



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

PROYECTO DE MEJORA DE PROCESOS EN UNA
EMPRESA DEL SECTOR METALÚRGICO SEGÚN LA
DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD Y LOS
REQUISITOS DE LA NORMA ISO 9001:2015

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

AUTOR/A: Ambardanova, Anna

Tutor/a: Andrés Romano, Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUOLA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

RESUMEN

El objeto del proyecto es la mejora de los procesos internos de la empresa Lasertall S.L para alcanzar un nivel de servicio al cliente del 95% bajo la metodología ISO 9001:2015 integrada en la compañía.

Tras el análisis y mejora de los procesos que se consideren relevantes utilizando herramientas de mejora continua, estos se codificarán según el procedimiento **PRO.2.1.: Documentación del Sistema de Calidad**, pasando a formar parte del Manual de Calidad de la compañía, en el que se recogen además todos los requisitos de la norma ISO 9001:2015, y se inscribirán en el registro **AN2PRO171 Listado de Documentos y Registros en Vigor**.

Palabras Clave: Norma ISO 9001:2015, Sistema de Gestión de Calidad, mejora de procesos, mejora continua, gestión de stocks, materia prima.

RESUM

L'objecte del projecte és la millora dels processos interns de l'empresa Lasertall S.L per assolir un nivell de servei al client del 95% sota la metodologia ISO 9001:2015 integrada a la companyia.

Després de l'anàlisi i la millora dels processos que es considerin rellevants utilitzant ferramentes de millora contínua, aquests es codificaran segons el procediment PRO.2.1.: Documentació del Sistema de Qualitat, passant a formar part del Manual de Qualitat de la companyia, en què es recullen a més tots els requisits de la norma ISO 9001:2015, i s'inscriuran al registre AN2PRO171 Llistat de Documents i Registres a Vigor.

Paraules Clau: Norma ISO 9001:2015, sistema de gestió de qualitat, millora de processos, millora contínua, gestió d'estocs, matèria primera.

ABSTRACT

The object of the project is the improvement of the internal processes of the company Lasertall S.L to achieve a customer service level of 95% under the ISO 9001:2015 methodology integrated into the company.

After the analysis and improvement of the processes that are considered relevant using continuous improvement tools, these will be codified according to the procedure PRO.2.1.: Documentation of the Quality System, becoming part of the company's Quality Manual, in which all the requirements of the ISO 9001:2015 standard is also included, and will be registered in the AN2PRO171 List of Documents and Records in Force registry.

Keywords: ISO 9001:2015 Standard, Quality Management System, process improvement, continuous improvement, stock management, raw materials.

Índice

1.	Introducción	1
1.1	Objetivo del proyecto	1
1.2	Motivación y justificación	1
2.	La empresa: Descripción de la situación actual.....	2
2.1	Actividad de la organización	2
2.2	Desarrollo	3
2.3	Estructura de la organización	4
2.4	Productos y servicios	4
2.5	Materiales ofertados	5
2.6	Proveedores.....	6
2.7	Clientes	7
2.8	Cuota de mercado	8
2.9	Proceso productivo.....	8
3.	Sistema de gestión ISO 9001	13
3.1	Norma ISO 9001	13
3.1.1	Evolución de la calidad	13
3.1.2	Documentación del registro de calidad	14
3.2	Metodología ISO.....	15
3.3	Obtención certificada de la norma ISO 9001	15
3.4	Adquisición norma ISO 9001:2015	16
4.	Análisis de la situación actual.....	17
4.1	Mano de obra	18
4.1.1	Sobrecarga de trabajo	18
4.1.2	Tareas definidas en el día	19
4.2	Medición.....	19
4.2.1	Análisis desvío al cliente	19
4.2.2	Horas de actividad de las máquinas	20
4.2.3	Carga diaria.....	21
4.3	Materiales.....	21
4.3.1	Incertidumbre recepción de Materia Prima	21

4.3.2	Inventario de piezas.....	22
4.3.3	Certificaciones de calidad.....	22
4.4	Máquinas.....	22
4.4.1	Paradas inesperadas.....	22
4.4.2	Ajuste de utillajes	23
4.5	Método y procedimiento.....	23
4.5.1	Incertidumbre procesos subcontratados	23
4.5.2	Registro de retales.....	23
4.5.3	Plazos de entrega.....	23
5.	Planteamiento de alternativas de mejora	25
5.1	Sobrecarga de trabajo	26
5.2	Plazos de entrega, certificaciones de calidad y tareas definidas en el día.	27
5.3	Incertidumbre en la materia prima	28
6.	Solución propuesta.....	29
6.1	Nivelación de sobrecarga de trabajo	29
6.2	Búsqueda de nuevo ERP	32
6.3	Obtención del punto de pedido de las materias primas	34
7.	Mejora continua	43
7.1	Metodología 5S	43
8.	Estudio económico	48
9.	Conclusiones.....	50
10.	Bibliografía.....	51

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Ingresos de explotación. Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos SABI y archivo de empresa.	2
Ilustración 2: Línea temporal de los principales hitos de la compañía. Elaboración propia.	3
Ilustración 3: Organigrama de la organización. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.	4
Ilustración 4: Consumo promedio anual de los diferentes materiales en kilogramos. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.	6
Ilustración 5: Facturación anual de los diez clientes más importantes en 2022. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.	7
Ilustración 6: Lay-Out de planta principal de la empresa. Fuente: Archivo de empresa.	9
Ilustración 7: Proceso productivo habitual en la compañía. Fuente: Elaboración propia.	10
Ilustración 8: Evolución de la calidad. Fuente: (Chiva, 2021)	13
Ilustración 9: Diagrama de Ishikawa para un nivel de servicio al cliente inferior al 95%. Fuente: Elaboración propia.	17
Ilustración 10: Porcentaje de cumplimiento de fechas respecto a piezas fabricadas en la sección de plegado. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.	18
Ilustración 11: Análisis de desvío de la Lasertall S.L en el 2023. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.	19
Ilustración 12: Registro mensual de horas del estado de las máquinas láser los dos primeros trimestres del año 2023. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.	20
Ilustración 13: Registro mensual de horas de funcionamiento de las máquinas de plegado los dos primeros trimestres del año 2023. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.	20
Ilustración 14: Carga diaria dada el 7 de julio de las diferentes secciones/máquinas en Lasertall S.L. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.	21
Ilustración 15: Resultado de aplicación del método de factores ponderados. Fuente: Elaboración propia.	26
Ilustración 16: Matriz de polivalencia de la compañía. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.	27
Ilustración 17: Resultado de la matriz de polivalencia con las secciones necesaria de reforzar. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.	31
Ilustración 18: Interfaz de planificación de la producción de Random ERP. Fuente: (Random ERP, 2023)	33
Ilustración 19: Interfaz de planificación de la producción de Aqua ERP. Fuente: (Aqua eSolutions, 2023)	34

Ilustración 20: Objetivo de ciclo de mejora en el sistema productivo. Fuente: (Esteso Álvarez & Alemany Díaz, 2019).....	35
Ilustración 21: Modelo de cantidad fija de pedido (Modelo Q). Fuente: (Fernández Suárez, et al., 1999)	35
Ilustración 22: Diagrama de flujo del Sistema de Revisión Continua (SRC). Fuente: (Fernández Suárez, et al., 1999).....	36
Ilustración 23: Cálculo del coeficiente de variabilidad que estima la variabilidad relativa de la demanda. Fuente: Elaboración propia.	36
Ilustración 24: Resultado de la obtención del Punto de Pedido, Lote Óptimo y Stock de Seguridad del cliente IM. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.	37
Ilustración 25: Cálculo del precio por chapa. Fuente: Elaboración propia.....	38
Ilustración 26: Modelo Básico de Cantidad Fija de Pedido con demanda aleatoria. Fuente: (Esteso Álvarez & Alemany Díaz, 2019).....	40
Ilustración 27: Resultado de la obtención del Punto de Pedido, Lote Óptimo y Stock de Seguridad del cliente PE. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa	41
Ilustración 28: Cálculo del precio por chapa. Fuente: Elaboración propia.....	42
Ilustración 29: Adaptación actualizada de la casa Toyota. Fuente: (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).....	43
Ilustración 30: Implantación de metodología 5S en la sección de corte láser. Fuente: Instalaciones de la compañía.....	45
Ilustración 31: Implantación de metodología 5S en la sección de mecanizado. Fuente: Instalaciones de la compañía.	45
Ilustración 32: Implantación de metodología 5S en sección de plegado. Fuente: instalaciones de la compañía.....	46
Ilustración 33: Plantilla de verificación de arranque de turno en sección de plegado. Fuente: Elaboración propia.	46
Ilustración 34: Implantación de metodología 5S en sección de soldado. Fuente: Instalaciones de la compañía.....	47
Ilustración 35: Costes diarios asociados a las propuestas. Fuente: Elaboración propia.....	48

1. Introducción

1.1 Objetivo del proyecto

El objetivo de este proyecto es el aumento del nivel de servicio de los clientes mediante el análisis de los procesos internos llevado a cabo en Lasertall S.L, para una propuesta de mejora de dichos procesos con el fin de la consecución del 95% del objetivo, haciendo hincapié en el aumento de la capacidad productiva de la empresa a entregar los pedidos en el tiempo establecido por el control de inventarios y la reducción de los costes asociados. Todo ello bajo la metodología ISO 9001:2015 integrada en la compañía y asociada a su correspondiente documentación del Sistema de Gestión de Calidad.

Para ello, partiremos de una valoración general de los diferentes ámbitos a mejorar en la compañía para su posterior resolución en cuanto a la cantidad de puntos débiles encontrados y la selección de la mejora de procesos de los más importantes.

1.2 Motivación y justificación

Durante el periodo de prácticas en Lasertall S.L. se ha trabajado conjuntamente con el departamento de producción, el cual está enlazado con la mayoría de los departamentos existentes en la compañía (calidad, compras, oficina técnica, etc.).

Lasertall S.L, es una compañía que ha priorizado la satisfacción del cliente desde su apertura por lo que en sus inicios estructuró la empresa para poder cumplir los requisitos necesarios en el seguimiento de la metodología y su certificación oficial en la norma ISO 9000. Llegados al año 2022 la demanda en la empresa aumento significativamente y el sistema productivo se saturó, desembocando en la formación de un gran cuello de botella en una de las principales secciones de trabajo. Esto generó la habilitación de un nuevo puesto de prácticas en la empresa para la ayuda de la consecución del principal objetivo de la norma ISO 9001:2015, la satisfacción del cliente, que se vio mermada por los atrasos en las entregas de los pedidos, principalmente para el control de la carga diaria existente y el plazo de pedido a dar a la entrada de nuevos pedidos.

Puesto que el objetivo de la competitividad de la compañía se basa en la satisfacción del cliente con la prioridad de la mejora continua pudiendo así tener un alto valor de mercado, gracias a los conocimientos adquiridos en el grado de Ingeniería de Organización Industrial se va a analizar el funcionamiento de la empresa para la consiguiente implementación de mejoras en los procesos con los antecedentes más críticos.

2. La empresa: Descripción de la situación actual

Lasertall S.L es la empresa que se va a estudiar en el presente trabajo de fin de grado.

2.1 Actividad de la organización

Lasertall S.L es una empresa valenciana perteneciente al sector metalúrgico dedicada a la transformación de chapa, cuyas actividades principales son el corte láser, el plegado, soldadura, insertables, mecanizado y el montaje de estructuras.

Se encuentra ubicada en el polígono industrial Fuente del Jarro, situado dentro del término municipal valenciano de Paterna. Siendo este un área industrial bastante diversificado, donde la actividad de industrias es muy variada destacando las actividades de los transformados metálicos, alimentación, construcción, plástico, papel, químicas y textiles (Paterna Ciudad de Empresas, 2023).

Con unos ingresos de explotación del último año de 13.431.516 euros y 87 empleados, Lasertall S.L ha seguido una tendencia de adaptabilidad a las fluctuaciones del mercado y al crecimiento de los requerimientos exigidos por el cliente para ofrecer un abanico mayor de posibilidades y acabados, ofreciendo desde el desarrollo a la logística del producto (Lasertall S.L, 2023). Se puede observar en la ilustración 1 la evolución de los ingresos de explotación de la compañía, siguiendo una ligera tendencia ascendente hasta 2008, coincidiendo con la gran crisis económica dada y una tendencia ascendente mucho mayor desde 2009 hasta 2019, el año de la pandemia COVID-19 que redujo los ingresos de explotación un 32,60% respecto del año anterior, volviéndose a recuperar en 2020 con el objetivo de seguir aumentando dichos ingresos.



Ilustración 1: Ingresos de explotación. Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos SABI y archivo de empresa.

2.2 Desarrollo

Actualmente, se trabajan áreas de trabajo como el corte láser, soldado, insertado y montaje de estructuras principalmente pero se ha conseguido dado un periodo largo desde su fundación en el año 1990 en el que se adquirió la primera máquina láser de corte, hasta día de hoy en el que la empresa ofrece desde el desarrollo del producto hasta la logística mostrándose, a continuación, los principales hitos de la misma:

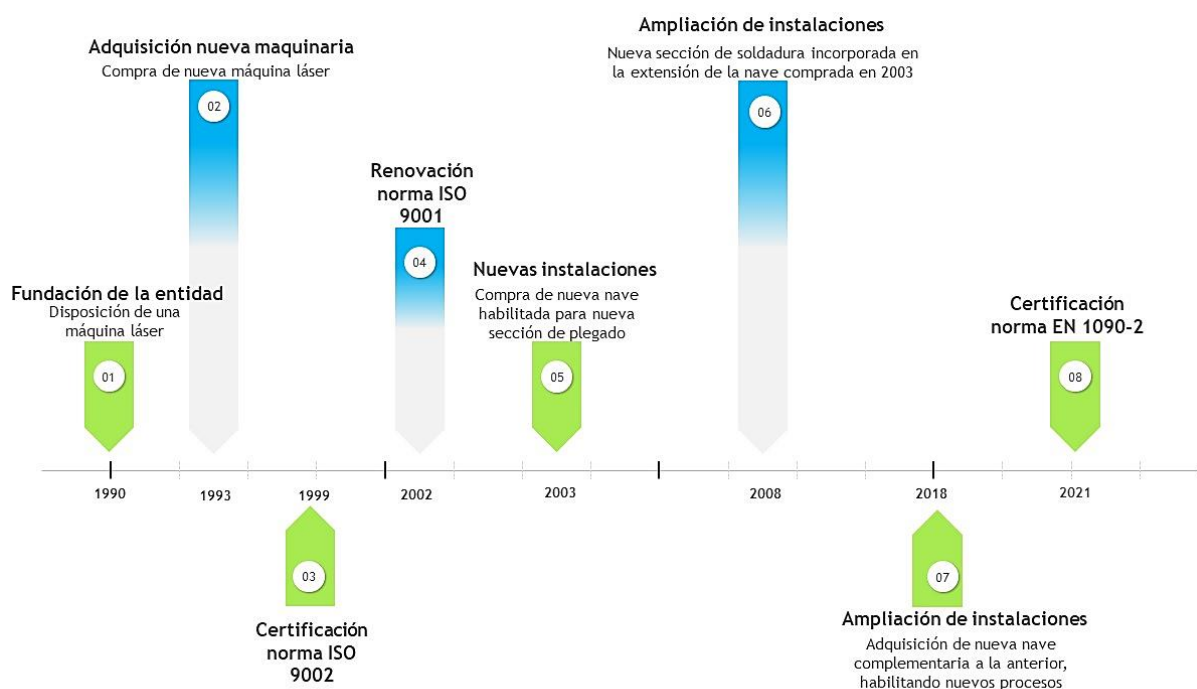


Ilustración 2: Línea temporal de los principales hitos de la compañía. Elaboración propia.

Lasertall S.L se fundó en 1990 con la adquisición de una única máquina láser, ampliando los recursos a dos máquinas láser tres años más tarde. En el año 1999 se certificó bajo la norma ISO 9002 que, tras tres años se actualizó por a la versión 9001 en el año 2002.

Debido al aumento de la demanda, en 2003 se adquirió una nueva nave para incorporar la actividad de plegado, ampliando estas instalaciones en el 2008 para la sección de soldadura y la obtención del espacio de maniobra suficiente para el montaje de diferentes estructuras (obteniendo en el año 2021 la certificación de la norma EN 1090-2 para la ejecución de estructuras de aluminio y acero).

Diez años más tarde, en 2018, se ampliaron las instalaciones con la compra de una nueva nave situada en frente de la ya existente para dar lugar al conjunto de actividades a las que la compañía se dedica actualmente.

2.3 Estructura de la organización

La empresa Lasertall S.L presenta el siguiente organigrama de árbol que representa los diferentes departamentos:

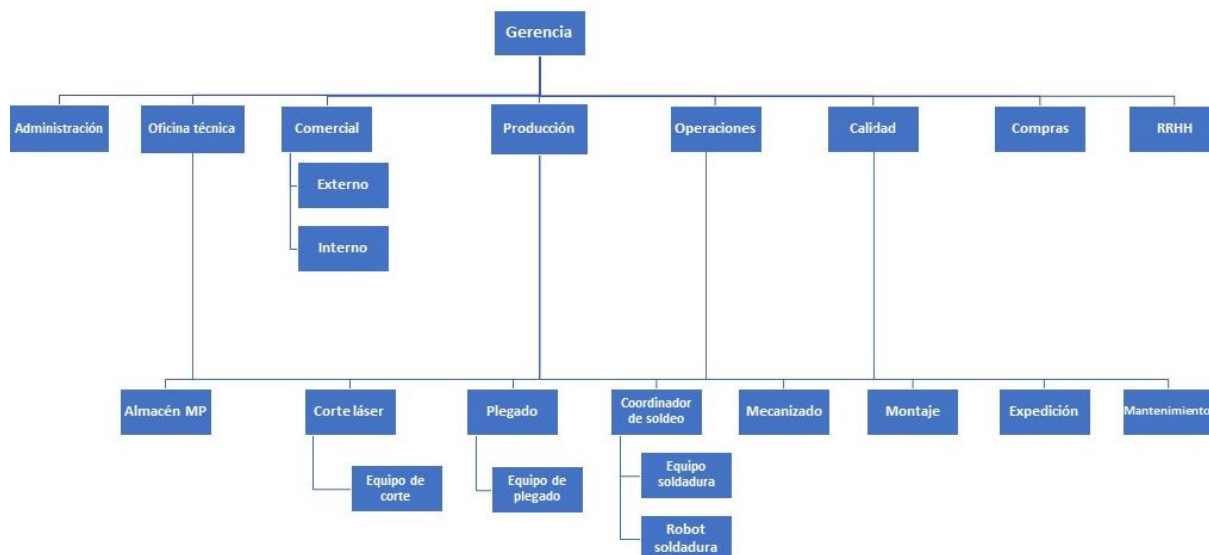


Ilustración 3: Organigrama de la organización. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.

El organigrama lo encabeza el CEO de la empresa, encargado de la estrategia a seguir por la organización y el control de su consecución. Seguido, las distintas ramificaciones del árbol en la que se sitúan los departamentos de administración, oficina técnica, departamento comercial, producción, control de operaciones, calidad, compras y recursos humanos. Finalmente, se establecen las diferentes áreas de trabajo en la empresa contando el corte láser, el plegado y la soldadura con equipos de grupos de trabajo.

Es destacable la unión directa de oficina técnica, producción, operaciones y calidad con las diferentes secciones de producción en la empresa puesto que oficina técnica se encarga del desarrollo de los planos para la elaboración de las piezas, el departamento de producción de la elaboración de los pedidos, operaciones de los aspectos técnicos en la empresa y la gestión de los recursos humanos y el departamento de calidad de verificar que los productos se han fabricado acorde a los requerimientos del cliente.

2.4 Productos y servicios

Como se ha comentado con anterioridad, Lasertall S.L se dedica a la transformación de chapa por lo que, es una empresa que carece de producto propio, siendo proveedora de otras empresas que pueden pertenecer desde el sector de la construcción hasta el sector de las energías renovables.

Ofreciendo productos ajustados a los requerimientos del cliente, la manipulación de chapa metálica consta de los siguientes servicios propios:

- **Corte láser:** El corte láser es el proceso en el que se da la división de la chapa metálica, pudiendo ser ésta de diferentes espesores y formatos dimensionales. Se trata de una máquina cuya función principal es rayo láser que incide en la chapa atravesando el metal y cortando la figura correspondiente a su anterior programación con ayuda del gas de corte, formado por

una mezcla de oxígeno y nitrógeno con el fin de la reducción de las rebabas del acero y aluminio. En la compañía se cuenta con cuatro máquinas láser que disponen de potencias de 1200W, 5000W, 10000W y 8000W cada una y admiten formatos máximos de hasta 4000x2000mm y 3000x1500mm.

- **Plegado:** El plegado da lugar a la transformación geométrica de las figuras para la obtención de la pieza solicitada mediante máquinas de plegado que se adaptan a las variaciones de la consistencia de los materiales ejerciendo una fuerza específica en un área de la chapa creando una doblez del ángulo deseado. En Lasertall S.L se cuenta con seis máquinas manuales que aceptan tamaños de un metro, metro y medio y tres metros, las cuales accionan los operarios y un robot de plegado que acepta piezas de hasta cuatro metros.
- **Soldadura:** La soldadura da lugar a la unión de las diferentes figuras consiguiendo así la estructura deseada por el consumidor. Se cuenta en la compañía con soldadura manual y se ampliaron los recursos con la compra de un robot de soldadura para la reducción de tiempos y la disminución de rectificaciones posteriores.
- **Mecanizado:** El mecanizado da lugar a la transformación de las piezas metálicas para la eliminación de materia por los procesos de avellanado que suelen emplearse para la embutición de tornillos al nivel de la superficie de la pieza, roscado para dar lugar a la consecución de una rosca y fresado, que se ofrecen en la empresa.
- **Insertado:** El insertado da lugar a la inserción de pernos o tuercas en las piezas requeridas.
- **Montaje de estructuras:** Este proceso da lugar al ensamble de las piezas requeridas mediante tornillos, también pudiéndose unir dichas estructuras mediante el soldado al estar la compañía certificada con la norma EN 1090-2 y la capacidad de construir estructuras de acero y aluminio.

Aparte de los procesos internos de la compañía, se ofrecen los siguientes servicios que son subcontratados por Lasertall S.L:

- **Pintura:** La pintura da lugar al recubrimiento de color que se le da a la pieza, con la amplitud de una gama de colores, acabados de revestimiento o lacados que incluyen brillo, mate o texturizado.
- **Serigrafía:** La serigrafía es una técnica de impresión que se aplica a la pieza para establecer una imagen o texto, normalmente después del proceso de pintura.
- **Estañado:** Da lugar al recubrimiento de las piezas metálicas mediante estaño para la obtención de hojalata.
- **Cincado:** Este proceso da lugar a un baño de zinc a la pieza para la protección de la corrosión y oxidación y una mejora en el aspecto visual.

2.5 Materiales ofertados

El material por excelencia ofertado y demandado es el acero, pero a continuación se mostrarán los diferentes tipos de material de chapa con los que la empresa mayoritariamente trabaja:

- Aluminio
- Latón
- Cobre
- Acero Inoxidable
- Acero al carbono

A demás de los diferentes materiales, se exigen diferentes espesores, calidades y formatos de chapa. Contando los formatos tradicionales de chapa con unas medidas de 2000x1000mm y 3500x1500mm, a veces, se desemboca dependiendo de los tipos de figura dibujados en las chapas, en un desperdicio de material significativo en términos de coste por lo que se prioriza la compra de formatos adaptables a las necesidades de los pedidos para la reducción de los retales que se generarían.

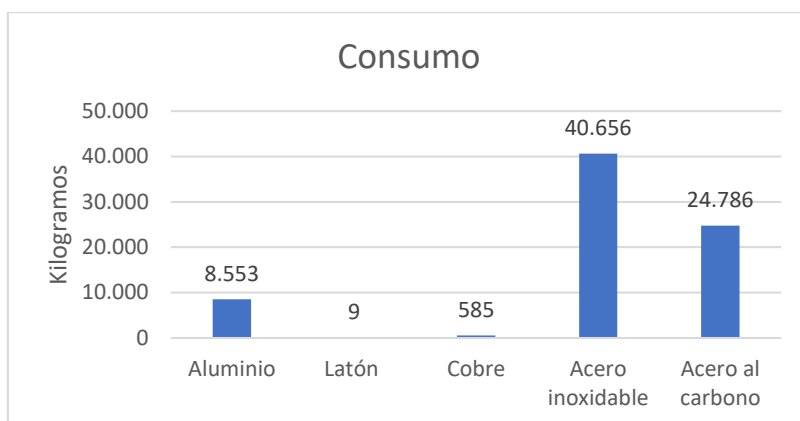


Ilustración 4: Consumo promedio anual de los diferentes materiales en kilogramos. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.

Los datos de consumo en kilogramos de los diferentes materiales consumidos por Lasertall S.L en el promedio de un año, se puede observar en la ilustración 4, siendo los aceros, sobre todo el acero inoxidable, los dos grandes destacados.

2.6 Proveedores

Los proveedores de materia prima en Lasertall S.L son los encargados de aprovisionar a la compañía de las diferentes chapas metálicas que se utilizan en la fabricación de las diferentes piezas.

Se cuenta con proveedores como Broncesval S.L encargados del suministro de aluminio, latón y cobre, Comercial Steel Levante S.L para aluminio y acero inoxidable y Pascual Carbó S.A para acero al carbono entre otros.

En el siguiente trabajo, para un análisis más exhausto se va a trabajar con los dos clientes de mayor facturación (comentado en el siguiente apartado), PE y IM, clientes con los que se ha mantenido una relación más estrecha en el periodo de prácticas del estudiante y por ellos se va a detallar el análisis de los principales proveedores de materia prima que dan lugar a la fabricación de las piezas destinadas para ello.

PE realiza piezas conformadas por materiales de aluminio, acero inoxidable y acero al carbono. El suministro de aluminio para PE se abastece mediante Aluminios Franco S.A, empresa dedicada al comercio al por mayor de metales y minerales metálicos. El acero inoxidable es suministrado por Inoxcenter S.L, perteneciente al grupo Acerinox, cuya especialidad es única en aceros inoxidables. Por último, el acero al carbono es suministrado por Gonvarri S.L dedicados al servicio de acero, corte 3D y tubos, Hierros Levante situada en Sagunto, Valencia y Hierros Turia S.A dedicados al comercio al por mayor de hierro y acero.

Los proveedores elegidos para el cliente PE se eligen acorde a las certificaciones de calidad de los materiales que dicho cliente demanda para su posterior utilización de las piezas fabricadas en su

función desempeñada como empresa perteneciente al sector de las instalaciones eléctricas, estas certificaciones actúan bajo el rendimiento de las normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001.

IM trabaja únicamente con piezas de materiales de aluminio y acero al carbono. Al igual que para PE, IM consta de proveedores comunes como Aluminio Franco S.A para el suministro de aluminio y Gonvarri S.L para el suministro de acero al carbono. A demás, también se trabaja con Ibersteel S.L para el abastecimiento de acero al carbono. Todos ellos cumplen los requisitos de las certificaciones de calidad pedidas por el cliente de Lasertall S.L.

2.7 Clientes

Lasertall S.L cuenta con una amplia gama de clientes dedicados a diferentes sectores pudiendo alcanzar desde empresas dedicadas a las energías renovables como empresas de construcciones de maquinaria.

A continuación, se muestran los diez clientes que mayor facturación han generado el pasado año en la compañía:

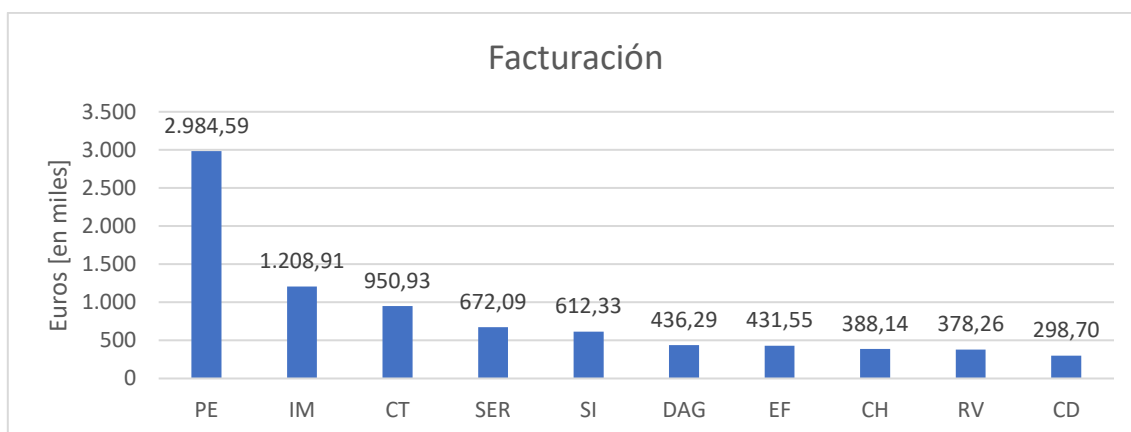


Ilustración 5: Facturación anual de los diez clientes más importantes en 2022. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.

Respecto a las actividades que desempeña cada cliente clasificadas por la CNAE (Clasificación Nacional de Actividades Económicas), cuyo objetivo es favorecer la implementación de estadísticas nacionales que se puedan diferenciar en referencia a las actividades establecidas y la clasificación de unidades estadísticas y entidades según la actividad económica ejercida (Instituto Nacional de Estadística, 2007), obtenemos la siguiente variedad:

PE pertenece a 'Instalaciones eléctricas', IM y CT a 'Fabricación de otra maquinaria para usos específicos n.c.o.p', SER a producción de energía eléctrica de otros tipos'. SI a 'Fabricación de envases y embalajes de plástico', DAG a 'Fabricación de otro material y equipo eléctrico', EF a 'Mobiliario urbano', CH a 'Fabricación de maquinaria para la industria de la alimentación, bebidas y tabaco', RV a 'Fabricación de carrocerías para vehículos de motos; fabricación de remolque y semirremolques' y CD pertenece a 'Otro comercio al por menos en establecimientos no especializados'. Se puede observar la gran variedad de empresas de diferentes actividades económicas a las que Lasertall S.L da servicio.

2.8 Cuota de mercado

Lasertall S.L pertenece al código CNAE 2550 dedicado a la forja, estampación y embutición de metales y metalurgia de polvos. Respecto a dicha clasificación, se sitúa en la posición 91 del mercado español y se encuentra en la sexta posición dentro de la cuota de mercado de la Comunidad Valenciana, la cual está liderada por las siguientes diez empresas:

- 1) Forfle S.A
- 2) Matricería y estampación F Segura S.L.U
- 3) Basor Electric S.A
- 4) Sodecia Automotive Valencia S.L.U
- 5) Aceros y Servicios Integrados S.A
- 6) **Lasertall S.L**
- 7) Estampaciones metálicas Moyma S.L
- 8) Matrices Alcántara S.L
- 9) Lasergran Levante S.L
- 10) Aleaciones Estampadas S.A

Encontrándose Lasertall S.L en la sexta posición, con el objetivo a medio plazo de seguir expandiendo el alcance de la empresa como se ha llevado a cabo anteriormente en países vecinos como son Francia y Portugal pudiendo así abarcar mayor cuota de mercado.

2.9 Proceso productivo

El proceso productivo en Lasertall S.L es muy cambiante debido a la fabricación a medida de los requerimientos del cliente y no la producción de un producto propio, siendo este un taller de trabajo (Job-Shop) en el cual las distintas piezas no siguen el mismo orden de fabricación en maquinaria.

Proyecto de mejora de procesos en una empresa del sector metalúrgico según la documentación del sistema de calidad y los requisitos de la norma ISO 9001:2015

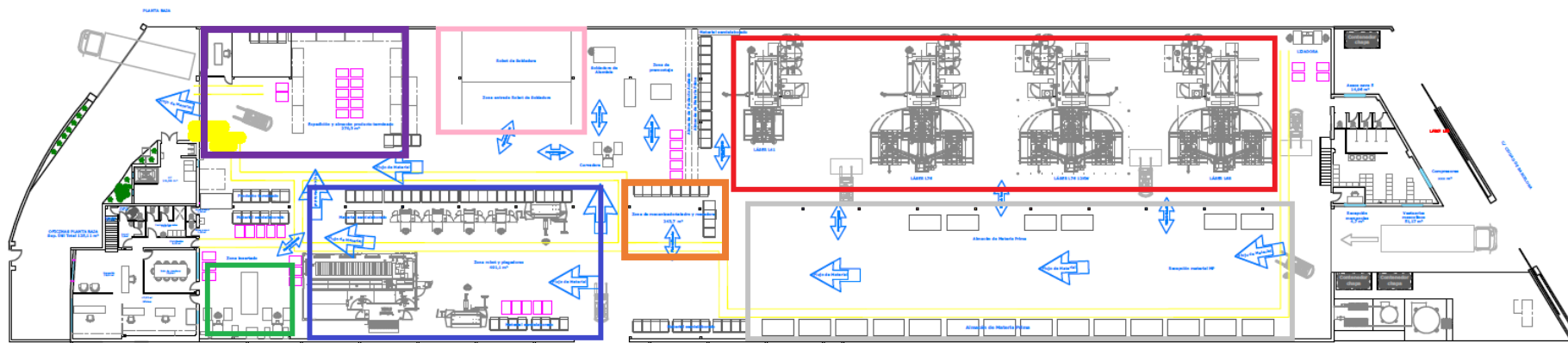


Ilustración 6: Lay-Out de planta principal de la empresa. Fuente: Archivo de empresa.

Usando el Lay-Out de la planta (ilustración 6) para una comprensión visual mejor del flujo que recorren las piezas, se va a estudiar el proceso productivo seguido en la empresa, que habitualmente, sigue el mostrado en la ilustración 7 y comentado a continuación.

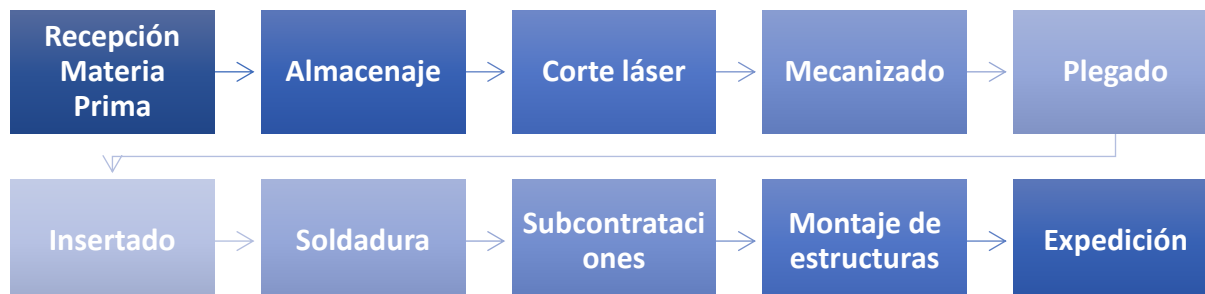


Ilustración 7: Proceso productivo habitual en la compañía. Fuente: Elaboración propia.

- Recepción de mercancía y almacenaje

La materia prima, en este caso las chapas de acero con las que trabaja la compañía se reciben por la parte derecha de la ilustración 6 (donde se puede observar la figura de un camión), llegando habitualmente en pallets de conjuntos de veinte chapas apiladas. Tras su descarga, el departamento de calidad se encarga de comprobar que el material recepcionado cumple las certificaciones de calidad establecidas por la empresa. Una vez se da el visto bueno a dicho material, se almacena en distintas estanterías ubicadas en el rectángulo gris de la ilustración 5 donde se discrimina la posición en la estantería por los diferentes tipos de material.

- Corte láser

Una vez se tiene el material necesario disponible, se da lugar el primer proceso de transformación de chapa, el corte láser. Este proceso es común para todas las piezas que se encargan, pudiendo llegar a ser el único. El rectángulo rojo de la ilustración 6 indica la zona de corte. Se dispone de tres máquinas que tienen 'liftmaster', un brazo mecánico que manipula las chapas para procesarlas automáticamente y una máquina sin ello, en la que el operario es el encargado de cargar dicha máquina manualmente. Tras el corte láser, el proceso siguiente depende de las necesidades del cliente.

Por consiguiente, se va a establecer el orden mayoritario que siguen las piezas más demandadas.

- Mecanizado

Después del proceso de corte, si la pieza final requiere una forma, un corte o la modificación del material mediante la eliminación de ello, se traslada al centro de mecanizado (rectángulo naranja en la ilustración 6) donde se le aplica su correspondiente fresado, avellanado, taladro o roscado requerido.

- Plegado

Tras el mecanizado, las piezas que necesitan una transformación geométrica (habiendo pasado por el proceso de mecanizado, o no) pasan a la sección de plegado (rectángulo de color azul de la ilustración 6), donde dependiendo de la longitud y espesor de la figura se procesa el plegado en una máquina u otra. Siendo las máquinas de hasta un metro y medio capaces de alcanzar las 2,5 toneladas de fuerza

de presión sobre la pieza y las máquinas de hasta cuatro metros alcanzan las 5 toneladas y habitualmente son utilizadas para espesores de entre 15 y 30 milímetros.

- Insertado

Por consiguiente, se encuentra la zona de trabajo de las máquinas insertadoras (rectángulo verde en la ilustración 6) donde se inserta en la pieza una tuerca o un perno, dependiendo de las necesidades del pedido, mediante la fuerza de la máquina sobre la pieza de trabajo, controlado por el operario que lo acciona con un pedal.

- Soldadura

Una vez se da la transformación geométrica de, mínimo dos figuras diferentes, puede requerir el proceso de soldado el cual da lugar a la unión de dichas piezas para la consecución de una estructura nueva. Contando para ello con un robot de soldadura que se programa por el departamento de oficina técnica para aquellos grandes lotes de piezas en los que los requerimientos de calidad del cliente son muy estrictos, proporcionando la máquina una mayor exactitud en la repetición de soldado de cada pieza (realizado en el rectángulo rosa en la ilustración 6).

También se cuenta con el equipo de soldadura, recursos humanos situados en la nave de en frente de la trabajada con la ilustración 6, donde también se realizan los montajes de estructura. Para ello, se deberá trasladar las piezas para su nueva recepción, saliendo por la puerta de entrada de materia prima. Se cuenta con un gran equipo el cual tiene como función unir dos piezas metálicas o más mediante fundición para que formen una conexión continua y dar lugar a una nueva figura.

- Subcontrataciones

Una vez se ha dado lugar la finalización de la transformación de chapa dentro de las instalaciones de la compañía, la pieza final puede requerir la necesidad de pintura, estañado, cincado o serigrafiado. Procesos que se subcontratan, dando lugar a la salida de las piezas en pallets de los lotes necesarios dependiendo del tamaño de ellos, por la zona de expedición, situada a la izquierda de la ilustración 6 reflejada con un camión (rectángulo morado en la ilustración 6), donde se inicia la expedición del lote de piezas para el tratamiento que necesita, pudiendo ser los anteriormente citados.

Una vez el tratamiento de la pieza ha finalizado, la recepción de los pallets en la empresa se puede dar por una logística interna o externa. Lasertall S.L cuenta con el mantenimiento de dos camiones de capacidad 7000 y 4500 kg y una furgoneta de 600 kg de capacidad por lo que, si estos vehículos están libres, se recoge la mercancía con los recursos propios de la compañía si la empresa proveedora no dispone de ese servicio. Dando entrada a las piezas de vueltas en la nave por la puerta de su salida anterior, en la zona de expedición de lotes finalizados.

- Montaje de estructuras

El montaje de estructuras da lugar al proceso de ensamblar distintas piezas para crear la figura pedida por el consumidor, que Lasertall S.L, cuenta además con la certificación de la norma EN-1090 para la ejecución de estructuras de acero y aluminio, que se da mediante soldadura y no ensamblaje. Este proceso tiene lugar en las dos naves de la compañía, siendo en la contigua a la principal donde los diferentes lotes de piezas se tienen que trasladar si se requiere de un montaje de estructuras mediante

soldado, siguiendo el mismo proceso descrito de traslado de material al que se da cuando hay necesidad de soldadura.

- Expedición

La finalización del proceso productivo de un pedido da lugar a la expedición de las piezas finalizadas. Como se ha comentado anteriormente, se dispone de una logística interna que, en este proceso, da lugar a la entrega del pedido en el punto acordado con el cliente, siendo una ventaja competitiva al disponer de transporte propio. Dando la opción de que el consumidor pueda recoger su pedido en la empresa, concertando hora previa.

3. Sistema de gestión ISO 9001

3.1 Norma ISO 9001

La norma ISO 9001 es elaborada por la Organización Internacional para la Normalización, siendo un organismo independiente (no gubernamental) pero que reúne a una gran cantidad de empresas en diferentes países del mundo, las cuales tienen como objetivo desarrollar unas normas internacionales comunes para que las diferentes empresas cuyo objetivo es el enfoque al cliente y una mayor eficiencia y rentabilidad económica, de lugar a unos criterios que se puedan estandarizar y que las empresas que busquen trabajar bajo dicha norma puedan implementar fácilmente y seguir unas pautas de referencia. Dicha norma es identificada como un estándar para la implementación del Sistema de Gestión de Calidad.

3.1.1 Evolución de la calidad

La calidad a lo largo de los años ha ido evolucionando debido a los cambios culturales, pasando del control al aseguramiento, y finalmente a la gestión. Estos tres puntos están compuestos de la siguiente manera:

- Control: Productivo, correctivo, área producción, especificaciones, conformidad, planes de inspección.
- Aseguramiento: Producto, prevención, jerarquía-departamento, cumplimiento, manual de calidad, ISO 9000:1994.
- Gestión: Servicio, actividades, mejora, proceso-trabajo en equipo, satisfacción, sistema de gestión, ISO 9001:2015, modelo EFQM.

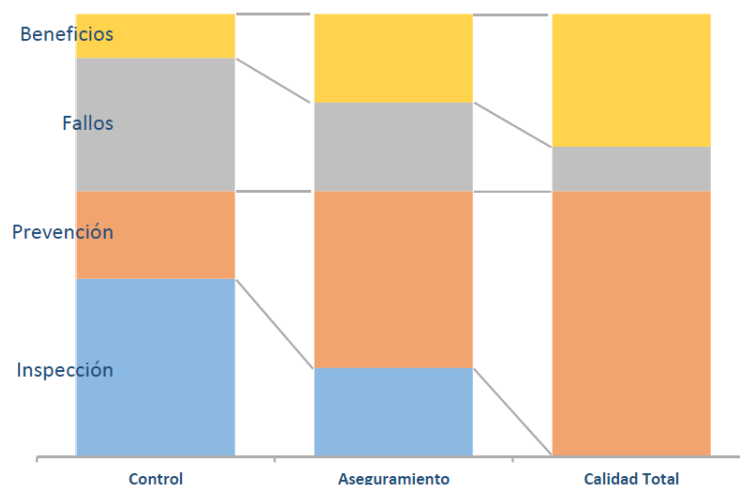


Ilustración 8: Evolución de la calidad. Fuente: (Chiva, 2021)

Originalmente, la calidad se basaba en el control del producto llevando un mantenimiento correctivo, sólo por el área de producción quien proporcionaba las especificaciones necesarias para los procesos. Más adelante se generó el concepto de conformidad que produjo la necesidad de la satisfacción de los clientes en el servicio ofertado.

Posteriormente, el control se sustituyó por el aseguramiento del producto pasando de un mantenimiento correctivo a uno preventivo, cambiando la responsabilidad del área de producción a la participación de todos los departamentos en el cumplimiento de la calidad. También se agregó el documento del “manual de calidad”, como parte de la metodología de la norma ISO 9000:1994 (publicada en el año 1994 que establecía los fundamentos y el vocabulario para los sistemas de gestión de calidad) para su correspondiente cumplimiento.

Actualmente, el aseguramiento se reemplazó por la gestión englobando los conceptos de calidad en servicios ofrecidos, actividades dadas, una mejora continuada en los procesos establecidos en las empresas dando lugar al trabajo en equipo y a la satisfacción colectiva. En este último cambio cultural que se dio en la evolución del concepto de calidad, se cambió el manual de calidad por un sistema de gestión, se actualizó la norma ISO 9000:1994 por la actual ISO 9001:2015 y se incorporó el modelo EFQM (European Foundation for Quality Management) como una filosofía, para que las organizaciones se autoevalúen y puedan diagnosticar su situación.

El objetivo de la norma en cualquier organización es poder alcanzar la Calidad Total de la Gestión en la empresa. Esto supone trabajar en el aumento de la eficacia, la eficiencia, la satisfacción del cliente y por ende el aumento del beneficio y simultáneamente, en la disminución de errores, defectos, rechazos y retrabajos. Buscando la evolución descrita en la ilustración 8.

3.1.2 Documentación del registro de calidad

La norma ISO 9001 requiere de información documentada mediante un Sistema de Gestión de Calidad por parte de la empresa que avale la aprobación de la concesión de dicha norma debido al cumplimiento de la manera de proceder. Para ello, es necesario exponer la planificación, la operación, la inspección de procesos y la implementación de la mejora continua.

Los documentos que se recogerían en un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) son los siguientes:

- Manuales. Contienen la información relativa al desarrollo del sistema.
- Planes. Se detalla cómo se aplica el SGC en los productos.
- Especificaciones. Detalla los requisitos a cumplir por los productos/servicios.
- Guías. Proporciona recomendaciones para llevar a cabo las actividades, son voluntarios.
- Procesos. Describe los procedimientos que se ha de llevar a cabo en determinadas acciones de la empresa para poder conseguir los objetivos establecidos.
- Procedimientos. Redacta paso a paso la forma en la que se procede a realizar una actividad/proceso.
- Registros. Contiene el seguimiento de las actividades a analizar y sus resultados.

Además, el Sistema de Gestión de Calidad consta de procesos interrelacionados. Entender cómo este sistema produce los resultados, permite a una organización optimizar el sistema y su desempeño. Las acciones posibles incluyen:

- Definir los objetivos del sistema y de los procesos necesarios para lograrlos.

- Establecer la autoridad, responsabilidad y obligación de rendir cuentas para la gestión de los procesos.
- Entender las capacidades de la organización y determinar las restricciones de recursos antes de actuar.
- Determinar las interdependencias del proceso y analizar el efecto de las modificaciones a los procesos individuales sobre el sistema como un todo.
- Gestionar los procesos y sus interrelaciones como un sistema para lograr los objetivos de la calidad de la organización de una manera eficaz y eficiente.
- Asegurarse de que la información necesaria está disponible para operar y mejorar los procesos y para realizar el seguimiento, analizar y evaluar el desempeño del sistema global.
- Gestionar los riesgos que pueden afectar a las salidas de los procesos y a los resultados globales del SGC.

(Grupo Esginova, 2014)

3.2 Metodología ISO

La metodología ISO llevada a cabo consta de las siguientes etapas (De Domingo y Arraz, 1997):

- 1) Implicar a todos los miembros de la organización, con una primera fase de concienciación por parte de la dirección.
- 2) Selección de un proyecto de mejora de la calidad a partir de un estudio previo, posiblemente cuantitativo, en el que se argumente los motivos, alcance y trascendencia de la actividad objeto del proyecto.
- 3) Investigación de las causas potenciales.
- 4) Deducción de las relaciones causa-efecto
- 5) Implementación de acciones de tipo preventivo y/o correctivo.
- 6) Comprobación de los resultados de mejora.
- 7) Conservación de las mejoras y continuidad del proceso.

3.3 Obtención certificada de la norma ISO 9001

Lasertall, como se ha mencionado anteriormente, obtuvo su primera certificación en el sistema ISO 9002 en el año 1999, pero actualizó la versión a la norma ISO 9001 en el año 2002 puesto que la primera norma, ISO 9002, quedó obsoleta al crearse la nueva norma ISO 9001 puesto que la ISO 9002 sólo se enfocaba en la gestión de la calidad de los procesos de producción e instalación de los productos, mientras que la ISO 9001 además de abarcar todos los aspectos relacionados con la ISO 9002, abarcaba desde el desarrollo del producto hasta la entrega de él a su cliente, dándole importancia a la satisfacción de dicho cliente.

Las empresas que se certifican bajo esta norma son entidades que se comprometen a trabajar bajo los estándares de mejora continua y la adecuación del Sistema de Gestión de la Calidad.

3.4 Adquisición norma ISO 9001:2015

Lasertall S.L tiene identificados los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización.

- a) Determinadas la secuencia e interacción de estos procesos.
- b) Determinados los criterios y métodos necesarios para asegurarse que tanto la operación como el control de estos procesos son eficaces.
- c) Asegurada la disponibilidad de recursos y su adecuación e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos.
- d) Realizado el seguimiento, la medición y el análisis de estos procesos.
- e) Implementadas las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

4.1 Mano de obra

La mano de obra da lugar a los recursos humanos disponibles en la prestación del servicio descrito y sus capacidades, encontrándose las siguientes ineficiencias:

4.1.1 Sobrecarga de trabajo

La creación de cuellos de botella en las secciones con mayor carga de trabajo, habitualmente plegado y soldadura crea una cantidad de tareas para los operarios mayor a la capacidad que disponen diariamente para la realización de su labor en dichas fases de trabajo. Esto origina que, en la línea productiva de la pieza, haya secciones con menor carga de trabajo debido a que los procesos requieren menor cantidad de tiempo para su ejecución o se esté a la espera de la llegada de piezas procedentes de un proceso anterior. Por ello, la falta de polivalencia es muy notable al no poder trabajar como un taller multitarea en el que los recursos humanos pudiesen ajustarse a las cargas de trabajo de cada sección según las prioridades y necesidades del momento.

A continuación, se va a mostrar un gráfico que demuestra que las piezas no se procesan dentro de sus fechas límites, creando una gran cantidad de referencias procesadas más tarde de lo debido y otras adelantadas, mayoritariamente dando lugar a un desequilibrio en la línea productiva que afecta a todas las fases de trabajo que involucran la transformación de la figura.

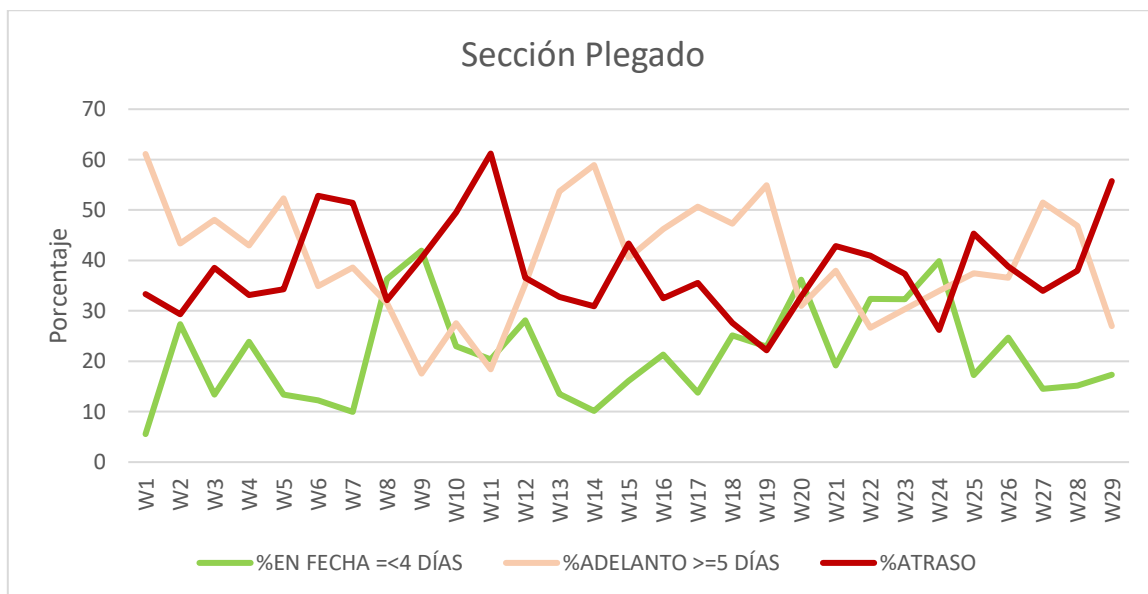


Ilustración 10: Porcentaje de cumplimiento de fechas respecto a piezas fabricadas en la sección de plegado. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.

Se observa en la ilustración 10 que el porcentaje, calculado semanalmente el presente año, de piezas fabricadas en un intervalo de cuatro días inferior a su fecha límite es mayoritariamente menor al objetivo, sin llegar a alcanzar el 50% en ninguna semana, dando lugar a porcentajes altos de piezas atrasadas con picos de referencias adelantadas que no cumplen el plan de producción individual de cada referencia como se ha comentado en el primer párrafo.

4.1.2 Tareas definidas en el día

El plan de producción de la empresa no está específicamente definido, se rige por el ERP encargado de la producción para el conocimiento de los pedidos en curso y, a partir de dichos pedidos, se establecen las tareas.

Los líderes de las secciones se encargan de planificar el orden en el que los operarios deben abarcar el turno laboral, pero solo teniendo en cuenta su sección. Es decir, no existe un plan de producción asociado a los procesos productivos que lleva una determinada pieza, lo que provoca que cuando aparece alguna urgencia se altere el orden de la producción sin el conocimiento de cómo repercute dicha decisión en todos los procesos posteriores de la misma pieza y de las restantes. Siendo ineficiente el flujo de información entre departamentos para la puesta en común.

4.2 Medición

Esta componente del diagrama de Ishikawa pertenece al modelo ampliado de las 5M (otro nombre por el que se le denomina a dicho diagrama), dando lugar a todo lo que se puede cuantificar para obtener el objetivo deseado.

Esta 'causa' es de gran importancia puesto que cuantifica los principales procesos que se deben llevar a cabo para la consecución del efecto.

4.2.1 Análisis desvío al cliente

Semanalmente, preferiblemente el lunes de cada semana, a través del A3ERP usado en la empresa se obtiene el informe denominado 'Informe desviación de entrega', el cual proporciona las líneas de los albaranes emitidos en el periodo de tiempo que se le ha introducido. Una vez se obtiene la exportación (en Excel) de dicho informe, se clasifican las diferentes líneas de pedido entregadas respecto su fecha en tres: pedidos entregados en fecha, pedidos entregados fuera de fecha en un plazo inferior a cinco días y pedidos entregados fuera de fecha con cinco o más días.

Obteniendo así, la siguiente gráfica, en la que se observa el nivel de servicio al cliente semanal del año en curso:

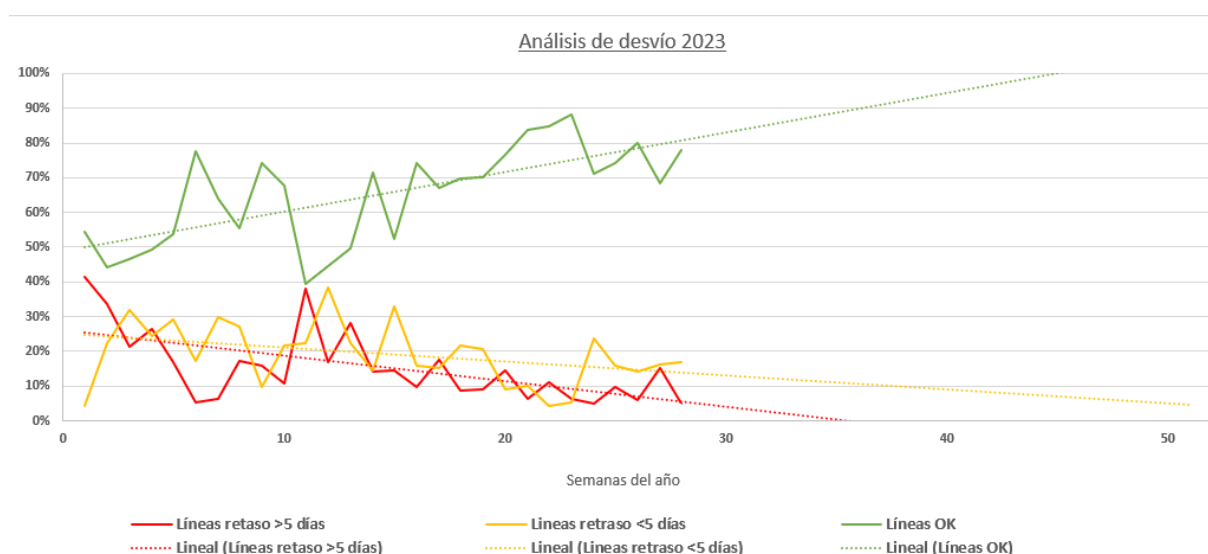


Ilustración 11: Análisis de desvío de la Lasertall S.L en el 2023. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.

Pudiéndose contemplar la no consecución del 95% de líneas entregadas en fecha en el presente año, pero con una tendencia lineal ascendente.

4.2.2 Horas de actividad de las máquinas

Las horas de actividad de las máquinas dan lugar al conocimiento de la utilización eficaz de ellas. En Lasertall S.L, se lleva el control semanal de las secciones más automatizadas y demandadas. Siendo estas la sección de corte láser y plegado.

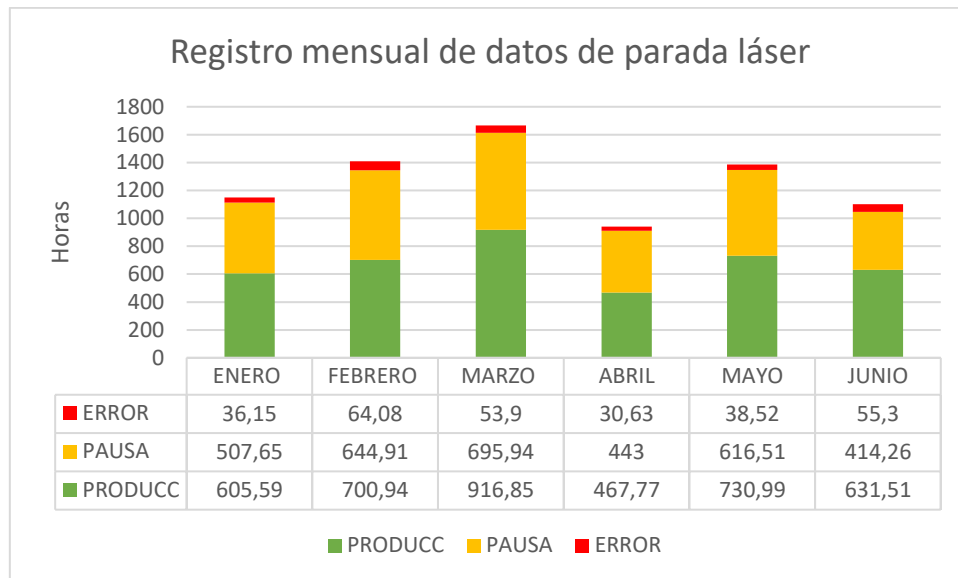


Ilustración 12: Registro mensual de horas del estado de las máquinas láser los dos primeros trimestres del año 2023. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.

La ilustración 12 da lugar a las horas de funcionamiento, parada y error de las cuatro máquinas láser en conjunto existentes en la compañía. Estos datos son contabilizados cuando la máquina está en línea, es decir, en los dos turnos de ocho horas al día habilitados para su funcionamiento. Es observable la gran cantidad de horas en las que la máquina está parada dando lugar a un promedio de parada del 47%, muy por encima de lo deseado.

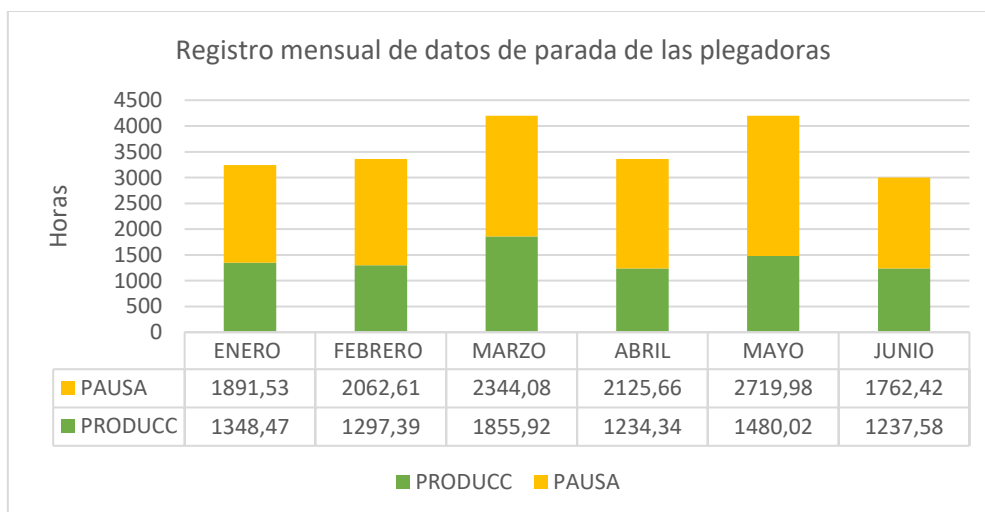


Ilustración 13: Registro mensual de horas de funcionamiento de las máquinas de plegado los dos primeros trimestres del año 2023. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.

Lo mismo pasa con los datos de parada de las plegadoras, ilustración 13, en la que las horas de pausa en este caso son mayores al tiempo produciendo. Dando lugar a un promedio de parada del 58% el primer trimestre del año y del 62% el segundo.

4.2.3 Carga diaria

Diariamente, se obtiene la carga de trabajo existente en cada sección de trabajo, discriminado por máquinas en la sección de corte láser y plegado, para su posterior comunicación a los departamentos comercial y de producción. Esta información tiene el objetivo de, una vez se tiene su conocimiento, se pueda dar unos plazos de entrega adecuados a los clientes y ajustados a la producción en planta por parte del departamento comercial y al ajuste de los recursos humanos por parte del departamento de producción.

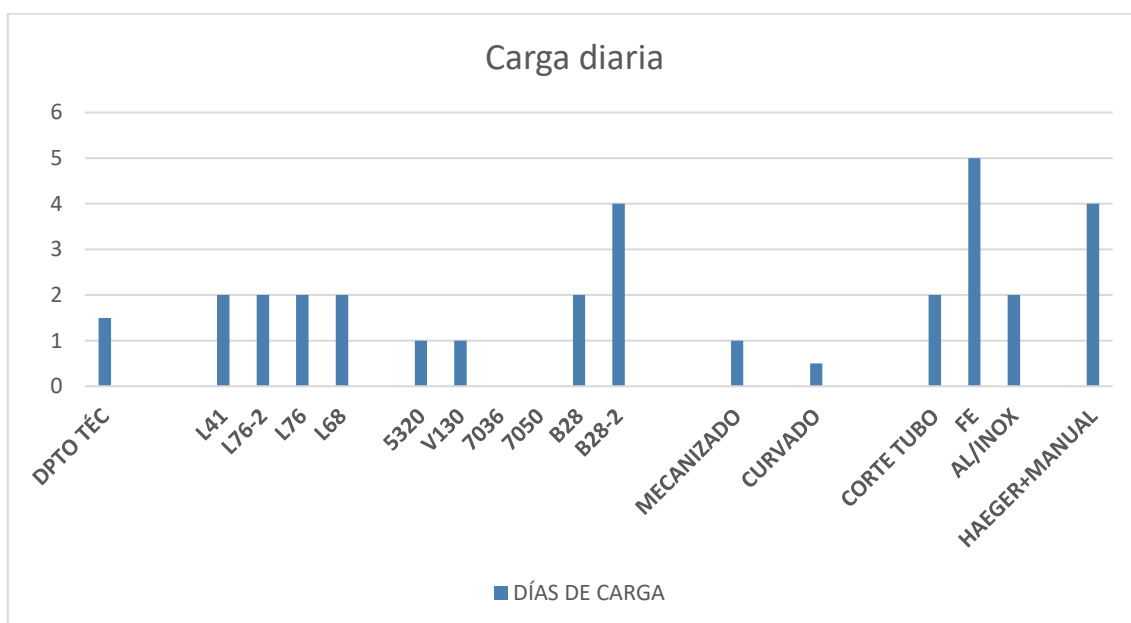


Ilustración 14: Carga diaria dada el 7 de julio de las diferentes secciones/máquinas en Lasertall S.L. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.

4.3 Materiales

En dicha 'causa' se da lugar a todo aquello que se puede consumir o utilizar para la consecución del objetivo.

4.3.1 Incertidumbre recepción de Materia Prima

Lasertall S.L, al ser una empresa que carece de producto propio tiene establecida una estrategia de caza, es decir, se piden los materiales dependiendo de los pedidos que se reciban. Esto da lugar muchas veces a incurrir en una rotura de stock, dándose el aprovisionamiento de las materias primas una vez se ha concedido el plazo de entrega al cliente y se conoce la chapa a tratar que necesita.

Cada proveedor de materia prima tiene un plazo de entrega distinto, teniendo un margen de error de dos días habitualmente. Este hecho provoca que el retraso de la llegada de la materia prima desemboque en un atraso en la entrega del pedido final al cliente puesto que el día asignado para la inicialización de dicho pedido no se cumple, dando lugar a la comunicación al cliente de que su solicitud va a ser entregada en una fecha posterior a la acordada inicialmente.

Este suceso ocurre normalmente cuando se hace un pedido de chapas de formato especial, las cuales son usadas para determinados pedidos en los que tratar una chapa de formato estándar generaría gran cantidad de desperdicio.

4.3.2 Inventario de piezas

Comentado anteriormente, no se dispone de producto propio, por lo que el control de inventario registrado en los ERP utilizados en la empresa hace referencia a la cantidad de chapas existentes en el almacén, y no al producto terminado.

Se cuenta con varios clientes fijos los cuales suelen demandar la fabricación de piezas repetitivas, contando dos de ellos con su zona propia de almacenaje para la realización del picking cuando se van a expedir los productos. El ERP de producción, se encarga del fichaje de los tiempos de ejecución y la cantidad de piezas finalizadas, pero si se realiza una cantidad excesiva de producto, este dato no queda registrado en ningún lado dando lugar al riesgo de volver a fabricar la misma pieza sin saber si se encuentra almacenada previamente, careciendo de control del producto terminado.

4.3.3 Certificaciones de calidad

Las chapas tratadas en la compañía poseen el certificado de calidad que contiene la composición química de la materia prima, pero, además hay determinados clientes que piden una certificación de calidad en las piezas que se le entregan.

Estas piezas contienen en su fase de producción la fase de 'Control de calidad', anterior a la fase de embalaje la cual precisa de un control dimensional de las piezas o estructurada por el departamento de calidad. Lo que conlleva que, si este control se hace fuera de tiempo o el resultado obtenido es incorrecto provoque un retraso en la entrega del pedido.

4.4 Máquinas

La causa 'máquinas' da lugar a factores que repercuten directamente en la eficiencia del proceso, ocasionados por averías, rendimientos o paradas de las máquinas en planta.

4.4.1 Paradas inesperadas

Las máquinas que ocasionan paradas inesperadas y contienen un registro de ello son las máquinas de corte láser. Por consiguiente, serán las máquinas a analizar.

La calidad implica implícitamente el mantenimiento, para poder predecir la frecuencia de fallos durante la producción se parte de los datos obtenidos del ERP utilizado por Lasertall S.L para el control de la producción obteniendo los indicadores de MTBF (Mean Time Before Fail) y MTTR (Mean Time To Repair). Contando con el historial de enero a abril del año en curso (debido al tiempo que guarda la información el ERP) se obtiene que cada 29,79 minutos la máquina da lugar a error (MTBF), error que tarda en solucionarse 1,068 minutos (MTTF).

Las demás máquinas existentes en la compañía, al trabajarse con ellas manualmente, no existe un registro de paradas inesperadas ni por parte de la maquinaria, ni por parte del operario.

4.4.2 Ajuste de utillajes

El tiempo dedicado a cambios de utillaje varía dependiendo de la sección de trabajo, siendo el área de plegado la más conflictiva puesto que dependiendo del tamaño de la pieza y el ángulo a formar se va a requerir un utillaje u otro pudiendo caer en la utilización de una herramienta no adecuada y su consiguiente prueba-error para dar lugar a la inicialización del plegado. Implicando también el cambio de utillaje en cada lote de fabricación.

4.5 Método y procedimiento

Los métodos y procedimientos describen la manera de actuar para la consecución del objetivo, siendo los descritos a continuación los que ocasionan atrasos en las entregas de los pedidos.

4.5.1 Incertidumbre procesos subcontratados

Citado anteriormente, Lasertall S.L ofrece los procesos de pintura, serigrafía, estañado y cincado. Procesos que son subcontratados los cuales, estañado, cincado y serigrafía se conoce el plazo de entrega del proveedor, pero en el proceso de pintura hay una gran incertidumbre.

La incertidumbre existente en el proceso de pintura se debe a los plazos dados por el proveedor, el cual no asigna una fecha de entrega de las piezas, sino que, cada día de la semana pinta un color específico el cual, dependiendo del proveedor, es fijado anteriormente para conocer su disponibilidad o va eligiendo el color de pintura a procesar la misma semana o incluso el mismo día.

Esto impide el correcto seguimiento del plan de producción de las piezas que contienen la fase de pintura, puesto que se depende del día que el pintor pinte las piezas solicitadas y esa información no se puede conocer con seguridad.

4.5.2 Registro de retales

Las chapas metálicas en las que su programa de corte no abarca la chapa completa, es decir, no se completa toda la chapa para el corte de piezas, genera retales.

Los retales generados se deben registrar en el ERP de producción y almacenar junto al número de albarán y el certificado de calidad (que contiene la composición química de la materia prima) correspondiente a la chapa principal.

El no registro de dichos retales ocasiona que cuando entra un pedido que necesita un tipo de chapa, en el que su programa de corte abarca poca cantidad de superficie en la chapa, se tome un tiempo de espera hasta completar dicha chapa con más piezas por el desconocimiento de la existencia de un retal (puesto que la programación del programa de corte tiene en cuenta el stock de chapas existente en el ERP de producción) el cual está disponible, ocasionando atrasos en el comienzo de producción del pedido y pudiendo generar atrasos en la entrega.

4.5.3 Plazos de entrega

Los plazos de entrega dados por oficina técnica se basan en el reporte de cargas diario que reciben (ilustración 14), siendo esta carga de trabajo extraída de la sinopsis de producción de cada elemento en el ERP de producción.

Al carecer de un plan de producción que implique el recorrido de las piezas, el plazo de entrega dado se hace respecto el reporte de las cargas diarias pudiendo ser este un dato falseado por tiempos de ejecución fichados incorrectamente (puesto que las cargas pendientes se calculan respecto a las piezas ejecutadas y su tiempo de producción real, en caso de que se haya inicializado, sino coje tiempos nominales asignados a las piezas que son orientativos) y acordando con el cliente un plazo de entrega que no siempre se cumple. Además, se obvia los posibles desechos que se pueden dar en la fabricación y ocasiona que, muchas veces, se necesite hablar con el cliente para ver si daría la confirmación de la posibilidad de anulación de las unidades sueltas que quedan por entregar para completar el pedido.

5. Planteamiento de alternativas de mejora

En el presente apartado, se va a plantear las alternativas para dar resolución a los problemas detectados con el diagrama de Ishikawa y comentados en el punto anterior.

Para ello, se va a dar uso el método de los Factores Ponderados. Método por el cual se le asignará la prioridad requerida a cada causa anteriormente mencionada:

- Sobrecarga de trabajo (P1)
- Tareas definidas en el día (P2)
- Análisis desvío al cliente (P3)
- Carga diaria (P4)
- Horas de actividad de las máquinas (P5)
- Incertidumbre en la recepción de materia prima (P6)
- Inventario de piezas (P7)
- Certificaciones de calidad (P8)
- Paradas inesperadas (P9)
- Ajuste de utillajes (P10)
- Incertidumbre en procesos subcontratados (P11)
- Plazos de entrega (P12)
- Registro de retales (P13)

Para la asignación de dicha prioridad, las causas se valorarán respecto a distintos factores, los cuales se les va a asignar un peso relativo y se describen a continuación:

- Impacto en la compañía

El impacto dado en la empresa da lugar a cómo afectarían las causas descritas anteriormente en ella, respecto a tiempos operacionales, costes y eficiencia. Se evaluará del 1 al 5, siendo 1 un impacto poco notable y un 5 la notoriedad de un gran impacto, considerado en esta escala el máximo. Recibe un peso del 30% puesto que la compañía sería la mayor benefactora en la solución de las causas.

- Impacto en el cliente

Da lugar al grado en el que el consumidor se ve afectado por las causas descritas, siguiendo la misma escala anteriormente citada, del 1 al 5, con 1 siendo el impacto más bajo y 5 el mayor. Se le asigna un peso del 35%, el más alto, ya que el objetivo principal de la empresa al trabajar bajo la norma ISO 9001:2015 y del presente trabajo es la consecución de su mayor satisfacción.

- Impacto en los operarios

La asignación de impacto a los operarios corresponde al grado en el que los operarios están implicados en las causas para su resolución, con la misma escala de los impactos anteriores, 1 con la menor implicación y 5 con la máxima. Recibe un 20% puesto que los operarios tienen gran repercusión en la consecución del objetivo final.

- Facilidad de mejora

Se entiende el factor de facilidad de mejora como la capacitación existente en la empresa para la implementación de las mejoras necesarias de las causas citadas. Siendo 1 de muy poca capacidad y de

5 una capacidad completa para ello. Tiene asignado un 15% de peso relativo puesto que, aun siendo un factor relevante, es menor que los anteriores.

	Peso	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Impacto en la compañía	30%	5	4	4	4	4	5	3	3	2	1	3	2	2
Impacto en el cliente	35%	3	1	1	1	1	3	1	4	1	1	3	5	1
Impacto en los operarios	20%	5	4	1	2	3	1	1	1	2	2	1	1	2
Facilidad de mejora	15%	3	4	3	3	2	2	4	3	2	1	1	4	5
	Total	4	3	2,2	2,4	2,45	3	2,1	2,95	1,65	1,2	2,3	3,15	2,1

Ilustración 15: Resultado de aplicación del método de factores ponderados. Fuente: Elaboración propia.

Tras la obtención de los resultados al aplicar el método escogido, se han obtenido los siguientes resultados, ordenados por la mayor ponderación obtenida que da lugar a las causas de mayor importancia que van a ser estudiadas a continuación.

1. Sobrecarga de trabajo (P1)
2. Plazos de entrega (P12)
3. Incertidumbre en la materia prima (P6)
4. Certificaciones de calidad (P8)
5. Tareas definidas en el día (P2)

De las trece causas originarias, solo van a ser estudiadas cinco, quedando las demás fuera del alcance de este proyecto.

Debido a la compatibilidad existente al aplicar una solución en las diferentes causas, se van a agrupar las siguientes causas P12, P8 y P2, teniendo relación directa con la causa P1 que, en este caso, se describirá por separado.

A continuación, se procede al planteamiento de alternativas de mejora de las causas más afectadas estudiadas recientemente:

5.1 Sobrecarga de trabajo

Para la problemática que se da sobre la sobrecarga de trabajo en la compañía, comentada en el anterior apartado, se plantean las siguientes alternativas:

Una mayor formación de los operarios en las distintas áreas de trabajo existentes en la empresa, para poder equilibrar los recursos humanos trabajando con la similitud de un taller multitarea. Para ello, la organización debería invertir en cursos de formación específicos para cada operario con el objetivo de alcanzar un porcentaje óptimo de polivalencia individual una vez se hace el estudio de la formación de cada uno de ellos mediante la matriz de polivalencia, estudiada con mayor profundidad en el siguiente apartado. Esta opción no implicaría un coste directo para la empresa, puesto que se descuenta del crédito de actividad formativa que la empresa dispone anualmente gracias a la Fundación Tripartita (FUNDAE).

La contratación de una Empresa Temporal de Trabajo (ETT) sería otra de las opciones viables, organismo que proporciona recursos humanos a la empresa cliente actuando como intermediario entre la empresa que necesita ampliar temporalmente sus recursos humanos y el trabajador en busca

de dicho empleo. El coste asociado a la contratación de recursos humanos por esta vía es de 18 euros por hora.

Como alternativa a la Empresa Temporal de Trabajo se buscaría el convenio con un Centro Especial de Empleo, actuando a semejanza con una ETT, pero diferenciado por disponer de recursos humanos con un grado de discapacidad mayor o igual al 33%. Esta opción se costea de manera diferente a la Empresa Temporal de Trabajo puesto que son organismos que no pueden competir al mismo nivel y su coste repercute en cantidad de piezas fabricadas y no a coste horario. Siendo una media de 10,82 euros la hora lo que implicaría la selección de esta opción.

La opción de la nivelación de las cargas también sería una de las opciones a tener en cuenta, siendo la más económica puesto que no supone recursos adicionales ni costes. Para ello, se trabajaría con un nuevo indicador que proporcione la cantidad de piezas por sección que se procesan dentro de su fecha límite, se atrasan o se adelantan solucionando los problemas encontrados a la hora del porqué hay piezas que se adelantan con más de cinco días a su fecha límite cuando hay producto en curso que está atrasado.

5.2 Plazos de entrega, certificaciones de calidad y tareas definidas en el día.

Las causas de plazos de entrega, certificaciones de calidad y tareas definidas en el día se van a tratar como una única causa puesto que las alternativas de mejora que se contemplan para dichas causas son comunes. La sobrecarga de trabajo también se podría contemplar común a dichas causas, pero se ha tomado la decisión de contemplar la causa a parte para una propuesta de solución más específica.

La alternativa de mejora más práctica sería la incorporación en el sistema de la compañía de un ERP (*Enterprise Resource Planning*) que contemple el plan de producción, puesto que los actuales ERP existentes en la empresa no contemplan la simulación del recorrido que conlleva la transformación de la chapa desde su primer proceso en el corte láser hasta su proceso final que da lugar a la expedición del pedido pudiendo incorporar en la cola de trabajo la simulación de la entrada de nuevos pedidos para dar unos plazos de entrega lo más exactos posible a los clientes, conllevando esto la fase del control de calidad donde se certifican las estructuras o los controles dimensionales de las piezas unitariamente y poder tener definidas las tareas de las diferentes secciones dando lugar al seguimiento de un plan semanal. En el siguiente apartado se estudiarán los diferentes ERP existentes en el mercado para desempeñar la función descrita. Pudiendo a su vez evitar las sobrecargas de trabajo que se generan en las diferentes áreas de trabajo sabiendo la necesidad de los recursos humanos con anterioridad para su equilibrado.

Por la alta cantidad de datos actuales que hay generados en la producción actual del producto en curso en Lasertall S.L, la elaboración de un plan de producción que conlleve simular la entrada de nuevos pedidos dentro de los pedidos en curso y la simulación del plan de producción conjunto de los pedidos en curso con la finalidad de dar plazos de entrega reales y la definición de las tareas no es considerado viable, puesto que la dinámica y las órdenes nuevas del día a día darán lugar a una desactualización rápidamente dejando el plan de producción obsoleto y perdiendo la utilidad del plan y el gran esfuerzo de su construcción.

5.3 Incertidumbre en la materia prima

La incertidumbre en la recepción de la materia prima es una de las causas que mayor afectan a la consecución de un nivel de servicio al cliente igual o mayor al 95%, por motivos de incapacidad de dar comienzo a la fabricación del pedido.

Puesto que se crea una relación de dependencia de la empresa con sus proveedores, la mejor alternativa y la que se va a estudiar en el apartado siguiente es la obtención del punto de pedido óptimo a la hora de pedir la materia prima, con el objetivo de conseguir la mayor satisfacción posible del cliente y no caer en rotura de stock en las chapas metálicas que mayor demanda conllevan.

6. Solución propuesta

A continuación, se va a dar solución a las diferentes opciones de mejora que se han propuesto en el apartado anterior.

6.1 Nivelación de sobrecarga de trabajo

La alternativa de dar formación a los diferentes recursos humanos en la compañía sería la opción que mayor valor añadido implicaría a la empresa siguiendo, además, el espíritu dado por la norma ISO 9001:2015 de mejora continua de la organización.

Para la consecución de esta solución, en primer lugar, se va a estudiar la matriz de polivalencia que implica a los diferentes recursos humanos en sus respectivas secciones principales, mostrada a continuación:

Proyecto de mejora de procesos en una empresa del sector metalúrgico según la documentación del sistema de calidad y los requisitos de la norma ISO 9001:2015

SECCIÓN	TRABAJADORES	GLOBAL			LÁSER				PLEGADORA				SOLDADURA				CONDUCTORES - MONTAJE - ALMACÉN - EXPEDICIÓN - MANTENIMIENTO								PORCENTAJE DE CONOCIMIENTOS / POR PERSONA	PORCENTAJE DE CONOCIMIENTOS / POR SECCION						
		Manejo del ERP (FAB)	Interpretación de planos	Conducir una carretilla	Abastecer de materia prima	Recoger piezas cortadas	Cargar programas de corte en la máquina	Aplicar corrección en máquina	Resolver errores en la máquina	Abastecer de piezas y medir ángulos	Cargar programas en la plegadora	Realizar corrección en la plegadora	Capacidad para crear un programa de plegado	Manejar el ROBOT	Resolver errores de la máquina	Realizar acabados	Soldar por puntos	Soldar Aceros MIG	Soldar INOX MIG	Soldar TIG	Conducir furgoneta	Conducir camion	Utilizar la jostadora CMA	Utilizar la insertadora manual			Utilizar y regular la insertadora HAAGER	Utilizar taladro ERLO	Utilizar lijadora	Utilizar envolvedora	Ordenar e inventariar materia prima (FAB)	Ordenar e inventariar material acabado
LÁSER	OP1	4	4	3	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	3	1	2	2	53%	44%	
	OP2	4	4	3	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	3	1	2	2	52%		
	OP3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	2	47%		
	OP4	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	3	1	2	2	45%		
	OP5	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	2	51%		
	OP6	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	2	2	1	2	1	2	2	44%		
	OP7	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	2	2	1	2	1	2	2	44%		
	OP8	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	2	2		34%
	OP9	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	3	2	2	1	2	2		36%
	OP10	3	2	3	2	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	2		40%
	OP11	3	2	3	2	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2		41%
	OP12	4	4	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1		55%
PLEGADORA	OP13	3	3	3	1	2	1	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	41%		
	OP14	3	3	3	1	2	1	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	41%		
	OP15	4	4	3	2	2	2	1	1	4	4	4	3	3	4	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	53%		
	OP16	4	4	3	2	2	2	1	1	4	4	4	3	3	4	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	53%		
	OP17	4	4	3	2	2	2	1	1	3	3	2	2	2	3	3	3	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	49%		
	OP18	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	3	3	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	39%		
	OP19	2	2	2	1	2	1	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	3	3	2	2	1	1	1	41%		
	OP20	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	35%		
	OP21	3	2	3	1	2	1	1	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	3	3	2	1	1	1	42%		
	OP22	3	2	3	1	2	1	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	41%		
	OP23	2	3	2	1	3	1	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	41%		
	OP24	3	2	3	1	2	1	1	1	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	40%		
	OP25	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	35%		
	OP26	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	35%		
	OP27	3	2	3	1	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	44%		
SOLDADURA	OP28	4	4	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	4	4	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	51%		
	OP29	4	4	3	2	2	2	1	1	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	48%		
	OP30	4	4	3	2	2	2	1	1	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	49%		
	OP31	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	45%		
	OP32	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	45%		
	OP33	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	41%		
	OP34	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	44%		
	OP35	3	3	3	1	2	1	1	1	3	2	1	1	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	47%		
	OP36	3	3	3	1	2	1	1	1	3	2	1	1	1	3	3	3	3	3	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	44%		
	OP37	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	44%		
	OP38	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1	34%		
	OP39	4	4	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	1	2	2	50%		
	OP40	3	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	43%		
	OP41	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	39%		
	OP42	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	41%		
OP43	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	42%			
ROBOT SOLDADURA	OP44	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	36%			
	OP45	2	2	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	35%			
	OP46	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	34%			
	OP47	2	2	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	35%			
OP48	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32%			
OP49	2	2	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	34%			
CONDUCTORES	OP50	2	1	3	2	3	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	4	3	2	2	2	1	2	1	3	42%			
	OP51	2	1	3	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	3	1	2	2	1	2	1	3	39%			
MONTAJE	OP52	2	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	3	1	2	2	1	2	2	1	3	39%			
	OP53	4	4	3	1	2	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2	4	4	3	3	2	1	2	48%		
	OP54	3	3	3	3	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	3	2	2	1	2	2	44%		
	OP55	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	3	3	2	3	2	1	1	37%		
	OP56	2	2	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	35%		
	OP57	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	2	35%		
	OP58	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	3	3	2	2	1	1	1	36%		
	OP59	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	3	3	2	2	1	1	1	35%		
	OP60	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	3	3	2	2	1	1	2	36%	
	OP61	4	4	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	4	3	2	4	2	1	1	1	43%		
ALMACÉN	OP62	3	2	3	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	4	4	3	45%		

Por consiguiente, se contemplan las secciones de: corte láser, plegado, soldadura manual y automatizada, personal implicado en el transporte de los pedidos, montaje, almacén, expedición y mantenimiento. Siendo observable que en ninguna sección se alcanza el conocimiento promedio del 50%, y los conocimientos individuales por persona tampoco alcanzan el 60% en ningún operario.

Dadas las posibles similitudes de trabajos en taller, se va a estudiar únicamente las secciones de corte láser, plegado y soldadura manual que dan lugar a las fases de trabajo que mayores cuellos de botella pueden crear, dando lugar a la siguiente matriz de polivalencia:

Proyecto de mejora de procesos en una empresa del sector metalúrgico según la documentación del sistema de calidad y los requisitos de la norma ISO 9001:2015

SECCIÓN	TRABAJADORES	GLOBAL			LÁSER						PLEGADORA						SOLDADURA					PORCENTAJE DE CONOCIMIENTOS / POR PERSONA	PORCENTAJE DE CONOCIMIENTOS / POR SECCION
		Manejo del ERP (FAB).	Interpretación de planos.	Conducir una carretilla.	Abastecer de materia prima.	Recoger-procesar piezas cortadas.	Cargar programas de corte en la máquina.	Aplicar corrección en máquina.	Resolver errores en la máquina.	Abastecer de piezas y medir ángulos.	Cargar programas en la plegadora.	Realizar corrección en plegadora.	Capacidad para crear un programa de plegado.	Manejar el ROBOT.	Resolver los errores de la máquina.	Realizar acabados	Soldar por puntos	Soldar Aceros MIG	Soldar INOX MIG	Soldar TIG			
LÁSER	OP1	4	4	3	4	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	55%	44%	
	OP2	4	4	3	4	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	55%		
	OP3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	49%		
	OP4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	45%		
	OP5	4	4	3	4	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	55%		
	OP6	3	3	3	3	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	42%		
	OP7	3	3	3	3	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	42%		
	OP8	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	30%		
	OP9	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	30%		
	OP10	3	2	3	2	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	38%		
	OP11	3	2	3	2	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	38%		
PLEGADORA	OP12	4	4	3	2	2	1	1	1	4	4	4	4	4	2	1	1	1	1	1	63%	44%	
	OP13	3	3	3	1	2	1	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	42%		
	OP14	3	3	3	1	2	1	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	42%		
	OP15	4	4	3	2	2	1	1	1	4	4	4	3	3	4	1	1	1	1	1	59%		
	OP16	4	4	3	2	2	1	1	1	4	4	4	3	3	4	1	1	1	1	1	59%		
	OP17	4	3	3	1	2	1	1	1	3	3	2	2	2	3	3	3	2	1	1	54%		
	OP18	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	3	3	2	1	1	39%		
	OP19	2	2	2	1	2	1	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	38%		
	OP20	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	33%		
	OP21	3	2	3	1	2	1	1	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	38%		
	OP22	3	2	3	1	2	1	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	41%		
	OP23	2	3	2	1	3	1	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	41%		
	OP24	3	2	3	1	2	1	1	1	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	39%		
	OP25	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	33%		
	OP26	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	33%		
	OP27	3	2	3	1	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	46%		
SOLDADURA	OP28	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	3	3	3	54%	45%		
	OP29	4	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	3	2	2	2		50%	
	OP30	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	3	2	2	2		51%	
	OP31	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3		47%	
	OP32	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3		47%	
	OP33	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1		42%	
	OP34	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	2	2		46%	
	OP35	3	3	3	1	2	1	1	1	3	2	1	1	1	3	3	3	3	2	2		50%	
	OP36	3	3	3	1	2	1	1	1	3	2	1	1	1	3	3	3	3	1	1		46%	
	OP37	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	2	2		46%	
	OP38	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1		34%	
	OP39	4	4	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	3	3	3	3		53%	
	OP40	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3		45%	
	OP41	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1		38%	
	OP42	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	2	2		42%	
	OP43	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	2	2		43%	
	OP44	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1		25%	

Ilustración 17: Resultado de la matriz de polivalencia con las secciones necesaria de reforzar. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.

Las calificaciones asignadas a cada proceso varían entre 1 y 5 siendo su descripción la siguiente:

1. Desconocimiento total
2. Lo conoce
3. Experto
4. Ha formado con éxito a sus compañeros

A parte de la evaluación de los distintos operarios en las secciones de corte láser, plegado y soldadura, se califica el 'global', es decir, el manejo del ERP de producción usado en taller, la interpretación de planos y la habilidad de la conducción de las carretillas. Dichos procesos son comunes e indispensables para el trabajo en taller.

En la matriz de polivalencia de la ilustración 17 se observa que por sección, en este caso, tampoco se llega a un 50% del conocimiento, siendo recomendable los cursos de formación para el intercambio entre recursos humanos asignados a las fases de corte láser y plegado debido a su mayor similitud y la dificultad que supondría para dichos operarios los cursos de soldadura puesto que la semejanza con su actividad laboral es muy distinta, y se incurriría en el desplazamiento de los operarios asignados en la nave principal (donde se encuentra el corte láser y el plegado) a la otra nave (donde se realiza soldadura y parte de montaje).

6.2 Búsqueda de nuevo ERP

Para la simulación de los planes de producción de los pedidos en curso y de la entrada de nuevos pedidos para dar solución a las causas de asignación de plazos de entrega reales a los clientes, en la que en muchos pedidos hay una fase de control de calidad que requiere también la atribución de un tiempo estimado y la solución a la problemática del asignamiento diaria de las tareas, se va a estudiar los ERP existentes en el mercado que mejor se adapten a las causas planteadas.

Estos ERP, después de una exhaustiva comparación han sido:

- Random ERP

El programa Random ERP ofrece para la planificación de la producción, construir y mantener en el tiempo la Carta Gantt de las actividades productivas de la empresa (Random ERP, 2023), siendo la siguiente imagen un ejemplo de cómo quedarían organizadas las distintas actividades:

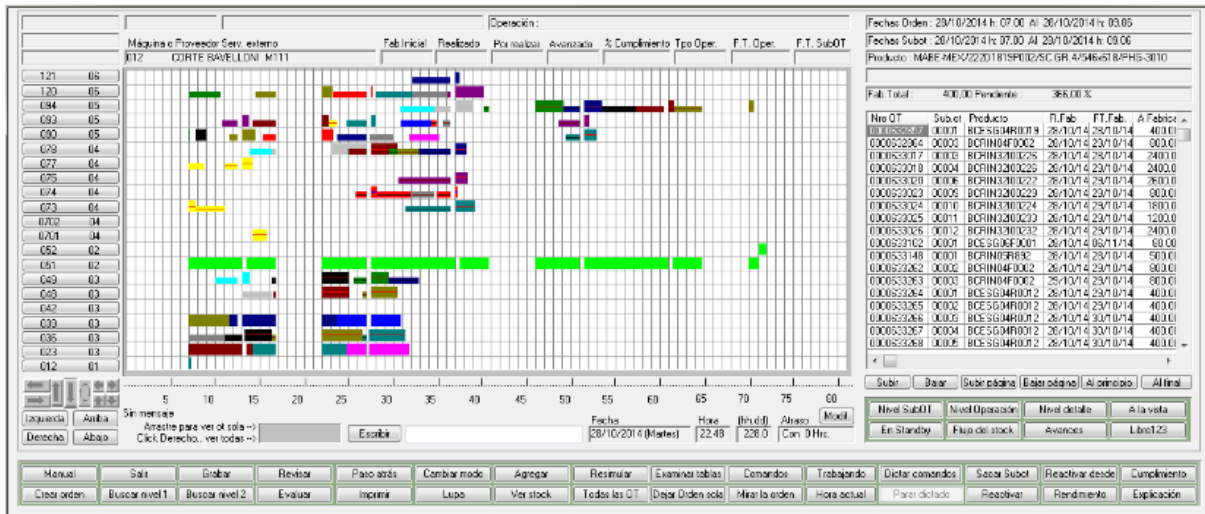


Ilustración 18: Interfaz de planificación de la producción de Random ERP. Fuente: (Random ERP, 2023)

El conjunto de órdenes de trabajo a cumplir y la disponibilidad existente acotada por la maquinaria y los recursos humanos buscan la resolución de una adecuada secuenciación y ubicación horaria del total de las fases de trabajo que conlleva la fabricación de las piezas, características óptimas en la búsqueda de un ERP que cumpla las funciones actualmente demandadas.

A demás de ofrecer la integración y trazabilidad comentada, ofrece una funcionalidad operacional en la cual para cada área de trabajo contempla algoritmos que automatizan y apoyan dicha actividad para que el usuario aborde actividades que sin ayuda del programa informático darían lugar a una gran complejidad y la gestión administrativa, contabilidad y presupuesto de remuneraciones del personal, y gestión y programación de la producción, dando lugar a poder utilizar un único ERP en la empresa, y anulando la necesidad de contar con dos ERP en Lasertall S.L, el encargado de la producción en fábrica y el utilizado para la gestión financiera empresarial.

Otra alternativa ofertada son las soluciones móviles, paralelas a las de escritorio, las cuales dan lugar a la toma de pedidos, movimientos de inventario y toma de inventario que se pudiese implementar en la compañía para una trazabilidad correcta del producto.

- Aqua ERP

El software de gestión ERP, Aqua, ofrece un planificador visual interactivo siendo este una herramienta de planificación basada en un diagrama de Gantt, con histogramas intuitivos para la gestión de la acumulación de recursos y tareas. (Aqua eSolutions, 2023), observándose a continuación un ejemplo de ello:

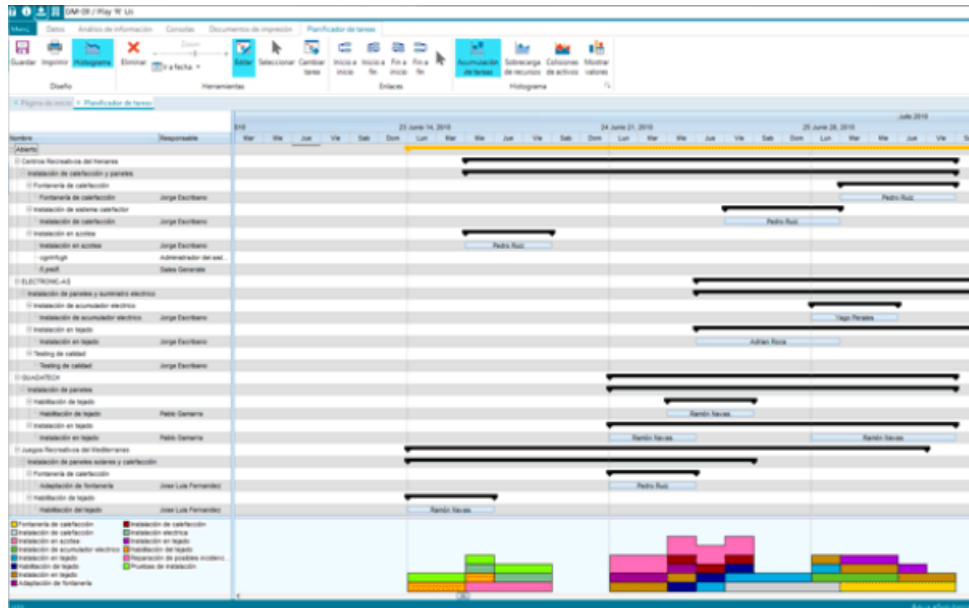


Ilustración 19: Interfaz de planificación de la producción de Aqua ERP. Fuente: (Aqua eSolutions, 2023)

Para la obtención de la planificación de la producción mostrada en la ilustración 19, AquaERP compone el planificado visual en tres secciones:

- Árbol de tareas: Lugar donde se introducen las tareas a planificar.
- Diagrama de Gantt: Lugar donde se realiza la planificación.
- Histograma: Donde se puede dar de tres maneras dependiendo si se gestiona la acumulación de tareas, la acumulación de recursos principales o los conflictos entre recursos activos.

A diferencia de Random ERP, dicho programa informático se especializa en las necesidades a cubrir por el cliente, es decir, se puede solicitar tanto el desarrollo de una funcionalidad específica necesaria para la empresa, como todos los ámbitos que se requieran para dar solución a la gestión empresarial.

6.3 Obtención del punto de pedido de las materias primas

Debido a la dependencia e incertidumbre de la compañía respecto a los proveedores de chapa, se va a hacer el estudio del punto de pedido, stock de seguridad y lote óptimo necesarios a pedir para abastecer, en este caso, a los dos clientes que mayor producción abarcan en la empresa, siendo estos PE e IM (ilustración 5).

La gestión de stocks es el conjunto de acciones destinadas a minimizar los gastos originados por el almacenamiento de existencias a la vez que se pretende alcanzar un determinado nivel de servicio al cliente. Por ello, la exigencia de problemas no resueltos en el sistema productivo exige la existencia de stocks, con la finalidad de conseguir el siguiente ciclo de mejora:



Ilustración 20: Objetivo de ciclo de mejora en el sistema productivo. Fuente: (Esteso Álvarez & Alemany Díaz, 2019)

El ciclo de mejora presentado (ilustración 20) representa visualmente los tres pasos a seguir para la eliminación de los problemas que no se evidencian. Un nivel de stock elevado conlleva problemas ocultos como pueden ser problemas de calidad, cuellos de botella en producción, materiales no localizados, entre otros, siendo los mencionados los principales causantes en Lasertall S.L. Por ende, mediante el diagrama de Ishikawa se ha evidenciado los problemas más críticos para la consecución del objetivo final para poder encontrar una solución y, ente caso, eliminar las causas que provocaban las roturas de stock de materia prima permitiendo que la producción funcione con niveles de inventario acorde a su demanda.

Se va a trabajar con un Sistema de Revisión Continua (SRC) el cual consta de modelos de cantidad fija de pedido (Modelo Q) representados con el siguiente diagrama:

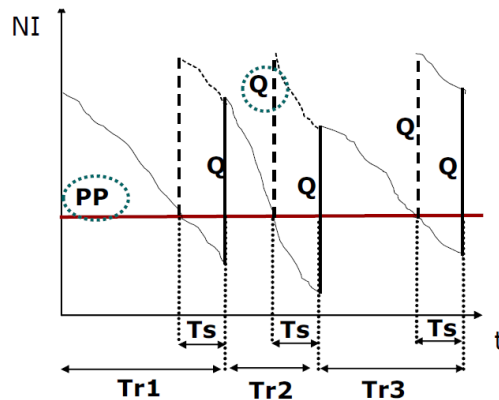


Ilustración 21: Modelo de cantidad fija de pedido (Modelo Q). Fuente: (Fernández Suárez, et al., 1999)

Diagrama que posee en el eje de abscisas el tiempo y el nivel de inventario (NI) en el eje de ordenadas. El modelo Q trabaja con la obtención del Punto de Pedido, siendo este el nivel de inventario en el que se debe realizar un nuevo pedido y Q representando el lote económico a pedir. Las siglas Ts dan lugar al tiempo de suministro que el proveedor tarda en entregar la mercancía y Tr es el tiempo de reaprovisionamiento, tiempo entre dos periodos consecutivos de recepción de la materia.

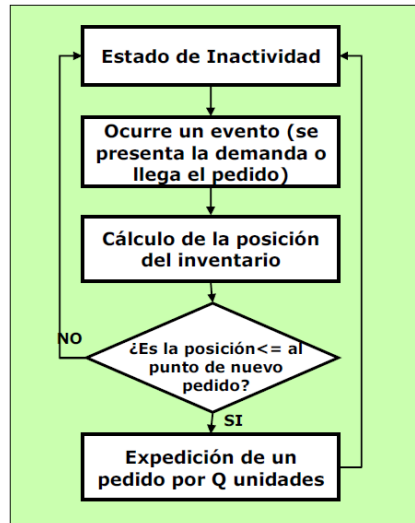


Ilustración 22: Diagrama de flujo del Sistema de Revisión Continua (SRC). Fuente: (Fernández Suárez, et al., 1999)

En la ilustración 19 se observa el funcionamiento que dicho sistema de revisión continua ha de seguir, en el cual partiendo de un estado de inactividad interrumpido por una demanda se calcularía la posición del inventario actual, si dicha posición de inventario es menor que el punto de pedido establecido, se lanza el pedido del lote óptimo necesario al proveedor, en caso contrario, se vuelve al estado de inactividad hasta la ocurrencia de un nuevo evento.

Para la aplicación del Modelo EOQ (*Economic Order Quantity*) se debe conocer si la demanda es lo suficientemente conocida y constante y determinar el coeficiente de variabilidad (VC), el cual si es menos al 20% da lugar a un Modelo EOQ determinista y de lo contrario obtendríamos un modelo básico de cantidad fija de pedido con demanda aleatoria.

Mediante el cálculo de la estimación de la demanda promedio por periodo, la varianza y la desviación típica obtenemos el siguiente resultado:

Demanda promedio por periodo	0,89
Varianza	0,71
Desviación típica	0,84
Coeficiente de variabilidad	0,94

Ilustración 23: Cálculo del coeficiente de variabilidad que estima la variabilidad relativa de la demanda. Fuente: Elaboración propia.

El resultado del coeficiente de variabilidad es de 0,94, muy superior al 0,2 establecido para una demanda determinista dando lugar al modelo básico de cantidad fija de pedido con demanda aleatoria, en la que se creará un stock de seguridad (SS) que absorba las posibles fluctuaciones que puedan llegar a darse con la meta de la disminución del riesgo de ruptura de stocks dependiendo este del nivel de servicio que se desee ofrecer al cliente.

Por tanto, el resultado obtenido en el cálculo del lote óptimo (Q), punto de pedido (PP) y stock de seguridad (SS) es el siguiente para el cliente IM:

Proyecto de mejora de procesos en una empresa del sector metalúrgico según la documentación del sistema de calidad y los requisitos de la norma ISO 9001:2015

Nombre ítem	4 meses consumo	Demanda anual media [uds/año]	Desviación n [uds/año]	Tiempo entrega medio [días naturales]	Desviación tiempo [días naturales]	Nivel de Seguridad % de pedidos sin rotur:	Precio ítem [€/ud]	Coste pedido [€/pedido]	Coste almacén [€/unid* año]	Tasa interés [% por 1]	Coste rotura stock [€/rotura]	Lote óptimo unid/pedido	Punto de Pedido [uds]	SS demanda [uds]	SS tiempo entrega [uds]	Stock Seg. [uds]	Coste [€]
AL-5754 3x1.5x1.5	65	195	19,5	4	1,41	95	0,11	400	12,47	0,03	6399,17	100	5	0,35	1,24	2	216,88
AL-5754 3x1.5x2	358	1074	107,4	4	1,41	95	0,10	400	2,26	0,03	6399,17	408	21	1,94	6,84	9	874,80
AL-5754 3x1.5x3	92	276	27,6	4	1,41	95	0,15	400	8,81	0,03	6399,17	130	7	0,50	1,76	3	437,40
AL-5754 3x1.5x5	18	54	5,4	4	1,41	95	0,25	400	45,02	0,03	6399,17	29	2	0,10	0,34	1	249,08
AL-5754 4x1.5x2	7	21	2,1	4	1,41	95	0,13	400	115,77	0,03	6399,17	12	2	0,04	0,13	1	129,60
AL-5754 4x2x2	28	84	8,4	4	1,41	95	0,17	400	28,94	0,03	6399,17	45	2	0,15	0,54	1	172,80
DX51D+SUP 1.5x1x1.5	136	408	40,8	8,5	2,12	95	0,02	400	5,96	0,03	12553,55	224	16	1,56	3,90	6	111,27
DX51D+SUP 1.75x1x2	30	90	9	8,5	2,12	95	0,03	400	27,01	0,03	12553,55	51	5	0,34	0,86	2	58,25
DX51D+SUP 1.8x1x1.5	255	765	76,5	8,5	2,12	95	0,02	400	3,18	0,03	12553,55	399	29	2,93	7,31	11	244,80
DX51D+SUP 1.85x1.5x2	12	36	3,6	8,5	2,12	95	0,04	400	67,53	0,03	12553,55	21	2	0,14	0,34	1	46,18
DX51D+SUP 1.8x1.5x2	215	645	64,5	8,5	2,12	95	0,04	400	3,77	0,03	12553,55	318	25	2,47	6,17	9	404,40
DX51D+SUP 2.5x1.5x3	75	225	22,5	8,5	2,12	95	0,06	400	10,81	0,03	12553,55	120	10	0,86	2,15	4	251,99
DX51D+SUP 2.2x1.5x3	72	216	21,6	8,5	2,12	95	0,08	400	11,26	0,03	12553,55	113	9	0,83	2,06	3	249,47
DX51D+SUP 2.5x1.2x1.5	271	813	81,3	8,5	2,12	95	0,03	400	2,99	0,03	12553,55	399	30	3,11	7,77	11	408,00
DX51D+SUP 2.5x1.5x3	66	198	19,8	8,5	2,12	95	0,09	400	12,28	0,03	12553,55	103	8	0,76	1,89	3	283,48
DX51D+SUP 2.6x1.5x3	133	399	39,9	8,5	2,12	95	0,09	400	6,09	0,03	12553,55	188	16	1,53	3,81	6	589,64
S235JR-DC 4x1.5x4	15	45	4,5	7,5	3,54	95	0,20	400	54,03	0,03	13043,12	25	2	0,15	0,72	1	201,59

Ilustración 24: Resultado de la obtención del Punto de Pedido, Lote Óptimo y Stock de Seguridad del cliente IM. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa.

Los tres materiales mayormente demandados por IM son:

- **AL-5754:** Se trata de una aleación de aluminio y magnesio. Aluminio de aleación 5754 (Al Mg 3) la cual soporta una gran resistencia mecánica y a la corrosión, siendo una mejor aleación que el aluminio puro para ambientes acuáticos.
- **DX51D+SUP:** Es un tipo de acero galvanizado diseñado para el conformado en frío por perfilado y doblado compatible con los convencionales tipos de soldadura.
- **S235JR-DC:** Hace referencia a un acero con límite elástico mínimo de 235 kN, el cual se utiliza normalmente con piezas que requieran de soldadura, insertos, y diferentes elementos estructurales.

Los cálculos correspondientes a la demanda anual parten del consumo de los últimos 4 meses hábiles de la compañía en los que se obtiene la información debido a la capacidad del programa informático utilizado para el seguimiento de la producción de las piezas de retención de la información. Por ello, el dato de la cantidad de chapas consumidas por el cliente en 4 meses se multiplica por 3 y se obtiene la aproximación de la demanda anual.

Una vez obtenida la demanda anual, para el cálculo de la desviación de la demanda al no contar con datos de demanda pronosticada debido a su aleatoriedad se va a multiplicar por el factor 0,1 considerando así que la demanda real será mayor a la que se hubiese podido pronosticar y poder calcular los datos al alza.

El cálculo del tiempo de entrega medio, al conocer los periodos de tiempo en los que fluctúa la recepción de los materiales se hace un promedio, en días, de dicho tiempo de entrega al igual que su desviación estándar para el cálculo de la desviación del tiempo de entrega de las materias primas.

El nivel de seguridad utilizado para los cálculos se ha fijado en un 95%, puesto que es el porcentaje de pedidos sin rotura como objetivo a alcanzar.

El precio por ítem, establecido en euros por unidad, se logra partiendo del precio por kilogramo del material a considerar establecido en el ERP de producción.

Denominación	Largo [m]	Ancho [m]	Espesor [m]	Densidad [kg/m ³]	€/kg	Peso [kg]	Precio/unidad
AL-5754 3x1.5x1.5	3	1,5	0,0015	2700,00	5,95	18,23	108,44
AL-5754 3x1.5x2	3	1,5	0,0020	2700,00	4,00	24,30	97,20
AL-5754 3x1.5x3	3	1,5	0,0030	2700,00	4,00	36,45	145,80
AL-5754 3x1.5x5	3	1,5	0,0050	2700,00	4,10	60,75	249,08
AL-5754 4x1.5x2	4	1,5	0,0020	2700,00	4,00	32,40	129,60
AL-5754 4x2x2	4	2	0,0020	2700,00	4,00	43,20	172,80
DX51D+SUP 1.5x1x1.5	1,5	1	0,0015	7850,00	1,05	17,66	18,55
DX51D+SUP 1.75x1x2	1,75	1	0,0020	7850,00	1,06	27,48	29,12
DX51D+SUP 1.8x1x1.5	1,8	1	0,0015	7850,00	1,05	21,20	22,25
DX51D+SUP 1.85x1.5x2	1,85	1,5	0,0020	7850,00	1,06	43,57	46,18
DX51D+SUP 1.8x1.5x2	1,8	1,5	0,0020	7850,00	1,06	42,39	44,93
DX51D+SUP 2.5x1.5x3l	2,5	1,5	0,0020	7850,00	1,07	58,88	63,00
DX51D+SUP 2.2x1.5x3l	2,2	1,5	0,0030	7850,00	1,07	77,72	83,16
DX51D+SUP 2.5x1.2x1.5	2,5	1,2	0,0015	7850,00	1,05	35,33	37,09
DX51D+SUP 2.5x1.5x3l	2,5	1,5	0,0030	7850,00	1,07	88,31	94,49
DX51D+SUP 2.6x1.5x3l	2,6	1,5	0,0030	7850,00	1,07	91,85	98,27
S235JR-DC 4x1.5x4	4	1,5	0,0040	7850,00	1,07	188,40	201,59

Ilustración 25: Cálculo del precio por chapa. Fuente: Elaboración propia.

Una vez conocido el largo, el ancho, el espesor y la densidad de cada tipo de chapa, se multiplican entre sí para obtener el peso en kilogramos de la chapa. Dicho peso se multiplica por el dato conocido del coste por kilogramo y obtenemos el precio por unidades de chapa (columna derecha de la ilustración 23).

El coste del lanzamiento del pedido se ha establecido en 400€, una aproximación que conlleva la redacción de la orden del pedido, los gastos de transporte del proveedor, la preparación de sus especificaciones, el registro de dicha orden, su seguimiento, etc. todo ello independiente del tamaño del lote a pedir. También se ha establecido una tasa de interés financiero al 3%, correspondiente al coste financiero de la compra (porcentaje variable dependiendo de la cuota de mercado actual).

El coste del almacén, establecido en euros entre unidades al año se ha calculado dividiendo el coste del metro cuadrado de la planta anualmente (31.200€) entre el número de huecos existentes para su almacenamiento (154), resultado que se divide por el máximo entre 1 o la demanda anual entre los meses del año $((31200/154)/\text{MAX}(1;\text{demanda anual}/12))$ [€/ud*año].

El coste de rotura de stock se establece con el sumatorio del tiempo de entrega medio y la desviación del tiempo que va multiplicando las horas de uso de las máquinas láser (16 horas debido a la existencia de dos turnos de 8 horas) y el coste de la maquinaria de corte láser por hora (73,78 €/h).

Una vez se tiene recopilada toda la información hasta ahora descrita, se procede al cálculo para la gestión del stock de materia prima.

El lote óptimo obtenido de cada tipo de chapa por unidad de pedido a realizar al proveedor se ha obtenido con la raíz cuadrada que divide la multiplicación de 2 por la demanda anual media y la tasa de interés entre el coste de almacén que suma el precio del ítem multiplicado por la tasa de interés del coste financiero de la compra de la chapa. $(\text{RAIZ}(2*\text{cte_pedido}*dem_anua_media/(\text{cte_almacén}+\text{precio_ítem}*\text{tasa_interés})))$ [ud/pedido].

Para el cálculo del Stock de Seguridad Total se ha obtenido el resultado de la suma del SS de la demanda y el SS respecto al tiempo de entrega.

El Stock de Seguridad de la Demanda corresponde a la variabilidad de la demanda, aplicando la desviación estándar de la demanda durante un periodo de tiempo determinado. Se tiene en cuenta el factor de nivel de servicio al cliente que se quiere dar, la demanda media anual y la desviación de dicha demanda diaria. El conocimiento del dato de dicha demanda es importante para dar continuidad a la producción sin caer en roturas de stock provocadas por situaciones imprevistas o fluctuantes.

El Stock de Seguridad del tiempo de entrega corresponde a la variabilidad del tiempo de entrega de los proveedores, lo cual (al igual que el SS de la demanda) se calcula respecto al nivel de servicio que la empresa quiere dar a sus clientes, la demanda media anual y la desviación de la entrega de materias primas por parte de los proveedores. Se utiliza para cubrir la incertidumbre del plazo de entrega de los proveedores.

Con la suma del SS de la Demanda y el SS del tiempo de entre, obtenemos el Stock de Seguridad Total de materia prima que la compañía debería tener para absorber las diferentes fluctuaciones que puedan surgir respecto a la demanda de los clientes o al plazo de entrega de los proveedores.

Una vez obtenido el Stock de Seguridad, se calculará el Punto de Pedido óptimo para la realización de la compra al proveedor. Resultado obtenido de sumar la demanda media por el tiempo de suministro del proveedor al stock de seguridad que se debe dar en la compañía.

Todo el proceso descrito se puede observar en el siguiente gráfico:

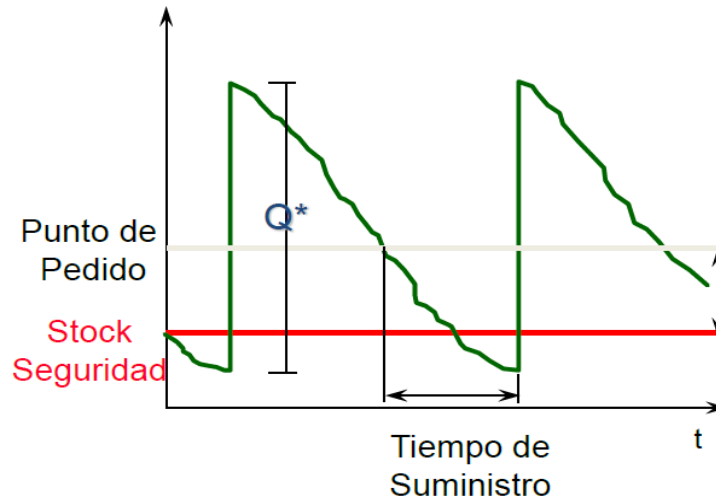


Ilustración 26: Modelo Básico de Cantidad Fija de Pedido con demanda aleatoria. Fuente: (Esteso Álvarez & Alemany Díaz, 2019)

Donde el Stock de Seguridad se establece en la cantidad de unidades necesarias en el inventario para no caer en la rotura de stock tras el estudio de los datos históricos del consumo y la demanda de materias primas. Creando un colchón entre el Punto de Pedido y el Stock de Seguridad para el aprovisionamiento de las materias desde su encargo hasta su recepción.

Siguiendo el mismo procedimiento descrito, se obtendrían los resultados para la gestión de stocks de materia prima de las chapas utilizadas para la fabricación de piezas destinadas al cliente PE:

Proyecto de mejora de procesos en una empresa del sector metalúrgico según la documentación del sistema de calidad y los requisitos de la norma ISO 9001:2015

Nombre ítem	4 meses consum	Demanda anual media [uds/año]	Desviación n [uds/año]	Tiempo entrega medio [días naturales]	Desviación tiempo [días naturales]	Nivel de Seguridad de pedidos sin rotur:	Precio ítem [€/ud]	Coste pedido [€/pedido]	Coste almacén [€/unid* año]	Tasa interés [% por 1]	Coste rotura stock [€/rotura]	Lote óptimo unid/pedido	Punto de Pedido [uds]	SS demanda [uds]	SS tiempo entrega [uds]	Stock Seg. [uds]	Coste [€]
AL-1050 2.5x1.25x1.5	3	9	0,9	8,5	2,12	95	68,60	400	202,60	0,03	12553,55	6	2	0,03	0,09	1	68,60
AL-1050 2.5x1.25x2	2	6	0,6	8,5	2,12	95	91,46	400	202,60	0,03	12553,55	5	2	0,02	0,06	1	91,46
AL-1050 2.5x1.25x3	20	60	6	8,5	2,12	95	139,73	400	40,52	0,03	12553,55	33	3	0,23	0,57	1	139,73
AL-1050 2x1x5	221	663	66,3	8,5	2,12	95	149,05	400	3,67	0,03	12553,55	256	25	2,54	6,34	9	1341,45
AL-1050 3x1.5x10	66	198	19,8	8,5	2,12	95	713,41	400	12,28	0,03	12553,55	69	8	0,76	1,89	3	2140,22
AL-1050 3x1.5x3	38	114	11,4	8,5	2,12	95	201,22	400	21,33	0,03	12553,55	58	5	0,44	1,09	2	402,44
AL-1050 3x1.5x5	41	123	12,3	8,5	2,12	95	335,36	400	19,77	0,03	12553,55	58	5	0,47	1,18	2	670,73
AL-1050 3x1.5x8	3	9	0,9	8,5	2,12	95	546,34	400	202,60	0,03	12553,55	6	2	0,03	0,09	1	546,34
COBRE 2x1x5	200	600	60	6	1,41	95	1128,06	400	4,05	0,03	8763,01	113	16	1,62	3,82	6	6768,38
COBRE-2x1x4	24	72	7,2	6	1,41	95	865,18	400	33,77	0,03	8763,01	32	3	0,19	0,46	1	865,18
COBRE-3- 2x1x3	14	42	4,2	6	1,41	95	749,95	400	57,88	0,03	8763,01	21	2	0,11	0,27	1	749,95
DX51D+SUP 1.85x1.5x2	12	36	3,6	8,5	2,12	95	46,18	400	67,53	0,03	12553,55	21	2	0,14	0,34	1	46,18
DX51D+SUP 3x1.5x2	25	75	7,5	8,5	2,12	95	74,89	400	32,42	0,03	12553,55	42	4	0,29	0,72	2	149,78
DX51D+SUP 3x1.5x3	62	186	18,6	8,5	2,12	95	113,39	400	13,07	0,03	12553,55	96	8	0,71	1,78	3	340,18
DX51D+SUP 2x1.5x1.5	50	150	15	8,5	2,12	95	37,09	400	16,21	0,03	12553,55	84	7	0,57	1,43	3	111,27
DX51D+Z275 1.6x1.5x2P	40	120	12	8,5	2,12	95	39,94	400	20,26	0,03	12553,55	67	5	0,46	1,15	2	79,88
DX51D+Z275 3x1.5x1	32	96	9,6	8,5	2,12	95	38,15	400	25,32	0,03	12553,55	54	5	0,37	0,92	2	76,30
DX51D+Z275 3x1.5x1.5	63	189	18,9	8,5	2,12	95	55,64	400	12,86	0,03	12553,55	103	8	0,72	1,81	3	166,91
DX51D+Z275 3x1.5x2	513	1539	153,9	8,5	2,12	95	56,17	400	1,58	0,03	12553,55	615	57	5,90	14,71	21	1179,50
DX51D+Z275 3x1.5x2.5	161	483	48,3	8,5	2,12	95	131,59	400	5,03	0,03	12553,55	208	19	1,85	4,62	7	921,10
DX51D+Z275 3x1.5x3	262	786	78,6	8,5	2,12	95	113,39	400	3,09	0,03	12553,55	312	30	3,01	7,51	11	1247,33
FE-L.F. 3x1.5x1.5	74	222	22,2	8,5	2,12	95	53,65	400	10,95	0,03	12553,55	119	9	0,85	2,12	3	160,96
FE-L.F. 3x1.5x2	25	75	7,5	8,5	2,12	95	72,25	400	32,42	0,03	12553,55	42	4	0,29	0,72	2	144,49
S235JR-DC 3x1.5x3	77	231	23,1	7,5	3,54	95	108,09	400	10,52	0,03	13043,12	116	10	0,78	3,68	5	540,47
S275JR-LC 3x1.5x4	10	30	3	7,5	3,54	95	148,37	400	81,04	0,03	13043,12	17	2	0,10	0,48	1	148,37
S275JR-LC 3x1.5x5	517	1551	155,1	7,5	3,54	95	187,22	400	1,57	0,03	13043,12	416	62	5,24	24,71	30	5616,68
S275JR-LC 3x1.5x8	424	1272	127,2	7,5	3,54	95	308,03	400	1,91	0,03	13043,12	303	52	4,30	20,27	25	7700,85

Ilustración 27: Resultado de la obtención del Punto de Pedido, Lote Óptimo y Stock de Seguridad del cliente PE. Fuente: Elaboración propia a partir de archivo de empresa

El presente cliente demanda una variedad de materiales mayor, siendo los siguientes:

- **AL 1050:** Se trata de un aluminio perteneciente a la serie 1000 de aleaciones con un contenido en aluminio del 99.5%. Tiene una alta conductividad eléctrica y térmica, utilizado comúnmente en cable eléctricos y conductores.
- **COBRE:** Gran conductividad que sometida al corte láser no se ve dañada para un posterior uso en componentes eléctricos o electrónicos. Destaca también por su caro precio.
- **DX51D+SUP:** Material comentado anteriormente que comparte con IM.
- **DX51D+Z275:** Acero galvanizado con 275 gramos de zinc por metro cuadrado.
- **FE LF:** Hierro laminado en frío utilizado en diversos sectores como la industria automotriz o la electrónica.
- **S235JR-DC:** Material comentado anteriormente que comparte con IM.
- **S275JR-LC:** Acero estructurado laminado en caliente con una resistencia de entre 410 y 560 MPa, dependiendo del espesor del material. Utilizado mayormente en estructuras de construcción.

Cuyos precios por unidad dependiendo del formato de chapa y su material han sido los siguientes:

Ítem	Largo [m]	Ancho [m]	Espesor [m]	Densidad [kg/m3]	[€/kg]	Peso [kg]	Precio/ud
AL-1050 2.5x1.25x1.5	2,5	1,25	0,0015	2710	5,40	12,70	68,60
AL-1050 2.5x1.25x2	2,5	1,25	0,002	2710	5,40	16,94	91,46
AL-1050 2.5x1.25x3	2,5	1,25	0,003	2710	5,50	25,41	139,73
AL-1050 2x1x5	2	1	0,005	2710	5,50	27,10	149,05
AL-1050 3x1.5x10	3	1,5	0,01	2710	5,85	121,95	713,41
AL-1050 3x1.5x3	3	1,5	0,003	2710	5,50	36,59	201,22
AL-1050 3x1.5x5	3	1,5	0,005	2710	5,50	60,98	335,36
AL-1050 3x1.5x8	3	1,5	0,008	2710	5,60	97,56	546,34
COBRE 2x1x5	2	1	0,005	8960	12,59	89,60	1128,06
COBRE-2x1x4	2	1	0,004	8960	12,07	71,68	865,18
COBRE-3- 2x1x3	2	1	0,003	8960	13,95	53,76	749,95
DX51D+SUP 1.85x1.5x2	1,85	1,5	0,002	7850	1,06	43,57	46,18
DX51D+SUP 3x1.5x2	3	1,5	0,002	7850	1,06	70,65	74,89
DX51D+SUP 3x1.5x3	3	1,5	0,003	7850	1,07	105,98	113,39
DX51D+SUP 2x1.5x1,5	2	1,5	0,0015	7850	1,05	35,33	37,09
DX51D+Z275 1.6x1.5x2	1,6	1,5	0,002	7850	1,06	37,68	39,94
DX51D+Z275 3x1.5x1	3	1,5	0,001	7850	1,08	35,33	38,15
DX51D+Z275 3x1.5x1.5	3	1,5	0,0015	7850	1,05	52,99	55,64
DX51D+Z275 3x1.5x2	3	1,5	0,0015	7850	1,06	52,99	56,17
DX51D+Z275 3x1.5x2.5	3	1,5	0,0025	7850	1,49	88,31	131,59
DX51D+Z275 3x1.5x3	3	1,5	0,003	7850	1,07	105,98	113,39
FE-L.F. 3x1.5x1.5	3	1,5	0,0015	7870	1,01	53,12	53,65
FE-L.F. 3x1.5x2	3	1,5	0,002	7870	1,02	70,83	72,25
S235JR-DC 3x1.5x3	3	1,5	0,003	7850	1,02	105,98	108,09
S275JR-LC 3x1.5x4	3	1,5	0,004	7850	1,05	141,30	148,37
S275JR-LC 3x1.5x5	3	1,5	0,005	7850	1,06	176,63	187,22
S275JR-LC 3x1.5x8	3	1,5	0,008	7850	1,09	282,60	308,03

Ilustración 28: Cálculo del precio por chapa. Fuente: Elaboración propia.

7. Mejora continua

Las empresas certificadas bajo la norma ISO 9001:2015 mantienen una filosofía de mejora continua, por lo que en Lasertall S.L, se ha estudiado la necesidad de implementar uno de los pilares de la mejora continua, la metodología 5S.

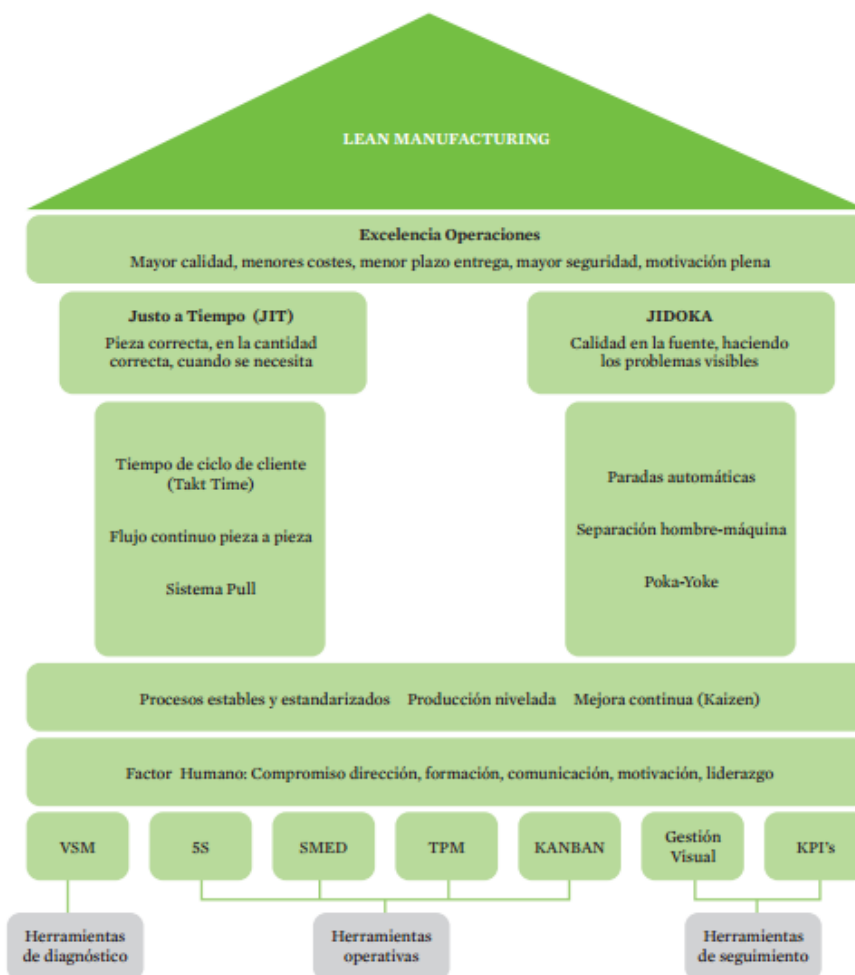


Ilustración 29: Adaptación actualizada de la casa Toyota. Fuente: (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

En la ilustración 29 se puede observar la casa Toyota, que parte del tejado, los pilares y los cimientos. Siendo la metodología 5S parte de los cimientos de la casa, es decir, uno de los primeros pasos a implantar para llegar a la construcción completa de la casa y el funcionamiento Lean Manufacturing en la organización.

7.1 Metodología 5S

La metodología 5S es una técnica utilizada para la mejora de las condiciones del trabajo de la empresa a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

La implementación de las 5S da lugar a cinco acciones a poner en funcionamiento que, en su idioma de origen hace referencia a:

- Seiri: Clasificar.
- Seiton: Ordenar.
- Seiso: Limpiar.
- Seiketsu: Estandarizar.
- Shitsuke: Crear hábito.

Para la implementación de dichas acciones, se necesitan seguir cuatro etapas:

1. Hacer un diagnóstico.

La empresa debe evaluar sus sistemas y procesos, una vez evaluado se deben establecer prioridades.

2. Implementar los cambios decididos.

Primeramente, se debe eliminar el desperdicio de los sistemas y/o procesos, disminuir todo inventario que no se necesita, reducir los tiempos de ciclo de la producción, aumentar el tiempo de respuesta, asegurarse que todas las piezas del producto final hayan pasado por control de calidad y ampliar la autonomía de los operarios.

3. Llevar un control de lo implantado.

Para el control de lo implantado, se debe pasar un cuestionario a los clientes para obtener su feedback. También se debe hacer saber a los proveedores el sistema Lean usado en la empresa y asegurarse de que los productos contratados siguen una alineación respecto a dicho principio. Todo ello se sigue mediante el establecimiento de indicadores y su control.

4. Estandarización.

Una vez pasado por las fases anteriores, se establecerán los procedimientos de manera oficial en un área para después poder establecerlo en los demás.

En conclusión, podemos decir que la herramienta de las 5S da lugar a la optimización de los procesos en fabricación porque combina la ventaja de la gestión visual, pudiendo tener a mano todo aquello que es visible y eliminando movimientos innecesarios debido a objetos que ralenticen el proceso y con el concepto básico de una organización, ya que un puesto de trabajo estandarizado facilita mucho más la eficiencia del operario, pudiendo así reducir tiempos de ciclo, aumentar la producción, reducir costes y aumentar beneficios.

En Lasertall S.L, se han implantado las 5S en todos los puestos de trabajo de la empresa siendo los más visibles los mostrados a continuación.

En la sección láser, en cada una de las máquinas existentes se ha habilitado un panel de herramientas para colocar las herramientas necesarias en el orden requerido, con una imagen plantilla al lado del panel que establece la manera correcta de su colocación.



Ilustración 30: Implantación de metodología 5S en la sección de corte láser. Fuente: Instalaciones de la compañía.

Al igual que la sección láser, la sección de mecanizado tiene un sitio específico para cada herramienta. Se puede observar en la ilustración 31, la cual fue tomada en el momento de descanso de los operarios de la sección y es visible que las herramientas no se dejaron en su sitio correspondiente, siendo una señal de que la última fase de la metodología, creación del hábito, todavía está en construcción.



Ilustración 31: Implantación de metodología 5S en la sección de mecanizado. Fuente: Instalaciones de la compañía.

En ilustración 32 se muestra la implementación de la metodología 5S en una de las plegadoras de la sección. En ella, se tienen las herramientas en el cajón situado abajo a la izquierda y cabe destacar, recuadrado en color rojo, la hoja de seguimiento de la sección (ilustración 33) en la que el operario debe realizar las acciones descritas antes de abandonar su puesto de trabajo al finalizar su jornada y, el operario del siguiente turno, antes de comenzar su jornada verificará que las acciones descritas fueron realizadas por el operario del turno anterior, marcando con una 'x' las acciones no llevadas a cabo. Siendo este modelo el seguido para el seguimiento en las demás secciones.

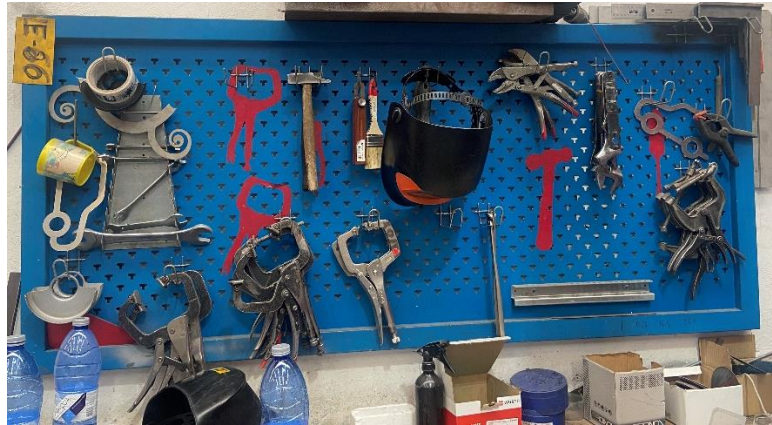


Ilustración 34: Implantación de metodología 5S en sección de soldado. Fuente: Instalaciones de la compañía.

8. Estudio económico

El estudio económico del presente trabajo consta de los siguientes datos para las diferentes causas encontradas:

- Sobrecarga de trabajo

La contratación de una Empresa Temporal de Trabajo costaría 18 €/h, un convenio con un Centro Especial de Empleo 10,82€/h de promedio o cursos de formación para los operarios con la ayuda de la Fundación Tripartita. La opción más económica es el convenio con un Centro Especial de Empleo, siendo la opción que mayor valor añadido daría a la compañía el aumento de las capacidades multidisciplinares de los recursos humanos a través de los cursos de formación de la Fundación Tripartita.

- Plazos de entrega, certificaciones de calidad y tareas definidas al día

La incorporación de cualquiera de los dos ERP propuestos para la mejoría del seguimiento del plan de producción, Aqua ERP y Random ERP, dependen de la instalación completa del ERP en la compañía o de la adquisición de módulos específicos para complementar los ERP ya existentes en la empresa en un intervalo de entre 350 y 600 euros la adquisición de 15 licencias de uno u otro programa informático.

- Incertidumbre de la materia prima

Los costes asociados a la obtención del stock de seguridad de las materias primas mayormente demandas en la compañía son 37.344,35€ en inventario mínimo que debe haber en el almacén respecto a los materiales citados.

El coste de mano de obra que supone las horas dedicadas del estudiante al análisis de la situación actual, el planteamiento de las alternativas de mejora y la solución propuesta para ella se da en un valor de 4,2€/hora, en el cual se ha empleado 300 horas dando lugar a 1.260€.

COSTE		
Mano de obra del estudiante	25,2	€/día
Empresa Temporal de Trabajo	144	€/jornada
Convenio Centro Especial de Trabajo	86,56	€/jornada
15 Licencias nuevo ERP	15	€/día
Inventario mínimo	1244,81	€/día

Ilustración 35: Costes diarios asociados a las propuestas. Fuente: Elaboración propia.

El coste de mano de obra del estudiante más la cantidad de opciones elegidas por la compañía para la mejora de las alternativas dará lugar al coste económico que se llevará a cabo. Siendo la opción más rentable la inversión del stock de seguridad requerido para alcanzar el objetivo del 95% de nivel de servicio al cliente y no caer en roturas de stock y el convenio con un Centro Especial de Empleo para los días en los que se forman cuello de botella en las secciones principales de la empresa en los que no haya operarios libres con formación para la realización de las tareas deseadas.

En la tabla de la ilustración 35 se pueden observar los costes de las diferentes alternativas diariamente, en la que el estudiante supone un coste de 25,2€ al día (en una jornada de 6 horas), un recurso contratado a una empresa temporal de trabajo una jornada de trabajo (8 horas) son 144€ y con un

convenio con un centro especial de trabajo 86,56€. La obtención de 15 licencias de un nuevo ERP, estableciendo que el coste serían 400€ da lugar a 15€ el día y el coste diario de almacenamiento del inventario mínimo a 1.244,81€, valor mínimo a invertir por la empresa para poner en marcha un método de mejora para la consecución del objetivo principal.

9. Conclusiones

Tras el estudio de este proyecto se han obtenido las siguientes conclusiones respecto a la solución propuesta del planteamiento de las alternativas de mejora obtenidas tras el análisis de la situación actual en la empresa Lasertall S.L.

La compañía procede bajo la metodología de la norma ISO 9001 en la cual la prioridad es la satisfacción del cliente. A lo largo del periodo de prácticas del estudiante, se ha trabajado bajo dicho entorno el cual le ha habilitado para detectar las ineficiencias que se dan en el actual sistema.

La consecución del 95% de nivel de servicio a prestar al cliente es establecida como el objetivo final de la empresa, que tras el seguimiento de los datos históricos recaudados no se ha alcanzado en el presente año en ningún mes (ilustración 11). Por ello, se ha decidido emplear una de las 7 herramientas de la calidad total, el diagrama de Ishikawa, con el objetivo de obtener la causa raíz que no permite a la organización alcanzar el efecto propuesto.

Las causas principales que se han estudiado para la propuesta de una solución se han elegido mediante el método de los factores ponderados aplicado a las causas obtenidas del diagrama de Ishikawa, siendo estas la sobrecarga de trabajo, los plazos de entrega ofertados, las certificaciones de calidad a los materiales, la definición de las tareas diariamente y la incertidumbre de la recepción de la materia prima.

La solución propuesta para ello desemboca en la contratación de recursos a una Empresa de Trabajo Temporal, un convenio con un centro especial de empleo o la inversión de los operarios en formación adicional para plantear un taller multitarea respecto a la sobrecarga de trabajo existente en las diferentes fases de trabajo.

Los plazos de entrega ofertados, las certificaciones de calidad de los materiales y las estructuras y la definición del plan de trabajo al día serían causas que desaparecerían con la incorporación de un nuevo módulo ERP en la gestión de los pedidos, ofreciendo un Diagrama de Gantt para el control de los procesos que llevan las piezas solicitadas y la simulación de los plazos de entrega dados para los nuevos pedidos. Opción que también supondría el conocimiento con exactitud previo de la carga de trabajo para la nivelación anterior de los recursos y prevenir la sobrecarga de trabajo que se pudiese dar en las diferentes áreas.

Para la incertidumbre de la materia prima, se ha obtenido el punto de pedido, stock de seguridad y lote óptimo de la cantidad de chapas consumidas por los dos clientes más importantes de la compañía, dando lugar a un inventario de material con un coste de 32.414,73€ para PE y de 4.929,63€ para IM. Esta diferencia de costes se debe a la mayor demanda por parte de PE y la utilización de chapas de cobre, que incrementan los costes notablemente.

También, dentro de la norma ISO 9001 se ha establecido la metodología 5S en las diferentes áreas de trabajo la cual está en proceso de creación de hábito por parte del personal con el objetivo de su estandarización en toda la planta.

10. Bibliografía

Aqua eSolutions, 2023. *Aqua eSolutions*. [En línea] Available at: https://www.aquaesolutions.com/?gclid=Cj0KCQjw3JanBhCPARIsAJpXTx68Wnuk0nSEQSOuGcxDHH0tcOcBCK1U4udrtMjEzLDoGaZn0BMKhMkaArjvEALw_wcB [Último acceso: 23 Julio 2023].

Chiva, J. L., 2021. *ISO 9001:2015*, Valencia: s.n.,

De Domingo y Arraz, 1997. *Calidad y mejora continua*. En: s.l.:Editorial Donostiarra.

Esteso Álvarez, A. & Alemany Díaz, M., 2019. *Gestión de stocks*, s.l.: s.n.

Fernández Suárez, N., Martínez Ferreras, J. & San José Nieto, L. A., 1999. *Gestión de stocks: Modelos de optimización y software*. s.l.:Universidad de Valladolid.

Goldratt, E. M. & Cox, J., 2004. *La meta: Un proceso de Mejora Continua*. 1996 ed. Mexico: Castillo.

Grupo Eginnova, 2014. *ISOTools Excellence*. [En línea] Available at: <https://www.isotools.us/2014/11/19/iso-9001-documentar-sistema-gestion-calidad/> [Último acceso: 17 Julio 2023].

Hernández Matías, J. C. & Vizán Idoipe, A., 2013. *Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación*. s.l.:s.n.

Instituto Nacional de Estadística, 2007. *Instituto Nacional de Estadística*. [En línea] Available at: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177032&menu=ultiDatos&idp=1254735976614 [Último acceso: 17 Julio 2023].

Izar Landeta, J. M. & González Ortiz, J. H., 2004. *Las 7 Herramientas Básicas de la Calidad*. México: Universitaria Potosina.

Lasertall S.L, 2023. *Lasertall S.L*. [En línea] Available at: <https://www.lasertall.com/> [Último acceso: 12 Julio 2023].

Paterna Ciudad de Empresas, 2023. *Paterna Ciudad de Empresas*. [En línea] Available at: <https://www.paternaciudaddeempresas.es/es/> [Último acceso: 12 Julio 2023].

Random ERP, 2023. *Random ERP*. [En línea] Available at: <https://www.random.cl/> [Último acceso: 26 Julio 2023].

Saeger, A. d., 2016. *El Diagrama de Ishikawa: Solucionar los problemas desde su raíz*. s.l.:50Minutos.es.