



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

DESARROLLO DE MEJORAS EN LOS PROCESOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS
DE LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA DE TRANSFORMACIONES
METÁLICAS.

AUTOR: Jorge Ruiz González

TUTOR: María José Verdecho Sáez

Curso Académico: 2019-20

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia el apoyo que me han dado siempre, incluso llegando en algunos momentos a confiar en mí más que yo mismo; y por darme siempre su opinión más sincera la cual me ha ayudado a ser la persona que soy hoy en día.

Al responsable de producción y logística de Lasertall, Carlos Martínez, por ser más amigo que jefe y por prestarme la atención y ayuda que necesitaba durante todos los meses de prácticas y por enseñarme que vida solo hay una y hay que disfrutarla segundo a segundo.

A las profesoras Isabel Iborra y María Pino, por darme siempre un rayito de luz en los muchos momentos de dudas durante todos estos años. A mi tutora, María José Verdecho, por estar pendiente de mí y ayudarme con el último empujón para conseguir el objetivo tan deseado de acabar el Grado.

Agradecer de todo corazón la pequeña familia que hemos ido forjando día a día, clase tras clase. Gracias Ramón y Ferrán, por las muchas risas que nos hemos echado porque siempre eran un momento de relax en el día a día. Gracias Anna, Nati y Thais por dejarme dar golpes en la mesa y por ser un apoyo durante todos estos años.

Gracias Carla, por ser el motivo de charla en muchas clases y acabar siendo mi apoyo día a día.

Por último, me gustaría agradecer especialmente a una persona todo lo que ha hecho por mí, todo lo que ha hecho por nosotros, pero sobre todo por todo lo que significa para mí, Carmen, eres negro y eres amarillo, eres fiesta y eres trabajo, pero sobretodo, somos Paca y Abelino.

Solo quiero darte las gracias por estar ahí cuando me tropiezo para ayudarme a levantarme como si fuera la primera vez y si hace falta te tiras al suelo conmigo para levantarnos juntos, gracias por quitarte la armadura de Ironman y dejarme ver el gran tesoro que tengo como amiga.

RESUMEN

El propósito de este Trabajo Fin de Grado es analizar la situación inicial de la empresa, identificar y plantear una solución a diversos problemas relacionados con la productividad y organización de la empresa empleando herramientas de Lean Manufacturing. Dicha empresa es Lasertall S.L., que está comprendida entre los 90-100 trabajadores y se ubica en el sector de la metalurgia.

Uno de los principales problemas detectados a los que se plantea solución es la organización tanto en la zona de trabajo como en la propia sección. Haciendo referencia al resto de problemas, todos ellos están relacionados con la optimización de la producción y con la capacidad organizativa tanto del propio empleado como de la sección en general.

En definitiva, para cada uno de los problemas detectados se sigue un proceso que consiste en identificar el problema, buscar la causa/raíz, estudiar esta situación antes de plantear una solución y ver el efecto de ésta después de llevarla a cabo para su posterior estandarización. Para ello se utilizan tanto indicadores numéricos como experiencias propias del alumno y de los operarios que hay en planta.

Palabras clave: Lean Manufacturing, sector de la metalurgia, estandarización.

RESUM

El propòsit d'aquest Treball Fi de Grau és analitzar la situació inicial de l'empresa, identificar i plantejar una solució a diversos problemes relacionats amb la productivitat i organització de l'empresa emprant eines de Lean Manufacturing. Aquesta empresa és Lasertall S.L., que està compresa entre els 90-100 treballadors i es situa en el sector de la metal·lúrgia.

Un dels principals problemes detectats als quals es planteja solució és l'organització tant a la zona de treball com en la pròpia secció. Fent referència a la resta de problemes, tots ells estan relacionats amb l'optimització de la producció i amb la capacitat organitzativa tant de el propi empleat com de la secció en general.

En definitiva, per a cada un dels problemes detectats se segueix un procés que consisteix a identificar el problema, buscar la causa / arrel, estudiar aquesta situació abans de plantejar una solució i veure l'efecte d'aquesta després de fer-la per al seu posterior estandardització . Per a això s'utilitzen tant indicadors numèrics com experiències pròpies de l'alumne i dels operaris que hi ha a planta.

Paraules clau: Lean Manufacturing, sector de la metal·lúrgia, estandardització.

ABSTRACT

The purpose of this end-of-degree project consists on analyzing the initial situation of the company, and identifying and presenting a solution to the different problems related with the business' productivity and organization by using the Lean Manufacturing tool. The aforementioned company is Lasertall S.L., which offers job to around 90-100 employers and belongs to the metallurgic sector.

One of the main issues which a solution has been presented to, concerns the organization of, not only the department, but also of the employee's working area. Regarding the rest of the problems, it has been noticed that all of them are related with the production's optimization and with the employee and the rest of the staff organization's ability.

In conclusion, for each cause of the problems that have been detected, a process is followed which consists on identifying the problem and its root, studying the situation before looking for a solution, and observing its effects after carrying it out. To be able to do this, not only are numerical indicators used, but also the student's and workers' experiences.

Keywords: Lean Manufacturing, metallurgy sector, standardization.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO	9
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	10
1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO	10
2. EMPRESA	11
2.1 ORIGEN	11
2.2 PRODUCTOS Y SERVICIOS PRESTADOS	12
2.3 PROCESOS PRODUCTIVOS	14
3. LEAN MANUFACTURING	30
3.1 INTRODUCCIÓN	30
3.1.1 DESPILFARROS	33
3.1.2. ORGANIZACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO	34
3.1.3. CICLO PDCA	35
3.1.4. ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS	36
3.1.5. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR	36
4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	38
4.1 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	38
4.2 PROBLEMAS IDENTIFICADOS	50
4.2.1. SECUENCIA DEL TRABAJO	50
4.2.2. ZONA DE TRABAJO	52
5. DESARROLLO DE LAS POSIBLES MEJORAS A IMPLANTAR	55
5.1 MEJORAS PARA EL PROBLEMA DE LA SECUENCIA DE TRABAJO	55
5.2 MEJORAS PARA EL PROBLEMA DE LA ZONA DE TRABAJO	60
6. ESTUDIO ECONÓMICO	61
6.1 IMPACTO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA Nº1	61
6.2 IMPACTO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA Nº2	61
6.3 IMPACTO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA Nº3	62
6.4 IMPACTO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA Nº4	62
7. CONCLUSIONES	63
8. BIBLIOGRAFÍA	65

ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1: ORGANIGRAMA LASERTALL. FUENTE: LASERTALL (2020).....	11
ILUSTRACIÓN 2: PALLETS EN LOS QUE SE RECIBEN LAS CHAPAS DE ACERO.....	14
ILUSTRACIÓN 3: ZONA DE RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA PREVIO AL ALMACENAJE	15
ILUSTRACIÓN 4: ZONA DE ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA	15
ILUSTRACIÓN 5: ESTANTERÍAS DE ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA	16
ILUSTRACIÓN 6: ETIQUETA IDENTIFICADORA DE LAS ESTANTERÍAS DE ALMACENAJE.....	16
ILUSTRACIÓN 7: ETIQUETA IDENTIFICADORA DEL LOTE DE MATERIA PRIMA RECEPCIONADA	17
ILUSTRACIÓN 8: PLANCHA DE ACERO PREPARADA PARA EL CORTE LÁSER	17
ILUSTRACIÓN 9: BRAZO DE CORTE LÁSER.....	18
ILUSTRACIÓN 10: OPERARIO DE SOLDADURA	18
ILUSTRACIÓN 11: ZONA DE SOLDADURA	19
ILUSTRACIÓN 12: TALADRO DE MECANIZADO	19
ILUSTRACIÓN 13: PIEZA MECANIZADA.....	20
ILUSTRACIÓN 14: ZONA DE PLEGADO	20
ILUSTRACIÓN 15: MAQUINA DE PLEGADO	21
ILUSTRACIÓN 16: MÁQUINA DE PLEGADO 2	21
ILUSTRACIÓN 17: EXTERIOR MÁQUINA DE PLEGADO 2	22
ILUSTRACIÓN 18: PIEZA PLEGADA.....	22
ILUSTRACIÓN 19: ZONA DE INSERTADO	23
ILUSTRACIÓN 20: MÁQUINA DE INSERTADO.....	24
ILUSTRACIÓN 21: PIEZA ENTRANDO A LA CABINA DE PINTURA EN POLVO	25
ILUSTRACIÓN 22: ACABADO FINAL DE PINTADO	26
ILUSTRACIÓN 23: PIEZA ACABADA.....	26
ILUSTRACIÓN 24: ZONA DE EXPEDICIÓN	27
ILUSTRACIÓN 253: ZONA DE EXPEDICIÓN (PREPARADO DE PALLETS).....	27
ILUSTRACIÓN 26: LAY OUT PLANTA. FUENTE: LASERTALL (2017)	29
ILUSTRACIÓN 27: LAY OUT PLANTA	38
ILUSTRACIÓN 28: ZONA ALMACENAJE MATERIA PRIMA	39
ILUSTRACIÓN 29: BRAZO DE CORTE LÁSER.....	40
ILUSTRACIÓN 30: BRAZO DE CORTE LÁSER (2).....	40
ILUSTRACIÓN 31: ZONA DE MECANIZADO PARA PIEZAS GRANDES.....	42
ILUSTRACIÓN 32: ZONA DE INSERTADO	43
ILUSTRACIÓN 33: PLEGADORA PARA PIEZAS GRANDES.....	44
ILUSTRACIÓN 34: RECORRIDO PIEZAS DE GRAN TAMAÑO	48
ILUSTRACIÓN 35: OPERARIO EN ZONA DE SOLDADURA Y LIJADO.....	49

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

ILUSTRACIÓN 36: ZONA DE SOLDADURA	50
ILUSTRACIÓN 37: MESA DE TRABAJO.....	53
ILUSTRACIÓN 38: PANEL SECCIÓN PLEGADORA	53
ILUSTRACIÓN 39: MESA DE TRABAJO INSERTADORA	54

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: PRODUCCIÓN ZONA DE CORTE LÁSER 4ºTRIM 2019	41
TABLA 2: PRODUCCIÓN PLEGADORA 4º TRIM 2019.....	45
TABLA 3: DATOS PARADAS PLEGADORAS	46

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: REPRESENTACIÓN DATOS PARADAS PLEGADORAS.....	46
--	-----------

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo del proyecto

El objetivo del presente Trabajo Fin de Grado es analizar los problemas de una empresa del sector de la metalurgia e implantar diferentes herramientas de mejora continua utilizando para ello diferentes sistemas de Lean Manufacturing.

El objetivo que persigue toda empresa es rentabilizar al máximo sus beneficios con el fin de obtener un buen rendimiento. Esta metodología de mejora de la eficiencia en manufacturas fue concebida en Japón por Taiichi Ohno, director y consultor de la empresa Toyota. Ohno visitó Estados Unidos, donde estudió los principales pioneros de productividad y reducción de desperdicio del país como Frederick Taylor y Henry Ford, Ohno se mostró impresionado por el énfasis excesivo que los estadounidenses ponían en la producción en masa de grandes volúmenes en perjuicio de la variedad.

Cuando visitó los supermercados tuvo un efecto inspirador inmediato; Ohno encontró en ellos un ejemplo perfecto de su idea de manejar inventarios reducidos, eliminar pasos innecesarios y controlar las actividades primarias y dar control al que hace el trabajo (en este caso el cliente) como apoyo a la cadena de valor.

El objetivo es analizar los problemas de la empresa y aplicar herramientas de Lean Manufacturing 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. Este proceso de manufactura está relacionado con la utilización del activity-based costing (generación de costos basado en la actividad) el cual busca relacionar los costos con todos los valores que el cliente percibe en el producto. Por otro lado, sirve para implantar una filosofía de mejora continua que permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

1.2 Justificación del proyecto

La finalidad de este proyecto tiene dos vertientes, por un lado, la justificación académica y por otro la profesional.

Desde el punto de vista académico, dicho trabajo es necesario para finalizar el Grado en Ingeniería Química pudiendo así plasmar en él los conocimientos aprendidos a lo largo de los cursos, además de ampliar la capacidad de análisis y resolución de problemas para poder aportar a la empresa una serie de ideas que hagan que pueda mejorar su productividad para poder seguir siendo referente en su sector.

Con relación a la justificación profesional, la idea de este trabajo surge tras un período de prácticas en el que la empresa quería implantar algunas herramientas de Lean Manufacturing y analizar su situación para comprobar y actualizar si las medidas que ya habían aplicado se estaban cumpliendo o se habían quedado obsoletas.

1.3 Estructura del proyecto

A continuación, se puede ver las partes en las que está dividido el trabajo.

En el Capítulo 2 se realiza una pequeña introducción de la empresa en la cual se ha realizado el trabajo, en esta pequeña introducción se describe su origen, los productos que se fabrican, la organización de la planta, etc.

En el Capítulo 3 se muestran conceptos teóricos relacionados con el Lean Manufacturing y con algunos de los problemas que se detallan en los capítulos posteriores.

En el Capítulo 4 se muestra la situación actual y se describen los problemas que se han encontrado en la empresa.

En el Capítulo 5 se propone una o varias posibles soluciones para dichos problemas y por último se justifican la elección de cada una.

El Capítulo 6 muestra el estudio económico del proyecto.

En el Capítulo 7 se encuentran las conclusiones obtenidas tras la realización de este trabajo.

En el Capítulo 8 se encuentra la bibliografía a la que se ha accedido a lo largo de toda la realización de este trabajo.

2. EMPRESA

2.1 Origen

Lasertall es una empresa del sector metalúrgico dedicada al corte de distintos materiales con tecnología láser, especializados en el acero principalmente. Afincada en Paterna (Valencia), la empresa fue fundada en 1990, teniendo siempre como filosofía de trabajo la innovación, la calidad, la agilidad y la profesionalidad en el servicio prestado al cliente. Para conseguir cumplir con sus objetivos, Lasertall siempre ha optado e invertido en las tecnologías más avanzadas del mercado, garantizando así a sus clientes las mejores calidades,

Estos puntos han convertido a Lasertall en una de las empresas más competitivas en su ámbito, siendo referente tanto nacional, como internacionalmente.

En lo relativo a la calidad de la empresa, Lasertall optó por certificarse bajo el sistema ISO 9002 en 1999 y, posteriormente, en 2002, actualizaron a su versión 9001.

A continuación, se muestra el organigrama de la empresa:

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

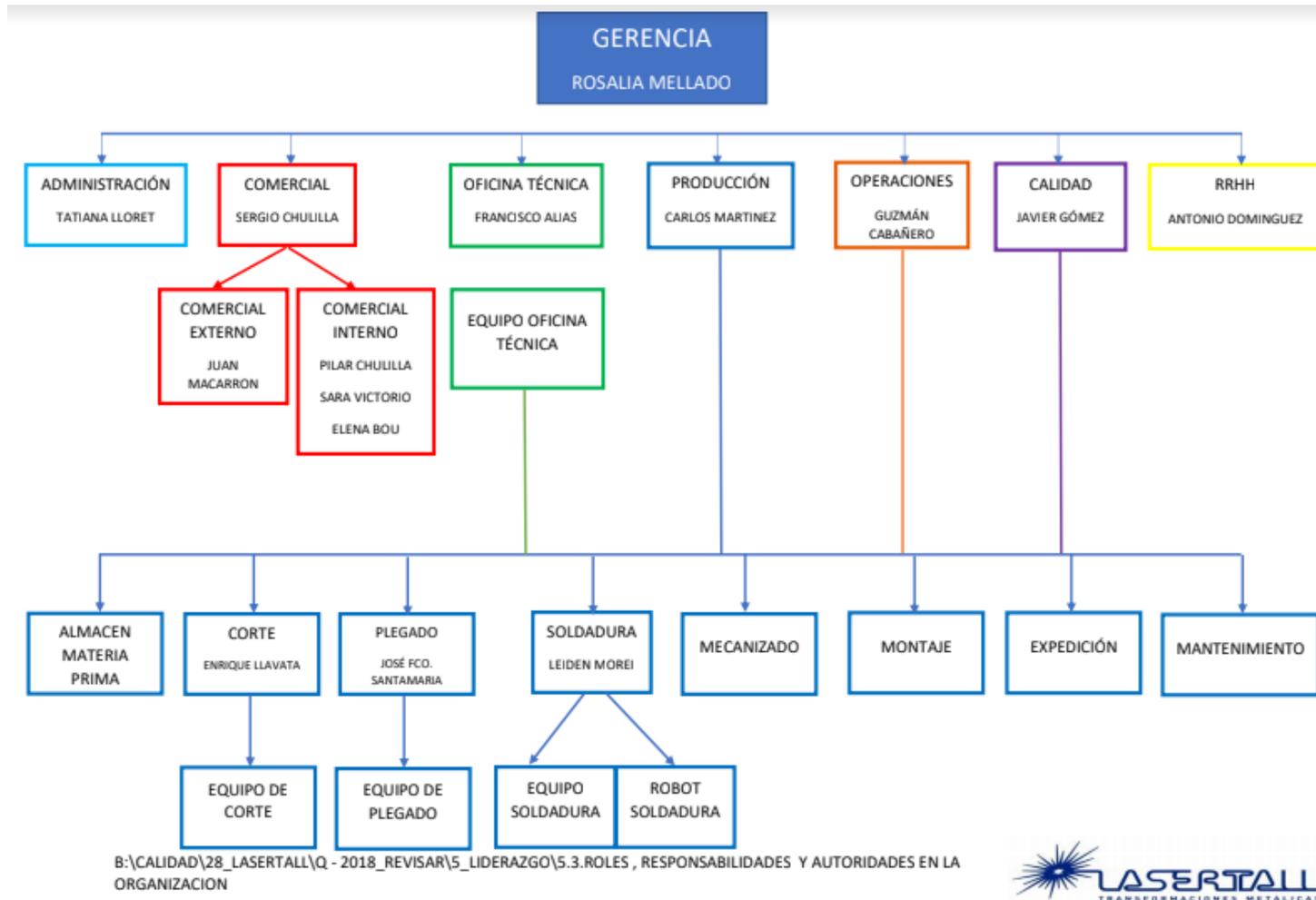


Ilustración 1: Organigrama Lasertall. Fuente: Lasertall (2020)

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

Durante su primera década Lasertall centraba su trabajo para clientes que pertenecían principalmente al sector ferroviario y de remolques. Al inicio del milenio, con la mejoría en la tecnología de la época ampliaron su cartera de clientes nacionales y comenzaron su expansión internacional, centrándose en los países vecinos de Francia y Portugal.

En la última década, se afianzó como uno de los proveedores principales para clientes que pertenecen al sector de la automoción y para empresas del sector de las energías renovables, centrándose en la energía eólica. Ambos sectores destacan por su alto nivel de exigencia, el cual Lasertall aceptó el desafío desde el primer día hasta el día de hoy, cumpliendo cada uno de sus requisitos.

2.2 Productos y servicios prestados

Como se ha indicado anteriormente, Lasertall se dedica al corte de piezas mediante tecnología láser. Sin embargo, la empresa ofrece otros servicios, los cuales se resumen a continuación:

Corte láser 2D: este tipo de corte se trata de un corte más sencillo, pero a la vez muy preciso y limpio, mediante el cual se obtiene la pieza finalizada, es decir, sin necesidad de un tratamiento posterior. Se produce en serie y se puede adaptar a cualquier tamaño o complejidad de pieza que se desee o que el cliente solicite.

Corte láser tubo: este tipo de corte se podría definir también como corte láser 3D, ya que las piezas que se tratan son tubos de distintas geometrías, es decir, no son piezas planas. Se puede realizar en cualquiera de las direcciones que se desee (longitudinal o transversal).

Plegado: con el plegado de las piezas se desea transformar la geometría para obtener la forma deseada. En Lasertall se cuenta con la tecnología necesaria para que la maquinaria se adapte a cualquier tipo de variaciones, midiendo todos los ángulos posibles para conseguir el resultado final que se solicite. Se trabaja en continuo, por lo que el proceso no se interrumpe en ningún momento y la producción es mayor, lo cual es uno de los pilares básicos del Lean. Se utiliza la tecnología de plegado hidráulico, por lo que se puede plegar piezas de mayor tamaño y espesor a una velocidad más alta que la que se conseguiría con otro tipo de plegado.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

- Soldadura robotizada: el servicio de soldadura se implementó en la empresa para ofrecer un ahorro al cliente al realizar todo el proceso en la misma planta. La soldadura robotizada es mucho más rápida y eficaz que la manual, por lo que también se traduce en un ahorro económico. Al ser más eficaz y precisa, la soldadura robotizada obtiene como resultado piezas finalizadas las cuales no necesitan de procesos posteriores para rectificar errores, lo cual deriva en un ahorro de materiales.
- Pintura en polvo: la pintura en polvo es una de las mejores soluciones para el acabado de las piezas metálicas. En Lasertall se ofrece la posibilidad de elegir entre distintos acabados de la pintura, como puede ser brillante, mate o texturizado. Previamente a proceder al acabado estético de la pieza, se tiene un paso en el proceso productivo de lavado de las piezas, ya que, tras el corte o la soldadura, se produce un residuo que, sino se retira, puede conllevar un acabado poco uniforme o con manchas. Por otro lado, como se ha dicho anteriormente, la pintura en polvo es una de las mejores soluciones para el acabado estético de las piezas metálicas, ya que este tipo de pintura mejora la adhesión y la resistencia a la corrosión de la pieza en un futuro.
- Serigrafía: la serigrafía se trata de otro acabado estético de la pieza, la cual puede ir acompañada de la pintura o no. Se aplica a piezas planas que pueden ser utilizadas posteriormente en equipos médicos, en señalización, en la fabricación de herramientas y máquinas, en piezas de cualquier fábrica, entre otros.
- Insertables: se trata de piezas en las cuales se inserta otra pieza de menor tamaño. El proceso se explica en el punto siguiente, pero, en resumen, es un trabajo mecánico en la que la pieza se inserta mediante presión.

2.3 Procesos productivos

En este punto se pasa a detallar el proceso productivo de los productos finales que se solicitan por parte del cliente:

- Recepción materia prima y almacenaje: En primer lugar, se tiene la recepción de la materia prima, la cual en este caso serán distintos tipos de acero, dependiendo de lo que se exija. Se reciben las planchas de acero apiladas en grupos de una veintena separadas y en distintos pallets. Tras la recepción, se somete a los materiales recibidos a un control de calidad para asegurar que cumple los estándares de calidad fijados por la empresa. Una vez pasado este control, se almacenan las piezas en estanterías propiamente etiquetadas.

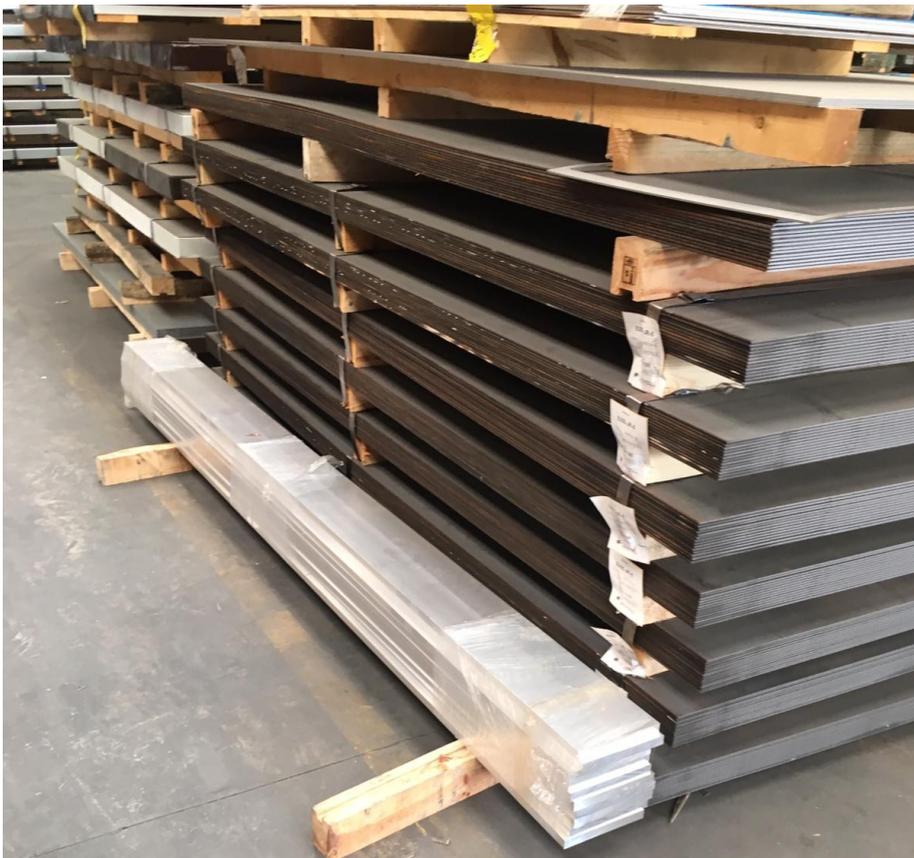


Ilustración 2: Pallets en los que se reciben las chapas de acero.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.



Ilustración 3: Zona de recepción de materia prima previo al almacenaje.



Ilustración 4: Zona de almacenaje de materia prima.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.



Ilustración 5: Estanterías de almacenaje de materia prima.



Ilustración 6: Etiqueta identificadora de las estanterías de almacenaje.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

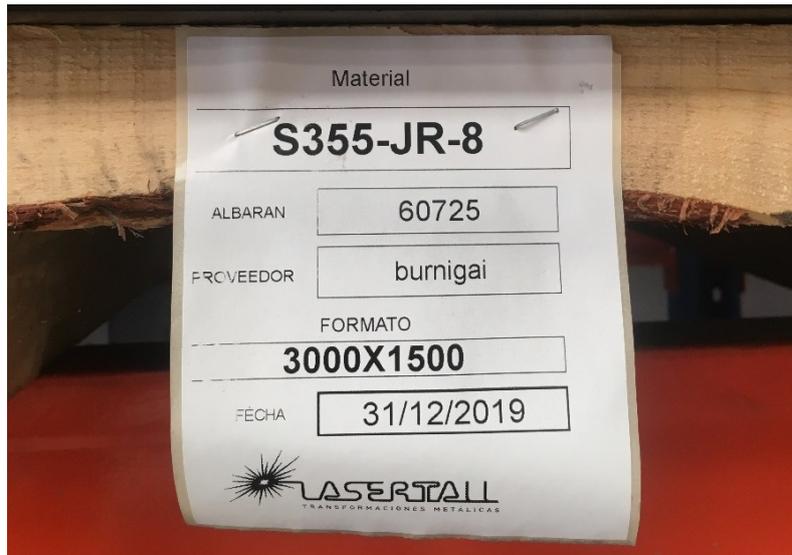


Ilustración 7: Etiqueta identificadora del lote de materia prima recepcionada.

- **Corte láser:** En segundo lugar, se tiene el corte láser. Este paso se realiza en todas las ocasiones, sea cual sea el resultado que se espere. Normalmente se realiza de forma automatizada por la maquinaria instalada en planta. Todo el proceso está supervisado por los operarios responsables. Los siguientes pasos del proceso dependerán de lo que haya demandado el cliente.



Ilustración 8: Plancha de acero preparada para el corte láser.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.



Ilustración 9: Brazo de corte láser

- Soldadura: Como se ha indicado anteriormente, la soldadura se realiza de forma robotizada en mayor parte, aunque es posible que, para los trabajos que necesiten más precisión por ser piezas pequeñas o de difícil acceso, sea realizada por parte de algún operario. Mencionar que todos los operarios de la sección de soldadura están formados para realizar cualquier tipo de soldadura y sobre cualquier tipo de acero.



Ilustración 10: Operario de soldadura.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.



Ilustración 11: Zona de soldadura.

- **Mecanizado:** En este paso, se transforman las piezas que tengan agujeros para avellanarlos o, en el caso que tengan un espesor mayor a 5cm, añadirle rosca. Esto se realiza mediante taladros industriales de mesa.



Ilustración 12: Taladro de mecanizado.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.



Ilustración 13: Pieza mecanizada.

- Plegado: el plegado se realiza de forma continua por la maquinaria dispuesta para ello. En la ilustración 14 se pueden observar la zona específica de las plegadoras que son capaces de alcanzar 2,5 toneladas de fuerza de presión sobre la pieza.



Ilustración 14: Zona de plegado.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.



Ilustración 15: Máquina de plegado.



Ilustración 16: Máquina de plegado 2.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.



Ilustración 17: Exterior máquina de plegado 2.



Ilustración 18: Pieza plegada.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

En la figura 15, se puede observar la plegadora más grande que hay actualmente en la planta de Lasertall, es capaz de alcanzar las 5 toneladas de fuerza de presión y se utiliza para piezas de espesores elevados, es decir, de espesores que rondan los 15-30 mm.

Seguidamente en las ilustraciones 16 y 17 lo que se puede observar es la máquina plegadora automática, la propia máquina es la encargada de recoger la pieza, realizar el plegado y dejarla en su ubicación final. Esto es posible gracias a un conjunto de ventosas, láseres y movimientos que tiene la propia máquina, por lo que la función del operario es introducir la pieza salida del corte y depositarla en la zona de carga de la plegadora y una vez finalizado el proceso, recoger las piezas plegadas finales.

- Insertado: Con una insertadora a presión se añade una pieza o inserto a la pieza que se esté transformando. La presión se aporta mediante un pedal, el cual acciona un pistón. Este pistón tiene en la parte superior el inserto y en la parte inferior la pieza a la que se le va a añadir este.



Ilustración 19: Zona de insertado.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.



Ilustración 20: Máquina de insertado

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

- Pintura: El último paso del proceso productivo se trata del acabado estético por medio de pintura. Como se ha indicado anteriormente, este acabado se realiza con pintura en polvo, con la cual se puede modificar para darle el resultado que se solicite. También se pueden añadir aditivos para aportar distintas propiedades a las piezas, como por ejemplo para evitar la corrosión.



Ilustración 21: Pieza entrando a la cabina de pintura en polvo.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.



Ilustración 22: Acabado final de pintado.

- **Control calidad:** Este paso es común para todos los productos finales que salen del proceso productivo. El departamento de control de calidad se encarga de la comprobación de la materia prima en la recepción, la gestión de la relación con clientes y proveedores y el control de los productos a acabados al final del proceso.

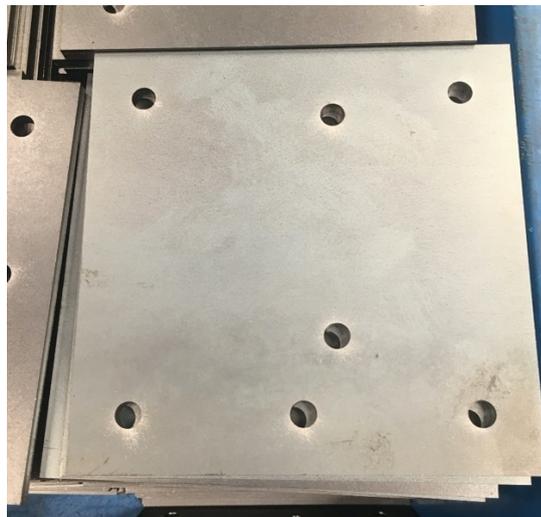


Ilustración 23: Pieza acabada.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

- Expedición: Por último, las piezas pasan a la zona de expedición, en la cual los operarios las embalan de la forma pertinente para que los camiones las carguen y las lleven al cliente.



Ilustración 24: Zona de expedición.



Ilustración 25: Zona de expedición (preparado de pallets).

Los pasos anteriores son dependientes de la pieza que se esté realizando. En el caso de que se trate de piezas más pequeñas, tras el corte, se realiza el plegado y posteriormente el insertado. En el caso de las piezas más grandes, tras el corte, se realiza primero el plegado y se finaliza con el insertado. Por último, se debe destacar que en las piezas que contienen soldadura, raramente se les realiza el insertado.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

En la figura 26, que se muestra a continuación, se observa un plano de la planta, con todas las zonas anteriormente nombradas señaladas del siguiente modo:

- En naranja, la zona de descarga y recepción de materia prima
- En amarillo, la zona de corte láser.
- En rojo, la zona de almacenaje de materia prima
- En verde la zona de soldadura.
- En azul, la zona de mecanizado.
- En morado, la zona de plegado.
- En rosa, la zona de pintura y expedición.
- En negro, la zona de insertado.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

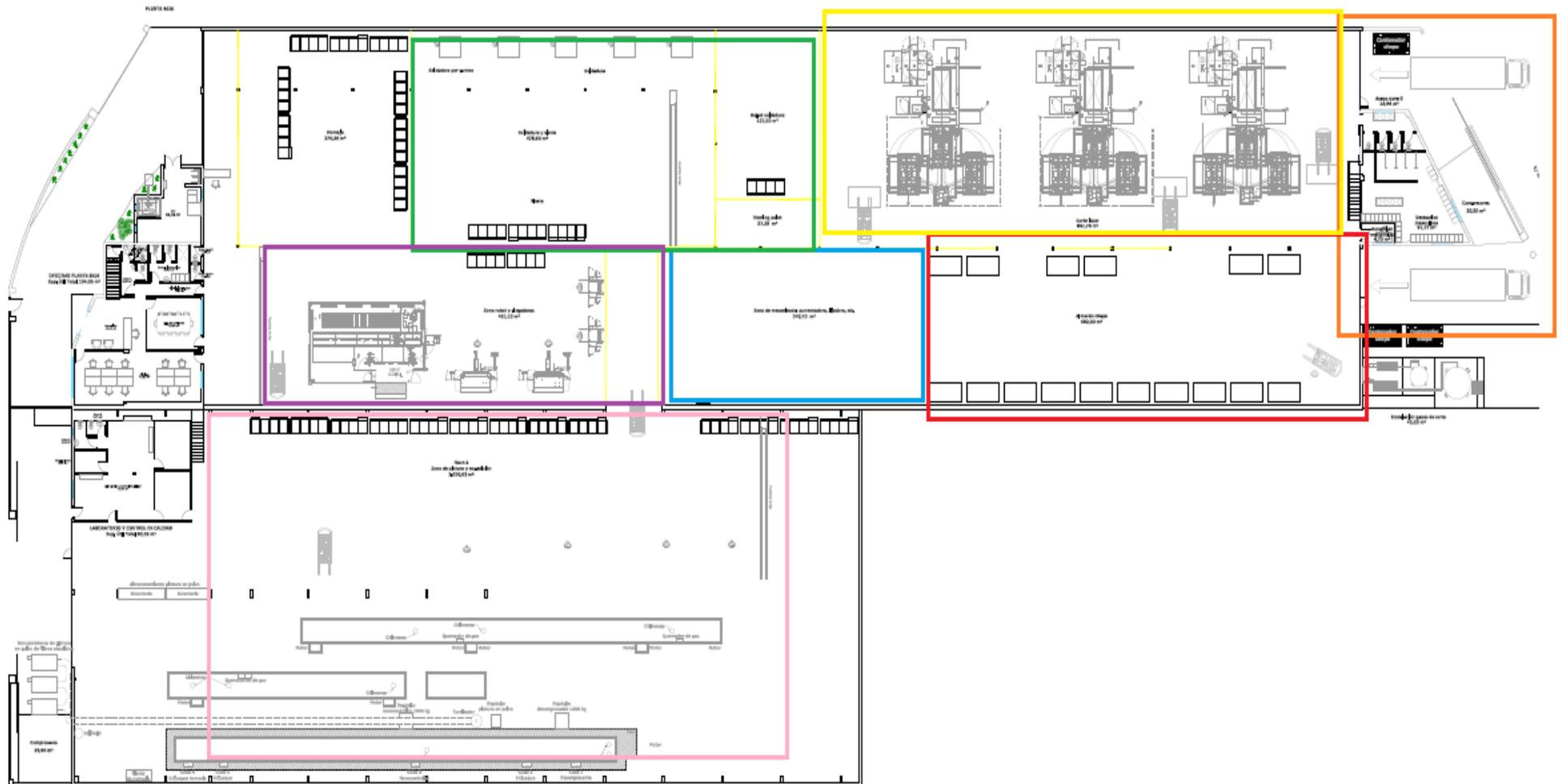


Ilustración 26: Lay out planta. Fuente: Lasertall (2017)

3. LEAN MANUFACTURING

3.1 Introducción

En capítulos anteriores se ha indicado como surgió la filosofía Lean Manufacturing en la industria automovilística. Para comprender de que trata, es necesario exponer varios puntos en los que se basa esta filosofía de trabajo en la industria. En primer lugar, se trata de optimizar el sistema de producción. Para ello será necesario conseguir un proceso productivo en el que todas las tareas y movimientos realizados aporten valor al servicio o producto final que se quiere obtener según Hernández y Vizán (2013). Estas tareas que se quieren eliminar del proceso se denominan despilfarros o desperdicios. Un objetivo para poder implementar el Lean (2020) en la empresa es identificar estos despilfarros para así evitarlos o reducirlos lo máximo posible. Los desperdicios suelen tener como resultado sobreproducción en la línea, tiempos de espera demasiado elevados o incluso desperfectos en el producto final.

Otros pilares básicos del lean son los que se exponen a continuación:

- Dimensión humana: debe existir una colaboración y comunicación entre todos los niveles de la empresa. Para ello se debe exponer en todo momento a los trabajadores lo que se espera de ellos, para que los resultados sean los óptimos. Con esta constante comunicación se consigue un clima de trabajo agradable, por lo que los operarios, que son los que están en constante contacto con el proceso productivo, conseguirán los objetivos fijados por los niveles superiores de la empresa.
- Efectividad: se debe tratar de conseguir y alcanzar las expectativas del cliente.
- Eficiencia: como se ha indicado anteriormente, se trata de conseguir un proceso en el que todos los pasos y movimientos dados aporten valor, tanto al proceso en sí como al producto final.
- Innovación: se debe conseguir que sean los propios trabajadores los que identifiquen los problemas y traten de buscar una solución para mejorar la situación. Con esto se consigue la búsqueda de la mejora constante, es decir, la búsqueda de la innovación.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

Por otro lado, la filosofía Lean también se podría resumir en siete principios básicos:

1. Hacerlo bien a la primera: con esto se consigue que no existan defectos en el proceso, por lo que será necesario detectar el problema y solucionarlo desde el origen.
2. Excluir las actividades que no aportan valor: se ha indicado con anterioridad la necesidad de detectar y eliminar o reducir lo máximo posible los llamados despilfarros.
3. Mejora continua: mantener o aumentar la calidad del producto final, tratando de reducir costes y aumentando la producción.
4. Procesos pull: este tipo de procesos se basa en producir a partir de la demanda, con lo que se reducen stocks y, con ello, almacén.
5. Flexibilidad: se tiene que conseguir una capacidad de adaptación a cambios constantes, ya sea en el proceso productivo o en el producto a producir.
6. Colaborar con los proveedores: con esto se consigue una mejor relación con los proveedores, por lo que se pueden conseguir acuerdos y descuentos a largo plazo.
7. Cambio de enfoque de venta: el lean tiene como finalidad aportarle al cliente una solución.

Desde el punto de vista de Lean se tiene distintos tipos de sistemas de producción, los cuales se indican a continuación:

- Total Quality Management (TQM): gestión de la calidad total. Con esto se busca aumentar la eficiencia de la producción consiguiendo con esto una mejora en los plazos de entrega de la empresa. Este es el sistema que sigue Lasertall.
- Just in time (JIT): justo a tiempo. Este Sistema solo busca cumplir con la demanda del cliente.
- Kaizen: este sistema asegura la mejora continua.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

- TOC: Teoría de las restricciones o de las limitaciones. Busca buscar los cuellos de botella para marcar el ritmo productivo de la cadena.
- Reingeniería de procesos: busca la mejora a gran escala trabajando sobre la redundancia de procesos.

Para aplicar el Lean en una empresa se cuenta con distintas herramientas, las cuales se distinguen en tres grupos:

1. Herramientas diagnóstico
2. Herramientas operativas:
 - a. 5S → organización del puesto de trabajo.
 - b. SMED → Single Minute Exchange of Die (reducir el tiempo de adaptación de la maquinaria al mínimo).
 - c. TPM → Total Productive Maintenance (Permite asegurar la disponibilidad de los equipos y las operaciones necesarias en el proceso productivo)
 - d. KANBAN: su significado es tarjeta en japonés. Se trata de un sistema de flujo que permite la movilización de unidades a lo largo de la línea de producción mediante señales. Puede ser de retiro o de producción. El de retiro especifica la referencia y la cantidad de producto que debe retirar del proceso anterior. En el Kanban de producción se especifica la cantidad de producto que hay que producir en el proceso actual.
3. Herramientas seguimiento.
 - a. Gestión visual.
 - b. KPI'S.

En Lasertall, se aplican algunas de estas herramientas, como por ejemplo en TPM se utiliza el método 8D. Estas ocho fases son:

1. Formación del grupo de mejora
2. Definición del problema
3. Implementación de soluciones de contención
4. Medición y análisis: identificación de las causas raíces.
5. Análisis de soluciones para las causas raíces
6. Elección e implementación de soluciones raíces
7. Prevención de reocurrencias del problema y causas raíces.
8. Reconocimiento del equipo de mejora enfocada.

3.1.1 Despilfarros

Como se ha explicado anteriormente, el objetivo principal del Lean es optimizar el proceso de forma que se obtenga la mayor producción en el menor tiempo y con el menor gasto. Para ello se deben reducir o eliminar los despilfarros. Estos son los siguientes:

- **Tiempos de espera:** los tiempos de espera suponen un despilfarro cuando son tiempos demasiado elevados en los que el valor añadido del producto final se ve reducido. Estos tiempos se ven elevados por distintas razones, entre las que se encuentran una mala distribución de la secuencia de trabajo. Con esto se tendrán cuellos de botella, en los que una sección de la planta se encuentre saturada mientras que otra esté parada, sin producción. Por ello es tan importante tener un buen equilibrado de líneas y tener clara la secuencia de trabajo con los tiempos y las velocidades de las máquinas bien ajustadas.
- **Transporte:** el transporte supone un despilfarro cuando se tienen movimientos excesivos y evitables de materiales y productos. Esto se puede evitar con una buena distribución en planta y haciendo el proceso continuo en la medida de lo posible. Eso se puede ver truncado, tanto por la variedad de productos que se fabriquen en la empresa como por el tamaño de la planta.
- **Retrabajo:** en este caso se trata de piezas o productos que deben trabajarse más de lo necesario, ya pueda ser por un error humano o por un error de la maquinaria. Por ello es importante mantener a los operarios bien entrenados y a las máquinas en perfecto estado de mantenimiento y de ajustes.
- **Sobreproducción:** este despilfarro se da cuando la planta produce más de lo necesario, es decir, tener a las máquinas y a los operarios trabajando más tiempo del que sería necesario si se ajustara la producción a la demanda. Este punto va ligado con el tamaño del almacén de producto terminado, ya que, una mayor producción sin demanda, requiere una mayor inversión de superficie de la planta en almacenaje que podría destinarse a otras cosas.
- **Inventario:** este es llamado por muchos expertos en lean como 'la raíz de todos los males'. Acumular materiales en exceso puede llevar a la caducidad de estos y refleja un flujo de producción no continuo.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

- **Sobreprocesamiento:** este despilfarro se da cuando se somete a las piezas a procesos innecesarios y que no aportan valor al producto final, encareciendo el precio.
- **Movimientos innecesarios:** estos se dan por movimiento innecesario por parte del personal o de los materiales y/o maquinarias. Los movimientos innecesarios de personal se pueden dar en casos en los que los accesos sean muy difíciles, tengan que recorrer distancias grandes o que el puesto de trabajo no sea el correcto. Los movimientos innecesarios de materiales se dan cuando la maquinaria está mal regulada y las piezas no siguen la línea de forma correcta, por ejemplo. Añadir que, a mayor número de movimientos, mayor es la probabilidad de que se dañe la pieza, teniendo que retrabajarla.

3.1.2. Organización del puesto de trabajo

Se ha nombrado anteriormente las 5s como una de las herramientas operativas del Lean. Aplicando estas técnicas, se consigue que el operario trabaje en un ambiente limpio y ordenado, de forma que la producción y la calidad de esta será mayor. Esta técnica se ha aplicado durante muchos años y se ha demostrado la validez y la eficacia que tiene, a la vez que es muy sencilla de aplicar. Para ello basta con implementar las 5 s, las cuales corresponden a las siglas de:

1. **Seiri (eliminar)** → basta con clasificar y eliminar lo innecesario de la mesa o zona de trabajo. Con esto se consigue prescindir y lo que no es útil y hacer uso únicamente de lo que sí lo es. Para aplicar esta técnica, se pide a los operarios que identifiquen los objetos que no utilizan o que consideran inútiles con etiquetas rojas.
2. **Seiton (ordenar)** → organizar y ordenar los elementos que se han quedado tras el paso anterior de forma que su acceso sea lo más fácil posible, haciendo más ágil todo el proceso productivo. Para aplicar esta técnica, se delimita la zona siguiendo criterios de seguridad, calidad y eficacia. Con esto se consigue, a parte de una mayor producción, una zona de trabajo más ordenada, lo que supone una mejor imagen de cara a una auditoría.
3. **Seiso (limpieza e inspección)** → se trata en limpiar el área de trabajo de forma asidua y la inspección de la misma. Con esto se consigue una mayor facilidad para detectar los errores y las causas que generan el desorden, pudiendo así

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

evitarlas. Para aplicar esta técnica será necesario identificar los focos de suciedad y desorden y optimizar el tiempo de limpieza.

4. Seiketsu (estandarizar) → se trata de tomar todas las medidas realizadas en los puntos anteriores y trazar un procedimiento de organización y orden. Este procedimiento debe cumplir los estándares de limpieza, creando hábitos en los operarios. Para aplicar esta técnica, se debe incentivar la responsabilidad en los operarios y conseguir que tengan integrada la limpieza entre sus tareas habituales.
5. Shitsuke (disciplina) → como se ha dicho anteriormente, se debe conseguir que la plantilla de planta tenga integrado el procedimiento estandarizado en sus tareas habituales, ya sean diarias, semanales o mensuales.

3.1.3. Ciclo PDCA

Esta técnica supone un control de los resultados obtenidos, así como de las causas que los han originado. También llamado 'Ciclo de Deming' por su creador, recibe ese nombre por las siglas de las cuatro fases que fija que hay que seguir:

1. P → Plan (planificar). Trata de identificar los objetivos de mejora y los recursos necesarios para alcanzarlos. Para ello se deberán determinar también el punto de partida mediante indicadores.
2. D → Do (hacer). Trata de llevar a cabo lo planificado anteriormente.
3. C → Check (comprobar). Trata de evaluar los resultados tras la aplicación de las mejoras. Para ello es de vital importancia haber definido correctamente los indicadores de los objetivos.
4. A → Act (actuar). Trata de poner en implantar definitivamente todos los puntos que se hayan considerado como mejoras, normalizándolos en el proceso productivo.

3.1.4. Estudio de métodos y tiempos

Esta herramienta tiene como objetivo minimizar la carga de trabajo. Con ello se conseguirá eliminar o minimizar los movimientos innecesarios y fijar un método de trabajo más eficaz. Con esto se consigue, a su vez, minimizar el tiempo empleado en el proceso productivo y estandarizar los tiempos necesarios para cada acción realizada durante este.

Para poder aplicar esta herramienta se deben seguir las siguientes etapas:

- Seleccionar el proceso que va a ser estudiado
- Registrar todos los datos necesarios para definir este trabajo según el estudio de métodos y tiempos.
- Examinar los datos registrados para comprobar que se siguen los pasos más eficientes, consiguiendo identificar y eliminar los que no aportan valor.
- Medir la cantidad de trabajo en tiempo invertido en cada elemento.
- Compilar y estandarizar el tiempo de cada operación.
- Definir la secuencia de actividades de forma precisa y el método a seguir según el tiempo estandarizado.

El estudio de tiempos tiene como objetivo el registro de trabajos de cada tarea. Con esto se consigue determinar el tiempo estándar de cada una de ellas, el cual es el tiempo necesario para que un operario medio trabajando a un ritmo normal consiga completar una acción. Este estudio debe medir con exactitud los tiempos.

3.1.5. Gestión de mantenimiento asistido por ordenador

La gestión de recambios de la maquinaria siempre se ha realizado utilizando hojas de cálculo, basándose en el histórico de la empresa y en la experiencia que tenían algunos de los trabajadores. Lo cual conllevaba que ante picos de la producción o roturas/desgastes de la maquinaria se produjesen parones provocando así consecuencias tales como retrasos en las entregas o tiempos de pausa de las máquinas muy elevados.

Por ello, se decidió que las máquinas automáticas perteneciesen todas a la misma empresa (Triumph) de tal forma que se centralizase cualquier aviso o error que pudiese dar la máquina y poder subsanar de la forma más rápida este imprevisto.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

Por otra parte, en cuanto a la gestión de los distintos tanques de oxígeno que dan suministro a la planta, se tomó la decisión de colocar un tanque de reserva ya que siempre se utilizaban los mismos y por ejemplo a la hora de rellenarlos, había que cortar el flujo por lo que las máquinas tenían que estar paradas durante un período el cual a lo largo de todo el año era un tiempo significativo de parada.

Por último, entre el departamento de mantenimiento y el de calidad, se organizó un listado con datos característicos, como por ejemplo fecha de llenado, fecha última y próxima de revisión, fecha y motivo de avería...

De tal forma que este listado ayudaba al departamento de mantenimiento para tener de manera más accesible cualquier consulta y al departamento de calidad para tener actualizado dicho listado en el Sistema de Gestión de Calidad y en el manual ISO que tiene la empresa.

Mencionar, que Lasertall ha intentado en varias ocasiones realizar un estudio para determinar el stock mínimo de materia prima, pero les ha sido imposible debido a los distintos cambios sufridos en la producción por la demanda de la clientela, por lo que se decidió ampliar el departamento de compras para que fuese día a día realizando un estudio del mercado de la materia prima y así saber cuál era el mejor momento para adquirirla.

4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A lo largo de este punto se va a exponer la situación actual en la planta de la fábrica Lasertall. Se va a hacer un repaso a las zonas de trabajo y a los recorridos que llevan las distintas piezas, así como a hacer un análisis de la producción obtenida durante el año 2019 con la situación actual, concretamente en el último trimestre. Se van a describir los problemas que se observan en cada zona de la planta y proponer las soluciones que se considera que se podrían implantar.

4.1 Definición del área de trabajo

Como se ha explicado con anterioridad, la planta cuenta con distintas zonas de trabajo divididas en dos naves comunicadas. Se va a realizar el análisis del recorrido de una pieza grande que necesite mecanizado, ya que estas piezas son más difíciles de transportar, por lo que suponen una mayor inversión de tiempo y recursos humanos para conseguir su acabado.

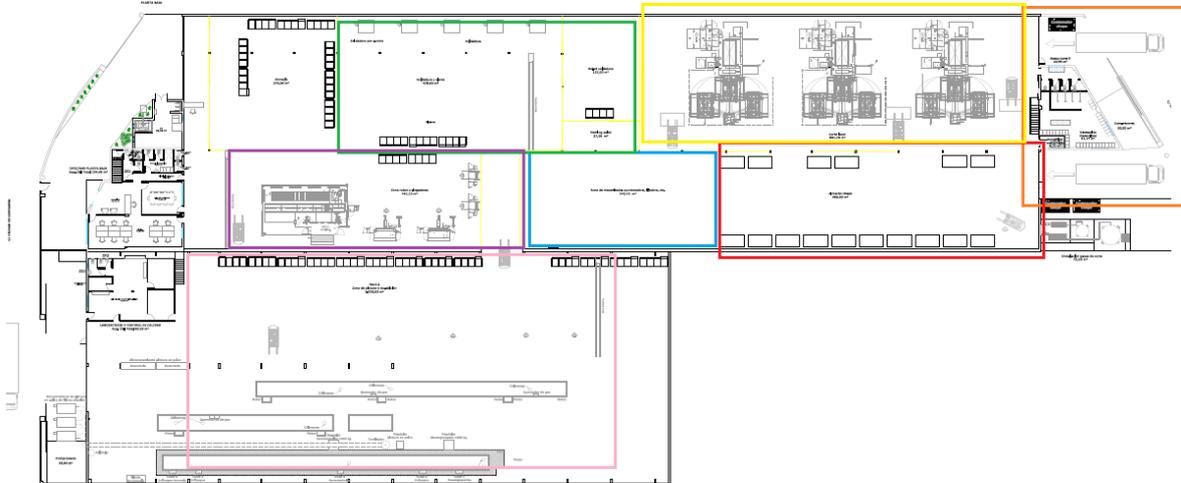


Ilustración 27: Lay out planta

En primer lugar, se tiene la zona de recepción de materia prima. Como se puede observar en la Ilustración 27, se trata solo de un muelle de descarga para camiones, sin ninguna zona de recepción propiamente dicha. De este muelle pasa directamente al almacén en el que el operario coloca los pallets en la estantería correspondientemente señalizada.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.



Ilustración 28: Zona almacenaje materia prima

A continuación, una vez al operario correspondiente se le ha asignado la pieza a realizar, este acude a la zona de almacén y toma la materia prima que necesite. Para ello es necesario trabajo de carretillas mecánicas, en el que se invierte tiempo, que será mayor o menor dependiendo de la accesibilidad de la estantería en la que se encuentre. A continuación, todas las piezas pasan por el corte láser.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.



Ilustración 29: Brazo de corte láser.



Ilustración 30: Brazo de corte láser (2).

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

En esta zona, el operario invierte tiempo en colocar la plancha de acero en la zona de corte que se observa en las ilustraciones 28 y 29. Tras colocarla correctamente, debe configurar la maquinaria para que realice el corte requerido. A continuación, se muestra una tabla con los datos de producción de piezas de las distintas máquinas de corte láser durante el último trimestre del año pasado:

Tabla 1: Producción zona de corte láser 4ºtrim 2019

PROCESO	LASER	W40	W41	W42	W43	W44	W45	W46	W47	W48	W49	W50	W51	W52	TENDENCIA
	L09	4.189	11.878	8.871	7.162	4.528	10.530	17.690	3.395	7.036	5.482	5.257	3.610	3.442	
L16	10.693	11.716	85.640	37.986	39.714	21.617	21.881	10.676	14.778	21.787	16.104	28.968	24.772		
L41	8.790	32.248	98.486	67.245	43.683	33.005	33.391	60.232	25.758	41.901	15.702	17.382	59.345		
L68	24.478	24.321	55.259	15.217	86.977	24.432	40.487	102.337	30.224	4.849	33.208	14.921	35.523		
TOTAL SEMANA	48.150	80.163	248.256	127.610	174.902	89.584	113.449	176.640	77.796	74.019	70.271	64.881	123.082		
TOTAL ACUMULADO	3.025.689	3.073.839	3.154.002	3.402.258	3.529.868	3.704.770	3.794.354	3.907.803	4.084.443	4.162.239	4.236.258	4.306.529	4.371.410	4.494.492	

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

Se puede ver la tendencia de cada línea de la zona en la Tabla 1. El patrón es irregular a lo largo de cada semana. En las últimas semanas del año, al contar con distintos días festivos, es normal que la producción decaiga al cerrarse la empresa.

Una vez la pieza está finalizada para la zona en la que está, el operario comprueba que está en buenas condiciones y avisa al operario de la siguiente zona para que vaya a recogerla. El tener que comunicar a un compañero que recoja la pieza también supone un añadido a los tiempos muertos que no aportan valor al producto, ya que la pieza está parada durante los minutos que se tarde desde que el operario de corte considere que la pieza está correcta hasta que el otro llega a la siguiente zona.

Por otro lado, cabe destacar que la zona de corte láser se encuentra bastante limpia.

En el caso de una pieza grande que requiera de mecanizado, se pasa a este paso directamente. Como se observa en la Ilustración 31, el operario maneja el taladro mecánico en la mesa de trabajo a la que se debe subir el pallet con la pieza a mecanizar.

También se puede observar como la distancia entre las mesas de trabajo no es excesivamente grande. Esto se debe a que los operarios transportan las piezas con la carretilla mecánica hasta las mesas que están en el frente, pero una vez que están en la zona, es el operario el que traslada las piezas con sus propias manos hasta el taladro. Como se ha dicho anteriormente, las piezas pueden tener distintos tamaños y, en el caso de piezas más pequeñas, este esfuerzo no supone ningún peligro para el operario, pero en el caso de las piezas más grandes, que pueden llegar hasta los 20 kg, se debe manipular la pieza de la forma correcta para no sufrir lesiones.

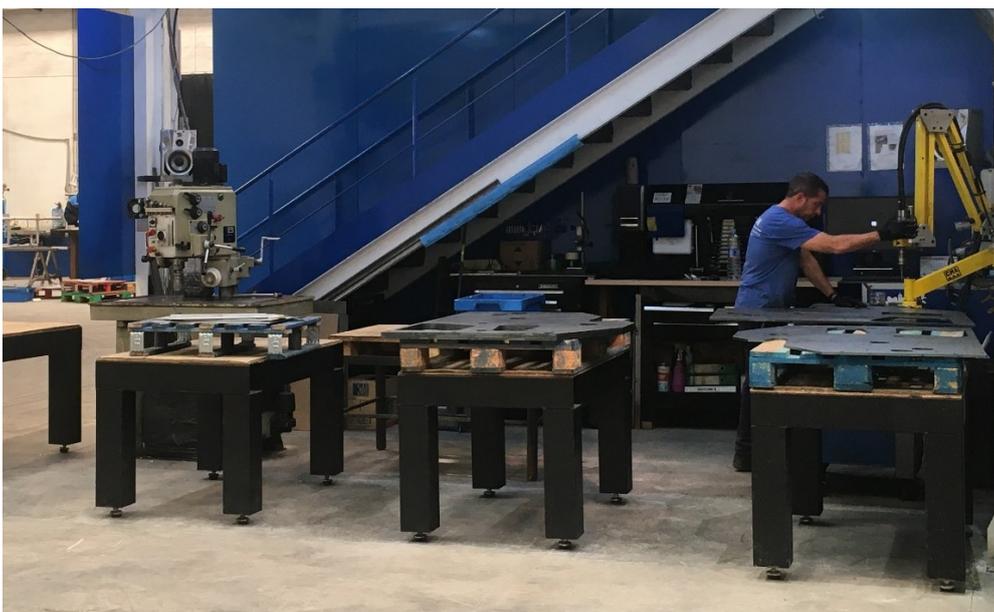


Ilustración 31: Zona de mecanizado para piezas grandes.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

Tras el mecanizado y la limpieza de la pieza trabajada, se pasaría al insertado. En el caso de las piezas grandes, el insertado no se realiza con la máquina a presión que se muestra en la Ilustración 32. En este caso, se debe hacer uso de una pistola de aire comprimido en la que se introduce el inserto.



Ilustración 32: Zona de insertado

En el caso que se está analizando, las piezas voluminosas se suben a las mesas de trabajo que se muestran en la Ilustración 29 para que el operario acceda a ellas con la pistola de aire comprimido para realizar el insertado. En este caso se está volviendo a perder tiempo en el transporte de la pieza de una zona a otra, las cuales no son contiguas, hecho que dificulta el movimiento y supone una mayor inversión de tiempo que si las zonas estuvieran una al lado de la otra.

A continuación, vendría el plegado. En este proceso, que está totalmente automatizado, el operario coloca la pieza de gran tamaño en la cinta y se configura el robot para que realice el plegado correspondiente. La máquina misma es la encargada de colocar la pieza de la forma correcta y de volver a colocarla en la cinta para que el operario la dirija al siguiente punto del proceso.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

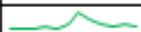


Ilustración 33: Plegadora para piezas grandes.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

En este caso, también se tienen datos de producción de la máquina en el último trimestre del año 2019:

Tabla 2: Producción plegadora 4º trim 2019

PROCESO	LASER	W40	W41	W42	W43	W44	W45	W46	W47	W48	W49	W50	W51	W52	TENDENCIA
	5130	3.617	1.026	34	325	2	5.239	8.572	3.746	3.752	3.161	4.878	1.157	908	
5320	2.647	-2.787	6.814	4.267	9.358	6.645	11.956	7.021	1.718	2.432	6.807	8.339	5.920		
7036	10.615	6.846	5.454	25.774	1.200	53	690	1.361	320	0	493	562	0		
7036_2	15.059	8.786	6.850	18.658	10.439	12.921	14.793	15.686	15.373	9.417	18.722	20.329	12.742		
736 B28	717	1.576	2.271	7.189	13.038	19.674	18.130	18.162	16.287	4.793	17.289	18.142	6.690		
V130	3.362	2.930	2.979	5.677	1.151	6.618	23.138	13.198	8.625	4.729	8.541	4.529	1.152		
TOTALES SEMANA	36.017	18.377	24.402	61.890	35.188	51.150	77.279	59.174	46.075	24.532	56.730	53.058	27.412		
TOTAL ACUMULADO	1.224.755	1.260.772	1.279.149	1.303.551	1.365.441	1.400.629	1.451.779	1.529.058	1.588.232	1.634.307	1.658.839	1.715.569	1.768.627	1.796.039	

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

Por otro lado, también se cuenta con datos de paradas de las distintas máquinas de plegado:

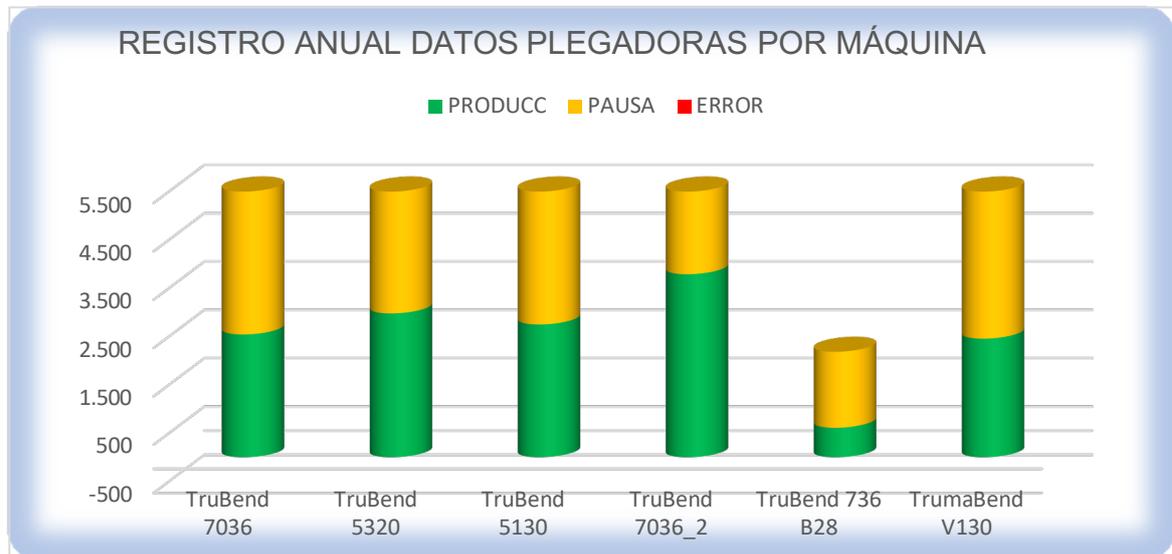


Gráfico 1: representación datos paradas plegadoras.

Tabla 3: Datos paradas plegadoras

	TruBend 7036	TruBend 5320	TruBend 5130	TruBend 7036_2	TruBend 736 B28	TrumaBend V130	TOTAL ANUAL
PRODUCC	2543,07	2978,56	2749,32	3789,82	611,35	2456,26	15.128,38
PAUSA	4848,93	5625,44	5482,68	4946,18	1572,65	6111,74	28.587,62
ERROR							0,00
TOTAL	7.392,00	8.604,00	8.232,00	8.736,00	2.184,00	8.568,00	43.716,00
% PAUSA	66%	65%	67%	57%	72%	71%	65%
PROM% PAUSA							

A la vista de la Tabla 3 y del Gráfico 1, se puede observar como la máquina más utilizada en la TrueBend7036_2, con un 57% de tiempo en pausa, es decir, sin darle uso. Por otro lado, la máquina con mayor porcentaje de parada es la TrueBend736_B28, con un 72% del tiempo sin ser utilizada.

También se observa que no se han registrado ningún minuto de parada por error, por lo que se supone que todos los procesos de producción han funcionado correctamente. Esto se da porque las tareas de mantenimiento de la maquinaria se realizan durante los tiempos de pausa en los que no se está produciendo.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

Por último, una vez la pieza está ya totalmente transformada en la pieza final, se pasaría a la última zona de pintura y expedición. En este momento, los técnicos de calidad, los cuales tienen el laboratorio junto a este almacén de expedición, pasan a revisar la pieza finalizada para comprobar que cumple con los estándares de calidad que la empresa promete a sus clientes. En esta ocasión, el tiempo empleado depende de los técnicos del laboratorio y de las pruebas que realizan. Una vez se le da el visto bueno, el pallet se prepara para la expedición y su carga en el camión.

Con todo esto se tiene el siguiente recorrido para las piezas de gran tamaño:

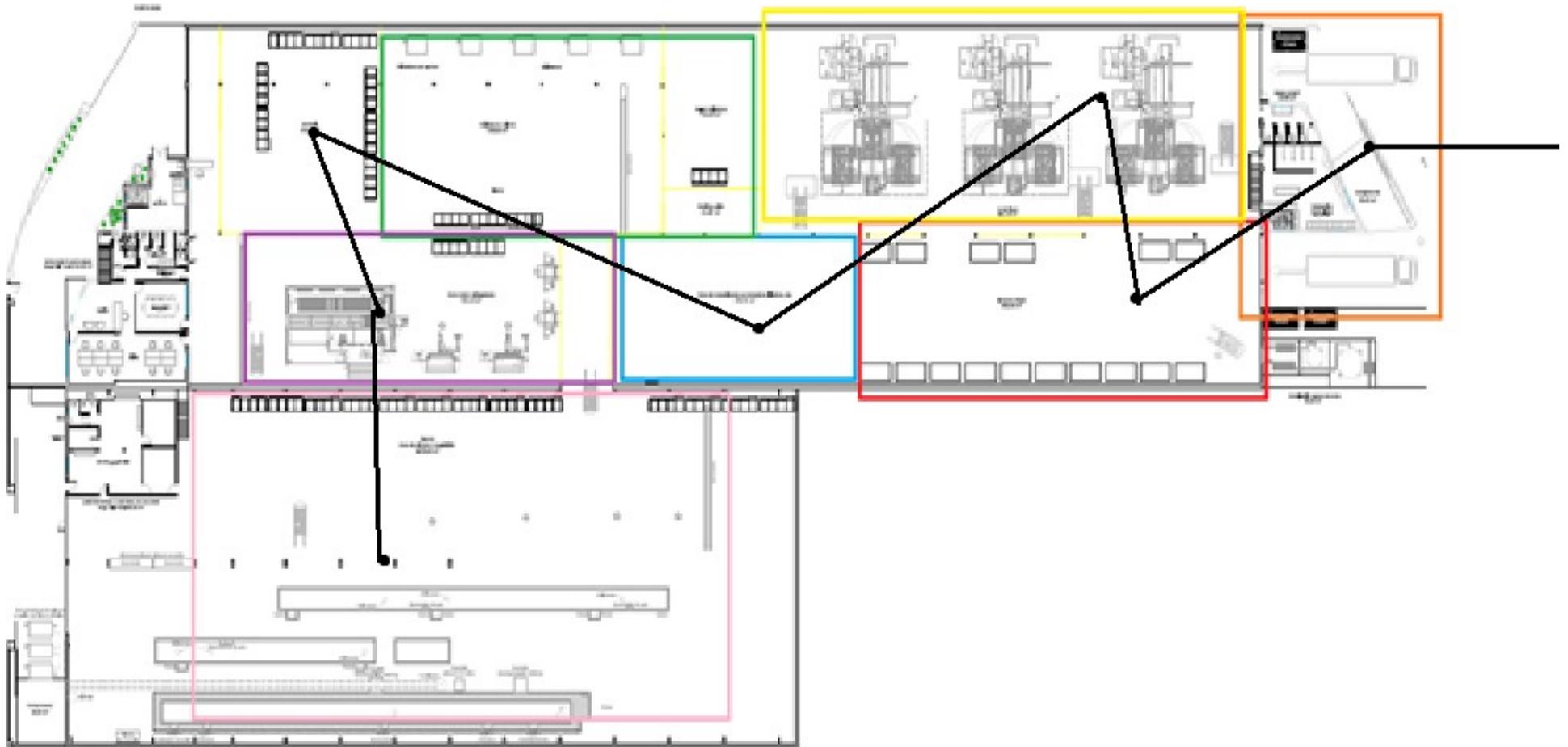


Ilustración 34: Recorrido piezas de gran tamaño.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

Se puede observar que es un recorrido poco eficiente. En puntos posteriores se resaltarán los puntos débiles de este proceso para poder proponer soluciones posteriormente.

Por último, la zona de soldadura es una zona en la que muchas piezas debido a su geometría o tamaño no pueden soldarse en las mesas de trabajo y por ello se suelen retirar éstas para poder colocar las piezas cerca de las máquinas de soldadura y de las campanas extractoras.

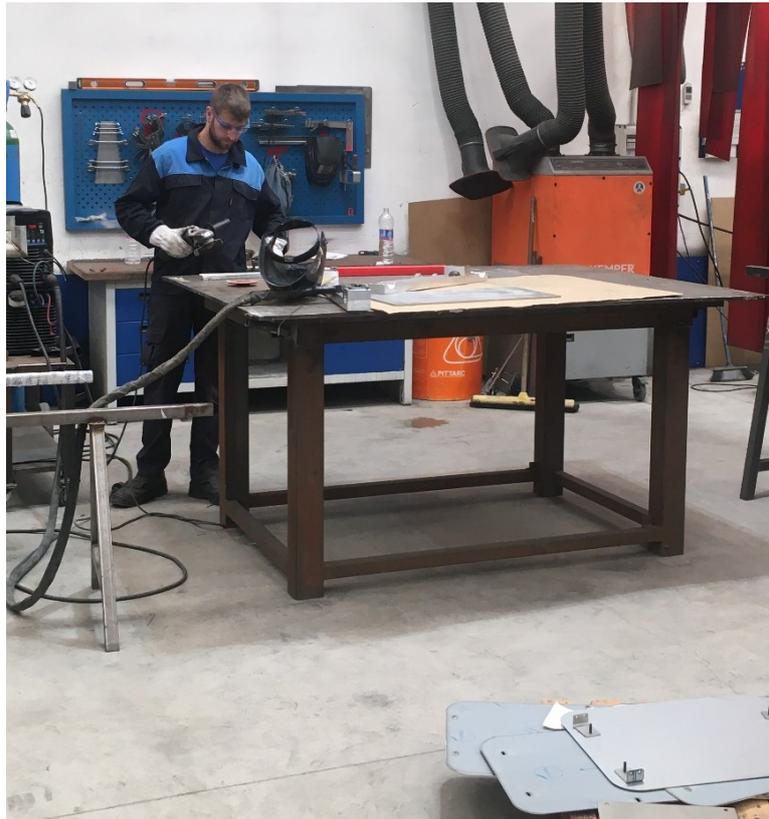


Ilustración 35: Operario en zona de soldadura y lijado

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.



Ilustración 36: Zona de soldadura

A la vista de estas imágenes se pueden encontrar ciertos errores que se comentarán a continuación.

4.2 Problemas identificados

En este apartado se identificarán los problemas encontrados. Debido a la situación actual del país, no se ha podido llegar a tomar datos de tiempos de producción y de los operarios trabajando, por lo que van a ser problemas de la secuencia de trabajo y de la situación de la planta.

4.2.1. Secuencia del trabajo

Como se ha mostrado en el punto anterior de análisis de la situación anterior, el recorrido de una pieza de tamaño grande es ineficiente, ya que se deben realizar muchos movimientos en zigzag a lo largo de la nave. El recorrido óptimo es el que es lo más recto posible, por lo que una de las medidas a tomar sería reorganizar las zonas de

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

trabajo para que las piezas grandes, que son las más difíciles de transportar, lleven un recorrido más uniforme a lo largo de la planta.

Se invierte mucho tiempo en transportar las piezas de un lugar a otro, lo que supone un despilfarro. Estos despilfarros vienen dados por movimientos innecesarios y esperas, ya que, como se ha visto en el caso de la plegadora, pasan más de la mitad del tiempo en pausa sin producción.

En la zona de recepción y almacenaje de materias primas, las planchas de acero se ordenan en estanterías a las que se suben los pallets mediante una carretilla contrapesada. En este momento, el operario debe alcanzar el pallet que se le haya indicado mediante la etiqueta que identifica el tipo de acero necesario para fabricar la pieza solicitada. La dificultad y el tiempo invertido en este paso dependerá básicamente de la facilidad para alcanzar el material necesario. En este caso, la distribución en las estanterías se realiza de forma que los aceros más utilizados sean los más accesibles para los operarios. Al separar las distintas referencias en estanterías distintas, no es necesario un movimiento excesivo de material para alcanzar el deseado.

En el momento del corte láser, se ha implementado una secuencia de trabajo de forma que el operario manipula la plancha de acero en pocas ocasiones, por lo que los movimientos innecesarios se reducen. Es el momento en el que se debe quiere comunicar al operario de mecanizado que debe recoger la pieza ya cortada en la que se producen tiempos ociosos, ya que, mientras este llega hasta la zona de corte, la pieza está parada, invirtiendo tiempo que no aporta valor al producto final.

La zona de mecanizado tiene como problema principal el hecho de que tenga que ser el propio operario el que tenga que mover la pieza de una mesa a otra para poder utilizar el taladro mecánico. En este caso, hay más pérdidas de tiempo por movimientos del material innecesarios.

A continuación, la zona de insertado para piezas grandes trata de otras mesas en las que se deja la pieza en la que se realiza el insertado mediante una pistola de aire comprimido. En este caso, mover la pieza de zona a otra que no está contigua a la anterior, supone un movimiento que se podría evitar si se instalara una pistola de aire comprimido en la zona de mecanizado para realizarlo allí y que el operario solo tenga que moverse al almacén para buscar las piezas que va a necesitar.

Por último, la zona de plegado puede encontrar como principales pérdidas de tiempo productivo las paradas de la máquina. En este caso, como se ha podido observar en la tabla 3, las paradas de esta zona surgen por la inactividad de la maquinaria, no por averías ni errores. Como se ha dicho anteriormente, se aprovechan los tiempos de pausa

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

para realizar las labores de mantenimiento pertinentes, lo que significa un aprovechamiento eficiente de estos tiempos de inactividad.

El paso final que se debe dar es el de trasladar la pieza acabada hasta la zona de expedición en la que los técnicos del departamento de calidad deben dar su visto bueno a la pieza. Este último movimiento es necesario, ya que, para cumplir con los estándares de calidad de la empresa, el control es estrictamente obligatorio. Se realizan dos movimientos con el pallet en esta ocasión: el primero, en la zona de almacenaje de materiales finalizados para que los técnicos de calidad tengan acceso a él y, el segundo, hasta la zona de expedición en la que se prepara el pallet para su carga en el camión.

4.2.2. Zona de trabajo

En lo referente a las zonas de trabajo, es necesario tener en cuenta en todo momento los pilares de las 5Ss (2020). En primer lugar, se puede observar en la mayor parte de las imágenes mostradas a lo largo del trabajo, que las distintas zonas no están delimitadas en secciones, lo que es muy importante para facilitar el orden y la organización en el área de trabajo. Se deberían delimitar las zonas de almacenaje en las estanterías y en las zonas, ya que, una posición fija del pallet que se está manipulando en la zona de trabajo facilita el movimiento y el flujo de producto a lo largo del proceso productivo. También se deben delimitar las zonas en las que se pueden depositar los restos de material que ya no se pueden usar, así como el espacio dedicado a la instalación de basuras y/o contenedores.

En la siguiente ilustración, se muestra una mesa de trabajo de la zona de corte de láser:

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

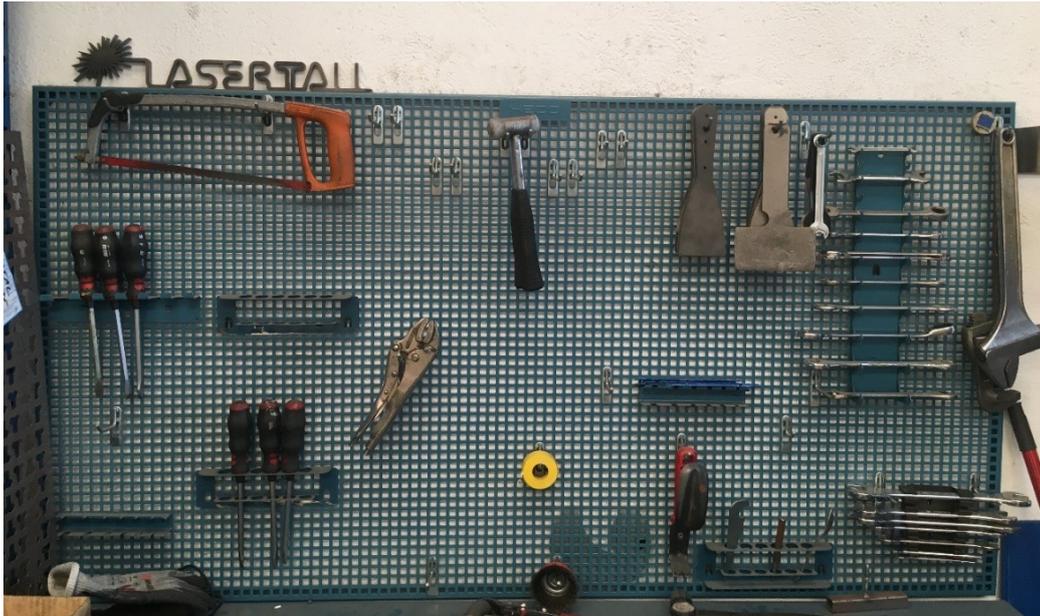


Ilustración 37: Mesa de trabajo

En este caso se puede observar que las herramientas están propiamente ordenadas para que su acceso sea más fácil. Este es uno de los requisitos para el correcto funcionamiento de la planta siguiendo los consejos de las 5s. En este caso habría que hacer una consideración en las herramientas que son estrictamente necesarias de las que se pueden ver en ese panel y retirar las que no se les dé uso.

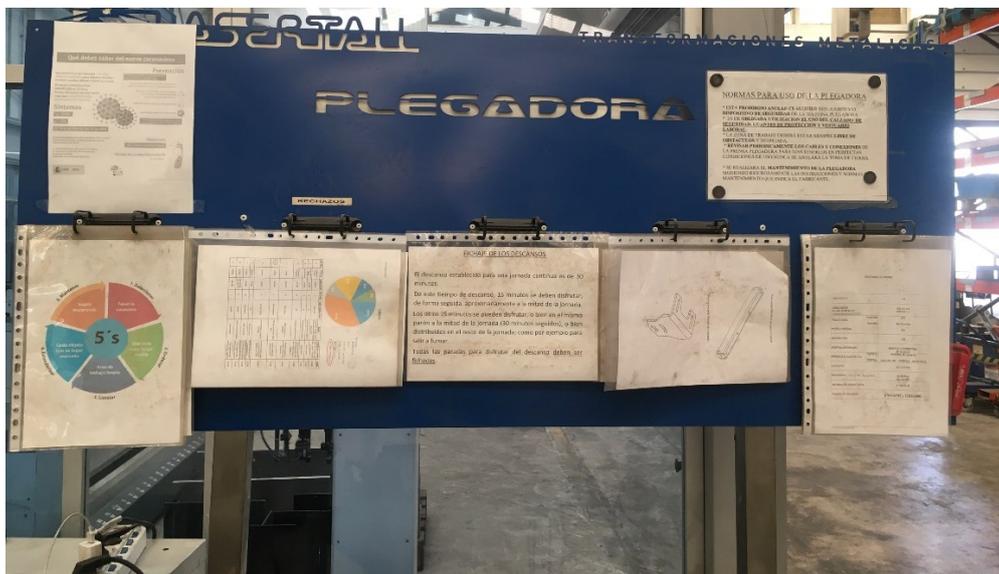


Ilustración 38: panel sección plegadora

En la Ilustración 38 se puede ver un panel situado en la zona de plegadoras. En este panel se sitúan hojas con información para los operarios. Se pueden observar

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

instrucciones de la maquinaria y de los pilares fundamentales de las 5s, de forma que el operario las tenga en cuenta en todo momento.

Sin embargo, el panel sobresaliendo de la pared hacia la zona de trabajo, se considera algo peligroso, por lo que este es un punto a tener en cuenta.



Ilustración 39: Mesa de trabajo insertadora

En la Ilustración 39 se observa la mesa de trabajo de la zona de la insertadora. En este caso se puede intuir que está más desordenada, con las cajas de cartón por encima de la mesa, con otro cartón tirado en el suelo por detrás. Sin embargo, lo que más llama la atención es la presencia de la botella de agua al lado del ordenador. Es algo que se repite en varias ocasiones, como se puede observar en las ilustraciones 33 y 34 de la zona de soldadura y lijado. Por motivos de seguridad, los operarios no deberían tener acceso a botellas de agua ni alimentos en la zona de trabajo, sino que se debería instalar una fuente en una zona de acceso común, pero de rápido acceso. También habría que tener en cuenta las medidas que se deben tomar en la actualidad, ya que se tienen que extremar las medidas higiénicas para evitar contagios.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

Sin embargo, se puede observar que la planta, de forma general, cuenta con un nivel de limpieza y orden alto.

5. DESARROLLO DE LAS POSIBLES MEJORAS A IMPLANTAR

En este apartado se van a proponer y desarrollar las distintas soluciones que se proponen para los problemas que se han presentado. Hay que tener en cuenta que para llevar a cabo este trabajo en su totalidad habría sido necesario contar con los datos de tiempos necesarios para poder aplicar las herramientas de Lean Manufacturing antes mencionadas, pero, dadas las circunstancias provocadas por la pandemia Covid-19, no se han podido obtener.

5.1 Mejoras para el problema de la secuencia de trabajo

Actualmente la planta está diseñada para que la materia prima entre por un extremo de la nave y salga el producto acabado por la otra, por lo que, al ser siempre el corte láser la primera etapa, esto se mantendría así, es decir, la entrada de materia prima por un extremo de la nave y la primera sección que haya sea la del corte láser.

El almacén de la materia prima se encuentra enfrente de la sección de corte láser, como se puede observar en la Ilustración 26, desde el principio se ha ubicado ahí pero a lo largo del tiempo la ubicación de los distintos tipos de materia prima ha sufrido varios cambios. Se pensaron varias ideas para encontrar la mejor forma de distribuirla, como por ejemplo, el mismo tipo de espesor por columna en el almacén, mismo tipo de material por columna y otras varias, hasta llegar a la más propia ya que reducía el tiempo de transporte desde el almacén hasta la máquina de corte. Esta idea fue la de colocar las chapas de acero más habituales justo enfrente del láser más apropiado para ese acero. Es decir, las máquinas más modernas tenían cerca los aceros de espesores más elevados o durezas más altas, y las máquinas de corte que ya tenían más tiempo tienen cerca las chapas de espesores más finos.

Se tomó esta decisión porque de esta forma se podía compensar la rapidez de la máquina con el tiempo del proceso, porque a espesores más elevados el corte ha de ser más lento y minucioso para no generar muchas impurezas en la pieza y por tanto las máquinas con más tiempo en la empresa que tienen un tiempo de operación un poco más elevado se encargan de realizar los cortes en las chapas más finas,

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

Posteriormente, dependiendo de la geometría de la pieza y sus dimensiones, se suceden unas etapas antes que otras. Por norma general, las piezas que son pequeñas y van plegadas, en primer lugar, se pliegan y después se insertan.

Cuando las piezas tienen un tamaño considerable o un peso alto (alrededor de unos 10-20 kilos), el orden es a la inversa, es decir, primero se insertan y después se pliegan. Hay que destacar que cuando son piezas grandes, los insertos ya no se colocan con la máquina insertadora que se puede ver en la Ilustración 39 sino con una pistola de aire comprimido.

Por último, cualquier pieza que lleve mecanizado siempre se realiza después del corte y antes del plegado o insertado.

A continuación, se muestran una serie de posibles soluciones, de las posibles que se presentan solamente la opción 1 y 2 son excluyentes entre ellas, principalmente por el elevado coste que le puede implicar aplicar ambas propuestas. Por otro lado, las opciones 3 y 4 son complementarias entre ellas y con las dos primeras ya que pueden ahorrar tiempo y costes a la empresa, que al fin y al cabo son dos de los principales objetivos que siempre se tienen presentes.

Por lo que las posibles soluciones de distribución de la planta son las siguientes:

- 1- Mantener la recepción de materia prima, sección de corte y de mecanizado, y establecer como dos calles o vías donde el orden de las secciones de plegado e insertado sea distinto y dependa de la geometría y tamaño de la pieza.

De tal forma que en la primera calle, en primer lugar estará la sección de plegado y después el insertado y en la segunda calle a la inversa. De este modo el operario que recoge la pieza después del corte láser sabe las características de la pieza y a qué calle tiene que llevarla. También se puede añadir una nueva sección de distribución que se encargue de recoger de la máquina de corte las piezas y llevarlas a cada calle correspondiente.

En ambas vías se encontraría una plegadora y una insertadora de tamaño estándar, es decir, para trabajos más comunes o habituales o de piezas estandarizadas y para trabajos un poco más minuciosos o con ciertas restricciones requeridas por la geometría de la pieza o por el propio cliente, ya se redirigían a las secciones específicas respectivas, como es el caso de la plegadora automática.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

De tal forma se agilizaría el tiempo entre ambas secciones, por lo que se podría dar la ocasión de que se produjese más rápido y por tanto obtener consecuencias positivas como satisfacción en la clientela, ampliación en las secciones de expedición y reparto, generando así más empleo o más diversificación en las tareas de los operarios.

De tal forma, podría provocarse en las mismas secciones un cuello de botella por diversos factores como piezas con una complejidad elevada de embalado para un solo operario, un atasco en el tráfico que retrasase las entregas programadas, etc.

- 2- Realizar una combinación de ambas secciones en una. Es decir, que se alternen máquinas de plegado e insertado y que sea un mismo operario el que al ver las características de las piezas sepa que operación debe realizar en primer lugar.

Para que se diese esta situación, habría que realizar primero una formación en los operarios para que pudiesen realizar de forma correcta cualquier trabajo con ambas máquinas, lo cual implica un grado de positividad en el empleado al ver que la empresa se preocupa por su formación y por él mismo.

Esta solución puede hacer pensar que el tiempo de operación es un poco más amplio pero un beneficio que tiene es que el operario no incurre en la monotonía ya que ocurre muchas veces, sobretodo en el insertado, que por la monotonía de la operación el trabajador no se da cuenta de ciertas cosas o las da por hechas y es ahí donde se cometen fallos.

También ocurre en la sección de plegado, cuando se trata de piezas estandarizadas o que llevan un plegado muy sencillo y el pedido es de una gran cantidad de piezas, el operario incurre en la monotonía del proceso provocándose así fallos tales como plegados incorrectos respecto a los grados de doblado que tienen su origen a la hora de apoyar la pieza en los topes no se hace de la forma correcta o realizar el doblado por la cara de la pieza que no corresponde.

- 3- Se puede mantener la distribución de la planta y añadir máquinas/robots como los que hay hoy en día en los centros logísticos de Amazon, agencias de mensajería, etc. Cada pieza lleva una etiqueta donde está identificada con su nombre, referencia, cantidad... a través del código de barras el operario ficha dicho código y viene un robot a recoger las piezas y las traslada a la sección que corresponda, una vez acabada esta operación el nuevo operario la vuelve a fichar y vuelve a aparecer el robot para trasladarlo a la sección correspondiente.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

Obvio que un cambio así implica una gran desembolso inicial pero a la larga se obtiene un gran beneficio, en primer lugar porque el operario realiza un desgaste físico menor provocando que tenga una mayor concentración para la realización de las diferentes etapas, un menor tiempo de traslado entre secciones provocando un tiempo inferior de entrega al cliente y el beneficio principal que toda pieza que se produce, trata y sale de la planta queda registrada, por lo que si surgiese una incidencia con esa pieza, en primer lugar, se trataría antes de que llegase al cliente y si es éste el que se da cuenta de un defecto, pues dicha pieza tiene una trazabilidad completa desde la entrada de la materia prima a la planta.

- 4- Como última propuesta, se tendría la solución que se ha mencionado anteriormente. Se trata de instalar una pistola de aire comprimido en la zona de mecanizado. De esta forma, se reduce el tiempo de transporte de la pieza grande.

Para instalar esta solución bastaría con reservar una de las mesas de mecanizado para el posterior insertado. Por lo tanto, el operario solo tendría que moverse para buscar las piezas a insertar al almacén de insertos. Este movimiento es mucho más rápido y ágil que mover una pieza de hasta 20 kg con la traspaleta o la carretilla contrapesada. Con esta medida se evitarían dos movimientos: trasladar la pieza de mecanizado a insertado para luego volver a moverlo hasta la zona de expedición.

Además, la sección de mecanizado está justo enfrente de la sección de pintura por lo que el traslado hasta ésta también sería mínimo y más rápido y por tanto se obtendría un gran beneficio ampliando un poco el espacio en la sección de mecanizado. Como en la mayoría de las propuestas anteriores, se conseguiría romper la monotonía de la acción del operario de la sección de mecanizado de tal forma que su atención a la hora de trabajar sería mayor y por tanto directamente disminuiría el número de piezas malas provocadas por fallo humano.

Hay que mencionar que la sección de soldadura y pintura suelen ser las últimas, ya que forman el conjunto o le dan el acabado final al producto, por lo que estas secciones seguirían al final de la nave, al lado de la zona de expedición.

También como se nombra en el caso 2, un problema muy habitual que ocurre es que las piezas que llevan varios insertos, llegan al cliente con fallos como falta de insertos, insertos mal colocados o insertos en mal estado. Esto suele ocurrir porque el trabajador está 8 horas cara a una máquina y a lo mejor está 3 horas con un solo tipo de pieza, pues cae en la monotonía/aburrimiento y ya realiza la operación de forma mecánica sin poner

ningún tipo de atención en el proceso y es por ello que las piezas llegan defectuosas al cliente.

Durante el primer trimestre de este año, aumento considerablemente el número de incidencias de este tipo de fallos y por ello desde el departamento de Calidad se hizo una propuesta a la empresa para subsanar este error ya que, como se ha dicho, era frecuente y con clientes importantes o que pertenecían a sectores muy exhaustivos como la automoción.

La solución consistía en mantener la distribución de la planta tal y como se encuentra hoy en día la planta, colocar una cinta mecánica transportadora en la que se indique la pieza que se va a insertar, anteriormente desde oficina técnica se debe haber introducido en el programa informático correspondiente las características de todas las piezas que llevan insertos. Entonces una vez el operario haya finalizado con el inserto de cada pieza la sitúa en la cinta y la pieza la recorre y a través de unos escáneres y balanzas detectan si a la pieza le falta algún inserto o si está mal colocado.

Si la pieza es correcta la deja seguir hasta el final de la cinta y cae en una caja y si la pieza es defectuosa pues unos brazos hidráulicos se encargan de empujar la pieza fuera de la cinta y caen a una caja donde se deberían encontrar en su totalidad piezas defectuosas, de tal modo que en la otra caja debería haber en su totalidad piezas totalmente correctas. Al finalizar el proceso el departamento de calidad o el propio operario pueden revisar las piezas defectuosas e intentar subsanar los posibles fallos de la pieza.

Con esta propuesta se eliminarían casi en su totalidad las incidencias en la sección de mecanizado y al mismo tiempo las piezas que pudiesen venir mal del corte láser con rebabas o rechupes provocados por los restos en el corte, las balanzas de la cinta transportadora lo detectarían y trasladarían la pieza defectuosa a su caja correspondiente.

Como se menciona anteriormente, dicha propuesta se le traslado desde el departamento de Calidad a la gerencia de la empresa y se obtuvo una respuesta negativa, ya que iba a suponer un elevada inversión respecto al precio de las piezas defectuosas, por lo que se optó por una alternativa más rudimentaria y clásica de colocar carteles de advertencia en el panel de dicha sección y añadir un nuevo icono en la etiqueta de las piezas con mayor número de incidencias para que el operario observa con sus propios ojos que debía tener especial cuidado con esa pieza.

5.2 Mejoras para el problema de la zona de trabajo

En lo relativo a la zona de trabajo, como se ha indicado anteriormente, sería necesario, en primer lugar, instalar delimitaciones de las zonas, ya sea mediante cintas o pintando las líneas en el suelo. De esta forma las zonas de paso siempre quedarían limpias y libres de obstáculos, haciendo el movimiento más fácil para los operarios que trasladan los materiales de una zona a otra.

Ya se ha tratado de integrar las 5s en los trabajadores, por lo que sólo sería necesario implantar una rutina de limpieza y orden. Estas rutinas serían las siguientes:

- Diaria: al acabar el turno, la mesa de trabajo debe quedar recogida y limpia. La zona de trabajo debe quedar organizada, con todo dentro de las líneas delimitantes y el suelo limpio.
- Semanal: un día a la semana fijado, se debe realizar una limpieza más a fondo de la zona de trabajo.
- Mensual: una vez al mes se realizará un análisis de los utensilios y herramientas disponibles para determinar cuales se utilizan y cuales no y las que están más deterioradas para pedir que se repongan y sustituyan por otras en buen estado.

Se estuvo un período de aproximadamente 1 año intentando implantar la cultura de las 5s entre los trabajadores, principalmente para que fuesen ellos mismos quienes realizasen las rutinas diarias y semanales, y el departamento de calidad era el encargado de realizar la rutina mensual con dos objetivos, comprobar que los operarios iban inculcando ellos mismos dicha cultura y comprobar que herramientas y utensilios eran utilizados de verdad y cuales no.

Durante dicho período, se pudo comprobar como los operarios no eran capaces de seguir las directrices indicadas tanto por la Gerencia como por el Departamento de Calidad por lo que se optó por dar una pequeña formación a todos los trabajadores con pequeños ejemplos de orden para que pudiesen visualizar por ellos mismos los efectos positivos.

A partir de este momento se notó un pequeño cambio en algunas de las secciones, pero el gran cambio fue cuando desde el Departamento de Calidad se propuso la idea de aportar un incentivo económico a los trabajadores de la sección que hubiese tenido menos incidencias durante 1 mes y hubiese tenido una puntuación por encima de 7 con un máximo de 10 puntos en las auditorías internas que se realizaban en cuanto a orden y limpieza de la sección.

6. ESTUDIO ECONÓMICO

En este capítulo se analiza el posible impacto económico de las propuestas mencionadas en los capítulos anteriores. No es posible ver el beneficio real de dichas propuestas ya que se mediría tras su implantación.

6.1 Impacto económico de la propuesta N°1

La incorporación de una nueva sección en planta presenta los siguientes costes, se consideran unos 120€ en cuanto a coste de oficinas, es decir, en cuanto a mesa de trabajo, impresora de etiquetas para el producto, un ordenador para que el operario pueda hacer consultas, etc; el coste de una nueva carretilla contrapesada ya que sería de uso exclusivo para dicha sección sería de 15000€.

Las horas del operario invertidas en la producción, con una media de 45 horas al coste de 18€/hr, se obtiene un coste de 810€.

Los beneficios no se pueden obtener porque no ha sido posible la aplicación de las diferentes propuestas pero su estimación en este caso sería la siguiente:

- Se reduce el tiempo de producción aproximadamente un 1,2%, lo que supone un beneficio de 18500€ al mes.

Por lo tanto, el beneficio total que se obtiene con esta propuesta sería el siguiente.

$$BT = 18500 - 15000 - 810 - 120 = 2570\text{€/mes}$$

Este sería el beneficio que se obtiene al mantener la maquinaria que tiene en la actualidad Lasertall pero dándole una ubicación más productiva. No es muy elevado, pero supone 30.840€ al año solo por mover las máquinas de sitio.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

6.2 Impacto económico de la propuesta N°2

En este caso, los costes serían la formación del operario para que pudiese realizar ambas funciones, pero es un curso gratuito impartido por Femeval por lo que su coste es 0€, sin embargo el coste real sería el salario del empleado ya que el tiempo que está de formación no está produciendo y éste recibe igualmente su salario.

Por otro lado, habría que añadir una máquina insertadora nueva para que cada operario pudiese tener a su alcance tanto una plegadora como una insertadora para no tener que estar esperando que el compañero finalice su trabajo. El coste de esta máquina es de 30.000€.

Por el lado de los beneficios, se reduce un 12% el porcentaje de piezas defectuosa por inserto y un 4% el de piezas mal plegadas lo que en tema económico se muestra como un beneficio de 38.000€ y 11000€ respectivamente; obteniendo así un beneficio total positivo de 19000€.

6.3 Impacto económico de la propuesta N°3

Esta opción es la que mayor coste inicial supondría porque este sistema implica una flota de robots, el arreglo y pintado del suelo para una correcta circulación de éstos. Además el departamento de Calidad pudo comprobar el día que salió esta propuesta que no obtuvieron ningún tipo de información respecto a este tipo de maquinaria y que había que realizar un pedido mínimo de robots, pero que eran muchos para las instalaciones de Lasertall.

Por lo que en este caso, no se obtendría beneficio y se descartó en su totalidad esta propuesta.

6.4 Impacto económico de la propuesta N°4

En esta última propuesta, los costes estarían formados por la compra de una nueva pistola hidráulica y la mejora del sistema de aire a presión de esta sección el cual lo realizaría el departamento de mantenimiento de Lasertall.

En cifras económicas esto supone 450€ en material y 4 horas del operario de mantenimiento a 35€/hr, el total de los costes sería 630€ y el beneficio por reducción de tiempo de traslado es como en el caso nº1 de aproximadamente 9500€.

El beneficio total sería: $9500 - 630 = 8870\text{€/mes}$.

6.5 Impacto económico de la propuesta de zona de trabajo

Por último, la mejora en el espacio de trabajo no supone ningún coste a la empresa, solamente el salario del operario, ya que estas rutinas las deberían de seguir y realizar todos los días, como se comenta anteriormente costó mucho inculcar esta cultura en los trabajadores por lo que no se ha obtenido aún en números económicos lo que esto significa, pero sí se sabe que siguiendo las normas de las 5Ss, una empresa puede llegar a mejorar su productividad en un 80%.

7. CONCLUSIONES

Al haber finalizado este Trabajo fin de Grado, en este apartado se van a plantear las conclusiones correspondientes desde los puntos de vista más relevantes que se han tratado desde el principio. Realizar este trabajo soluciona los diversos problemas surgidos en la empresa de mejora continua con el objetivo de alcanzar unos valores de productividad cada vez mayores.

En primer lugar, se encontraron problemas en cuanto a la secuencia de trabajo y en la zona de trabajo. Respecto al primero, el principal problema es la pérdida de tiempo, producto de recorridos ineficientes, del recorrido de piezas de gran tamaño con largos e innecesarios movimientos a lo largo de la nave, y del despilfarro que conlleva transportar piezas de un lado a otro, entre otros. Seguidamente, en la zona de trabajo, los problemas encontrados hacen referencia más bien al orden y la organización de esta, ya que no encontramos zonas delimitadas en secciones.

En referencia las herramientas utilizadas en las 5s, el objetivo principal es organizar el lugar de trabajo, teniendo al alcance lo necesario para realizar las funciones. De esta forma disminuye los tiempos de pausa o perdidos que tiene el operario cuando está con la búsqueda de algún elemento o herramienta.

Como se puede observar, en este caso, la mejora no se consigue por varios intentos que se hicieron, ya que las herramientas de las 5Ss son más una cultura o forma de pensar, que unas acciones sistemáticas.

Posteriormente se expusieron posibles mejoras en cuanto a los problemas mencionados. Para solucionar la pérdida de tiempo producida por la secuencia de trabajo, se ha propuesto una serie de cambios en la distribución en planta.

En definitiva, se puede afirmar que gracias las diversas herramientas del Lean Manufacturing cada empresa tiene un potencial de mejora muy elevado y que en muchos casos no es conocido pero una vez se comienza y se van alcanzando los objetivos poco a poco se debe mantener con el transcurso del tiempo para fomentar en la empresa una filosofía de mejora continua.

Es una forma de trabajar, que debe estandarizarse y cada vez implantarse en más empresas para aprender de los errores cometidos, descubrir donde está su origen e intentar no volver a cometerlos.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.

Gracias a este tiempo de herramientas las empresas están siempre en un proceso continuo de cambio y de mejora, con lo cual los resultados que se obtienen son positivos tanto a nivel laboral como personal ya que es el camino correcto a seguir por todos, las empresas como los trabajadores, y que cada parte vea implicada a la otra para así tener el apoyo en todo momento, en resumen, trabajar en equipo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 5S, <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/lean-manufacturing-y-la-herramienta-de-las-5s/>, fecha de consulta Agosto 2020.
- Hernandez Matías, J.C; Vizán Idoipe, A. (2013). **Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación**. Madrid, España.
- Lean Manufacturing, <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/> fecha de consulta Junio 2020.
- Productos y servicios, <https://www.lasertall.com/servicios>, fecha de consulta Junio 2020.
- Total Productive Maintenance, <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/leanmanufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>, fecha de consulta Julio 2020.

Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de producción en una empresa de transformaciones metálicas.