizado por la empresa, sus aplicaciones y la distribución de los puestos de trabajo en la planta de producción.

Se realizan propuestas para aumentar los flujos de trabajo, se analizarán y se tomarán decisiones en función de los valores obtenidos y con la ayuda de los planos de la planta de la empresa.

Los flujos de trabajo nombrados anteriormente se han informatizado y se han realizado unos planos esquematizados donde se ven los movimientos simplificados de los rodamientos entre máquinas.

Durante la realización del TFG se ayuda a elaborar la tabla de KPIs, buscando los indicadores que más información aporten. Para ello se toman como referencia algunos de los utilizados por otras plantas filiales a Thyssenkrupp. Como cada planta es diferente, se han desarrollado unos KPIs individuales para Roteisa.

El trabajo desarrollado es evaluado mediante auditorías internas, las cuales han resultado satisfactorias para la primera fase de la implantación de la mejora continua en las máquinas y secciones por las que se ha empezado.

Se señalarán conclusiones de la viabilidad y mejoras que aportará la aplicación de las técnicas a la fabricación de rodamientos por parte de la empresa.

Tabla de contenido

Introducción	5
Lean Manufacturing	7
Los principios fundamentales del Lean Manufacturing	8
Descripción Casa Lean	8
Técnicas 5S	10
Auditorías de las 5S	17
S²QDC	17
KPIs	17
Mantenimiento Productivo Total	18
Actividades realizadas durante la estancia en la empresa	19
5S	19
Auditorías	20
KPIs	21
TPM	21
Flujos de trabajo	21
Propuestas de mejora de los flujos de trabajo	22
¿Es posible o productivo llevar a cabo la propuesta 1?	25
¿Es posible o productivo llevar a cabo la propuesta 2?	25
Conclusiones	28
Bibliografía	29
Anexo 1: Rothe Erde Ibérica	30
Procesos de fabricación	31
Aplicaciones	31
Anexo 2: Resultados 5S	35
Anexo 3: Auditorías	41
Anexo 4: Tabla de KPIs	45
Anexo 5: Explicación individual KPIs	52
1. SAFETY	52
2. SUSTAINABILITY	53
3. QUALITY	54
4. DELIVERY	55
5. COST	56
Anexo 6: DISTRIBUCIÓN DE LAS NAVES, FLUJO DE MATERIAL Y DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINARIA	59
Anexo 7: FLUJOS DE TRABAJO	72

Introducción

Con este trabajo se pretende abordar el desarrollo de la primera fase de Lean Manufacturing en una fábrica de rodamientos industriales de grandes dimensiones.

La empresa donde se va a realizar el trabajo es Rothe Erde Ibérica S.A, filial de Thyssenkrupp en España que se encuentra en el polígono de La Cartuja (Zaragoza). En el anexo 1 se amplía la información de esta fábrica y se muestran ejemplos de aplicaciones de los rodamientos que fabrican, así como un breve esquema de su proceso de fabricación.

Esta primera fase incluye la implantación de la técnica de las 5S en los puestos de trabajo, el desarrollo de KPIs accesibles al personal de la planta y estudio de la idoneidad de la organización del flujo de producción actual y propuestas de alternativas.

Durante el tiempo de estancia en la empresa no se ha podido llevar a cabo la implantación completa de todas las “s”, ni se ha podido empezar con todas las máquinas y secciones por ser un trabajo que requiere mucho tiempo y minuciosidad. Lo que sí que se ha podido efectuar es la aplicación de estas técnicas a 5 secciones de la empresa (sección de montaje, rectificadora GER, torno Stanko, torno 25, taladros Ibarria), la propuesta de mejoras y la adaptación de KPIs a la planta.

Lo primero que se ha hecho es un organigrama para escalonar las fases de aplicación de la mejora continua y separar en el tiempo dicha aplicación. Para ello se estima un orden de en qué máquinas y secciones se van a ir implantando las fases y cuánto tiempo se dispone para hacerlo.

Para la aplicación de la técnica de las 5S, como se parte de cero, lo primero que se hace es una revisión del estado de los puestos de trabajo, a partir de ahí, se van implantando cada una de las “s”. No se implantan todas seguidas, sino que cada vez que se establece una se realiza una auditoría para asegurar que se cumplen los criterios.

Las auditorías son internas, aunque al ser una filial de una compañía más grande esta realiza sus propias auditorías para cerciorarse de que la implantación es la correcta y de que se siguen todas las directrices impuestas.

Se ha ordenado cada puesto de trabajo, cada armario y cajonera que necesita el operario para producir rodamientos. Los cajones se forran con espuma a la que se le recorta la silueta de cada herramienta para tenerla localizada y que siempre se guarde en el mismo sitio.

La tarea de ordenar los puestos de trabajo ha recaído en los propios operarios dado que son ellos los que mejor conocen el funcionamiento de la máquina y los que van a tener que estar usando las herramientas continuamente. Lo que sí se ha hecho es una revisión del cumplimiento de los criterios establecidos además de facilitarles los materiales y mobiliario para que la llevaran a cabo.

En cuanto a los KPIs, como estos sí tenían una pequeña base previa dada por Thyssenkrupp, lo que se hace es revisarlos y realizar una nueva propuesta a partir de indicadores que sean más particulares de Roteisa.

Se elaboran los diagramas y las tablas para el cálculo de cada uno de estos indicadores mediante datos obtenidos de las máquinas (tanto datos numéricos como datos de accidentes), de los organigramas y de los archivos económicos.

Para realizar este proyecto no se necesitan herramientas muy especializadas ni de diseño ni de cálculo, lo principal es tener las ideas claras y ser meticuloso. Es muy importante tener conocimientos de cada una de las máquinas y de las herramientas que se necesitan para su funcionamiento para poder tenerlas ordenadas y preparadas para su uso.

Para llevar a cabo esta tarea se ha investigado el estado del arte mediante la búsqueda de información en internet, libros y analizando la situación actual de la planta durante la estancia en ella.

Las herramientas utilizadas han sido principalmente Microsoft Word para la redacción, Microsoft Excel para la realización de los gráficos y las tablas para los KPIs y flujos de trabajo, y Autodesk Autocad para la elaboración del plano de la planta.

En el trabajo, en primera instancia, se habla de la historia del Lean Manufacturing, de donde viene y quienes han sido sus máximos referentes o promotores.

Se enumeran y se explican brevemente sus principios. Se describe la casa Lean para tener cierta idea de los pasos que seguirá el documento y ver que las bases de las que se va a hablar son muy importantes de cara a alcanzar los objetivos y que sin ellas se puede desmoronar todo el trabajo realizado para alcanzar la mejora continua.

En las siguientes secciones se exponen las bases que se quieren implantar en la empresa y de qué manera se lleva a cabo esta tarea y los ejemplos que facilitan su entendimiento.

Los ejemplos que se muestran son fotografías reales del antes y el después de la aplicación de las técnicas 5S. Los KPIs que se exponen son los nuevos indicadores desarrollados y usados. En un futuro cercano la empresa piensa realizar otros KPIs individuales para cada puesto de trabajo (cada máquina tendrá su propia tabla), ya que los expuestos son globales para toda la planta.

Se realizan varias propuestas de mejora para los flujos de trabajo, que hablan de cambiar el lugar de varias máquinas y de añadir elementos que faciliten el tránsito de los rodamientos. Se da conclusión sobre la viabilidad de dichas propuestas mediante tablas y planos de la planta que ayudan a entender las medidas tomadas.

Los datos utilizados para el cálculo de las propuestas no son exactos dado que el tiempo de movimiento de todos los rodamientos no son iguales, por tanto, se ha tomado una estimación media. El valor del presupuesto tampoco es exacto, pero dado el gran tamaño de la operación se puede considerar aproximado.

Como la empresa no contaba con estas técnicas, el trabajo se realiza desde cero, salvo en el caso de los KPIs que se partían de una base conjunta propuesta por la empresa matriz. Para la implantación de la técnica de las 5S se recibe ayuda por parte de una asesora experimentada de Thyssenkrupp y ayuda a las filiales a dicha aplicación.

Se intenta facilitar la visión de la planta y de los puestos de trabajo mediante las imágenes de la distribución de cada uno de estos, donde se muestra cada máquina y el mobiliario que hay a su alrededor, así como sus características principales y las herramientas que se utilizan.

Lean Manufacturing

Es difícil dar una definición exacta del concepto de Lean Manufacturing, dado que hay una gran cantidad de traducciones y todas dependen del tipo de empresa a las que van orientadas. Se puede considerar la más apropiada para un taller: Lean Manufacturing es el sistema para gestionar y reducir las pérdidas en la producción de un negocio. La aplicación de este modelo de gestión produce una disminución del tiempo entre el pedido del cliente y el envío del producto, mejorando así la calidad y reduciendo los costes. Se define como desperdicio todos aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios, también conocidos por la palabra japonesa Muda y son 7: ¹el transporte, ²el tiempo de espera, ³la sobreproducción, ⁴inventario, ⁵movimientos, ⁶exceso de proceso y ⁷defectos. Es decir, desperdicio es todo lo que no añade valor al producto y puede ser eliminado.

Womack y Jones muestran en una cita el objetivo del sistema Lean: “El objetivo es encontrar herramientas que ayuden a eliminar todos los desperdicios y todas las operaciones que no le agregan valor al producto o a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere”, Womack, J. P. et al (2010).

El objetivo final del pensamiento Lean es evolucionar permanentemente como consecuencia del aprendizaje que se va adquiriendo de la implementación de procesos de mejora basados en la comunicación y el trabajo en equipo. Para ello hay que adaptar el método a cada caso en concreto.

La filosofía de mejora continua en la empresa nace con Sakichi Toyoda (fundador de Toyota Motor Company). Todo comenzó al inventar en 1902 un dispositivo que permitía saber cuándo una máquina se estropeaba o necesitaba atención, dando la opción de que un solo trabajador pudiera controlar varias máquinas a la vez. Esto sucedió mientras su fábrica se dedicaba a la producción de telas, pero más adelante al aumentar su interés en los automóviles fundó Toyota e impulsó sus ideas dentro de este campo convirtiéndola en un referente mundial dentro y fuera del sector.

Las empresas deben buscar e implementar continuamente nuevas técnicas organizativas y de producción que les permitan competir en el mercado global. Con este objetivo nació el sistema Lean. Tras la Segunda Guerra Mundial, los ingenieros japoneses Taiichi Ohno y Shigeo Shingo de la empresa Toyota, conocedores de su posición de desventaja en la economía mundial comenzaron a estudiar los métodos de producción de Estados Unidos (el país más rico de la posguerra), con especial atención a las prácticas productivas de Ford, a las técnicas de calidad de Edwards Deming (estadístico estadounidense experto en sistemas de calidad y considerado por los japoneses como “el padre de la tercera revolución industrial”) y de Kaoru Ishikawa (consultor, administrador y experto en calidad japonés).

Las conclusiones a las que llegaron estos ingenieros fueron que el sistema americano, centrado en la reducción de costes fabricando vehículos en series largas, pero limitando el número de modelos, no era aplicable a Japón ya que en el futuro la demanda se dirigiría a la construcción de automóviles en series cortas y variadas a bajo coste. Dedujeron que esto solo sería posible suprimiendo stocks y desperdicios, por lo que fundaron los cimientos del nuevo sistema de gestión Just in Time (JIT) o también conocido como Toyota Production System (TPS), que formulaba el principio: “producir sólo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”.

Después de la crisis del petróleo en 1973, muchas empresas japonesas entraron en pérdidas, lo que produjo que el gobierno japonés fomentase la aplicación del modelo Toyota, ya que esta

empresa destacaba por encima del resto. Esto provocó que a partir de ese momento la industria japonesa empezase a tomar ventaja competitiva con occidente.

No fue hasta la década de los 90 cuando las empresas de occidente se hicieron eco de esta metodología, y fue a través de dos libros: “La máquina que cambió el mundo” y “Lean Thinking”, escritos por el equipo JP Womack y Daniel Jones. A ellos se les atribuye el origen de la palabra Lean, aunque sólo se trataba de poner un nuevo nombre occidentalizado a un conjunto de técnicas que se utilizaban en Japón décadas atrás.

Los principios fundamentales del Lean Manufacturing

- **Calidad perfecta a la primera:** Conseguir la detección y solución de los problemas en su origen con la búsqueda de cero defectos.
- **Minimización del desperdicio:** Sólo llevar a cabo actividades que promueven la optimización de los recursos y que aportan un valor añadido.
- **Mejora continua:** Mejora de la calidad aumentando la productividad, compartiendo la información y reduciendo costes.
- **Procesos “Pull”:** Los productos se realizan en el momento que son demandados evitando acumulación de stocks.
- **Flexibilidad:** Tener la capacidad de producir variedad de productos y en cantidades diferentes.
- **Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores:** Tomar acuerdos para compartir riesgos, costes e información.
- **Cambio de enfoque principal:** Al cliente se le suministra una solución, no se le vende un producto.

En resumen, se busca obtener los items correctos en el tiempo requerido, en el lugar indicado, con la cantidad perfecta, minimizando el desperdicio, siendo flexible y estando abierto a los cambios y mejora continua.

Una buena forma de entender los principios se puede ver en la cita encontrada en el libro “La máquina que cambió el mundo” Womack, J. P. et al (1992): “La cultura Lean no es algo que empiece y acabe, es algo que debe tratarse como una transformación cultural si se pretende que sea duradera y sostenible, es un conjunto de técnicas centradas en el valor añadido y en las personas”.

Descripción Casa Lean

El Lean Manufacturing es un conjunto de técnicas que buscan la mejora continua. Al amparo de la filosofía JIT (Just In Time) se desarrollaron diferentes aplicaciones que fueron enriqueciendo el sistema de Toyota.

Como se observa en la Casa Lean (Fig. 1) se parte de unas bases que asentarán los cimientos para poder llegar a los objetivos del Lean Manufacturing de zero defectos y de un único flujo de piezas.

El primer nivel y por tanto las bases, son las técnicas de SMED (Single-Minute Exchange of Die) que busca la reducción del tiempo en el cambio de herramientas, Kanban que se utiliza para controlar el avance de trabajo mediante tarjetas, las 5S que busca aumentar la productividad mediante la limpieza en el lugar de trabajo y los KPIs (Key Performance Indicator) que son medidores del nivel de desempeño de un proceso. De estas dos últimas técnicas se hablará más extensamente en el documento.

Una vez asentados en las técnicas citadas anteriormente y ayudados de herramientas de diagnóstico y seguimiento se alcanza el nivel de TPM (Total Productive Maintenance) que consiste en un seguimiento minucioso del mantenimiento y del cual también se ampliará información.

El siguiente nivel está formado por los pilares de los sistemas JIT (Just In Time) que consiste en suministrar en el momento adecuado y el sistema Jidoka que busca partir de elementos de calidad contrastada para que los problemas sean visibles. Para llegar al JIT se necesita implantar el sistema PULL que consiste en que las piezas y materiales lleguen en orden y en el momento necesario al puesto de trabajo evitando así acumulación de estas. Para llegar al Jidoka se utilizan paradas automáticas y la técnica de Poka-Yoke que busca disminuir la cantidad de errores y facilitar la colocación de piezas en las máquinas.

Si se consigue implantar y asentar los niveles y pilares citados se llega al tejado y se habrá logrado alcanzar altos grados de calidad, seguridad, control de costes, tiempos de entrega y de motivación en los empleados.

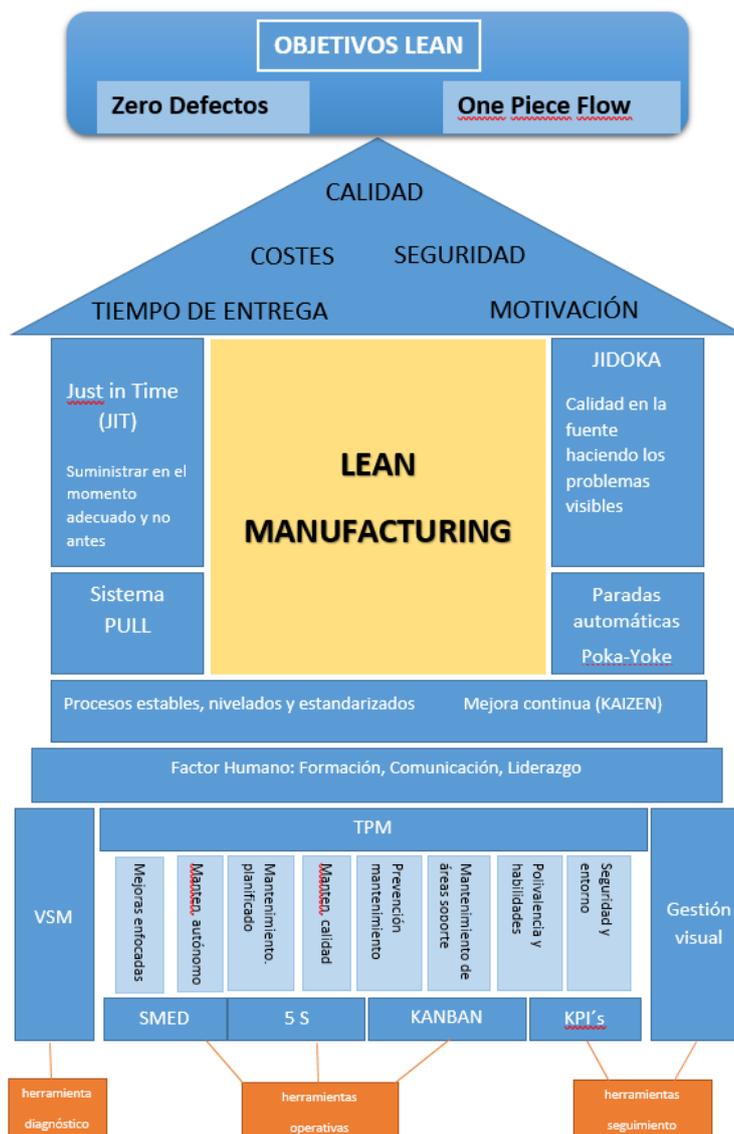


Figura 1. Casa de la calidad del Lean Manufacturing.

Técnicas 5S

La técnica de las 5S es un concepto sencillo ligado a la orientación hacia la calidad total, cuyo principio es el orden y la limpieza, originado en Japón en la década de los 60 en la empresa Toyota. El objetivo de esta técnica es conseguir lugares de trabajo más limpios, ordenados y mejor organizados permanentemente para conseguir un aumento de la productividad y un mejor entorno laboral.

El promotor de este movimiento fue William Edwards Deming, y su rango de aplicación abarca desde un puesto en una línea de montaje hasta el escritorio de una secretaria pasando por el sistema educativo y sanitario.

La aplicación de esta técnica tiene un impacto a largo plazo y es necesario que en la organización exista una gran disciplina ya que implantar las 5S es el primer paso hacia la mejora continua.

Las metas que busca esta estrategia a través de la seguridad y la limpieza son:

- **Eliminación de desperdicios:** Producidos por el desorden, fugas ...
- **Reducción de pérdidas de calidad:** Tener un puesto de trabajo limpio reduce el tiempo de respuesta y los costes y aumenta la seguridad.
- **Equipos más duraderos:** Con los equipos limpios es más fácil de llevar un control de mantenimiento.
- **Mantener unos estándares:** Mejorar la estandarización y disciplina permitiendo al personal participar en la elaboración de los procedimientos.
- **Orden de los útiles de trabajo:** Uso de controles visuales como tarjetas y tableros para mantener el orden de herramientas y elementos productivos.
- **Aumento de la seguridad:** Reducción de las causas potenciales de accidentes y concienciación del cuidado y conservación de los equipos.
- **Implantación de cualquier programa de mejora continua:** Producción JIT, Mantenimiento Productivo Total, Control Total de la Calidad, etc.

Se denomina método de las 5S por la primera letra del nombre que en japonés designa a cada una de las cinco etapas de las que consta. Estas cinco fases son conceptualmente muy sencillas y no requieren una formación compleja de toda la plantilla, pero sí se necesita disciplina rigurosa para poder llevarlas a cabo correctamente.

Las citadas cinco fases son:

- **Seiri (clasificación).**
- **Seiton (orden).**
- **Seiso (limpieza).**
- **Seiketsu (estandarización).**
- **Shitsuke (disciplina).**

1) SEIRI (CLASIFICACIÓN)

Esta primera fase consiste en buscar y eliminar todos los elementos innecesarios y que no se utilizan para realizar el cometido de cada puesto de trabajo, ya que estos estorban y quitan espacio produciendo accidentes, pérdidas de tiempo y disminución de la productividad.

La correcta implantación de la fase de clasificar se lleva a cabo mediante:

- Separación de lo que es necesario de lo que no lo es para poder realizar la tarea en cada puesto de trabajo.
- Mantener lo que es necesario y eliminar lo innecesario.
- Separación de los útiles según el uso que se les da, la seguridad que proporcionan y la frecuencia de utilización.
- Eliminar elementos que pueden afectar al funcionamiento de equipos o provocar averías.
- Eliminación de información que puede conducir a error.
- Organización de los elementos y herramientas para que sean rápidos de encontrar.

Beneficios que aporta la aplicación de Seiri:

- Aumenta considerablemente la seguridad y reduce los accidentes.
- Liberar espacio en planta y oficinas.
- Facilita el mantenimiento y detección de fugas, averías y contaminación.
- Mejora del control visual de los elementos de trabajo, materiales en proceso y productos.
- Disminuye el tiempo requerido para encontrar las herramientas, documentos, etc.
- Elimina las pérdidas de productos o elementos por su deterioro al estar mal almacenados.
- Mejor control del gasto de materias primas y de cuando es necesario reponerlas.
- Mejora de la calidad del producto ya que se previenen los defectos.
- Se reduce el tiempo medio entre fallos.

Como ya se ha comentado anteriormente, múltiples son los beneficios de implantar esta técnica, pero no hacerlo puede conllevar la presencia de los siguientes problemas:

- Frente a una emergencia, las vías de salida pueden encontrarse obstaculizadas impidiendo una rápida evacuación.
- Ocurren más accidentes y pérdidas de tiempo intentando encontrar el material necesario.
- Normalmente no existe buena comunicación entre compañeros y entre operarios y jefes.
- Dificultad para llevar el control de stocks y de materias primas.
- No encontrar los materiales por no estar ordenados puede provocar retraso en el tiempo de preparación y por tanto en el tiempo de entrega.

Para la aplicación de Seiri hay que identificar los elementos innecesarios, preparar y diseñar un modo de eliminación que conozcan todos los empleados, se debe crear una lista en la que aparezca la cantidad, su ubicación, un registro del elemento y una posible forma de eliminación. Una forma de realizar esta selección de elementos innecesarios es mediante las tarjetas de colores.

Las tarjetas de colores sirven para marcar elementos innecesarios en la zona de trabajo a los que se debe realizar alguna acción correctiva, cada empresa puede tener su clasificación de colores, pero lo normal es que la tarjeta roja marque el elemento problemático y que debe ser eliminado.

Para marcar los elementos es muy práctico tener estas tres preguntas en mente: ¿Es necesario este elemento?, ¿Si es necesario, es necesario en esta cantidad? y ¿Si es necesario, tiene que estar localizado aquí?

No con todos los elementos marcados con las etiquetas del mismo color se toman las mismas medidas correctivas, por eso es recomendable realizar alguna reunión donde se decida el proceder y en las que realizar un seguimiento de ellos.

2) SEITON (ORDEN)

Lema: “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”

En esta segunda fase se va a implantar un orden a todos los elementos del lugar de trabajo, principalmente hay que buscar un lugar a todos aquellos elementos que se han seleccionado y clasificado en la primera fase.

Para ubicar correctamente los elementos hay que identificarlos y saber la frecuencia de uso para localizarlos en el lugar más productivo posible.

Realizar esta fase permite:

- Tener ordenados los útiles y herramientas según la frecuencia de uso, reduciendo el tiempo de búsqueda de los mismos.
- Protecciones visuales en los equipos que faciliten su uso, inspección y mantenimiento.
- Marcar y controlar los sistemas auxiliares del proceso como las tuberías y conductos.
- Informar de la correcta utilización de la maquinaria para evitar accidentes y que los operarios tengan mayor información sobre ellas.
- Mejorar la estética del lugar de trabajo y facilitar la comunicación entre compañeros haciendo más agradable el ambiente de trabajo.
- Se consigue más espacio.
- Aumento de la seguridad al estar todos los espacios delimitados.
- Conocer rápidamente de la disponibilidad de stocks y de materias primas.
- Mejorar la productividad de la planta.
- Favorecer la disciplina FIFO. La disciplina FIFO (First In First Out) es la conducta que deben seguir, sobre todo, las empresas con artículos perecederos, ya que es la que se basa en lo primero que llega es lo primero que se va, ayudando a que las materias primas o productos no se echen a perder.

Para colocar las herramientas y utensilios necesarios para llevar a cabo la práctica de cada actividad laboral es conveniente seguir los siguientes criterios que facilitarán mucho su búsqueda.

- Situar los útiles más utilizados cerca de la zona de trabajo y los menos utilizados más apartados de ella.
- Si se utilizan varios elementos en la misma secuencia de trabajo, estos se almacenan juntos y en el orden con que se usan.
- Las herramientas se almacenan en cajones con su silueta o suspendidas con un resorte para que al acabar de usarla vuelva a su posición inicial.
- Los lugares habilitados para las herramientas tienen que ser un poco más grandes que estas para poder sacarlas y ponerlas con facilidad.
- Evitar la utilización de múltiples herramientas si se puede hacer con una sola.
- Almacenar las herramientas por tipos y utilidades.

Aplicar un orden tiene como propósito mejorar la identificación y marcación de los elementos y la maquinaria para conseguir su mayor productividad y a la vez su mayor conservación, no hacerlo puede implicar una serie de problemas:

- Pérdida de tiempo en la búsqueda de elementos, implicando una demora en el tiempo de producción y por tanto disminución de la productividad.
- El desorden impide la visualización rápida de stocks.
- Incorrecto montaje de maquinaria y/o mala alimentación de las mismas con elementos defectuosos.
- No identificar correctamente espacios peligrosos puede provocar accidentes.

Seiton es una estrategia que utiliza ayudas visuales para estandarizar y evitar despilfarros de tiempo, dinero, materiales y sobre todo para evitar accidentes laborales.

Los siguientes métodos son los más utilizados para la implantación del Seiton:

- **Controles visuales**, que se utilizan para informar de una manera fácil de la localización de los elementos, frecuencia con la que se usan o debe realizarse un mantenimiento sobre ellos, conexiones eléctricas, sentido de giro de las máquinas, sentido del flujo de tuberías, etc. Estos están íntimamente ligados a la estandarización.
- **Mapa 5S**, permite ubicar tanto elementos de seguridad como de producción siendo algunos: el almacén de herramientas, pasillos de emergencia, extintores, armarios de documentos...
- **Marcación de la ubicación**, una vez decidida la mejor localización para cada elemento lo ideal es indicar su lugar mediante letreros, tarjetas e indicadores, poniendo el nombre y el número de elementos que hay en cada lugar, situar lugares de limpieza y seguridad, en definitiva, marcar de la forma más clara posible donde va cada elemento.
- **Marcación con colores**, utilizada para la señalización de los límites de las áreas de trabajo, la dirección de los pasillos, marcación de elementos de seguridad, indicar las zonas de tránsito, etc.
- **Protecciones transparentes**, dicho coloquialmente consistiría en la introducción de ventanas de plástico altamente resistente y transparente en las máquinas para poder visualizar el proceso y facilitar el mantenimiento y limpieza.
- **Codificación de colores**, dar un color a cada utensilio y al lugar donde utilizarlo.
- **Identificar contornos**, utilizar plantillas de espuma con la silueta de las herramientas o elementos, si se encuentra un hueco vacío saber rápidamente que útil falta.

3) SEISO (LIMPIEZA)

Esta fase consiste en limpiar toda la fábrica o lugar de trabajo, no solo se trata de quitar el polvo y las manchas sino también de inspeccionar el equipo e identificar y buscar soluciones para evitar que la suciedad, fugas o averías vuelvan a aparecer fácilmente.

Para conseguir un buen funcionamiento de los equipos y que la productividad de los equipos sea la óptima es necesario llevar una estricta limpieza.

Para conseguir que esta fase sea eficaz se deben mantener unos requisitos:

- Se debe realizar la limpieza de cada puesto de trabajo para que el operario en el siguiente turno se encuentre el puesto limpio.
- Todos los operarios deben realizar la limpieza de su puesto de trabajo.
- Limpiar ayuda activamente a realizar un buen mantenimiento y genera conocimiento sobre los equipos.
- Además de la limpieza hay que inspeccionar para buscar averías, fugas o contaminación.

Pero los beneficios que se obtienen son amplios:

- Mejora la actitud de los trabajadores y su bienestar.
- Reduce el riesgo de accidentes.
- Mejora la capacidad de trabajo en equipo.
- La eliminación de fugas y escapes que repercuten en la reducción de desperdicios.
- Incrementa la vida de las máquinas.
- La calidad de los productos mejora y se evitan pérdidas.

La fase de limpieza no solo consiste en limpiar una vez toda la fábrica y ya no volver a hacerlo hasta pasado mucho tiempo. Para implantarla correctamente se deben realizar limpiezas diarias, lo ideal es seguir los siguientes pasos:

Paso 1. Jornada de limpieza

Realizar una limpieza a fondo de toda la fábrica, dejando todas las máquinas lo más limpias posibles ya que se usará de referencia para el futuro. Se trata también de sensibilizar a todos los operarios de que teniendo el espacio limpio se puede realizar más cómodamente el trabajo. Para poder avanzar en el Seiso hay que mantener un estándar de limpieza.

Paso 2. Planificar el mantenimiento de la limpieza.

Se divide el trabajo de limpieza entre los trabajadores de la planta para que sea más efectiva, la asignación de las tareas la realiza el encargado de área.

Paso 3. Manual de limpieza

Se prepara un documento donde se detallan las zonas que se asignan a cada operario, el uso de los elementos de limpieza, los tiempos que debe durar cada actividad, el procedimiento que debe seguirse para realizar correctamente la limpieza. También es buena idea poner alguna fotografía indicando cómo debe quedar para que sirva de referencia visual.

Paso 4. Los elementos de limpieza

Se ordenan los elementos de limpieza en lugares donde sean fáciles de encontrar y se les da a los operarios unos conocimientos básicos de seguridad y cómo emplearlos.

Paso 5. Implantación de la limpieza

Realizar otra limpieza a fondo por todos los aparatos, quitar el polvo, la grasa y todos los desechos que estén por el suelo. Durante dicha limpieza anotar las zonas de difícil acceso para que en un futuro puedan realizarse acciones kaizen o de mejora continua para eliminarlas. Hacer hincapié en que mediante la limpieza se puede conocer mejor la maquinaria que se está utilizando.

4) SEIKETSU (ESTANDARIZACIÓN)

Se traduce Seiketsu como estandarización que significa crear un modo fijo para la realización de tareas y procedimientos para que cualquier operario pueda manejar la maquinaria.

Esta fase es muy importante para crear hábitos que conserven el lugar de trabajo en óptimas condiciones y no se pierdan los avances hechos con las 3 primeras "S".

Aplicando Seiketsu se pretende conseguir los siguientes beneficios:

- Se mantienen las primeras 3 fases con sus respectivos beneficios.
- El operario está más respaldado por la dirección.
- Empleo de estándares auditados para su cumplimiento.
- Archivo con el conocimiento adquirido durante años de trabajo.
- Aumento del bienestar del personal.
- Mejora el conocimiento de los equipos.
- Aumento de la seguridad frente a accidentes.
- Se incrementa la productividad y el mantenimiento de los equipos.
- Favorece una gestión visual.

Una buena aplicación de la estandarización requiere los siguientes pasos:

Paso 1. Asignar trabajos y responsabilidades

Se deben asignar las tareas a cada operario, los cuales deben conocer sus responsabilidades y la forma de operar. Los mismos operarios pueden ser quienes preparen los procedimientos, para ello deben tener un amplio conocimiento de la maquinaria y útiles de trabajo.

Para llevar a cabo este paso se puede hacer uso de manuales de limpieza, diagramas de distribución de trabajo, tabloneros visuales con los avances realizados, etc.

Paso 2. Integrar las primeras 3 “S” en la rutina de trabajo

Estandarizar, con procedimientos claros y conocidos por todos, las fases de Seiri, Seiton y Seiso. Para ello exponer las normas en tabloneros informativos de fácil acceso para los operarios, en caso de que alguna máquina necesite un trato especial o tenga zonas de difícil acceso se puede colocar un adhesivo sobre dicha máquina con el procedimiento a seguir.

5) SHITSUKE (DISCIPLINA)

La disciplina significa convertir en hábito una forma de actuar, por lo que con esta fase se quiere conseguir el uso permanente de unas normas y unos procedimientos para implementar las 5 S, con ella se cierra el ciclo PDCA (figura 2), que quiere decir, Plan (planificar), Do (hacer), Check (verificar) y Act (actuar). Esta etapa es muy importante ya que sino el sistema pierde su eficacia.

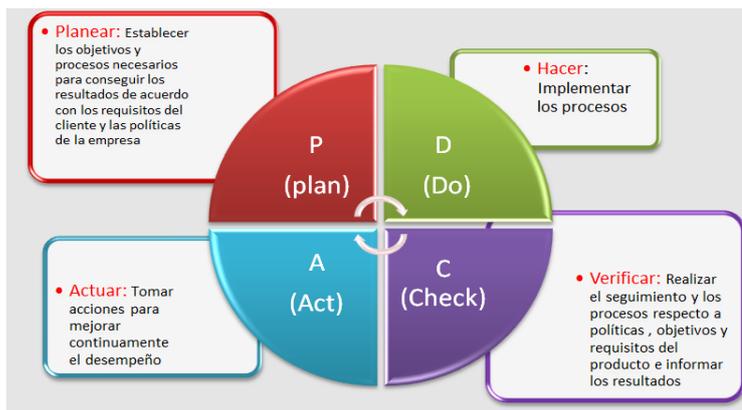


Fig. 2. Ciclo PDCA.

Si en los lugares de trabajo se mantiene la disciplina, se pueden implantar sin dificultad las primeras 4 “S” y ello nos garantiza una mayor productividad, una mayor seguridad y una calidad de productos óptima. Shitsuke es el nexo entre la técnica de las 5S y el concepto Kaizen o mejora continua.

Tener un alto grado de disciplina implica:

- Control personal y respeto hacia las normas que regulan el funcionamiento de la organización.
- Respetarse a sí mismo y a los demás.
- Cuidar los recursos de la empresa.
- La satisfacción del cliente aumentará debido a los altos niveles de calidad del producto.
- Cuidar el puesto de trabajo, esto provocará que sea más atractivo para trabajar en él.

A diferencia de las primeras fases, la disciplina no puede medirse y no es visible, solo existe en la voluntad de los trabajadores, sin embargo, se puede estimular creando las condiciones adecuadas.

Los conceptos a tener en cuenta para conseguir aplicar correctamente la disciplina:

Mismo objetivo

Los empleados y la dirección de la empresa tienen que compartir una misma visión para alcanzar los objetivos y las metas.

Formación

Para mantener una buena disciplina y que se cumplan las normas y los procedimientos la plantilla debe estar formada y no hay mejor forma de conseguirlo que “aprender haciendo”, para ello es muy beneficioso que esté presente la plantilla durante la creación de la normativa y de los procedimientos.

Todos los miembros de la plantilla, incluidos los jefes, deben mantener la disciplina, ya que los jefes deben de dar ejemplo.

Tiempo

Se le debe proporcionar el tiempo adecuado al trabajador para que además de realizar su trabajo pueda limpiar, por ello no hay que forzarle ni presionarle y sí reconocer sus logros.

La dirección

La dirección es la encargada de promover la implantación de esta fase y por ello tiene las siguientes responsabilidades:

- Crear un grupo líder que organice la aplicación de las “S” y motivar al personal.
- Educar al personal.
- Asignar tiempos a las acciones.
- Dar ejemplo.
- Realizar auditorías.
- Demostrar compromiso con la implantación de la técnica.

Los trabajadores

Los trabajadores son realmente los protagonistas de la implantación de las 5S y por ello también tienen un conjunto de responsabilidades a cumplir:

- Seguir con el aprendizaje y participar activamente.
- Realizar auditorías junto con los responsables de planta.
- Participar en la creación de los procedimientos y pedir en cada momento los recursos necesarios.
- Asumir la implantación de las 5S.

Auditorias de las 5S

Para conseguir implantar cada una de las 5S y asegurar su correcta aportación a la empresa se deben pasar una serie de auditorías internas que asienten las bases. Estas deben hacerse cada mes y se deben aprobar varias consecutivas para dar por implantada la técnica.

Las preguntas que se efectúan deben ser contestadas por los auditores, pero en muchos casos son preguntas que deben responder los operarios y ser los auditores los que den una calificación a esas respuestas.

S²QDC

Para hablar de los KPIs, que es otra de las bases de la mejora continua, hay que hablar previamente de la filosofía S²QDC que, en el caso concreto de esta empresa, es donde están asentados dichos indicadores.

Es una filosofía de trabajo basado en Safety (seguridad), Sustainability (sostenibilidad), Quality (calidad), Delivery (entregas) y Cost (costes), que mediante unos principios y unos KPIs muestran la evolución y el rendimiento que tiene la empresa.

Esta filosofía requiere un gran compromiso por parte de todos los estamentos de la empresa, ya que hay que realizar reuniones diarias donde se debatan problemas y soluciones, así como elaborar unos objetivos que serán puestos en una pizarra para ser vistos por todos los empleados.

Para llevar a cabo correctamente las reuniones los miembros de cada equipo tienen que acudir con problemas e ideas y consensuar en ellas soluciones y propuestas para la mejora. En estas reuniones debe haber un manager que modere para que se lleve un orden y exista un protocolo.

KPIs

Los KPIs, también conocidos como indicadores clave de rendimiento, se suelen expresar en porcentajes. Miden el avance que lleva un proceso, indicando el rendimiento y el éxito de los objetivos de una estrategia, fuera del punto de vista financiero.

Existen diferentes KPIs, según el proceso o el área que se quiere medir. En el caso de Roteisa se adecuan al modelo de S²QDC.

Los KPIs deben tener ciertas cualidades para ser lo más efectivos posibles, para ello deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales, todas ellas se cumplen necesitando un alto grado de compromiso y responsabilidad.

Existen diferentes grados de KPIs, que se miden en función de su necesidad, estos son:

- Top KPI, medidos mensualmente y principalmente para medir cualidades y gastos.
- Support KPI, medidos semanalmente, que tantean aspectos más técnicos y enseñan componentes seleccionados.
- Core KPI, medidos diariamente y que enseñan los datos en áreas concretas y directamente influenciados por el equipo y los problemas duraderos.

Es realmente recomendable que los KPIs estén a la vista de los empleados y de los jefes y que éstos los entiendan y puedan llegar a explicarlos.

Estos KPI son otra de las bases, junto con las 5S que llevan a consolidar los TPM y por tanto el Lean Manufacturing.

Roteisa tiene 5 Top KPIs referentes al método S²QDC, estos son:

- Estadística de accidentes: cuantos accidentes se producen en un determinado tiempo.
- Datos de energía: mediciones de los Kw/h por tonelada de material.
- Estadísticas de no calidad: medición de productos que no cumplen los estándares de calidad.
- Rendimiento de las entregas: asegurar que las entregas llegan a tiempo y conforme a lo pedido.
- Productividad del personal: medir si los empleados cumplen los objetivos.

Mantenimiento Productivo Total

La filosofía TPM (Total Productive Maintenance) se cimienta en la permanente búsqueda del perfeccionamiento de los procesos y medios de producción, mediante la implicación diaria de todas las personas que participan en el proceso productivo enfocándose en cero defectos, cero accidentes y cero paradas.

El mantenimiento total tiene unos objetivos claros:

- Involucrar a todos los departamentos de la empresa, así como a todas las personas que los componen, en la implantación y desarrollo.
- Organización óptima de la planta productiva.
- Búsqueda de acciones que permitan los cero defectos, cero accidentes y cero pérdidas.
- Reducir los costos de producción y de reparación.
- Aumentar la vida útil de los equipos, las ventas y la calidad.

Al contrario del enfoque tradicional de mantenimiento en el que unos se encargan de producir mientras otros se dedican a reparar las averías, en el TPM se implica a todo el personal en el cuidado, limpieza y mantenimiento preventivo. Es decir, “Yo opero, tu reparas”, da paso a “Yo soy responsable de mi equipo”.



Figura 3. Pilares fundamentales del TPM.

La técnica de las 5S es la principal base del sistema TPM y en la cual se asentarán los pilares más importantes (Fig. 3) que dan lugar al mantenimiento total.

Los 8 pilares del TPM:

- **Mejoras enfocadas.** Eliminar las pérdidas y mejorar la eficiencia sabiendo cual es la meta y en cuanto tiempo se logra.
- **Mantenimiento planificado.** Realizar mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.
- **Mantenimiento autónomo.** Los operarios deben realizar un seguimiento e inspecciones de sus equipos.
- **Mantenimiento de calidad.** Realizar un seguimiento mayor y actuaciones preventivas sobre los equipos que tienen mayor influencia en la calidad del producto.
- **Prevención del mantenimiento.** Gestionar correctamente los equipos para facilitar su mantenimiento.
- **Mantenimiento áreas soporte.** Asegurar que las actividades del TPM tienen una alta eficiencia e implicación.
- **Mejora de la polivalencia y habilidades de operación.** Formar a los empleados para que puedan realizar cualquier tipo de trabajo ya sea de producción o de mantenimiento.
- **Seguridad y entorno.** Aumentar la seguridad para conseguir los cero accidentes ya que muchos se producen por la mala limpieza o mala colocación de los equipos.

Estos 8 pilares del TPM tienen muchas similitudes con los 7 tipos de MUDA nombrados en la introducción y los cuales pretenden ser eliminados por el sistema Lean. También es evidente la influencia directa que tienen las 5S con los conceptos del TPM y por tanto una buena aplicación de la técnica de las 5S facilitará la puesta en marcha y el mantenimiento del TPM.

Hay que destacar que implementar el TPM es un camino largo (una media de 3 años hasta ver resultados) que debe ser mantenido todos los días con disciplina y constancia pero que, si se consigue aplicar satisfactoriamente, aprovechando y multiplicando las ventajas que dan las destrezas, el liderazgo y el compromiso, los resultados marcarán la diferencia con la competencia.

Empresas como Harley-Davidson, Texas Instruments y Samsung Electronics tienen afianzado el sistema TPM.

Actividades realizadas durante la estancia en la empresa

5S

Rothe Erde tiene una gran cantidad de maquinaria para llevar a cabo su trabajo, por lo que la aplicación de las 5S se realiza por fases. En la primera fase se escogen 5 secciones (sección de montaje, rectificadora GER, torno Stanko, torno 25, taladros Ibarmia) a las que se le aplicará esta técnica.

Primero se separan los elementos, clasificándolos en los que son útiles de los que no lo son. Estos últimos se tiran para dejar hueco a lo que realmente se usa.

El segundo paso es ordenar todo lo útil en un lugar de fácil acceso según la cantidad de usos que se le da al cabo del tiempo, es decir, los elementos que se usan diariamente tienen que estar a mano mientras que los que se usan semanalmente pueden estar un poco más alejados.

Para ello en Roteisa se han utilizado controles visuales, marcación de la ubicación, identificación de contornos y la codificación de colores, esta última se utiliza pero en menor medida y solo para determinados elementos.

Se sigue con la limpieza, es muy importante realizar una gran primera limpieza para empezar con todo limpio. Las siguientes limpiezas se realizan con bastante frecuencia porque sirven para detectar posibles fugas.

Se ha realizado una planificación de limpieza y se establece una forma común para todos los operarios de llevarla a cabo.

La estandarización que consiste en crear un modo fijo para realizar las tareas y para ello se asigna unos trabajos y unas responsabilidades para cada operario y siempre cumpliendo de la misma forma frente a las primeras “s”.

Por último, la disciplina, que consiste en realizar las primeras “s” sin dejarse ningún paso y seguir haciendo el trabajo de forma constante. Para ello los trabajadores han sido formados y guiados por uno o varios responsables.

En el anexo 2 se adjuntan los resultados mediante fotografías del antes y el después de la implantación de las diferentes “s” referentes a la técnica de las 5S en la planta de producción de Rothe Erde.

Auditorias

Las auditorias que se hacen en Roteisa constan de varias fases.

La primera se basa en realizar las auditorías mensualmente con el modelo que se puede ver en el anexo 3. Consiste en una serie de preguntas separadas en grupos a las que hay que contestar honestamente entre 0 y 3 siguiendo los procesos de evaluación explicados en la pregunta. Cada pregunta tiene un peso asignado (de 2 ó 3), siendo la puntuación total que se puede conseguir de 210 y para pasar esta auditoría satisfactoriamente hay que pasar del 75%. A partir del tercer mes se responde a la misma encuesta, pero se contesta entre 0 y 4, por lo que la puntuación máxima que se puede obtener es de 280 y para superarla también hay que sobrepasar el 75 %.

Para conseguir la implantación de las técnicas hay que superar el 75% de la puntuación en las encuestas durante tres meses consecutivos.

Se han realizado auditorias durante los últimos 4 ó 5 meses de las secciones en las que se ha aplicado la técnica de las 5S. Estas auditorías siguen siendo de la primera fase ya que de momento son una toma de contacto para poder implantar la técnica en cada sección.

La segunda fase consiste en las auditorías de seguimiento (anexo 3), se deben seguir haciendo evaluaciones cada mes para no perder estandarización en las técnicas ya implantadas y poder seguir hacia adelante con nuevas técnicas o perfeccionando las ya conocidas.

Esta segunda fase aún no está en vigor en la empresa dado que se ha empezado hace poco a realizar las auditorias de la primera fase.

Se tienen preparadas las auditorías de la segunda fase, pero aún pueden experimentar ligeras modificaciones.

KPIs

Se han creado nuevos KPIs específicos para la planta de Rothe Erde Ibérica, para ello se han tomado como base los utilizados en la central de Thyssenkrupp en Alemania.

Con este fin se han buscado los datos que se pueden obtener de cada sección y de cada departamento y realizar una tabla con los que más información útil proporcionan.

En un futuro próximo se esperan crear KPIs y tablas para cada sección individualizada, tarea que se llevará a cabo conforme se realice la implantación de las 5S.

En el anexo 4 se muestra la tabla y cada uno de los KPIs que se utilizan en Rothe Erde Ibérica, esta tabla está localizada en una zona muy visible para los operarios. En un futuro se colocará una tabla individualizada en cada máquina para mayor conocimiento de la productividad.

A su vez, se detalla cada KPI y su forma de obtenerlo en el anexo 5.

TPM

No se ha avanzado demasiado en este nivel dado que todavía no se ha afianzado el primer nivel que son las bases.

Sí que se han pensado y aplicado conceptos sobre el mantenimiento preventivo, la mejora de la producción y la organización óptima de la planta con el fomento de la interacción entre departamentos.

Flujos de trabajo

Para tener más información y una referencia clara de la planta se puede acceder al anexo 6, donde se muestra un plano de la distribución de las naves y al anexo 6, donde se muestran y explican, mediante fichas, las máquinas de las que se dispone.

Los flujos de trabajo (workflow) consisten en estudiar los aspectos operacionales de las actividades de trabajo, es decir, saber cómo se realizan las tareas, el tiempo que lleva realizarlas, el orden que deben seguir, etc.

En el anexo 7 se muestran, mediante tablas y por separado, los flujos de trabajo de 3 rodamientos distintos. En ellas se indican tiempos, máquinas y secciones donde se realizan los rodamientos.

Con esta información de los flujos de trabajo se elaboran varias propuestas para mejorar la productividad de la planta.

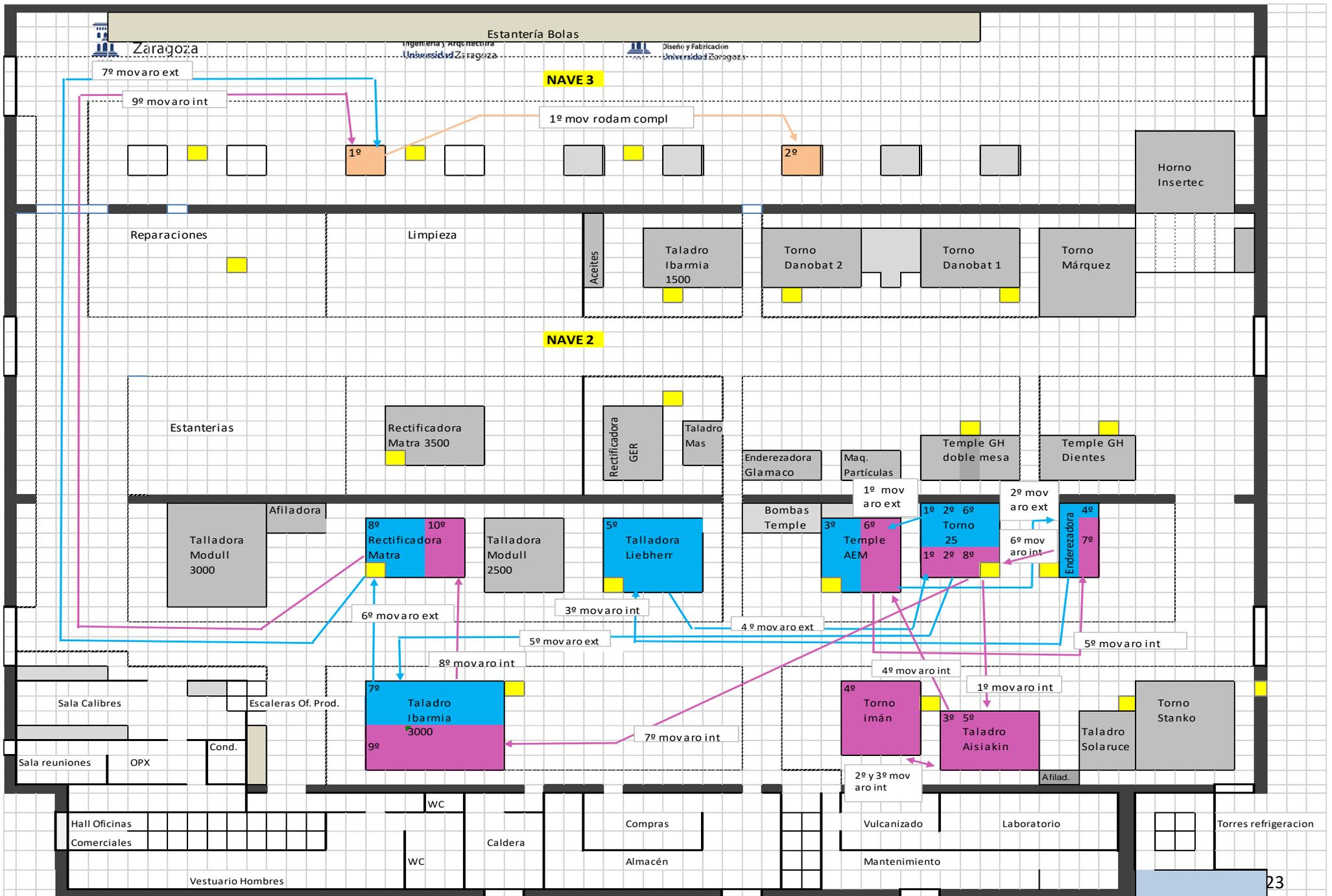
Propuestas de mejora de los flujos de trabajo

Propuesta 1:

Cambiar la enderezadora de lugar, máquina utilizada en un alto número de casos, poniéndola en la zona derecha de la nave donde se realizan gran cantidad de operaciones reduciendo la distancia a recorrer entre puestos de trabajo, pero no así el número de movimientos a efectuar. En este supuesto también hay que tener en cuenta la necesidad de tener huecos cerca de algunas máquinas para usarlos como almacenes temporales, en este caso tendremos algún hueco cerca de la enderezadora, del temple y del taladro Ibarria 3000. Se puede ver este cambio en la figura 4.

Propuesta 2:

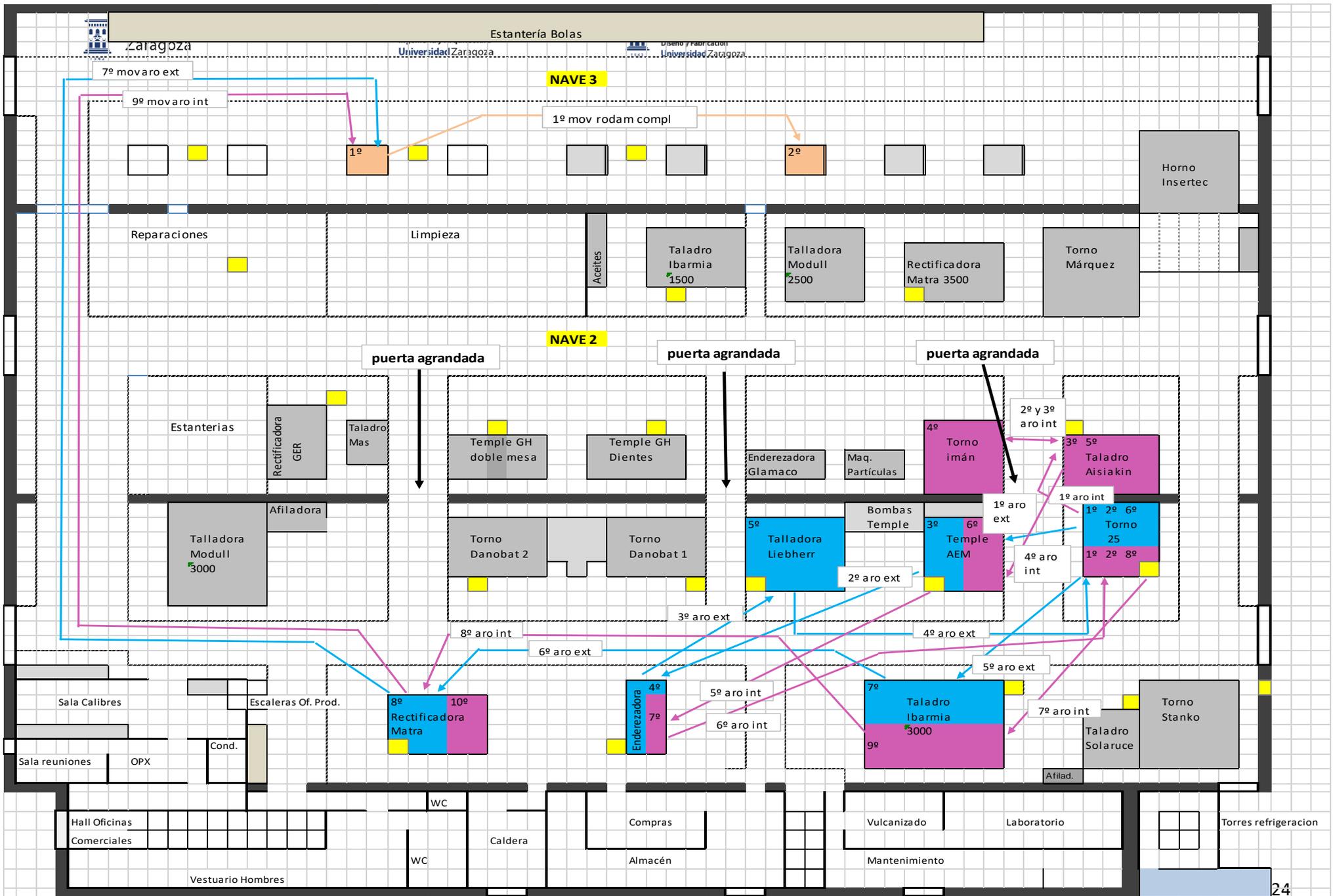
Ensanche las puertas de acceso peatonal entre naves o crear unas nuevas para poder pasar por ellas los rodamientos y crear módulos de máquinas entre naves, con lo que la distancia entre ellas será pequeña y así poder añadir unos carros de rodillos con los que se reduciría al mínimo el uso de carretillas elevadoras. También habría que mover algunas de las máquinas según los tamaños de rodamientos y localizar las máquinas de acabado en las zonas en las que las naves no están en contacto, es decir, en la pared cercana a las oficinas y en la pared en contacto con la nave 3. Las máquinas se han movido en función de que haya una o varias de cada tipo en cada nave e intentando localizar las máquinas que se usan para muchos tipos de rodamientos (por ejemplo, la enderezadora) en un punto intermedio para acortar los desplazamientos. Con esta propuesta se reducen las distancias de desplazamiento, pero no así el número de movimientos, aunque sí que serán más directos. Este supuesto será más útil para la producción de unos rodamientos que otros, pero conseguir una disposición ideal para todos los rodamientos es una tarea imposible debido a la gran cantidad y variedad de máquinas implicadas en la fabricación de cada rodamiento. Cambio visible en la figura 5.



Lean Manufacturing: Primera fase de implantación en una fábrica de rodamientos de grandes dimensiones

- OPERACIONES ARO EXTERIOR
- OPERACIONES ARO INTERIOR
- OPERACIONES CONJUNTAS

Figura 4. Flujo de trabajo del rodamiento 061.40.1582.000.21.1503 para la propuesta 1.



Lean Manufacturing: Primera fase de implantación en una fábrica de rodamientos de grandes dimensiones

- OPERACIONES ARO EXTERIOR
- OPERACIONES ARO INTERIOR
- OPERACIONES CONJUNTAS

Figura 5. Flujo de trabajo del rodamiento 061.40.1582.000.21.1503 para la propuesta 2.

¿Es posible o productivo llevar a cabo la propuesta 1?

La propuesta 1, que plantea la redistribución de varias máquinas es posible pero no es realmente productivo llevarla a cabo porque la nueva distribución podría mejorar para unos rodamientos y empeorar para otros. Esto puede deberse a que las máquinas tienen unos rangos de diámetros de trabajo determinados y en muchos casos estas solo valen para 1 ó 2 de estos rangos, es decir, pueden fabricar rodamientos grandes y medianos pero no pequeños o para rodamientos pequeños y medianos pero no grandes.

Si a esta razón le añadimos el alto coste de la redistribución, es muy complicado que se produzcan beneficios a corto-medio plazo, por lo que se desaconseja realizar la propuesta 1.

¿Es posible o productivo llevar a cabo la propuesta 2?

Considerando un tiempo medio aproximado a las operaciones de carga y descarga de cada rodamiento en las máquinas (no cuesta lo mismo levantar todos los tipos de rodamientos), así como el traslado entre ellas mediante carretillas o grúas, se calcula el tiempo que conlleva la manipulación de piezas dentro de la fabricación.

Esto ayudará a ver con más claridad si se ahorra el suficiente tiempo como para llevar a cabo una redistribución a gran escala de la planta como la realizada en la propuesta 2.

En los casos de los tiempos de preparación y ejecución son bastante precisos y es muy complicado rebajarlos. Sin embargo, se busca rebajar los tiempos de transporte de material.

Se realizan los cálculos para la distribución actual (tabla 1) y para la distribución de la propuesta 2 que se ha visto anteriormente (con la posibilidad de usar carritos y sin ella).

Para el cálculo se tiene en cuenta el tiempo de carga y desplazamiento de las grúas y polipastos y la distancia que recorren las carretillas aproximando su velocidad a 5Km/h.

Se le acabará asignando un valor monetario al minuto trabajado en función del salario medio de los trabajadores (0,21€/min), y así determinar el posible ahorro económico que podría reportar la redistribución de la propuesta 2.

aro ext		segundos	distancia en carretilla	tiempo maniobra	tiempo carretilla	tiempo total (segundos)	tiempo total (minutos)
1º	grúa	240	0	0	0	240	4'
2º	polipasto + carretilla	180	40	20	48,99	229	3'49"
3º	grúa	360	0	0	0,00	360	6'
4º	grúa	300	0	0	0,00	300	5'
5º	polipasto + carretilla	180	35	20	45,36	225	3'45"
6º	grúa	240	0	0	0,00	240	4'
7º	polipasto + carretilla	180	88	20	83,77	264	4'24"
aro int							
1º	grúa	240	0	0	0,00	240	4'
2º	polipasto	180	0	0	0,00	180	3'
3º	polipasto	180	0	0	0,00	180	3'
4º	grúa	240	0	0	0,00	240	4'
5º	polipasto + carretilla	180	40	20	48,99	229	3'49"
6º	polipasto + carretilla	180	40	20	48,99	229	3'49"
7º	polipasto + carretilla	180	35	20	45,36	225	3'25"
8º	grúa	240	0	0	0,00	240	4'
9º	polipasto + carretilla	180	80	20	77,97	258	4'18"
montaje							
1º	grúa	240	0	0	0	240	4'
						TOTAL	68'19"

Tabla 1. Tiempos de transporte y carga de las piezas para la distribución actual.

Los cálculos se hacen en segundos para tener mayor precisión y luego se pasan a minutos que son las unidades con las que están computados los tiempos de fabricación de los rodamientos en las diferentes máquinas.

La siguiente tabla (tabla 2) muestra los tiempos con la distribución sin carritos de la propuesta 2.

sin carritos							
aro ext		segundos	distancia en carretilla	tiempo maniobra	tiempo carretilla	tiempo total (segundos)	tiempo total (minutos)
1º	grúa	240	0	0	0	240	4'
2º	grúa	240	0	0	0,00	240	4'
3º	grúa	180	0	0	0,00	180	3'
4º	grúa	240	0	0	0,00	240	4'
5º	grúa	180	0	0	0,00	180	3'
6º	polipasto + carretilla	180	25	20	38,12	218	3'38"
7º	polipasto + carretilla	180	75	20	74,35	254	4'14"
aro int							
1º	polipasto + carretilla	180	10	20	27,25	207	3'27"
2º	polipasto	180	0	0	0,00	180	3'
3º	polipasto	180	0	0	0,00	180	3'
4º	polipasto + carretilla	180	10	20	27,25	207	3'27"
5º	grúa	180	0	0	0,00	180	3'
6º	grúa	180	0	0	0,00	180	3'
7º	grúa	180	0	0	0,00	180	3'
8º	polipasto + carretilla	180	20	20	34,49	214	3'34"
9º	polipasto + carretilla	180	72	20	72,17	252	4'12"
montaje							
1º	grúa	240	0	0	0	240	4'
						TOTAL	59'32"

Tabla 2. Tiempos de carga y transporte de piezas para la propuesta 2 sin carritos auxiliares.

El tiempo final se ha reducido porque se ha disminuido la utilización de carretillas y aumentado el uso del puente grúa. La diferencia no es demasiado significativa respecto al tiempo total de fabricación.

con carritos							
aro ext		segundos	distancia en carretilla	tiempo maniobra	tiempo carretilla	tiempo total (segundos)	tiempo total (minutos)
1º	carrito	120	0	0	0	120	2'
2º	grúa	240	0	0	0,00	240	4'
3º	grúa	180	0	0	0,00	180	3'
4º	grúa	240	0	0	0,00	240	4'
5º	grúa	180	0	0	0,00	180	3'
6º	polipasto + carretilla	180	25	20	38,12	218	3'38"
7º	polipasto + carretilla	180	75	20	74,35	254	4'14"
aro int							
1º	carrito	120	0	0	0,00	120	2'
2º	carrito	60	0	0	0,00	60	1'
3º	carrito	60	0	0	0,00	60	1'
4º	carrito	120	0	0	0,00	120	2'
5º	grúa	240	0	0	0,00	240	4'
6º	grúa	270	0	0	0,00	270	4'30"
7º	grúa	180	0	0	0,00	180	3'
8º	polipasto + carretilla	180	20	20	34,49	214	3'34"
9º	polipasto + carretilla	180	72	20	72,17	252	4'12"
montaje							
1º	grúa	240	0	0	0	240	4'
						TOTAL	53'08"

Tabla 3. Tiempos de carga y transporte de piezas para la propuesta 2 con carritos auxiliares.

El uso de carritos entre puestos de trabajo que estén cercanos puede reducir un poco más el tiempo de traslados como se ve en la tabla (tabla 3), pasa de 68'19" a 53'08", es decir, se ahorran 15'11". Con los nuevos tiempos se ahorraría 3,17€ que vienen de 0,21€ x 15'11".

La reducción de tiempos sigue sin ser determinante frente al total.

No sería recomendable realizar la propuesta 2 porque no se reduce drásticamente el tiempo de traslados. Al haber tanta variedad de rodamientos se puede mejorar para un tipo de rodamiento, pero empeorar para otros, por lo que no será una solución ideal. Además, dicha redistribución conllevaría una gran inversión, y dado las pequeñas reducciones de tiempo no se amortizaría hasta pasados muchos años.

En este caso poniendo como ejemplo el coste de la mano de obra (calculada a partir de los minutos totales sumados de la fabricación y la carga y transporte de las piezas) se tiene para la propuesta 2 que:

No sale a cuenta porque la inversión de realizar una redistribución de la maquinaria rondaría los 200000 € (sin contar que durante el tiempo que dure dicha redistribución no se generarán rodamientos y por tanto no habrá beneficios), mientras que el ahorro por cada rodamiento fabricado con la nueva distribución será de unos 3.17€ por lo que se necesitaría fabricar 63091 rodamientos de este tipo para recuperar el gasto de inversión, esta cantidad se obtiene de dividir los 200000€ entre los 3,17€ de ahorro por rodamiento. Para fabricar dicha cantidad de rodamientos se necesitarían unos 50 años.

También con la redistribución se pueden juntar máquinas en las que pueda trabajar un solo operario y así reducir la plantilla ahorrando algo de dinero. Para que esto saliera bien el trabajador debería disponer de tiempo para que mientras una máquina trabaja, él esté preparando la otra. Teniendo en cuenta que en algún momento las dos máquinas se podrían solapar y que tendría que decidir a cuál dar prioridad, lo ideal sería poner a dos trabajadores en 3 máquinas y así reducir esta posibilidad.

Otra cosa a tener muy en cuenta es el tipo de flujo (push o pull), dependiendo de qué método se utilice, la velocidad y el ritmo de trabajo serán diferentes ya que en el flujo pull se trabaja conforme se realizan las piezas, es decir, no se empieza otra pieza hasta que la siguiente fase de trabajo puede trabajar, sin embargo, con el push, cada puesto realiza las piezas que puede sin tener en cuenta el siguiente puesto y llegando a tener piezas paradas esperando.

Conclusiones

No se han encontrado grandes problemas durante la realización del trabajo. Se trata de un proyecto de gran envergadura porque hay muchos puestos de trabajo y mucha gente a la que organizar y educar sobre técnicas nuevas.

El problema más importante al que se ha hecho frente es el de concienciar a todos los operarios de que cumpliendo las nuevas técnicas mejorarían en calidad y en productividad, aunque perdiesen un poco de tiempo en limpiar y ordenar los puestos de trabajo.

La implantación de la técnica de las 5S es relativamente fácil en cuanto a la teoría, en la práctica lo más costoso es estandarizar y ser disciplinado para mantener el nivel y no volver a los malos hábitos del desorden.

Otro problema ha sido pensar KPIs nuevos que fuesen individuales para la planta. Para ello se necesitaban conocer muchos datos de las máquinas. Muchos de los KPIs que se pensaban necesitaban datos que la empresa no medía o no podía medir, por lo que había que pensar en otros diferentes. En este caso se han utilizado los que la empresa medía, ya que empezar a medir datos nuevos conllevaría mucho tiempo y posiblemente mano de obra.

El trabajo muestra una idea y un ejemplo claros de cómo se implanta la mejora continua.

El objetivo es mostrar que buscar la mejora continua no es un trabajo difícil pero sí un poco largo y minucioso con grandes beneficios, los cuales son visibles a corto y medio plazo.

Con el trabajo he conseguido afianzar mis conocimientos sobre técnicas de calidad y producción, tener contacto con el mundo laboral y ayudar a implantar la mejora continua en una empresa real.

El proyecto da una serie de pautas generales de cómo proceder en cualquier empresa para la implantación de las técnicas de mejora continua, pero también profundiza para el caso de Roteisa. Se ve en las imágenes reales tomadas en la planta como se han aplicado estas directrices en los puestos de trabajo.

De momento Roteisa tiene mucho trabajo por delante porque faltan muchas secciones a las que implantar las 5S, ampliar conocimientos del TPM y trabajar en la aplicación del mantenimiento preventivo.

El trabajo para el año próximo va a ser consolidar el nivel 1 de las secciones en las que ya están implantadas las 5S y empezar a implantar el nivel 2. A su vez comenzar con la implantación del nivel 1 en más secciones, en este caso serían: torno imán, tornos Danobat y torno Márquez.

El siguiente paso lógico o línea futura de actuación podría ser la introducción en el mundo del SAP y promover un software que conecte todos los departamentos e informatices y automatice gran parte de la planta.

Bibliografía

Libros utilizados:

Gil Vilda, Francisco y Suñé Torrents, Albert (2011). *5S Manual práctico: Como crear un entorno cómodo y productivo*. Leanbox, Artyplan S.A

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2010). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Simon and Schuster.

Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D., & Chaparro, F. O. (1992). *La máquina que cambió el mundo*. McGraw-Hill

Páginas web utilizadas:

https://es.slideshare.net/slides_eoi/lean-manufacturing-conceptos-tcnicas-e-implantacin

https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_productivo_total

<http://leanmanufacturing10.com/>

<http://www.cdiconsultoria.es/metodo-tpm-mantenimiento-productivo-total-valencia>

<https://www.gestiopolis.com/las-5s-manual-teorico-y-de-implantacion/>

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/administracion-de-recursos-humanos/habilidades-gerenciales/>

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestion-y-control-de-calidad/metodologia-de-las-5s/>

<http://www.leansolutions.co/conceptos/lean-manufacturing/>

http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm

<http://www.roteisa.es>