



**Universidad  
Europea**

Universidad Europea de Madrid

---

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA  
Y DISEÑO ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Grado en Ingeniería de Sistemas Industriales. Mención en mecánica.

TRABAJO FIN DE GRADO

Adaptación del método TPM en una empresa de conformado en frío de perfiles de acero

Alumno: D. Mario Abelardo Berzal Cerezo

Director: D. Jorge Asiain Sastre

FEBRERO 2022



## Tabla de contenido

1. Resumen.....	9
2. Abstract. ....	9
3. Estructura del proyecto.....	10
4. Objeto.....	11
5. Alcance. ....	12
6. Antecedentes y situación actual .....	13
6.1 Descripción de la empresa. ....	13
6.2 Procesos de producción. ....	23
6.3 Estructura de la fábrica. ....	25
6.4 Línea 4 .....	26
7. Estrategia de mantenimiento.....	31
7.1 Mantenimiento preventivo. ....	31
7.2 Mantenimiento correctivo. ....	33
7.4 Estrategia TPM. ....	35
7.5 Estrategia RCM.....	37
8. Propuesta de optimización.....	38
8.1 Gamas de mantenimiento.....	39
8.2 Instrucciones de mantenimiento. ....	43
8.3 Orden y limpieza.....	47
8.4 Detector de consumo de bobina.....	49
8.5 Protección electroválvula neumática.....	50
8.6 Control de entrada de material a la línea.....	51
8.7 Dosificador de taladrina. ....	53
8.8 Cizalla.....	54
8.9 Cilindro simple efecto con resorte. ....	58
8.10 Puertas de acceso.....	59
8.11 Limitador de par mecánico.....	60
8.11.1 Diseño.....	63
8.11.2 Primer boceto.....	64
8.11.3 Segundo boceto.....	67



8.11.4 Cálculos BIM.....	68
8.12 Optimización stock de recambios neumáticos.....	69
9. Aspecto socioeconómico.....	70
9.1 Ampliación departamento mantenimiento.....	70
9.2 Planificación de trabajos.....	72
9.3. Presupuesto.....	74
10. Planos.....	75
10.1 Planos detector consumo bobina.....	75
10.2 Planos protección electroválvula.....	76
10.3 Planos limitador de par.....	77
11. Normativa.....	81
12. Conclusiones.....	82
13. Bibliografía.....	83



## Índice de imágenes.

Imagen 1. Línea de producción. Zona de perfilado. Fuente: Fotografía propia.	Pag. 13.
Imagen 2. Cilindro neumático con restos de viruta y taladrina. Fuente: Fotografía propia.	Pag. 14
Imagen 3. Zona superior de un grupo hidráulico con restos de aceite y viruta. Fuente: Fotografía propia.	Pag. 15
Imagen 4. Instalación de desengrase. Fuente: Fotografía propia.	Pag. 15
Imagen 5. Grupo hidráulico con suciedad y descolocado. Fuente: Fotografía propia.	Pag. 16
Imagen 6. Impresora INKJET PRINTER 43S. Fuente: imagen propia.	Pag. 17
Imagen 7. Flejadora Reisopak AT 1400. Fuente: <a href="http://www.reisopak.com">www.reisopak.com</a> .	Pag. 17
Imagen 8. Aplicación ACCESS de mantenimiento. Fuente: ACCESS Perfiles Blanco.	Pag. 20
Imagen 9: Captura de pantalla de la aplicación Access para consulta. Fuente: ACCESS Perfiles Blanco.	Pag. 21
Imagen 10: acceso al stock de recambios definidos por familia. Fuente: ACCESS Perfiles Blanco.	Pag. 21
Imagen 11. Plano de situación de la fábrica. Fuente: Perfiles Blanco.	Pag. 21
Imagen 12. Pletina con cuatro tipos de colisos. Fuente: Imagen propia.	Pag. 23
Foto 13: Zona enderezador con chorro de taladrina. Fuente: Imagen propia.	Pag. 24
Foto 14: Cizalla diagonal. Fuente: foto propia.	Pag. 25
Foto 15: Mecanismo de giro cizalla. Fuente: foto propia.	Pag. 25
Imagen 16. Devanadera doble. Fuente: Imagen propia.	Pag. 26
Imagen 17. Engrase rodamiento combinado. Fuente: Imagen propia.	Pag. 26
Imagen 18: Enderezador y perfiladora. Fuente: Imagen propia.	Pag. 26
Imagen 19: Encoder rotatorio. Fuente: Imagen propia.	Pag. 26



Imagen 20: Regulación utillaje perfiladora. Fuente: Imagen propia.	Pag. 27
Imagen 21: Perfiladora de 14 pasos. Fuente: Imagen propia.	Pag. 27
Imagen 22: cizalla volante. Fuente: Imagen propia.	Pag. 28
Imagen 23: detectores de subida y bajada. Fuente: Imagen propia.	Pag. 28
Imagen 24: Impresora de tinta. Fuente: Imagen propia.	Pag. 29
Imagen 25. Instalación soplador. Fuente: Imagen propia.	Pag. 29
Imagen 26. Isla robótica. Fuente: Imagen propia.	Pag. 29
Imagen 27: conveyor para zona de flejado. Fuente: Imagen propia.	Pag. 29
Imagen 28. Grupo hidráulico para mesa elevadora. Fuente: Imagen propia.	Pag. 30
Imagen 29. Mesa de elevadora de tijera. Fuente: Imagen propia.	Pag. 30
Imagen 30. Acceso a flejadora portátil. Fuente: Imagen propia.	Pag. 30
Imagen 31. Puerta sin seguridad. Fuente: Imagen propia.	Pag. 30
Imagen 32. Paletizado de los paquetes ya flejados. Fuente: Imagen propia.	Pag. 30
Imagen 33. Diagrama de decisión. Fuente: <i>Total Productive Maintenance</i> . Steven Morris.	Pag. 37
Imagen 34. Válvula de cierre con descarga. Fuente:	Pag. 44
Imagen 35. Señal de peligro. No accionar. Fuente:	Pag. 45
Imagen 36. Zona de trabajo encoder. Fuente: Imagen propia.	Pag. 47
Imagen 37. Enderezador. Fuente: Imagen propia.	Pag. 47
Imagen 38. Panel para herramientas. Fuente: Imagen propia.	Pag. 48
Imagen 39. Detector de consumo de bobina. Fuente: Imagen propia.	Pag. 49
Imagen 40: Vista isométrica del soporte detector. Fuente: Captura SolidWorks	Pag. 49
Imagen 41: Vista isométrica parte inferior/superior soporte. Fuente: Captura SolidWorks	Pag. 49
Imagen 42: Electroválvula para freno. Fuente: Imagen propia.	Pag. 50
Imagen 43: Vista isométrica protección electroválvula. Fuente: Captura SolidWorks	



	Pag. 50
Imagen 44. Detector posición alta. Fuente: Imagen propia.	Pag. 51
Imagen 45. Detector posición baja. Fuente: Imagen propia.	Pag. 51
Imagen 46. Rocío de taladrina. Fuente: Imagen propia.	Pag. 53
Imagen 47. Restos de taladrina. Fuente: Imagen propia.	Pag. 53
Imagen 48. Instalación de pulverizado. Fuente: Imagen propia.	Pag. 53
Imagen 49. Armario de valvulería de la instalación. Fuente: Imagen propia.	Pag. 53
Imagen 50. Vista de alzado de la cizalla. Fuente: Imagen propia.	Pag. 54
Imagen 51. Cilindro para cizalla volante. Fuente: Imagen propia.	Pag. 55
Imagen 52: Instalación neumática zona cizalla. Fuente: Imagen propia.	Pag. 55
Imagen 53. Grupos hidráulicos para las cizallas. Fuente: Imagen propia.	Pag. 55
Imagen 54. Manómetro con marcas del rango óptimo de funcionamiento. Fuente: Imagen propia.	Pag. 56
Imagen 55. Cambio de situación equipo F.R.L. Fuente: Imagen propia.	Pag. 56
Imagen 56. Situación actual equipo F.R.L. Fuente: Imagen propia.	Pag. 56
Imagen 57. Equipo F.R.L. con valvulería. Fuente: Imagen propia.	Pag. 57
Imagen 58. Cilindro neumático de doble efecto. Fuente: Imagen propia.	Pag. 58
Imagen 59: Captura del catálogo de cilindros. Fuente: Catálogo	Pag. 58
Imagen 60: Cerrojo de seguridad para puerta de acceso.	Pag. 59
Imagen 61: Detector de altura baja de pletina. Fuente: Imagen propia.	Pag. 61
Imagen 62: Detector de altura alta/baja. Fuente: Imagen propia.	Pag. 61
Imagen 63. Acoplamiento para flector en perfiladora. Fuente: Imagen propia.	Pag. 62
Imagen 64. Vistas isométrica acople motor. Fuente: Captura SolidWorks	Pag. 64
Imagen 65: Propiedades geométricas del acoplamiento al motor. Fuente: captura de SolidWorks.	Pag. 64
Imagen 66: Características para una chaveta normalizada. Fuente: Catálogo Opac components	Pag. 65



- Imagen 67: propiedades de masa de la chaveta diseñada. Fuente: Captura SolidWorks  
Pag. 65
- Imagen 68. Vista isométrica del fusible mecánico. Fuente: Captura SolidWorks Pag. 65
- Imagen 69. Propiedades mecánicas del fusible mecánico. Fuente: Captura SolidWorks.  
Pag. 66
- Imagen 70. Corte por sección de vista de alzado del conjunto fusible mecánico. Fuente:  
Captura SolidWorks Pag. 66
- Imagen 71: Corte por sección de la unión del eje y rueda. Fuente: Captura SolidWorks.  
Pag. 67
- Imagen 72: Corte por sección del conjunto. Fuente: Captura SolidWorks. Pag. 67
- Imagen 73. Corte por sección de vista isométrica del conjunto en Ansys. Fuente:  
Captura Ansys. Pag 68
- Imagen 74. Mallado de 2 mm para el análisis. Fuente: Captura Ansys. Pag 68
- Imagen 75: Cilindro línea 2. Fuente: Imagen propia. Pag. 69
- Imagen 76: Cilindro línea 7. Fuente: Imagen propia. Pag. 69
- Imagen 77: Características cilindro FESTO DSNU. Pag. 69
- Imagen 78: Factura. Fuente: Imagen propia. Pag. 74



## Índice de tablas

Tabla 1: Captura de pantalla del Excel Stock de recambios. Fuente: Excel Perfiles Blanco. Pag. 18

Tabla 2: Captura de pantalla del Excel Stock de recambios. Fuente: Excel Perfiles Blanco Pag 18.

Tabla 3. Registro intervenciones por parte de mantenimiento. Fuente: Excel Perfiles Blanco. Pag. 19

Tabla 4. Registro de anotaciones en la gama de mantenimiento. Fuente: Excel propio. Pag. 39

Tabla 5. Hoja de registro de las modificaciones de gama de mantenimiento. Fuente: Excel propio. Pag. 39

Tabla 6: Cabecera de la gama de preventivo a rellenar. Fuente: Excel propio. Pag. 41

Tabla 7. Cabecera del informe del mantenimiento preventivo. Fuente: Excel propio. Pag.42

Tabla 8. Informe de mantenimiento preventivo a rellenar. Fuente: Excel propio. Pag.42



Índice de fórmulas.

Fórmula 1. Coste Esperado Reparación.

Pag. 33



## 1. Resumen.

Este proyecto recoge el análisis, la síntesis y la propuesta para mejorar los tiempos de producción de una industria de conformado de perfiles de acero en frío, centrándose en soluciones para la gestión y la ejecución de los métodos de mantenimiento. La estrategia que se propone está basada en el método LEAN Manufacturing, utilizando la herramienta Total Productive Maintenance, al ser una estrategia que vincula producción con mantenimiento.

Se han estudiado los procesos de producción de todas las líneas de manera general, tomando una de las líneas como línea piloto para comenzar con el proceso de adaptación. Se desarrolla la primera intervención presupuestando el estudio y la realización de algunas de las propuestas.

Las propuestas que se presentan abarcan distintas ramas de la ingeniería, desde el diseño, organización industrial, soldadura, y prevención de riesgos laborales.

Palabras clave: Lean Manufacturing, Total Productive Maintenance, Estrategia, Riesgos laborales, Organización industrial, Preventivo.

## 2. Abstract.

This project gathers the analysis, the synthesis and the proposal to improve the production times of a cold forming industry of steel profiles, focusing on solutions for the management and execution of maintenance methods. The proposed strategy is based on the LEAN Manufacturing method, using the Total Productive Maintenance tool, as it is a strategy that links production with maintenance.

The production processes of all the lines have been studied in a general way, taking one of the lines as a pilot line to start the adaptation process. The first intervention is developed budgeting the study and the realization of some of the proposals.

The proposals that are presented cover different knowledge of engineering, from design, industrial organization, welding, and occupational hazards

Keywords: Lean Manufacturing, Total Productive Maintenance, Strategy, Occupational hazards, Industrial Organization, Preventive.



### 3. Estructura del proyecto.

La estructura del proyecto comienza visitando la fábrica sobre la que se va a trabajar, contactando con el director comercial y el director de producción. Tras varias visitas se ha definido la situación actual de la fábrica, para conocer el punto exacto de dónde se parte. Antes de plantear las propuestas se han desarrollado conceptos tanto de mantenimiento preventivo, correctivo y futuras estrategias aplicables en la fábrica. Una vez definidas las primeras reseñas se ha valorado la realización de las propuestas en función de los recursos y la implicación en los niveles de producción. Para terminar se ha elaborado un presupuesto de las primeras acciones a completar sobre la propuesta de mejora. Estas propuestas de mejora se han complementado con planos de diseño, precios comerciales, y planificación.



#### 4. Objeto.

El objeto del presente trabajo de fin de grado es la dotación de una estrategia de producción orientada al método Total Productive Maintenance para una fábrica de conformado de perfiles en frío. Se tratará tanto la resolución de incidencias no contempladas, como la mejora en las estrategias del mantenimiento preventivo. También se tratarán varias optimizaciones relacionadas con la eficiencia y la seguridad para producción. Con esta estrategia se quiera aportar en primer lugar una mayor eficiencia en las máquinas, y una mejora continua en los procesos de producción y mantenimiento gracias al registro, análisis y síntesis de la información que se generan. Esta metodología es una de las partes que compone el método Lean Manufacturing.

Los nuevos procesos que se busca implantar tendrán también un análisis de viabilidad económica, buscando reducir también el gasto en las máquinas a largo plazo.

La elección de esta línea ha sido una propuesta tanto por parte de la empresa como por parte del autor del proyecto, también se propuso hacer un estudio más general de la fábrica, pero la urgencia de tener esta línea sin paradas no deseadas ha sido el motivo de la decisión.



## 5. Alcance.

El objetivo a corto plazo de este proyecto es analizar, definir y proponer los mantenimientos correctivos pendientes que tiene una de las 5 líneas de producción que hay en esta fábrica. La propuesta a largo plazo es cómo realizar la fase inicial para adaptar los métodos de mantenimiento a la estrategia LEAN Manufacturing, dando a conocer tanto a los departamentos de mantenimiento como de producción la herramienta Total Productive Maintenance.

Para este proyecto el autor ha contactado con una empresa ya conocida por trabajos de consultoría para averías. La subida de producción de la fábrica les exige una confiabilidad en sus instalaciones más elevada que en periodos anteriores, de ahí la necesidad en mejorar los métodos de mantenimiento.

Para realizar este proyecto ha sido necesario visitar la fábrica en producción varias veces para conocer el funcionamiento de cada parte de la línea que se estudia. Estas visitas han sido guiadas por el operario de mantenimiento y uno de los directores de producción. La disponibilidad por parte del cliente ha sido fundamental, aportando documentos sobre registros de stock, registros de actuaciones de mantenimiento, y resolviendo cualquier duda que surgía. También se ha visitado la fábrica fuera de producción para poder acceder a las zonas de trabajo sin riesgos y aprender el funcionamiento de una manera más detallada.

Los trabajos que se ha propuesto realizar a corto plazo tienen la condición de no provocar paradas de producción debido a los retrasos que ya tienen y la elevada demanda en la que se encuentra la industria, por eso estas primeras mejoras se tienen que realizar en fines de semana, finalizándolas en esa misma jornada de trabajo evitando ajustes tediosos o complejos que puedan interferir negativamente en la producción durante la semana.

## 6. Antecedentes y situación actual

### 6.1 Descripción de la empresa.

El plan de mantenimiento que se desarrolla a continuación está destinado a una empresa de conformado en frío de perfiles de acero mayoritariamente para el sector de la construcción; tabiquerías de yeso, rastreles de cubiertas, estructuras ligeras, Steel framing, y perfiles especiales para las exigencias del sector. El producto y servicio que ofrecen al sector construcción da una visión de la amplia gama de soluciones que aportan desde perfiles decorativos hasta falsos techos y fachadas metálicas.

La experiencia de Perfiles Blanco S.L. nace en el año 1958 llegando a ser en la actualidad una de las empresas pioneras en nuestro país, abarcando sectores como la construcción, industria, automoción, aislantes térmicos, energías renovables y automoción aportando una extensa oferta de productos, teniendo en cuenta la aparición de nuevos materiales y sistemas constructivos. Esto hace que la empresa tenga una gran flexibilidad dirigida a las necesidades de los clientes.

Para poder ofrecer soluciones innovadoras con una viabilidad económica aceptable en los distintos sectores se hace necesario una inversión continua en tecnología, y este proyecto es una parte fundamental para este objetivo, aportando una base en la digitalización de la empresa.



Imagen 1. Línea de producción. Zona de perfilado. Fuente: Fotografía propia.

El departamento de mantenimiento en esta empresa siempre ha estado gestionado por la misma persona, abarcando el mantenimiento predictivo, mantenimiento correctivo, y mantenimiento preventivo. Todas las tareas que rodean a estos mantenimientos también las llevaba esta persona, como la gestión de repuestos, la fabricación de piezas, las mejoras y la comunicación con producción. Hace unos años esta persona se jubila sin la opción de contratar a una persona que solape la baja permanente, dejando a la empresa sin los estándares de trabajo que había seguido hasta el momento para un mantenimiento lineal y productivo.

En la actualidad hay dos personas que con la ayuda de un tercero perteneciente a una empresa externa llevan el departamento de mantenimiento, enfocándose exclusivamente al mantenimiento correctivo debido al elevado número de averías que tienen por el exceso de producción y la falta de mantenimiento continuado desde la jubilación del anterior operario de mantenimiento. El vacío de mantenimiento durante un largo periodo de tiempo, y el exceso de producción, ha provocado que se acumulen tareas esenciales en mantenimiento como limpieza y renovación de elementos de desgaste de las líneas de producción.

Los procesos de producción en esta industria requieren del uso de taladrina para que el material no exceda temperaturas que puedan generar tensiones no deseadas, también se usan productos desengrasantes por petición de clientes, al venir la materia prima engrasada para mejorar sus manipulación. Otro residuo que se genera en esta industria y que puede provocar averías es la viruta o restos de material que se producen en los procesos de troquelado, y cizalladura.



Imagen 2. Cilindro neumático con restos de viruta y taladrina. Fuente: Fotografía propia.

Las líneas de producción tienen registros y contenedores para recoger todos los residuos que generan los procesos de manufactura, y los dosificadores de taladrina y desengrasante tienen incorporadas vías de recirculación y dosificación para utilizar estos productos de la manera más eficiente. La falta de personal y exceso de producción hace que la limpieza de las instalaciones esté a un 40%, no se recoge de una forma periódica habiendo así una acumulación excesiva de restos de material. También esta limpieza incompleta puede llevar a la confusión de que posibles fugas hidráulicas sean restos de taladrina o desengrasante y viceversa.



Imagen 3. Zona superior de un grupo hidráulico con restos de aceite y viruta. Fuente: Fotografía propia.



Imagen 4. Instalación de desengrase. Fuente: Fotografía propia.

Para la realización de los trabajos de mejora y de mantenimiento con unas condiciones de seguridad al nivel de la planificación de la estrategia TPM, se hace necesario instalar componentes o modificar algunos que ya hay. Para un trabajo en las condiciones pertinentes de seguridad tiene que haber sistemas de seguridad fiables y difíciles de esquivar. Los accesos a las islas de trabajo tienen detectores de posición, pero no tienen cerrojos en comunicación con las paradas de emergencia. También hay instalaciones con barreras de seguridad fotoeléctricas en activo, pero no es suficiente para minimizar los riesgos.

La lógica que se ha empleado para las instalaciones neumáticas no es la más adecuada para los procesos de producción que se realizan, por lo que también se harán reseñas sobre las instalaciones neumáticas aportando soluciones factibles y viables desde el punto de vista económico.

Las líneas de producción tienen grupos hidráulicos para las prensas y las cizallas de corte. En varias líneas nos encontramos con los equipos sin fijación al suelo, lo que puede provocar formas no deseadas en los manguitos hidráulicos. El no tener una fijación también puede provocar otras situaciones no deseadas como golpes o entorpecimiento de los trabajos de producción. El mantenimiento de estos grupos hidráulicos no es tan frecuente como otras partes de las líneas de producción, pero se hace necesario reservar un espacio contiguo a estos grupos para el cambio de aceite. La disposición de éstos también ha de tener en cuenta la visibilidad de los niveles de aceite de presión como de volumen.



Imagen 5. Grupo hidráulico con suciedad y descolocado. Fuente: Fotografía propia.

En estos equipos hidráulicos también se hace necesario una fijación para el buen funcionamiento debido a las vibraciones que tiene y las presiones a las que se trabaja, podemos encontrar grupos hidráulicos que trabajan a presión de 200 bares.

Para algunos equipos como son las impresoras o las máquinas flejadoras el mantenimiento correctivo ha de hacerse por parte de la empresa que ha suministrado los equipos debido a que la garantía va unida al mantenimiento y posibles reparaciones de estos. Sobre estos equipos se indicarán ciertas acciones de mantenimiento que si se podrán hacer desde la fábrica por parte del departamento de mantenimiento.



Imagen 6. Impresora INKJET PRINTER 43S. Fuente: imagen propia.



Imagen 7. Flejadora Reisopak AT 1400. Fuente: [www.reisopak.com](http://www.reisopak.com)

Otro motivo por el que el mantenimiento de estos equipos ha de externalizarse es por la vinculación indirecta con los objetivos de producción, el objetivo de la empresa es la perfilación, no el marcado y el empaquetado de producto terminado. Estos dos equipos hay que tener en cuenta que pueden provocar cuellos de botella en la producción, por lo que su fiabilidad debe ser elevada y no habrá que escatimar en la calidad de estos equipos.

Para la eficiencia en mantenimiento el uso del recambio adecuado es fundamental, no solo por la fiabilidad que nos dará sino también por el ahorro a la hora de unificar



repuestos. Las líneas de producción terminan en una bancada que agrupa perfiles ya terminados y los empuja a una zona de flejado. Estas bancadas son comunes en las líneas de producción, y comparten elementos como son los cilindros con otras partes de la instalación. Estos cilindros tienen una importancia elevada por ser otro elemento que genera el fenómeno cuello de botella en caso de un mal funcionamiento. Este tipo de proceso, movimiento en línea del producto terminado, comparte componentes con otros procesos, por lo que el repuesto es recomendable que sea igual, esto conllevará pequeñas modificaciones en algunas partes, pero el ahorro en tiempo y las mejoras en eficiencia serán sustanciales.

Actualmente si hay un registro de stock de repuestos, pero no enfocado a la gestión desde el departamento de mantenimiento, contabilizando únicamente el stock mínimo y el stock actual, sin ningún referencia a cuantas máquinas comparten ese repuesto, última salida, última entrada, localización en almacén.

INVENTARIO MECANICO												
MARCA	REFERENCIA	STOCK	CANTIDAD MINIMA P.M	UBICACION								
PNEUMAX	1260.25.150 M	3	3									
PNEUMAX	1260.25.50	10	10									
PNEUMAX	1272.16.25	4	4									
PNEUMAX	1261.16.25 M	1	1									
PNEUMAX	1260.16.75	4	4									
PNEUMAX	1260.25.75	3	3									
PNEUMAX	1260.25.75 A	2	2									
PNEUMAX	1260.216.50 A	1	1									
PNEUMAX	1260.25.150 MA	3	3									
PNEUMAX	1260.25.250 M	1	1									
PNEUMAX	1260.25.100 M	1	1									
AIRÓN	EBAM.25.150	2	2									
PNEUMAX	1260.20.10 M	7	7									
PNEUMAX	1260.25.250 M	1	1									
METAL WORK	1130250250CP REPARADO 3/1/19	1	1									
FESTO	DSNU-25-250-P-A REPARADO 23/4/17	1	1									
FESTO MORTIGUADOR	DSN-12-80 P	1	1									

Tabla 1: Captura de pantalla del Excel Stock de recambios. Fuente: Excel Perfiles Blanco

LINEA 2											
Maquina 1				Maquina 2				Maquina 3			
Mécanica	Eléctrica										
Referencia	Cantidad										
Pieza 1	2	Pieza 8	3	Pieza 1	2	Pieza 8	2	Pieza 1	2	Pieza 8	1
Pieza 2	4	Pieza 9	4	Pieza 2	4	Pieza 9	3	Pieza 2	4	Pieza 9	3
Pieza 3	5	Pieza 2	5	Pieza 3	5	Pieza 2	5	Pieza 3	5	Pieza 2	5
Pieza 4	2	Pieza 6	2	Pieza 4	2	Pieza 6	3	Pieza 4	2	Pieza 6	6
Pieza 5	1	Pieza 5	1	Pieza 5	1	Pieza 5	2	Pieza 5	1	Pieza 5	3
Pieza 6	0	Pieza 3	2	Pieza 6	0	Pieza 3	1	Pieza 6	0	Pieza 3	2

Tabla 2: Captura de pantalla del Excel Stock de recambios. Fuente: Excel Perfiles Blanco

El registro de averías actual es un archivo Excel donde se refleja:



- Fecha de parada: solo hay registro del año 2020, año en el que las condiciones han sido extraordinarias debido a la situación COVID, por lo que no es fiable para tomar esos datos como referencia.
- Máquina: aparece el conjunto donde se ha intervenido, perfiladora, flejadora, prensa.
- Descripción: describe el mantenimiento correctivo realizado pero no aparece la causa del fallo, pudiéndose repetir el fallo.
- Próxima revisión: no hay datos registrados en esta columna. Este apartado es propio de una ficha de seguimiento de mantenimiento preventivo y no de mantenimiento correctivo.
- Medios de reparación: en esta columna se diferencia entre reparación por parte de la empresa, o reparación externalizada.
- Importe: coste del recambio utilizado, o del servicio de externo.
- Horas de parada: registra el tiempo que no ha estado produciendo la línea en dónde se ha producido la avería.
- Importe paralización: este importe está basado en el precio de producción global, estimado en 95€/hora, independiente de la línea de producción utilizada
- Importe total: suma de los recambios utilizados y las horas de paralización de la máquina.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2020							REPARACIÓN		
Nº Part.	FECHA	ID	MÁQUINA	MODELO	DESCRIPCIÓN	PRÓXIMA REVISIÓN	MEDIOS DE REPARACIÓN	IMPORTE	IMPORTE TOTAL DE REPUESTOS
0001	02/01/2020	104	Perfiladora		7 Reparar vástago de cilindro expulsor		MEDIOS PROPIOS		0,00 €
0002	02/01/2020	99	Perfiladora		2 Soldar vástago expulsor		MEDIOS PROPIOS		0,00 €
0003	02/01/2020	47	Impresora		E.TINTA-4 (p) Ajustar impresión		MEDIOS PROPIOS		0,00 €
0004	03/01/2020	99	Perfiladora		2 Soldar vástago expulsor		MEDIOS PROPIOS	24,87 €	0,00 €
0005	07/01/2020	104	Perfiladora		7 Soldar vástago expulsor y ajustar presión neumática		MEDIOS PROPIOS	24,87 €	0,00 €
0006	09/01/2020	83	Flejadora	Nº 6 AA1400	Limpeza soldador		MEDIOS PROPIOS	62,16 €	0,00 €
0007	09/01/2020	81	Flejadora	Nº 4 AA1400	Limpiar soldador		MEDIOS PROPIOS	62,16 €	0,00 €
0008	09/01/2020	80	Flejadora	Nº 3 AA1400	Limpeza soldador		MEDIOS PROPIOS	62,16 €	0,00 €
0009	09/01/2020	99	Perfiladora		2 Ajustar expulsores		MEDIOS PROPIOS	12,43 €	0,00 €
0010	09/01/2020	104	Perfiladora		7 Verificar topes de carreta de vástago de cilindro hidráulico		MEDIOS PROPIOS	298,38 €	0,00 €
0011	10/01/2020	104	Perfiladora		7 Cambiar expulsor		MEDIOS PROPIOS	24,87 €	0,00 €
0012	10/01/2020	83	Flejadora	Nº 6 AA1400	Puesta a punto		MEDIOS PROPIOS	49,73 €	0,00 €
0013	12/01/2020	101	Perfiladora		4 Ajuste micro inductivo de punzonadora		MEDIOS PROPIOS	24,87 €	0,00 €
0014	13/01/2020	86	Prensa		Sustituir cerrojo de Prensa		MEDIOS PROPIOS	24,87 €	0,00 €
0015	14/01/2020	101	Perfiladora		4 Sustitución de 3 contactores de señal subida bajada de cizalla y punzonadora		MEDIOS PROPIOS	74,60 €	0,00 €

Tabla 3. Registro intervenciones por parte de mantenimiento. Fuente: Excel Perfiles Blanco.

Para el seguimiento del mantenimiento preventivo tienen una base de datos Access, programada más como consulta de actividades correctivas y preventivas en el pasado, que como una base de datos para la planificación de trabajos. En esta base de datos también está incluido el control de stock de recambios a partir de los datos recogidos en los Excel comentados anteriormente.



Imagen 8. Aplicación ACCESS de mantenimiento. Fuente: ACCESS Perfiles Blanco

Las actividades de mantenimiento dentro de la aplicación para su control están separadas en primer lugar por los partes que componen la línea

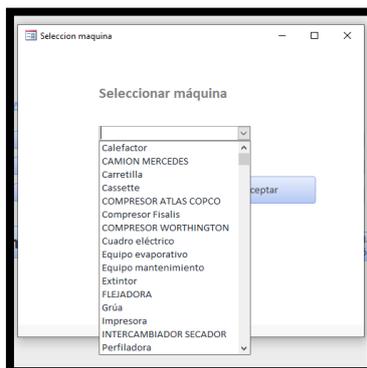


Imagen 9: Captura de pantalla de la aplicación Access para consulta. Fuente: ACCESS Perfiles Blanco

Para el acceso a la gestión de recambios las familias definidas son las que aparecen en la imagen 9, eléctrico, hidráulico, mecánico, neumático, rodamientos. La programación en Access tiene errores por lo que en algunos registros se bloquea la aplicación.

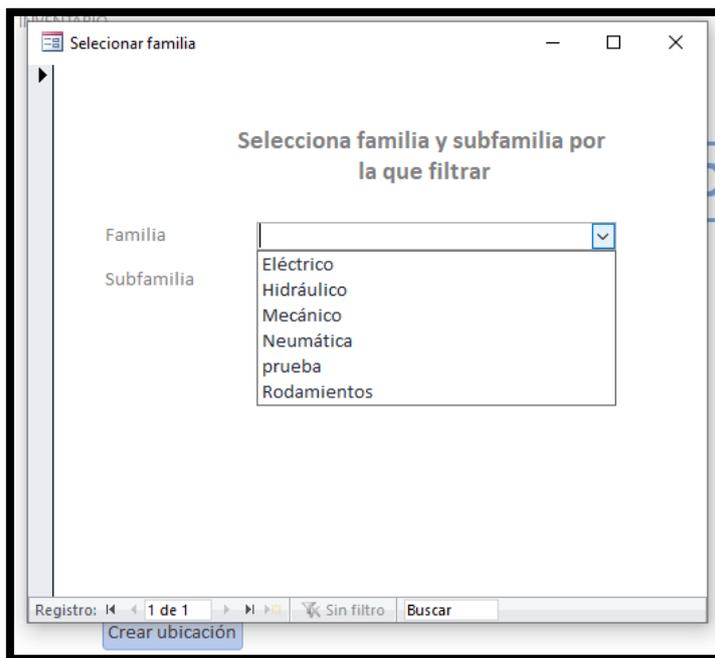


Imagen 10: acceso al stock de recambios definidos por familia. Fuente: ACCESS Perfiles Blanco

La distribución de la fábrica está limitada por el poco espacio libre que hay, pero está organizada adecuadamente para que no haya interferencias en los distintos procesos. Se diferencian tres zonas; la zona de almacén donde se recepciona el material en bobinas de alrededor de 2 Tn de lámina de acero de distintos espesores, la zona de producción, y la zona de producto terminado con un espacio para la carga de camiones. La nave consta de dos puertas para acceso de camiones de 7500kg, una para la descarga de material y otra para la carga de producto terminado.

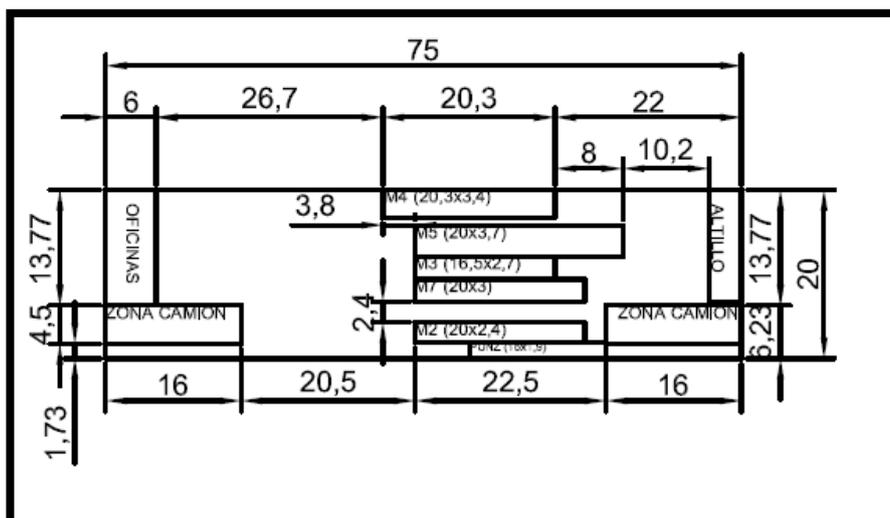


Imagen 11. Plano de situación de la fábrica. Fuente: Perfiles Blanco.



Los puentes grúa para el manejo de cargas están colocados de tal manera que cubren toda la fábrica; descarga de material, colocación de las bobinas en las devanaderas, y manejo de los paquetes de productos terminados.

## 6.2 Procesos de producción.

El conformado de perfiles en frío se basa en una línea de producción que se abastece mediante una bobina de pletina de un determinado ancho y espesor, la cual se va desenrollando y entra en un cassette de rodillos que van conformando la geometría del perfil en un número de pasos determinado, en este caso se pueden configurar hasta 14 pasos. A lo largo de la línea se puede encontrar elementos que proporcionan otros procesos como son prensas para la realización de los colisos o registros que se necesiten en el perfil. También hay cizallas para el corte a la longitud deseada, y equipos de taladrina y desengrasantes.

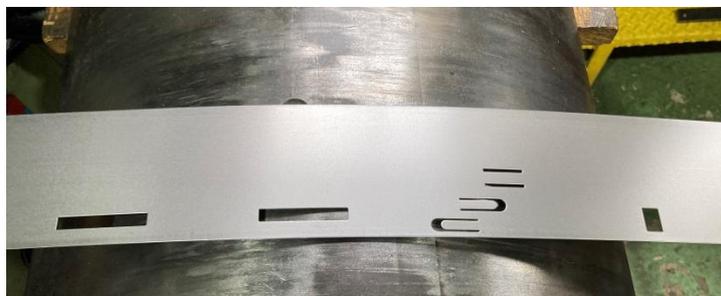


Imagen 12. Pletina con cuatro tipos de colisos. Fuente: Imagen propia.

Encontramos dos equipos que completan la producción en cada línea que son las impresoras y las flejadoras. Son equipos que si no están bien mantenidos nos pueden provocar el efecto cuello de botella en la producción. Estos equipos tienen parte del mantenimiento de manera externa, pero aun así deberá controlarse su limpieza y buen uso de los mismos para evitar paradas innecesarias.

Cada línea tiene su propia impresora incorporada, todas del mismo modelo por lo que facilita su mantenimiento, y los consumibles serán iguales para cualquier línea. Lo mismo ocurre con las flejadoras, son todas de la misma marca, la diferencia es que éstas son portátiles y se podrán utilizar en cualquier punto de la fábrica, sustituir de forma rápida en caso de avería.

En la fábrica hay cinco líneas de producción con las que se cuenta para el 100% de producción, no son cinco líneas iguales, en algunas partes se han desarrollado pequeñas mejoras en la automatización de procesos. Estas mejoras se pueden seguir implementando en un futuro en otras líneas que compartan el mismo proceso.

El tipo de producto terminado ha de tener comprobaciones de acabado, pudiendo ser un producto terminado que necesite retoques o cambiar el cliente por no cumplir unas



condiciones predefinidas, provocando un retraso en el tiempo de salida. Esta consecuencia puede ser un error humano o un fallo en uno de los equipos, por lo que es necesario contabilizarlo como un error en producción ya que conlleva un gasto no esperado.

Los operarios de línea tienen que realizar operaciones de preparación de línea como colocar las bobinas de material en las devanaderas, introducir el inicio de la bobina de acero en el enderezador, accediendo así a zonas donde debería estar la línea parada por posible atrapamiento. Las entradas a las zonas automáticas de trabajo deberán estar conectadas al autómatas de la línea para que en cada proceso habilite las entradas y las salidas a las islas de trabajo de la línea.



Foto 13: Zona enderezador con chorro de taladrina. Fuente: Imagen propia.

### 6.3 Estructura de la fábrica.

La fábrica se compone de 5 líneas teniendo pesos sobre la producción muy dispares, hay líneas que solo pueden fabricar productos con una demanda de mercado bastante baja, generando así unas preferencias a la hora de reparar una instalación u otra.

Cada línea tiene pequeñas diferencias orientadas al producto final, bien porque se necesite utilizar desengrasante, o por la geometría final que necesite otro tipo de corte, cizalla diagonal o cizalla vertical.

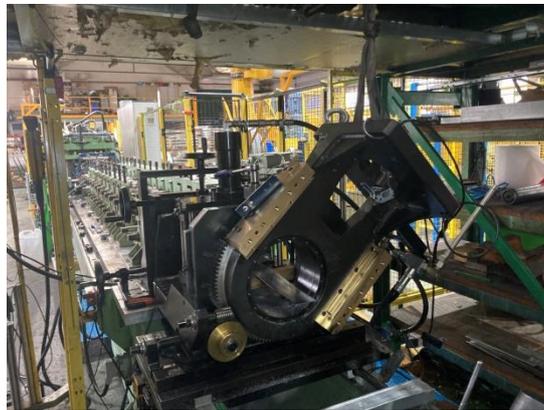


Foto 14: Cizalla diagonal. Fuente: foto propia



Foto 15: Mecanismo de giro cizalla. Fuente: foto propia.

La línea 4 soporta una gran parte de las ventas de la fábrica, pero necesita mejoras para tener una producción confiable, por eso este proyecto de mejora en la estrategia de mantenimiento - producción comenzará por esta línea.

## 6.4 Línea 4

- Devanadera doble. Este equipo es el comienzo de línea, es un equipo simétrico de dos devanaderas que se intercambian rotando sobre sí mismo, con un sistema de enclavamiento para su posición de trabajo. El rodamiento combinado que soporta el giro está dotado de engrases externos.



Imagen 16. Devanadera doble.



Imagen 17. Engrase rodamiento combinado.

- Enderizador. Esta parte de la línea tiene la función de centrar la pletina y ajustarla para la entrada de la perfiladora. Hasta este punto de la línea el proceso de alimentación se hace por parte del operario. En este punto es donde se realiza el proceso de lubricación mediante taladrina.



Imagen 18: Enderizador y perfiladora.

Imagen 19: Encoder rotatorio.

En esta parte de la instalación también tenemos un encoder para medir el avance de la pletina.

- Perfiladora. El objetivo del proceso de producción se basa en esta parte, realiza los pliegues progresivamente en un número determinado de pasos para conseguir la geometría deseada. En función de la complejidad del perfil y del espesor se prepara con mayor o menor número de pasos. La perfiladora es un cassette de rodillos que gira síncronos a través de un sistema desmodrómico en baño de aceite, este movimiento lo provoca un motor de potencia elevada (>50 kw). El cassette de la perfiladora se prepara en una zona habilitada, donde se colocan los rodillos necesarios para la operación. El cassette se coloca sobre una bancada fija al suelo con ayuda de uno de los puentes grúa que dispone la fábrica. Esta parte de la línea se cambia aproximadamente entre dos y tres veces por semana.

Una vez instalado el cassette en la bancada necesita de ajustes por parte del operario de producción con la instalación parada.



Imagen 20: Regulación utillaje perfiladora



Imagen 21: Perfiladora de 14 pasos.

- Cizalla: Una vez conseguida la geometría deseada en el perfil el siguiente proceso es realizar los colisos necesarios y cortar el perfil a la longitud requerida. En la imagen **siguiente** se muestra una cizalla volante, acompaña en el movimiento lineal al perfil arrastrada por este, hasta llegar a un detector el que hace levantar la prensa y retrasarla al origen mediante un cilindro de simple efecto. Este movimiento longitudinal se realiza mediante guías lineales de barra-INA.



Imagen 22: cizalla volante.

Imagen 23: detectores de subida y bajada

Los movimientos de subida y bajada de las prensas se realizan con dos grupos hidráulicos, uno para el corte transversal del perfil, y otro para el coliso, la activación de subida y bajada de los en las prensas se hacen mediante finales de carrera mecánicos. En función del perfil el operario de línea ha de ajustar el detector de punto inferior.

#### - Impresora

Antes de marcar el perfil hay que limpiar la boca taladrina con la que llega el perfil a este punto para que la tinta se adhiera correctamente al perfil, esta operación se hace a través de aire comprimido. Todo sistema que su proceso sea el rocío de un producto que pueda llegar a solidificarse, como es la pintura o tinta, necesita de una limpieza periódica que evite la obstrucción de las boquillas, esta operación la realiza producción.



Imagen 24: Impresora de tinta.

Imagen 25. Instalación soplador

- Robot apilador. Este robot KUKA se encarga de generar paquetes de perfiles a través de una cabeza diseñada con de perfiles BOSCH REXROTH, está en fase de proyecto para añadirle procesos nuevos. Este tipo de robots tiene un mantenimiento por parte de la empresa mínimo, al ser productos muy específicos y con regímenes de trabajo elevados, su frecuencia de mantenimiento es baja y también muy técnica por lo que es necesario externalizar el mantenimiento correctivo y preventivo.

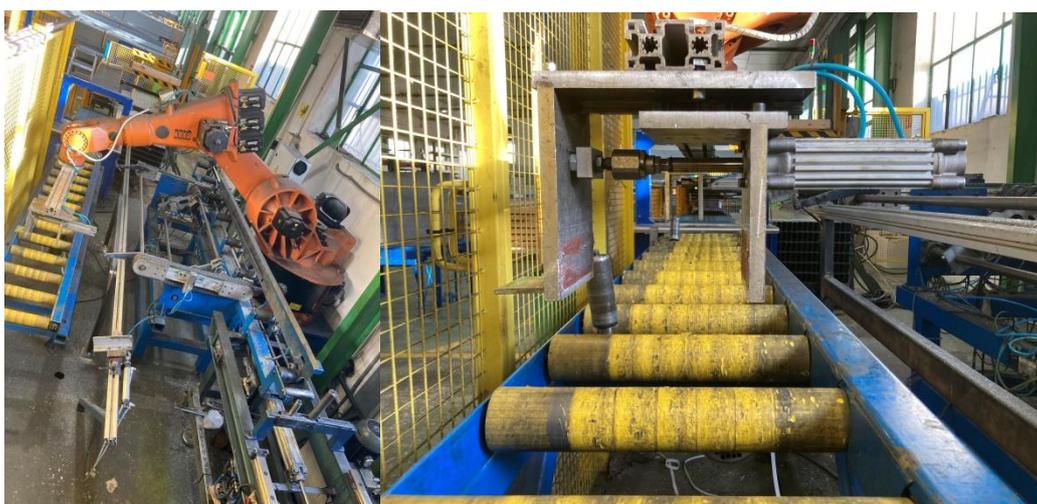


Imagen 26. Isla robótica.

Imagen 27: conveyor para zona de flejado.

En esta isla robótica también hay equipos que requieren de un mantenimiento interno, donde podemos encontrar elementos que generen cuello de botella ante un fallo. Para facilitar la implantación de nuevos procesos es necesario tener al día los mantenimientos correctivos.



Imagen 28. Grupo hidráulico para mesa elevadora. Imagen 29. Mesa de elevadora de tijera

#### - Flejadora

Una vez agrupados los perfiles en paquetes de un número determinado de unidades, el siguiente paso es flejar estos paquetes y moverlos hasta la parte final de la línea donde se paletizan. El acceso a esta zona de flejado está restringido al ser una zona automática con movimiento de cargas pesadas.

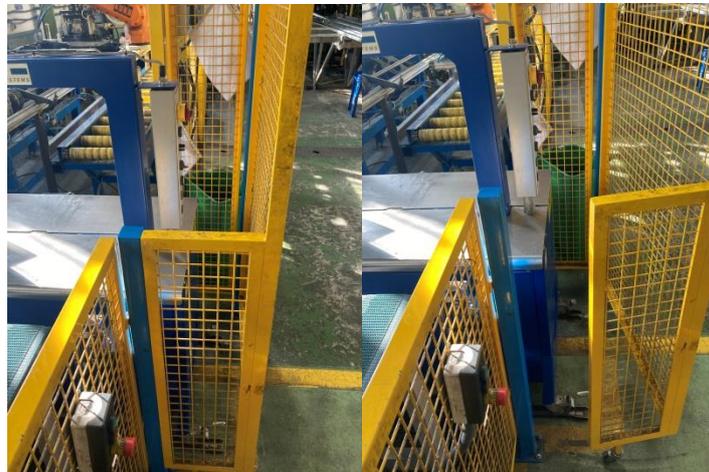


Imagen 30. Acceso a flejadora portátil. Imagen 31. Puerta sin seguridad.



Imagen 32. Paletizado de los paquetes ya flejados.



## 7. Estrategia de mantenimiento.

Para planificar una estrategia de mantenimiento en primer lugar hay que definir y diferenciar las distintas actividades que realizan mantenimiento y la vinculación con el departamento de producción. Dentro de las actividades de mantenimiento tenemos dos grandes grupos, antes del fallo y después del fallo.

### 7.1 Mantenimiento preventivo.

Cuando el departamento de mantenimiento actúa antes del fallo se definen estos trabajos como mantenimiento preventivo y/o predictivo. Este mantenimiento consiste en comprobar el buen funcionamiento de las instalaciones a partir de operaciones siguiendo un estándar predeterminado:

- Comprobación de parámetros: presión, niveles, datos en scada.
- Inspección visual de elementos: desgaste, suciedad, vibraciones, roturas, grietas, elongaciones.
- Inspección paramétrica mediante equipos de medida: parámetros térmicos (pistola termográfica), velocidades (pistola estroboscópica). Frente a mantenimientos que requieran de estos equipos pero su frecuencia de uso sea baja, en ciertas industrias no es rentable tener estos equipos por lo que habrá que sustituir estos por otros procedimientos que nos ofrezcan resultados fiables y
- Sustitución periódica de elementos de desgaste y consumibles: zapatas de freno, aceite, tinta, topes mecánicos.

En este caso se hace necesario tener una planificación de los trabajos tanto para la frecuencia como para los procedimientos, para ello se hay que elaborar unas hojas de ruta donde se muestra los puntos a comprobar, elementos a sustituir, y demás acciones. La frecuencia con la que se realizan las gamas de mantenimiento hay que revisarlas para comprobar la eficiencia de las mismas, por ejemplo, la renovación de aceite precipitadamente se considera un desperdicio.



Esta parte del mantenimiento influye significativamente en el coste y tiempo empleado para resolver posibles averías no deseadas, realizar los mantenimientos preventivos con la frecuencia adecuada evitará mantenimientos correctivos.

La situación de mantenimiento preventivo en Perfiles Blanco requiere de cierta sensibilidad por la antigüedad de las instalaciones y por la parada en las acciones de este tipo de mantenimiento. Esta situación requiere centrarse en primer lugar en los mantenimientos correctivos, y una puesta al día de las instalaciones en materia de limpieza y pequeños desperfectos en partes funcionales.



## 7.2 Mantenimiento correctivo.

Cuando el departamento de mantenimiento actúa después del fallo, en situación de parada o mal funcionamiento, se define como mantenimiento correctivo donde existen dos posibilidades:

- Solución inmediata.
- Solución paleativa.

Antes de afrontar la reparación de una avería hay que evaluar el tiempo de parada que se necesita para llevar el equipo al estado en el que estaba antes de fallo, si este tiempo es excesivo habrá que buscar una solución que permita continuar con la producción hasta el momento en el que se le pueda dedicar el tiempo necesario. Otra posibilidad que se puede dar ante una avería es no disponer del recambio necesario por diferentes motivos. Estas dos situaciones llevan a la necesidad de hacer una reparación paleativa que cumpla con las condiciones de seguridad para seguir la producción sin efectos adversos que afecten a la producción y a la calidad del producto.

Las acciones de mantenimiento correctivo engloban las acciones de reemplazo de piezas, reparación de piezas, modificación, ajuste o una combinación de ellas.

La situación ideal en una industria es que este tipo de actividades se reduzcan a cero, lo que en esta estrategia se denomina mantenimiento autónomo, detectando averías antes del fallo. Esta situación se conseguirá con un mantenimiento preventivo bien desarrollado y bien planificado en función de los niveles de exigencia de la producción, acompañado de una implicación por parte del departamento de producción.

Para tener una aproximación del coste de reparación se utiliza la fórmula Coste Esperado de Reparación.

$$C.E.R. = (\text{Coste de la consecuencia} + \text{Coste de la reparación}) \cdot \text{Probabilidad de fallo}$$

Fórmula 1. Coste Esperado Reparación.

· Coste de la consecuencia: una parada de producción produce un retraso en los tiempos de producción. En ciertas ocasiones se pueden ver afectadas partes de la instalación que no tienen nada que ver con el fallo, pero se hará necesario sustituirlas o repararlas.



- Coste de reparación: en la mayoría de ocasiones el fallo estará en una rotura o una grieta, pero no se puede olvidar que en ocasiones la solución puede ser un ajuste, o una mala conexión.

- Probabilidad de fallo: si la reparación no se ha analizado bien, y existen dudas de que se vuelva a repetir, volviendo a dañar piezas, el coste se incrementará sustancialmente.

El mantenimiento correctivo también ha de contemplar los posibles riesgos ante una reparación evitando por encima de todo:

- Riesgos para la seguridad de los trabajadores. Al terminar la reparación no puede haber elementos, o procesos que pongan en riesgo la integridad de los trabajadores

- Riesgos para la salud. Al terminar la reparación no puede quedar elementos que perjudiquen a la salud de los trabajadores. Una fuga de desengrasante o disolvente puede causar mareos, irritaciones, etc.

- Riesgo para el entorno. El uso desmesurado de productos químicos contaminantes genera atmósferas no deseadas que pueden llegar a deteriorar otros elementos.

- Inferencia en los niveles de producción y calidad. Una reparación no puede cambiar la calidad del producto ni la cadencia de producción.



## 7.4 Estrategia TPM.

Para este proyecto de mejora en el plan de mantenimiento se ha escogido la estrategia Total Productive Maintenance. Los objetivos que se pretenden alcanzar con la aplicación de la estrategia TPM son la reducción a niveles cercanos a cero de:

- Paradas de producción no deseadas.
- Defectos en equipos y producto terminado
- Accidentes en el entorno laboral.
- Residuos.

Para conseguir que estos parámetros estén en niveles cercanos a cero la estrategia de TPM aplica los siguientes procesos de organización:

- Mantenimiento planificado: el mantenimiento preventivo ha de planificarse en función a unas frecuencias de acuerdo al nivel de criticidad de los elementos frente a un posible fallo.
- Mejora continua: tanto los procesos de mantenimiento como los tiempos empleados y de frecuencia hay que analizarlos para ajustarlos a las necesidades de producción. Puede ocurrir que en una línea se reduzca o se amplie su producción aumentando sus desgastes.
- Mantenimiento con calidad: las acciones de mantenimiento tienen que ser fiables, y no disminuir las prestaciones de la instalación, buscando la no repetición de averías.
- Mantenimiento autónomo: el operario que está en contacto con la instalación es una muy buena referencia para la detección de fallos prematuros, detectará ruidos extraños, pequeñas vibraciones, funcionamientos anómalos mucho antes que una persona que no esté diariamente trabajando en producción. Otra acción que se tiene que dar para el correcto mantenimiento autónomo es la comunicación con su superior o directamente con el departamento de mantenimiento.
- Servicios de asistencias: en ocasiones podemos encontrar instalaciones que requieran de herramientas o conocimientos técnicos de difícil acceso para su mantenimiento. Los trabajos en altura requieren de equipos y formación que no es rentable disponer de ellos para situaciones muy puntuales debido al número reducido al que aplican.
- Mejoras en seguridad: contemplar posibles roturas o fallos que infieran en la seguridad de los trabajadores para disponer a las instalaciones de los sistemas



pertinentes que reduzcan estos riesgos. Cuando existen cargas en suspensión, o posibles desprendimientos ante roturas hay que reducir la consecuencia instalando cables de seguridad para retener el elemento desprendido de la instalación.

- Aprendizaje y comunicación: la formación técnica para los distintos trabajos de mantenimiento es fundamental, comprender las nuevas instalaciones mejora el potencial de estas y hace su mantenimiento más accesible. La comunicación entre departamentos sobre la capacidad de las instalaciones hace que la producción sea más fluida y este mejor organizada. El departamento de ventas, como el de producción es necesario que conozca los límites de producción de las instalaciones, y las cadencias para un funcionamiento óptimo.

- Definir las consecuencias de un posible fallo: para evaluar la criticidad de un fallo es necesario analizar la repercusión que puede llegar a tener tanto en la instalación como en los trabajadores.

- Gestión de la fase inicial. Para implantar la estrategia TPM en un departamento hay que partir de un inicio bien estructurado y bien planificado. En el caso de una nueva industria es fácil porque se implementarán todos los puntos anteriores desde un inicio, dando la formación a los trabajadores en sus comienzos, diseñando las instalaciones acorde a unas consigas ya definidas, se estudiarán los desgastes en función a ciertos niveles de producción. En el caso de Perfiles Blanco esta parte de la estrategia comienza con la puesta al día del mantenimiento correctivo y la modificación de elementos en varios puntos que más adelante se detallan. La elaboración de tablas para el control periódico es también parte de la gestión de la fase inicial, donde se ilustrará la evolución de las tareas de mantenimiento, los resultados en producción, el estado de las instalaciones.

Un factor que mejora la eficiencia en los trabajos de mantenimiento es tener una organización sistemática de estos, agrupando mantenimientos en relación a su origen; mecánico, eléctrico, cambio de aceite, engrase, lubricación, ajuste y medición, limpieza.



## 7.5 Estrategia RCM

Para implantar TPM como estrategia han de definirse parámetros que relacionen las paradas de producción con el coste y la consecuencia de la avería. Para esto se hace necesario tener un registro de datos lo más fiel a la realidad, contabilizando tiempo de parada, tiempo de reparación y consecuencia real. Para rellenar todos estos requisitos se hace necesario tener una ruta de decisión para llegar a la consecuencia real del fallo.

Esta estrategia para el análisis de la instalación ante cualquier situación, segmenta en función de sus procesos, y no por partes constructivas. En el caso de este proyecto, se analiza una línea de producción dividiéndola en los distintos procesos que suceden, la devanadera suministra el material a la línea, el enderezador es la entrada a la línea, donde se han instalado también sistemas auxiliares como el chorro de taladrina o el registro del avance de la plenita por medio de un encoder, la perfiladora nos da la geometría del material, la cizalla perfora y corta en función de unas medidas.

Para desarrollar un diagrama de decisión que refleje opciones reales y fiables en primer lugar hay que partir de una situación en la que los mantenimientos de la instalación estén al día y no se estén produciendo paradas de producción continuamente, sin haber localizado la causa.

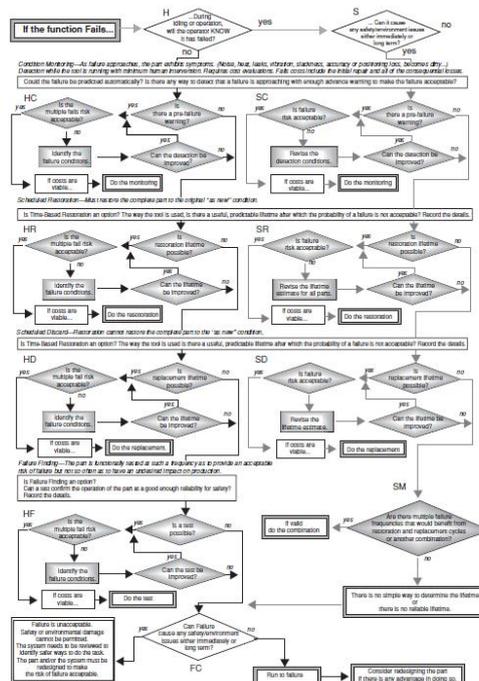


Imagen 33. Diagrama de decisión. Fuente: *Total Productive Maintenance*. Steven Morris



## 8. Propuesta de optimización.

Para la optimización se ha elegido la línea 5 por la importancia que tiene frente a la producción total, las últimas averías que ha tenido esta línea han provocado paradas prolongadas de producción, retrasando tiempos de entrega en productos con una demanda muy alta. Otro motivo por el que se ha elegido esta línea son las futuras modificaciones que se están desarrollando para el robot, que permitirán a esta línea absorber producciones distintas de las que tiene ahora. La oferta de nuevos productos tiene que ser confiable en cuanto a tiempos de entrega, de lo contrario generaría un bloqueo importante en la producción. El proceso de optimización de esta línea conlleva la actualización de componentes, contemplando otras líneas que puedan compartir componentes y procesos de producción. Esta optimización debe estar enfocada a la digitalización de la fábrica, teniendo como prioridad la monitorización de parámetros de funcionamiento para mejorar la rapidez en la diagnosis de averías. Es importante conocer los recursos de los que dispone la fábrica para realizar estas optimizaciones, teniendo en cuenta que algunas de estas se tendrán que hacer por parte de una empresa externa, bien por falta de tiempo, o por medios de los que no se disponen.

Para la implantación de la estrategia TPM la manera más fiable y más eficiente es aplicarlo primero en una sola línea y registrar los resultados obtenidos en cuanto a paradas de producción y productos acabados sin necesidad de retoques.





Tabla 5. Hoja de registro de las modificaciones de gama de mantenimiento.

Estas plantillas estarán diferenciadas en función de la familia a la que pertenece el componente:

- Mecánico.
- Eléctrico.
- Hidráulico.

Para el uso de estas plantillas también hay que definir varios campos que no se han empleado en los registros actuales de mantenimiento, de esta manera se facilita la identificación de la instalación a la que se refiere la gama, como se muestra en la imagen 37.

- Puesto técnico: en primer lugar diferenciamos la línea a la que pertenece el equipo que vamos a inspeccionar, línea 1, línea 2, línea 3, línea 4, línea 5.
- Equipo/familia: en esta parte se hace alusión al componente que vamos a inspeccionar, enderezador, devanadera, etc.
- Texto del equipo: en un lenguaje interno se puede conocer esta parte de la línea con otro nombre, el cual también servirá para identificar la instalación.
- Fabricante: el mismo equipo puede tener distintos fabricante como por ejemplo las devanaderas.
- Especialidad: en este apartado se diferenciarán entre mecánico, eléctrico o hidráulico.
- Habilitaciones: para algunas gamas de mantenimiento habrá que tener habilitaciones, para los trabajos de electricidad es necesario estar habilitado al igual que para trabajos con autómatas. Otro tipo de habilitaciones que se pueden necesitar es para trabajos en altura o con productos tóxicos.
- Número de grupo de gama: Una línea va a reunir varias gamas de mantenimiento diferenciándose en frecuencia, equipo y especialidad.
- Número de contador de gama: cada actualización de gama llevará un número nuevo que indique que se ha actualizado, registrando también la fecha de actualización y el nombre de la persona que ha realizado la actualización.
- Sustituye al número de contador: número de la gama antes de la actualización.
- Ciclo: frecuencia con la que se tiene que realizar la inspección. Si tenemos una frecuencia mensual, el ciclo será 4 para una unidad de ciclo semanal, si por el contrario



tenemos una unidad de ciclo mensual, el ciclo será 1. Esta designación ira en función de la unidad mínima que tengamos sobre todas las gamas que se realicen.

- Unidad de ciclo: unidad mínima de tiempo que se contempla para la realización de los ciclos:
- Número de intervinientes: para algunas actividades es necesario contemplar varios operarios.
- Unidad de tiempo: unidad mínima de tiempo que se empleará, horas o minutos.
- Tiempo de trabajo: tiempo total de la inspección, sin contar el tiempo de cualquier posible reparación que pueda surgir durante la inspección.

<b>Mantenimiento preventivo mecánico</b>					
Puesto técnico:		Especialidad:			
Equipo/Familia:		Habilitaciones:			
Texto del equipo:		<b>PARADA</b> <input type="checkbox"/> <b>EN MARCHA</b> <input type="checkbox"/>			
Fabricante:					
N.º de grupo de gama:		Ciclo:		Núm. de intervinientes:	<b>1/N</b>
N.º de contador de gama:		Unidad de ciclo:		Unidad de tiempo:	
Sustituye al n.º de contador:		Unidad de tiempo:		Unidad de tiempo:	
		<b>OP 1</b>			
		<b>Puntos clave</b>			

Tabla 6: Cabecera de la gama de preventivo a rellenar.

Por ultimo en este Excel habrá un resumen del informe de mantenimiento, con observaciones como el tiempo de duración, posibles dificultades que han surgido, lista de piezas cambiadas, e indicaciones sobre los contenidos anteriormente mencionados, se muestra en la imagen 38. y en la imagen 39.



<b>Mantenimiento correctivo mecánico</b>					
Puesto técnico:		Especialidad:			
Equipo/Familia:		Habilitaciones:			
Texto del equipo:					
Fabricante:				<b>EN LA PARADA EN MARCHA</b>	
N.º de grupo de gama:		Núm. de intervinientes:		<b>n/N</b>	
N.º de contador de gama:		Ciclo:			
Sustituye al n.º de contador:		Unidad de ciclo:			
		Unidad de tiempo:			
		Tiempo de trabajo:			
<b>RESUMEN DEL INFORME</b>					
¿Se ha realizado por completo la gama?    Sí <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>					
¿En cuánto tiempo? <input type="text"/> Nombre(s) del (de los) interviniente(s): <input type="text"/>					
¿Ha habido dificultades?					

Tabla 7. Cabecera del informe del mantenimiento preventivo.

Indicaciones sobre el contenido: (textos, fotos, etc.)					
<b>Leyenda:</b>					
<b>B</b>	Correcto				
<b>NU</b>	Necesita una intervención No Urgente				
<b>U</b>	Necesita una intervención Urgente				
Índice:	Fecha actualización:	Autor:	ATS	Servicio:	

Tabla 8. Informe de mantenimiento preventivo a rellenar.

El registro de estos datos en una fase inicial se puede hacer a papel, pero esta situación ha de contemplarse como provisional, el objetivo es registrar todos estos datos en formato digital para poder manejarlos con más fluidez y limpieza.



## 8.2 Instrucciones de mantenimiento.

Para la intervención en cualquier línea de producción ya sea por parte de producción o por parte de mantenimiento, han seguirse una consignas de seguridad que tienen que estar siempre presentes en formato papel en las cercanías de la instalación. Se ha propuesto que las indicaciones que se muestran a continuación estén en un portafolio físico a pie de la instalación.

### - Indicaciones de seguridad para los intervinientes.

Durante cualquier actuación de reparación o mantenimiento deben cortarse y enclavarse las energías (neumática, hidráulica y eléctrica). Si la instalación dispone de enclavamientos manuales deben colocarse.

Solo el personal competente, formado y cualificado puede actuar en el puesto.

Los órganos de seguridad deben mantenerse en perfecto estado de funcionamiento.

Es indispensable una visita periódica.

En materia de seguridad, la empresa rechazará su responsabilidad en caso de:

- > Utilización del puesto por personal no competente.
- > Utilización del puesto en condiciones distintas a las indicadas en esta documentación.
- > Modificación del puesto por el usuario del mismo.
- > Falta de mantenimiento del puesto.

Antes de proceder a cualquier actividad sobre la instalación se recomienda seguir las indicaciones siguientes:

Utilizar medios de protección personal tales como guantes de protección, calzado de seguridad, y gafas de seguridad.

Utilizar los utillajes y medios adecuados, en buen estado.

Ordenar y limpiar el lugar del trabajo.

Eliminar los restos de productos de limpieza industrial, disolventes, detergentes, sepiolita, etc.

Respetar las indicaciones y procedimientos de actuación referentes a seguridad.

Reflexionar antes de actuar. (Actuar de manera precipitada no ayuda a la eficacia ni a la seguridad)

Consultar los planos de conjunto, añadir anotaciones si fuera necesario.

Informar al responsable jerárquico de cualquier anomalía inexplicada o no resuelta.

Tomar las medidas necesarias de seguridad para uno mismo y los demás.

### **Manual técnico.**

Para las instalaciones o partes de la instalación que hayan sufrido anomalías o averías en procesos:

- Aumentar la frecuencia de los controles de mantenimiento y supervisión previstos inicialmente en el programa de mantenimiento y prevención de averías.

Antes de cualquier intervención en el equipo:

- Cortar la alimentación de energía accionando la válvula de tres vías neumática correspondiente



Imagen 34. Válvula de cierre con descarga. Fuente: [www.rs-online.com](http://www.rs-online.com)

### **- Indicaciones previas a la intervención:**

La seguridad no está totalmente asegurada hasta que se ha cortado la energía mediante la puesta fuera de servicio del equipo y se han purgado los circuitos del aire.

Durante cualquier actuación de reparación o mantenimiento deben cortarse y enclavarse las distintas fuentes de energía; neumática, hidráulica y eléctrica (anulación mediante candado). Deben colocarse enclavamientos manuales en el caso de que exista la posibilidad.

En el momento del cierre de circuitos neumáticos la válvula de tres vías debe enclavarse mediante un candado con la imagen de advertencia:



Imagen 35. Señal de peligro. No accionar. Fuente: [www.carteling.com](http://www.carteling.com)

**- Indicaciones inmediatamente posteriores a la intervención:**

- Después de cada intervención, retirar los elementos de protección colocados para la inmovilización de la instalación. (Enclavamientos para la inmovilización)
- Después de cada intervención, colocar todos los elementos de protección desmontados.
- Verificar el buen funcionamiento y/o estado de las protecciones.
- Verificar el cierre de puertas de acceso para mantenimiento.
- Verificar el estado de todas las protecciones rodeando la zona del puesto de trabajo.

Se recomienda que el usuario de la instalación solicite por sí mismo a su superior una actuación de mantenimiento si observa:

- La presencia de fugas de aire en la instalación.
- Cualquier cambio del funcionamiento normal como ruido anómalo o mayor, olores inusuales, grandes vibraciones, o temperaturas anormalmente elevadas en cualquier componente.

**Mantenimiento general.**

Mantenimiento predictivo por parte del operario de la instalación:

La instalación debe someterse a una limpieza periódica para garantizar sus prestaciones.

- > Limpie atentamente la máquina con un trapo seco, o con el disolvente apropiado si fuera necesario.
- > No utilice aire comprimido para limpiar el polvo.
- > Compruebe la ausencia de grietas o muescas en las mangueras.
- > Verificar la ausencia de escapes neumáticos en los racores.



- > Verificar los niveles de aceite en el caso de tenerlos (máquina parada).
- > Verificar las presiones de aire en los manómetros.
- > Verificación y limpieza de los centradores y apoyos planos de la piezas.

Durante el funcionamiento de la instalación:

- > Efectuar controles visuales y auditivos de los subconjuntos o partes de máquina.

### 8.3 Orden y limpieza.

La estrategia LEAN Manufacturing nos proporciona una herramienta esencial para el trabajo eficiente, las 5 s. Sin necesidad de un gasto excesivo en equipos o medios que nos lleven a conseguir este objetivo podemos obtener resultados rápidamente y cambiar los hábitos de los operarios hacia un trabajo más cómodo, más seguro, y más eficiente. La herramienta de las 5s consiste en lo siguiente:

- Separa innecesarios
- Situar necesarios
- Suprimir suciedad.
- Señalizar anomalías.
- Seguir mejorando.

La implementación de estas 5 condiciones ha de ser gradual y progresiva, generando un hábito dentro de las tareas de producción y mantenimiento. Para esta propuesta de mejora es necesario programar jornadas de formación y adaptación a través de presentaciones de diapositivas. En internet hay numeras presentaciones sobre la metodología LEAN Manufacturing que se centran en TPM, entre otras las del tutor de este proyecto Jorge Asiain, con las que se ha impartido esta metodología en la asignatura Mantenimiento de Máquinas del Grado en Ingeniería en Sistemas Industriales.

En esta línea los operarios tienen que realizar operaciones de ajuste sobre la línea por lo que necesitan de una serie de herramientas que tienen que estar cerca de la instalación. El no tener un lugar específico de fácil acceso a estas herramientas puede provocar que se olviden entre componentes en movimiento de la línea provocando situaciones de peligro.

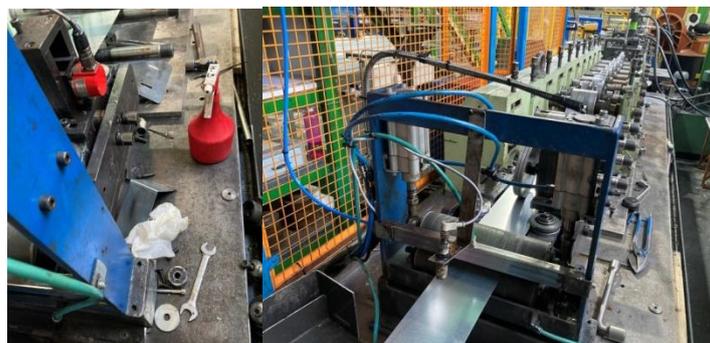


Imagen 36. Zona de trabajo encoder.

Imagen 37. Enderezador.



Se ha propuesto habilitar un panel a medida en uno de los laterales para colocar las herramientas después de cada reparación, dejando la zona limpia evitando riesgos de accidente. Para llevar a cabo esta propuesta es necesario mentalizar a los operarios de que ese procedimiento de ajuste requiere de cierta organización y limpieza, donde el primer beneficiado será el mismo operario.

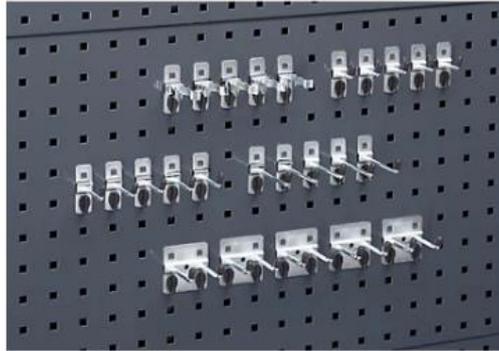


Imagen 38. Panel para herramientas.

En esta organización del puesto de trabajo se repite el lema de *“un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar”*. Esta estrategia de organización se rige por unos criterios que implican actuaciones por parte de mantenimiento y por parte de producción, por eso la propuesta en cuanto a orden y limpieza requiere de jornadas de formación para los operarios y encargados de producción, y el/los técnico/s de mantenimiento.

## 8.4 Detector de consumo de bobina.

La velocidad del motor de la devanadera está controlada a través del dato de consumo de bobina, cuanto más cerca del fin de la bobina más rápido tiene que ir. Esto está parametrizado por un detector inductivo que su soporte son dos bridas a la verja de seguridad. Para una posición fiable hay que diseñar un poste que soporte este detector. El control de la velocidad de los motores tiene que ser fiable, la precisión en los punzonados o en los cortes tiene un valor de  $\pm 0.05$  mm.



Imagen 39. Detector de consumo de bobina.



Imagen 40: Vista isométrica del soporte detector.

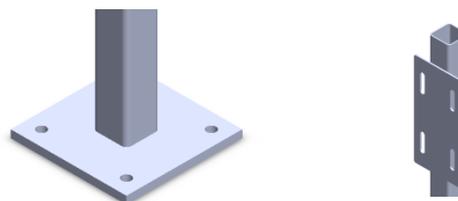


Imagen 41: Vista isométrica parte inferior/superior soporte.

## 8.5 Protección electroválvula neumática.

El movimiento de cargas suspendidas es un riesgo para los trabajadores y también para las instalaciones. En esta fábrica se mueven constantemente cargas de 2000 kg a alturas por encima de los 180 cm. Elementos como la electroválvula neumática del freno de la devanadera sufren golpes provocando paradas que se pueden evitar construyendo una simple protección *plug and play*.



Imagen 42: Electroválvula para freno. Imagen 43: Vista isométrica protección electroválvula.

## 8.6 Control de entrada de material a la línea.

El control de la curva que forma la pletina antes de entrar al enderezador se hace mediante un sistema de detección inductivo que manda la señal para identificar que hay un excedente de material a la entrada de la línea y por lo tanto la devanadera para. También hay otro sistema que avisa a la devanadera para que avance y suministre material, pero está puenteado y no se utiliza.

Estos dos sistemas están en una zona de la línea donde el operario tiene que preparar la línea antes de empezar a trabajar con la bobina, la línea si contempla estas operaciones como actuaciones manuales, es decir, interviene el factor humano por lo que este ciclo requiere tener algunas señales de seguridad abiertas, puerta de entrada, altura de la curva, velocidad de la devanadera, velocidad de la perfiladora.



Imagen 44. Detector posición alta. Imagen 45. Detector posición baja.

Para esta optimización es necesario tener acceso a la programación para conocer la lógica y la manera en que está diseñado este proceso en manual. Comprobando el funcionamiento de la máquina la seguridad de posición alta de la pletina no es un defecto importante para la producción, pudiendo ocasionar accidentes graves, o defectos en los ciclos. Esta seguridad ha de contemplarse en la programación con la valoración en cuanto a seguridad como las barreras de seguridad fotoeléctricas, los cerrojos de seguridad de acceso a las islas de trabajo, es decir, parada de instalación y posterior rearme.

La instalación de estos componentes necesita de pequeños detalles para que no interfieran en la seguridad de los trabajadores. Las zonas en las que el operario tiene que preparar la máquina con riesgo de atrapamiento, hay que reducir al máximo todos



los riesgos como posibles tropiezos en este caso con el tornillo que hace de contacto en el suelo. Los cables también han de estar bien guiados y fijos evitando posibles tropiezos.

## 8.7 Dosificador de taladrina.

En la línea 4 el rocío de taladrina se realiza mediante un chorro directo a la pletina justo antes de la entrada. El desperdicio de taladrina es elevado si lo comparamos con el de otras instalaciones. Este desperdicio también provoca suciedad en la máquina y acumulación en una zona de difícil acceso. En otras líneas dentro de la fábrica hay instalados sistemas de pulverización de desengrasante o taladrina, el resultado ha sido satisfactorio en cuanto a consumo de taladrina y limpieza en la zona. Este sistema consta de pulverizadores y una recirculación con una concentración específica de taladrina en función de la densidad.



Imagen 46. Rocío de taladrina.



Imagen 47. Restos de taladrina.

Esta modificación está en una de las líneas dando resultados óptimos en cuanto a consumo de taladrina, y desperdicio. La instalación de este sistema necesita de una estación con más componentes,



Imagen 48. Instalación de pulverizado.

Imagen 49. Armario de valvulería de la instalación.

## 8.8 Cizalla.

Esta parte de la instalación necesita un ajuste para cada tipo de perfil en función de la altura mínima, o el punto de retorno a su posición de reposo. El movimiento de subida y bajada está compuesto por dos detectores totalmente accesibles por parte del operario. Otro ajuste por parte del operario es la resistencia que ofrece el cilindro que acompaña a la cizalla volante para su vuelta a posición de inicio. Esta regulación se hace a través de la entrada de aire de esta zona de la línea, con el equipo de mantenimiento.

Las instalaciones pueden tener sistemas de regulación para el funcionamiento óptimo, y también ajustes destinados a los operarios de producción. Estas dos regulaciones tienen que estar completamente separadas para no dar lugar a confusión en un ajuste en producción que varíen parámetros exclusivos de mantenimiento en la máquina.

Los detectores de subida y bajada tienen el mismo sistema de regulación, cuando solo debería tener regulación la posición baja, de esta manera el operario de producción solo tendrá acceso al único detector que necesita. Una de las soluciones que se puede adaptar a esta parte de la línea es colocar el detector de posición alta en la parte superior de la prensa, dejando en el lateral el detector de posición abajo. Otra solución más rápida y más económica sería sustituir el soporte con regulación por otro soporte sin regulación, de esta manera mantendríamos el mismo tipo de detector final de carrera.



Imagen 50. Vista de alzado de la cizalla.

El cilindro que da el movimiento lineal a la bancada de la cizalla necesita una regulación de presión neumática por parte del operario, este ajuste se hace

directamente sobre la toma principal de aire de la instalación afectando a más componentes neumáticos de la instalación.

Toda esta parte de instalación tiene que estar protegida o en una zona que solo tenga acceso mantenimiento, separando así los ajustes de mantenimiento y producción. Para la regulación del cilindro se recomienda instalar un regulador de caudal accesible para producción, numerando los distintos niveles en función de las necesidades del producto, en lugar de marcar los niveles de caudal en el regulador, marcar las posiciones en función del espesor del producto.

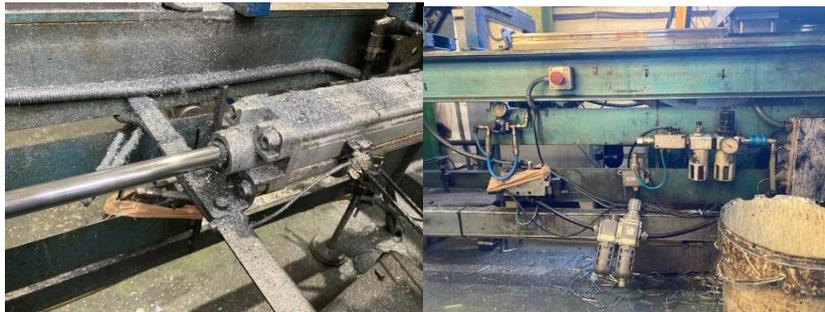


Imagen 51. Cilindro para cizalla volante. Imagen 52: Instalación neumática zona cizalla.

Las prensas de las cizallas son independientes para cada una cizalla, ocupando mucho espacio y con un consumo eléctrico elevado. Al tener más componentes es más complejo detectar el foco de las averías, por eso se ha propuesto la unificación de estos dos grupos hidráulicos en uno con más caudal. Antes de desarrollar esta unificación, es urgente acondicionar la zona donde están ahora mismo los dos grupos hidráulicos, limpiando la zona, orientando los niveles para facilitar el trabajo a mantenimiento, y guiando todas las tuberías hidráulicas hasta las prensas.



Imagen 53. Grupos hidráulicos para las cizallas.

En esta zona se ha propuesto colocar el conjunto filtro-regulación-lubricación, esta será la zona de mantenimiento con más espacio libre para moverse y controlar los niveles de presión de aire comprimido y presión y volumen hidráulico. Para ello también habrá colocar marcas en los rangos de presión y volumen para un funcionamiento óptimo, esto llevará a que el proceso de lectura sea más rápido y fiable por parte de mantenimiento.



Imagen 54. Manómetro con marcas del rango óptimo de funcionamiento.

En la imagen 55 se muestra la localización que se ha propuesto para el conjunto F.R.L.



Imagen 55. Cambio de situación equipo F.R.L.

Imagen 56. Situación actual equipo F.R.L.

En esta línea se puede observar que la llave de paso de aire comprimido no está en la propia instalación, sino en la salida de la red de aire general. El equipo de filtro-regulador-lubricador, no tiene una válvula de cierre con descarga, necesaria para poner fuera de servicio la instalación de una manera segura y accesible.

Antes de cualquier reparación en una instalación han de cerrarse todos los suministros de energía, ya sea corriente eléctrica, aire comprimido, aceite hidráulico, o cualquier otro tipo de consumo que tenga la instalación.



Imagen 57. Equipo F.R.L. con válvulería.

La imagen 57 pertenece al equipo FRL que suministra aire a esta parte de la línea de cizallas. Los cilindros neumáticos utilizan grasa blanca en su interior para su buen funcionamiento, lo que hace innecesario y perjudicial un equipo lubricador del aire. Tampoco es necesario el lubricador debido a que hay una válvula a continuación del lubricador, haciendo de freno para esta lubricación. El uso de lubricación en instalaciones neumáticas se hace necesario cuando hay equipos de movimiento giratorio, y la entrada de aire es directa desde el equipo FRL, el equipo de lubricación funciona con un capilar que lleva el aceite hasta el punto más próximo y si tenemos elementos como válvulas o accionadores lo único que se provoca es la acumulación de residuos en estos elementos.

## 8.9 Cilindro simple efecto con resorte.

En la zona de robot se utilizan dos cilindros neumáticos por cada lado para ajustar los paquetes de perfiles y pasarlos a la zona de flejado, estos cilindros a simple vista aparentan estar rotos pero es un correctivo provisional para un problema de fuerza en los mismos. Como solución permanente a este correctivo se ha propuesto utilizar un solo cilindro por cada lado con mayor diámetro siendo así más eficientes en el consumo de aire. Esto llevaría también a reducir la longitud del circuito neumático y reducir el número de componentes en la instalación. En referencia al espacio se ha estudiado la zona donde iría acoplado y la optimización sería viable también en este aspecto.



Imagen 58. Cilindro neumático de doble efecto.

El cilindro de doble efecto que se ha propuesto es un FESTO con un vástago de diámetro 12 mm y una carrera de 50 mm. Este cilindro lleva una amortiguación al final de recorrido, cubriendo así la solución paleativa que habían encontrado al agrupado de los perfiles para su posterior flejado.

Versión	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera <sup>1)</sup> [mm]	Carrera variable <sup>1)2)</sup> [mm]
 DSNU-S... – con optimización del espacio	8	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100	1 ... 100
	12	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 125, 150	1 ... 150
	16	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80,	1 ... 200
	20	40, 50, 60, 80,	
	25	100, 125, 150, 200	

Imagen 59: Captura del catálogo de cilindros. Fuente: Catálogo

## 8.10 Puertas de acceso.

En la línea cuatro existen varias entradas a zonas con riesgo de atrapamiento por eso ante cualquier circunstancia que necesite de la actuación de un operario dentro de estas, se hace necesario que la instalación sepa que hay un operario dentro dejando el equipo inactivo mediante un cerrojo de seguridad. Este sistema eléctrico tiene que ser inviolable, e ir conectado al autómata central de la instalación. Actualmente como ya se ha comentado antes, esta línea está en proceso de mejora, y una de los proyectos en los que se esta pensando es en cambiar el autómata para tener la posibilidad de monitoreo de los parámetros. Se han elegido varios tipos de cerrojos en función del precio pero el primer paso antes de instalar todo el conjunto de seguridades es tener un autómata que nos permita tener una mejor gestión de la señales.

Las marcas Sick, o Telemecanique ofrecen este tipo de productos con precios abiertos según la cantidad de elementos, su precio oscila los dos cientos euros.



Imagen 60: Cerrojo de seguridad para puerta de acceso.



### 8.11 Limitador de par mecánico.

En el siguiente apartado se estudia una optimización para un caso que se ha repetido en numeras ocasiones con posibles consecuencias graves para los operarios y la producción.

Las líneas de producción tienen dos grupos motrices con distintas velocidades, el principal grupo motriz principal se encuentra en el subconjunto de la perfiladora, y el grupo motriz secundario se encuentra en la devanadera. El grupo motriz de la devanadera suministra material de la bobina a la línea de perfilado según la demanda de la perfiladora. Este sistema está regulado mediante un detector de proximidad para la curva que forma el material antes de entrar a la línea de perfilado, cuando detecta una determinada altura del material este grupo entra y suministra material. El grupo motriz principal arrastra el material a través del subconjunto de cassetes para su perfilado, su marcha-paro está programada según el largo del material que se quiere conseguir y la distancia de perforación en el caso de que sea necesario

Como sistema de seguridad para la tensión de la pletina existe únicamente un sistema eléctrico compuesto por un detector (en algunas ocasiones dos) que da la señal de marcha-paro para la devanadera. En el caso de que este detector falle, como ha ocurrido en alguna ocasión, lo que provoca es una tensión en la curva donde el grupo motriz de la perfiladora seguirá demandando material, pero la devanadera al estar frenada provocara una tensión que puede arrastar la bobina entera junto con la devanadera. Este sistema eléctrico para la seguridad de la instalación se encuentra diseñado de dos maneras, mediante un detector de proximidad, o mediante una pletina la que hará masa cuando el material haga contacto.

El grupo motriz de la perfiladora tiene la suficiente fuerza como para sacar de sus anclajes al suelo a la devanadora llevando a una situación de peligro, y una parada larga de producción. Cuando se ha presentado esta situación las consecuencias han sido largas paradas de producción y un coste elevado de tiempo y dinero para mantenimiento.



Imagen 61: Detector de altura baja de pletina. Imagen 62: Detector de altura alta/baja.

En la actualidad la mayoría de líneas de producción tienen solo un sistema de seguridad eléctrico para esta situación, que a pesar de que no ocurra a menudo, es necesario estudiar una mejora ya que las consecuencias aplican en la seguridad de los trabajadores. El tiempo de reparación es también elevado, incluso llegando a veces a tener que mover la instalación de sitio por consecuencias graves en el anclaje de la devanadera al suelo.

Cuando en una instalación una avería puede provocar daños elevados, se estudia un sistema de redundancia, un segundo sistema para que cuando la primera seguridad falle este entre en funcionamiento. Si tenemos un sistema eléctrico para esta seguridad, el segundo sistema es recomendable que sea mecánico. El primero sistema de seguridad está centrado en la medición de una altura, por lo que el segundo ha de estar orientado en otro parámetro de la instalación como es el par mecánico que ejerce el grupo motriz. Para limitar el par mecánico diseñaremos un conjunto mecánico de limitador de par, o fusible de par mecánico.

Este fusible de par mecánico consiste en dos placas circulares a la salida del motor que girarán síncronas gracias a dos bulones axiales al movimiento, diseñados para una rotura a cortadura definida. Estos dos bulones actuarán de unión en un funcionamiento normal de la máquina calculados también a fatiga con los valores de marcha-paro de la instalación. Cuando la instalación sobrepase la tensión normal de funcionamiento los bulones romperán desacoplando el motor de la instalación, provocando únicamente una parada en la producción. Para el rearme de la instalación después de haber localizado el por qué de la parada de la devanadora, únicamente habrá que colocar dos bulones nuevos.

En la actualidad entre el motor y el cassette hay un sistema de flector que absorbe el golpe de las arrancadas y paradas provocadas, pero ante cualquier enclavamiento no

deseado en la línea este flector se comprime hasta el punto de no absorber nada. El sistema de limitador de par mecánico irá situado entre el motor y la zona del flector.



Imagen 63. Acoplamiento para flector en perfiladora.

La optimización para este caso, es un desarrollo para largo plazo porque hay que hacerlo común a todos los cassettes y todos los motores de perfiladoras. Esta propuesta es una primera idea de cómo se desarrollaría es proyecto de mejora. Se muestra el comienzo de una diseño con dos bocetos que se adaptan a un mismo motor.



### 8.11.1 Diseño.

Para el diseño de esta optimización se ha dividido el estudio en tres partes: la salida del motor, la entrada a línea y los bulones que tendrán la función de fusibles en el diseño.

Para el ensamblaje se ha tomado un modelo CAD del motor de la marca SEW, ya que para este estudio solo es necesario saber el diámetro de la salida del motor, en cuanto a geometría. El motor que hay montado en los cassette donde se quiere hacer esta mejor es un motor INGETRANS T112M-4.

Se ha diseñado con la posibilidad de colocar varios fusibles, en la práctica se pueden colocar desde uno hasta los 6 pasadores dependiendo donde queramos tener el límite de rotura. Este modelo únicamente contiene una pieza normalizada que es la chaveta del eje que va acoplado en el motor.

### 8.11.2 Primer boceto.

En un primer diseño se ha hecho la salida del motor de una sola pieza, con seis alojamientos para bulones.

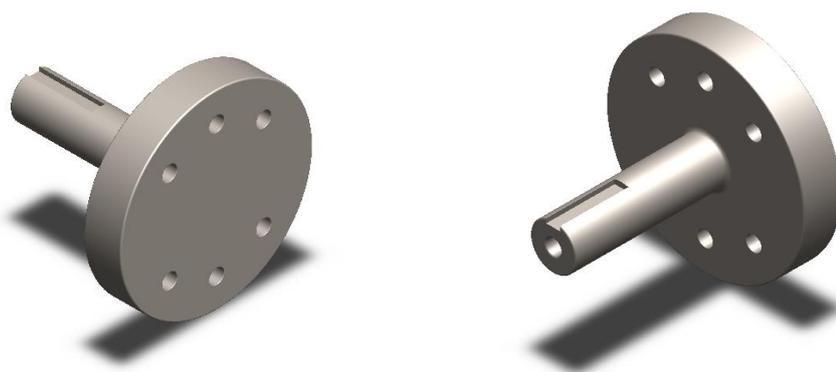


Imagen 64. Vistas isométrica acople motor. Fuente: Captura SolidWorks

Propiedades de masa de Acoplamiento motor		
Configuración: Predeterminado		
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --		
Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico		
Masa = 24203.95 gramos		
Volumen = 3103070.46 milímetros cúbicos		
Área de superficie = 200954.40 milímetros cuadrados		
Centro de masa: ( milímetros )		
X = -46.39		
Y = -0.09		
Z = 0.00		
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( gramos * milímetros cuadrados )		
Medido desde el centro de masa.		
lx = ( 0.00, 0.00, 1.00)	Px = 154360168.55	
ly = (-0.02, -1.00, 0.00)	Py = 156393043.01	
lz = ( 1.00, -0.02, 0.00)	Pz = 170726568.43	
Momentos de inercia: ( gramos * milímetros cuadrados )		
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas		
Lxx = 170718307.37	Lyy = 344008.48	Lzz = 0.00
Lyx = 344008.48	Lyy = 156401304.07	Lyz = 0.00
Lzx = 0.00	Lzy = 0.00	Lzz = 154360168.5
Momentos de inercia: ( gramos * milímetros cuadrados )		
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.		
lxx = 170718501.89	lxy = 444656.51	lxz = 0.00
lyx = 444656.51	lyy = 208478221.70	lyz = 0.00
lzx = 0.00	lzy = 0.00	lzz = 206437280.7

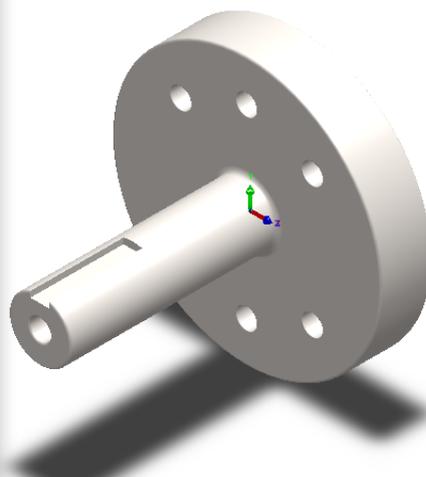


Imagen 65: Propiedades geométricas del acoplamiento al motor. Fuente: captura de SolidWorks.

- Chaveta: para la unión del acoplamiento del motor al motor, se ha elegido una chaveta normalizada. La geométrica viene marcada por el chavetero del motor, en este caso son:

- h: 11mm
- b: 18mm
- l: 100 mm

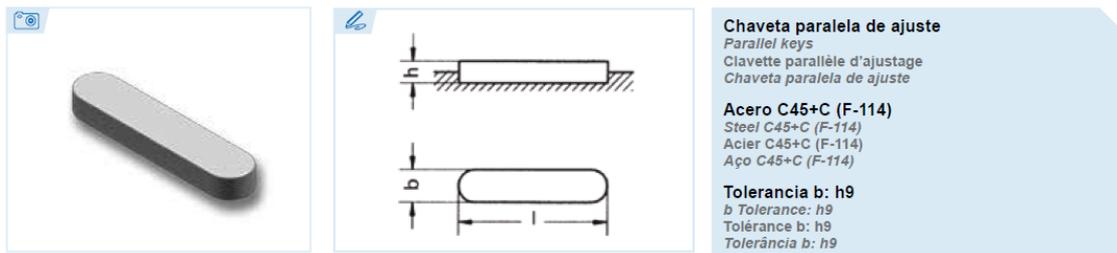


Imagen 66: Características para una chaveta normalizada. Fuente: Catálogo Opac components

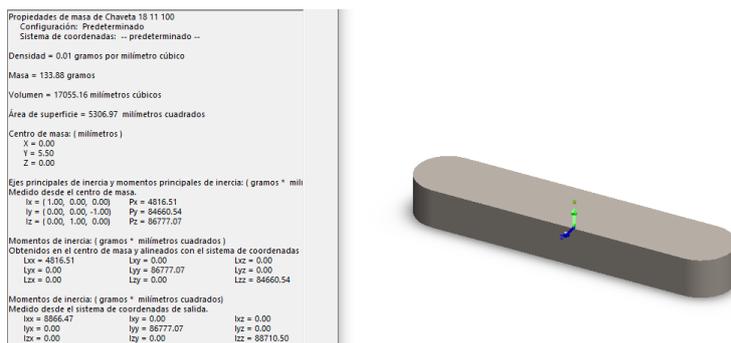


Imagen 67: propiedades de masa de la chaveta diseñada

- Fusible: el diseño de este elemento junto con los alojamientos nos dará la resistencia a cortadura del conjunto, dándole una geométrica y propiedades mecánicas específicas para que llegue a la fractura en la situación requerida de bloqueo de la devanadera.

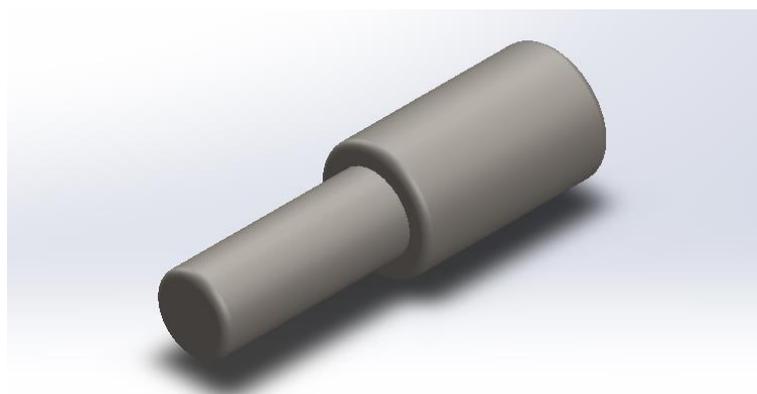


Imagen 68. Vista isométrica del fusible mecánico. Fuente: Captura SolidWorks



Imagen 69. Propiedades mecánicas del fusible mecánico. Fuente: Captura SolidWorks.

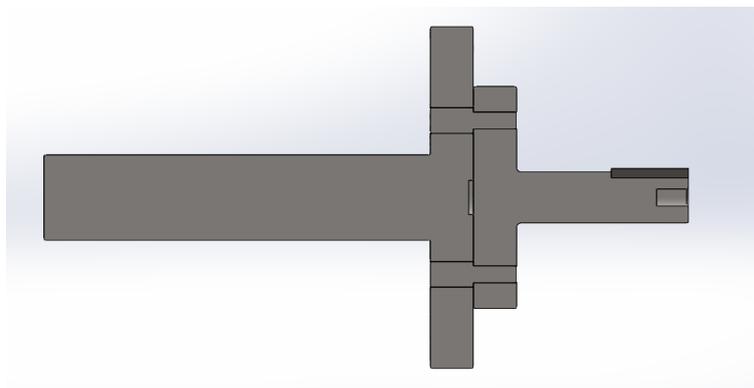


Imagen 70. Corte por sección de vista de alzado del conjunto fusible mecánico.

### 8.11.3 Segundo boceto

Este segundo diseño comienza desde el punto de vista de la fabricación de los componentes y del comportamiento del acoplamiento del motor. El acoplamiento del motor de una sola pieza concentra tensiones en la zona donde se une el eje con la rueda, sin embargo esas tensiones cortantes se han de concentrar en los bulones. Para ello se ha diseñado en tres piezas, un eje que va unido a la rueda mediante un tornillo de métrica 12x150 (diseñado desde cero a pesar de ser un elemento comercial, la biblioteca de componentes normalizados nos hace el diseño de la rosca en aros en vez de hacer una rosca helicoidal).

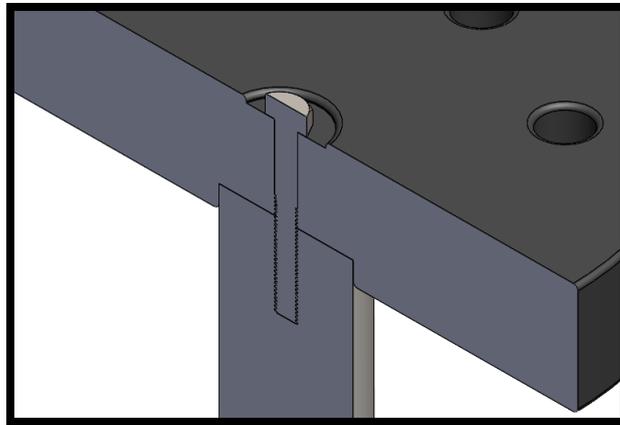


Imagen 71: Corte por sección de la unión del eje y rueda. Fuente: Captura SolidWorks

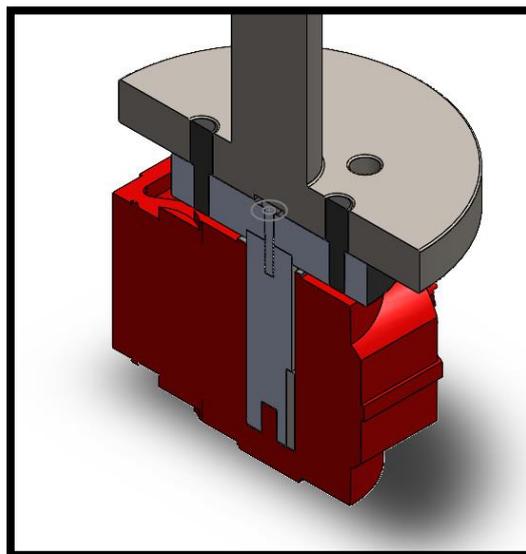


Imagen 72: Corte por sección del conjunto. Fuente: Captura SolidWorks

#### 8.11.4 Cálculos BIM.

Para la propuesta de estudio de ingeniería de esta optimización se ha empleado ANSYS WORKBENCH, utilizando los módulos de static structural y transient structural, el diseño que se ha realizado en SolidWorks se ha importado a ANSYS como un archivo .STEP

En esta parte de la optimización se simulará la situación de un enclavamiento en la línea, mientras que el motor está en marcha, por lo que daremos una rotación al acople del motor, y fijaremos el acople a la línea. Para esto es necesario conocer los parámetros de funcionamiento del motor.

- Par motor: 78000 N·m
- Revoluciones por minuto: 1450 rpm

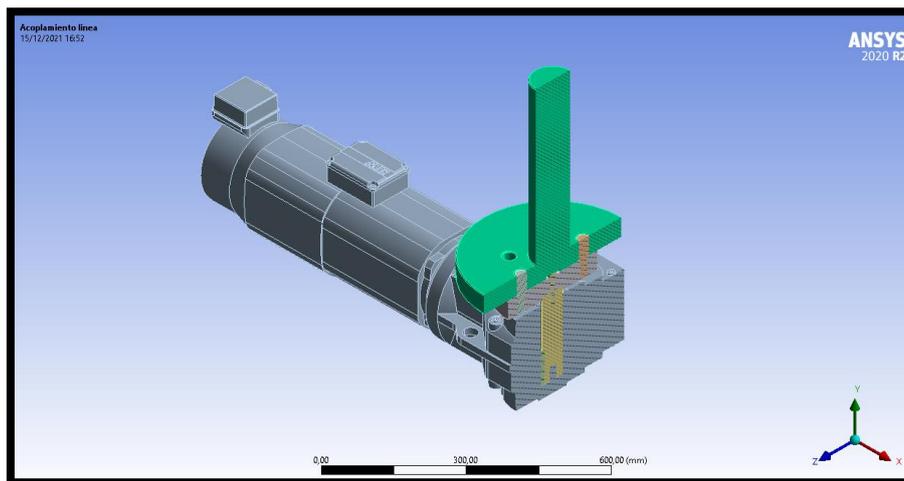


Imagen 73. Corte por sección de vista isométrica del conjunto en Ansys.

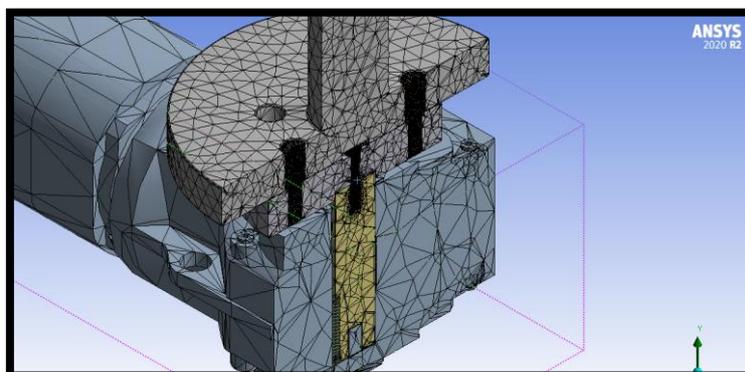


Imagen 74. Mallado de 2 mm para el análisis.

## 8.12 Optimización stock de recambios neumáticos.

La parte final de cada línea de producción hay una bancada donde se empaquetan los perfiles en función de su geometría, los topes mecánicos y los empujadores son cilindros neumáticos con una carrara de 70 mm. Hay varios modelos de cilindros para hacer la misma operación, multiplicando así el número de repuestos. Se ha propuesto hacer un pedido más amplio de cilindros neumáticos a la marca Festo, con las características que aparecen en la imagen 79. Para este proceso de producción debería llevar un vástago de mayor diámetro, los actuales tienen un diámetro de 10mm, la carrera se mantendría de 70 mm, pero en algunas líneas habría que cambiar el soporte del cilindro para adaptarlo.



Imagen 75: Cilindro línea 2.



Imagen 76: Cilindro línea 7.

DSNU-... – camisa del cilindro de acero inoxidable			
	8, 10	10, 15, 20, 25, 30,	1 ... 100
	12, 16	35, 40, 50, 60, 70,	1 ... 200
	20	80, 100, 125, 150,	1 ... 320
	25	160, 200, 250,	1 ... 500
		300, 320, 400,	500
	32, 40, 50, 63	25, 40, 50, 80,	1 ... 500
		100, 125, 160,	
		200, 250, 320	

Imagen 77: Características cilindro FESTO DSNU.



## 9. Aspecto socioeconómico.

### 9.1 Ampliación departamento mantenimiento.

Este proyecto se planteó con el objetivo de poder materializarlo, para ello las visitas que se han hecho a esta fábrica siempre se han tratado opciones viables, y factibles en el corto plazo valorando los recursos tanto económicos como técnicos. En este proyecto se han planteado soluciones técnicas sobre las instalaciones pero también es necesario sugerir nuevas ideas en la gestión y la organización del departamento de producción y mantenimiento. La situación actual de la fábrica tiene la raíz de su problema en el departamento de mantenimiento, la necesidad de personal es inmediata al acumularse muchos mantenimientos correctivos y también preventivos.

Una de las propuestas para la dirección de la fábrica ha sido la contratación de personal con contrato de prácticas de formación profesional tanto de grado medio como de grado superior. En otras ocasiones han utilizado esta modalidad de contratación para producción, sin embargo ahora es la situación actual del departamento de mantenimiento la que requiere de personal con ciertas bases técnicas sin necesidad de experiencia. Contemplando las nuevas instalaciones que tienen en mente desarrollar en un futuro, y los nuevos procesos de producción, es necesario aumentar el departamento de mantenimiento. Los perfiles que se han propuesto son de formación profesional tanto de grado medio como de grado superior de una rama industrial, preferiblemente electrónico. Las tareas que hay acumuladas y previstas para el corto y largo plazo son las ideales para un perfil académico recién titulado, contratar a un perfil con más años de experiencia sería un gasto por encima del nivel que se requiere. Estas tareas consistirían en la realización de planos eléctricos de las instalaciones que ya hay, apoyo a producción en tareas de limpieza de restos de producción, limpieza de equipos fuera de producción, contabilización de repuestos, registro de las actividades de mantenimiento en la base de datos.

Estas tareas son las ideales para entrar al mundo laboral y conocer la industria en la que se va a aprender un oficio. Estas tareas no necesitan de una formación larga y tampoco de una supervisión constante y continua, lo que permite al técnico actual de mantenimiento delegar acciones tediosas y repetitivas.

El instituto de formación profesional que se ha recomendado es Salesianos de Atocha, por cercanía y reputación, y los perfiles sobre los que se ha solicitado información son:

- Técnico en mantenimiento electromecánico. Grado medio.



Este perfil aportaría los módulos de “Automatismos neumáticos e hidráulicos”, “Electricidad y automatismos eléctricos” y “Técnicas de fabricación” de una manera profesional complementando las competencias que tiene el actual técnico de mantenimiento. Para futuras mejoras es necesario tener los planos eléctricos y electrónicos de las líneas completas, los actuales no muestran la mayoría de modificaciones por lo que no sirven como guía ante averías.

- Técnico en mecanizado. Grado Medio.

Las competencias que nos proporciona este perfil tienen similitudes con las del técnico actual de mantenimiento, ya que su formación técnica es fundamentalmente mecanizado. Este perfil tiene conocimientos de mantenimiento industrial orientado a máquinas-herramienta. El entorno es el ideal para desarrollar esta profesión comenzando con el registro de actividades de mantenimiento en las hojas que se proporciona y elaborando los nuevos procedimientos de los mantenimientos preventivos. Este perfil también aporta conocimientos de herramientas CAD para la elaboración de esquemas y planos.

- Técnico superior en mecatrónica industrial. Grado superior.

Este perfil tiene un nivel técnico más avanzado, aportando también la realización de planos y esquemas a través de herramientas CAD para actualizar la documentación que hay sobre las instalaciones.

- Técnico superior en programación de la producción en fabricación mecánica.

Este perfil está más orientado a un puesto técnico dentro del departamento de producción para la comunicación con el departamento de mantenimiento, con conocimientos técnicos sobre sistemas de prevención de riesgos laborales, calidad y protección ambiental.



## 9.2 Planificación de trabajos.

De las propuestas de optimización que se han presentado se va a comenzar por las más factibles y las que menos afecten a procesos de producción, como por ejemplo las protecciones y soportes. Algunas de las propuestas que se presentan en este proyecto requieren de paradas largas de producción para realizar las pruebas pertinentes antes de la puesta en marcha, estas propuestas son la instalación de cerrojos de seguridad en las zonas de acceso, la conversión de dos grupos hidráulicos a uno, la conversión del rocío por pulverización de taladrina.

En los próximos dos meses la Comunidad de Madrid no tiene ningún festivo programado por lo que habrá que utilizar los fines de semana para la consecución de las propuestas. Para estos trabajos es recomendable la presencia del técnico de mantenimiento al menos uno de los dos días del fin de semana.

Para los trabajos que se van a realizar se ha presupuestado veinte horas, diez horas de trabajo el sábado y diez horas el domingo, que abarcan:

- Soporte para detector consumo bobina. Trabajos de corte y soldadura. Se necesita amoladora, grupo de soldar, electrodos 2,5mm, taladro percutor para suelo, anclajes para hormigón, tornillería para detector, tubo cuadrado de 40 mm y 2 mm de espesor y pletina de 4 mm de espesor. La preparación de este soporte requiere de dos horas en el fin de semana.
- Protección electroválvula. Trabajos de corte y soldadura. Trabajos de corte y soldadura. Se necesita amoladora, grupo de soldar, electrodos 2,5mm, taladro, tornillería fijación, ángulo de 25mm de ala y 2 mm máximo de espesor y varilla de 6 mm. La preparación de este soporte requiere de dos horas en el fin de semana.
- Soporte para herramientas de producción. La solución más rápida para el poco tiempo del que se dispone es colocar un tablero comercial para tener organizadas todas las herramientas que utiliza producción en sus trabajos de ajuste de la perfiladora. La elección del lugar para beneficiar lo máximo posible a producción y su posterior colocación llevará alrededor de una hora de trabajo.
- Zona cizalla. La zona de cizalla tiene varias actuaciones pendientes; la primera es custodiar el detector de posición alta, haciendo un soporte nuevo para el detector. La limpieza exhaustiva de la zona es fundamental, para ello habrá que proteger la zona donde los desengrasantes que pueden actuar de manera perjudicial. Esta parte de la instalación al limpiarse por completo también necesita de un posterior engrase, tanto en las guías de las prensas como en el carro de la cizalla volante.



La zona de los grupos hidráulicos necesita una puesta al día en cuanto a limpieza y organización de las tuberías. En esta parte de la línea existen regulaciones de presión por lo que hay que marcar los rangos de funcionamiento óptimo, tanto en presiones de aire como de aceite hidráulico. Para estas tareas se ha presupuestado 6 horas de trabajo.

- Control de entrada de material a la línea. Esta propuesta requiere de poco tiempo, únicamente habría que mejorar la conexión del detector de suelo, evitando posibles tropiezos por parte de producción. El detector de posición alta hay que custodiarlo para que no se quede en posición de no funcionamiento como está actualmente. Para llevar a cabo esta propuesta se necesita una hora de trabajo.

- Instrucciones de mantenimiento. En las entradas a zonas de trabajo de la línea se propuesto colocar las instrucciones de mantenimiento a seguir en caso de actuación, para que estén presentes en cualquier momento. Estas instrucciones serán iguales para todas las líneas y están sujetas a mejoras según se vaya adaptando la estrategia que se propone en este proyecto. Para ello es necesario una carpeta portafolios, remaches, y un taladro. Para esta mejora se necesita media hora de trabajo.

- Cilindros neumáticos con resortes. Esta propuesta depende de la disponibilidad del recambio, por lo que tras la aceptación del presupuesto se encargarán los cuatro cilindros necesarios y su montaje se llevará a cabo tan pronto sea posible. La situación ideal sería que estuviesen disponibles para el fin de semana que se tiene programado. Los cilindros que se han propuesto son más grandes que los actuales por lo que habrá que adaptarlos a los soportes que hay ahora, al ser cilindros más grandes también necesitarán un ajuste neumático. Para completar esta mejora se necesitan al menos de cuatro horas, teniendo en cuenta que hay que hacer ajustes mecánicos.

- Planificación de futuros trabajos. De las propuestas pendientes la más urgente sería la colocación del equipo F.R.L. en la zona que se quiere habilitar para mantenimiento, separando las regulaciones que pertenecen a producción de las de mantenimiento. Para esto es necesario realizar el esquema neumático actual, añadir un regulador de caudal antes del cilindro y cerca de la zona donde trabaja el operario de producción. La planificación de este trabajo tiene que ser con el técnico de mantenimiento y tiene una duración aproximada de 3 horas.



### 9.3. Presupuesto.

Para presupuestar las propuestas de mejora hay que tener cuenta que se van a hacer en horario de fin de semana, por parte de un ingeniero y de manera autónoma. Este proyecto engloba también experiencia en el campo de mantenimiento, diseño mecánico, soldadura, y estrategia de producción, por lo que el precio de la hora es de 70€. Se contabilizarán también las horas dedicadas al estudio de la producción y del departamento de mantenimiento, el anteproyecto que engloba el estudio de las propuestas a corto y largo plazo, y las primeras propuestas materializadas.

Mario Berzal Cerezo.  
 Nº Colegiado: #####  
 DNI: 50227463-V  
 Calle Vía Lusitana 43 7º A  
 28025 Madrid  
 Madrid, España  
 Telf: 618185565  
 m.berzal46@gmail.com

Perfiles Blanco S.L.  
 CIF: B87240339  
 Calle Bruñuelas 7. Fuenlabrada  
 28947, Madrid  
 Madrid, España  
 915001512  
 contabilidad@pblanco.com

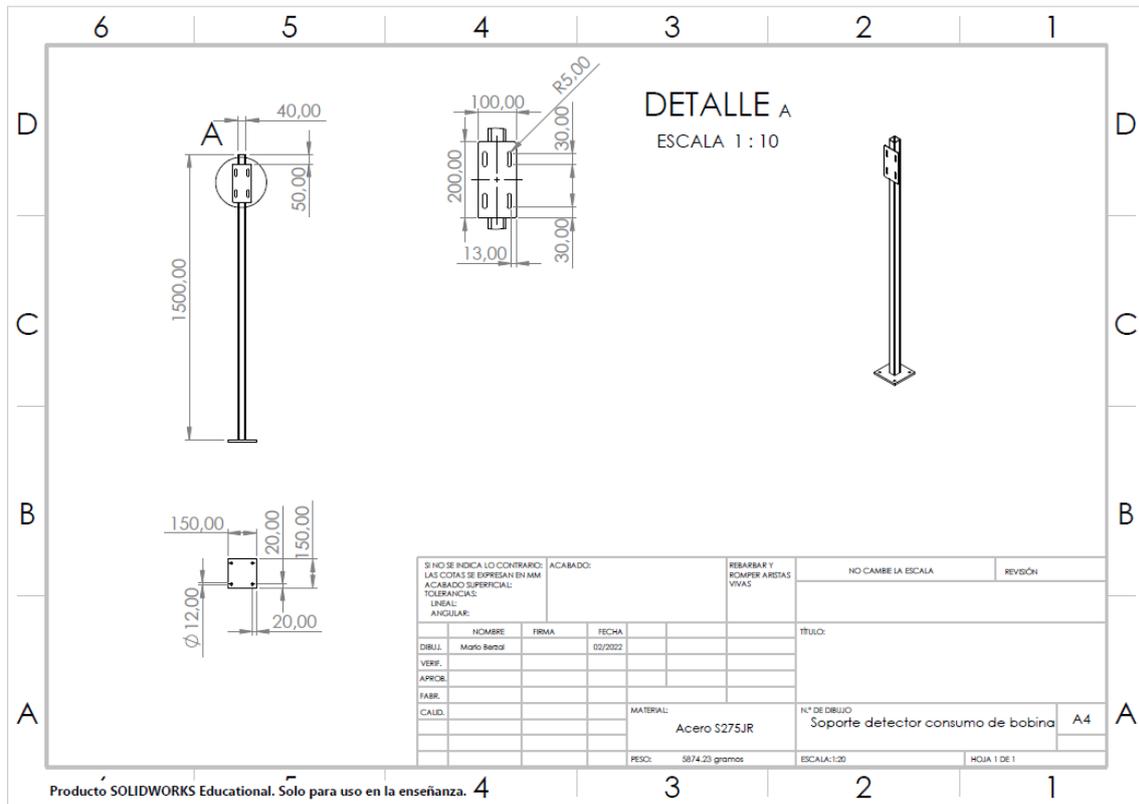
		Numero de factura	001		
		Fecha de factura	14/02/2022		
		Fecha de vencimiento	14/08/2022		
	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Base imponible</b>	<b>%IVA</b>	<b>Total.</b>
Estudios previos	10	70,00 €	700,00 €	21,00%	847,00 €
<b>Total</b>			<b>700,00 €</b>		<b>847,00 €</b>
<b>Proyecto básico.</b>					
Análisis mantenimiento	5	70,00 €	350,00 €	21,00%	423,50 €
Desarrollo propuestas	5	70,00 €	350,00 €	21,00%	423,50 €
<b>Total</b>			<b>700,00 €</b>		<b>847,00 €</b>
<b>Proyecto de ejecución</b>					
Diseño	1	70,00 €	70,00 €	21,00%	84,70 €
Soldadura	2	150,00 €	300,00 €	21,00%	363,00 €
Implantación	10	70,00 €	700,00 €	21,00%	847,00 €
Materiales	1	100,00 €	100,00 €	21,00%	121,00 €
Cilindro DSNU	4	70,00 €	280,00 €	21,00%	338,80 €
<b>Total</b>			<b>1.450,00 €</b>		<b>1.754,50 €</b>
<b>Total</b>			<b>2.850,00 €</b>	<b>21,00%</b>	<b>3.448,50 €</b>

Imagen 78: Factura.



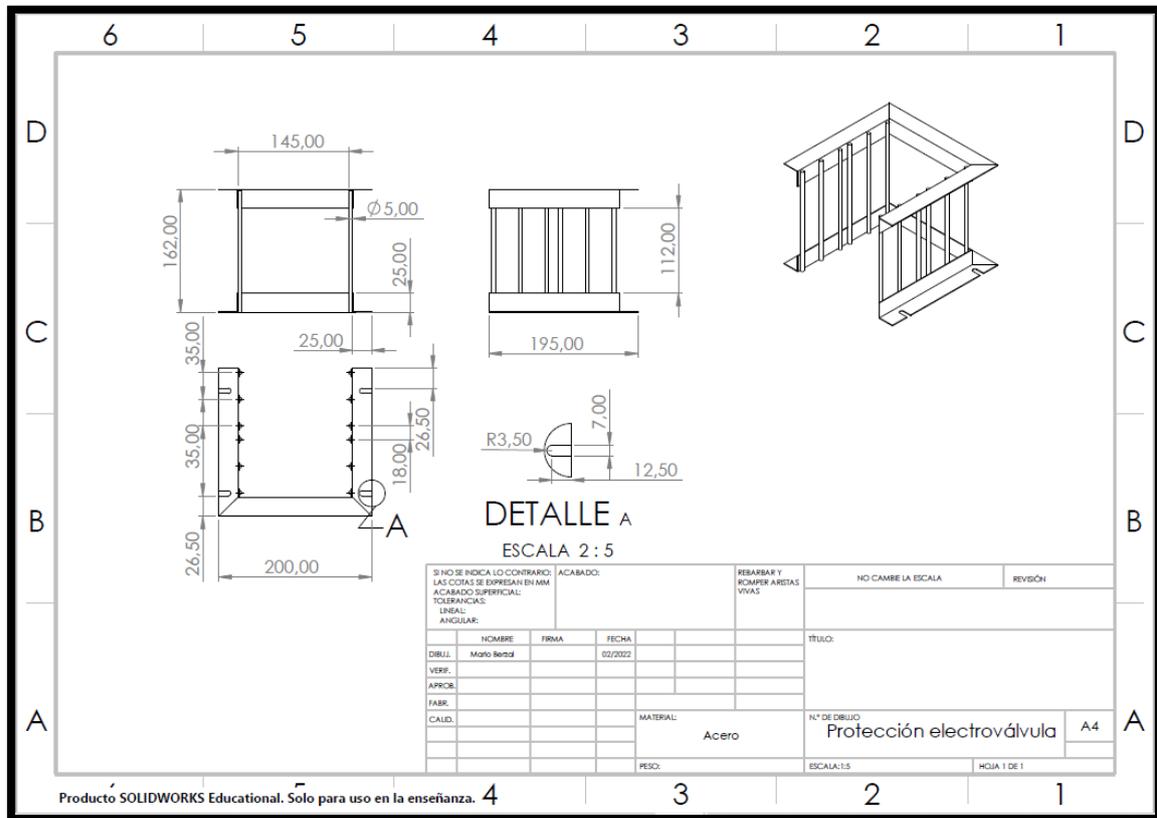
## 10. Planos.

### 10.1 Planos detector consumo bobina.



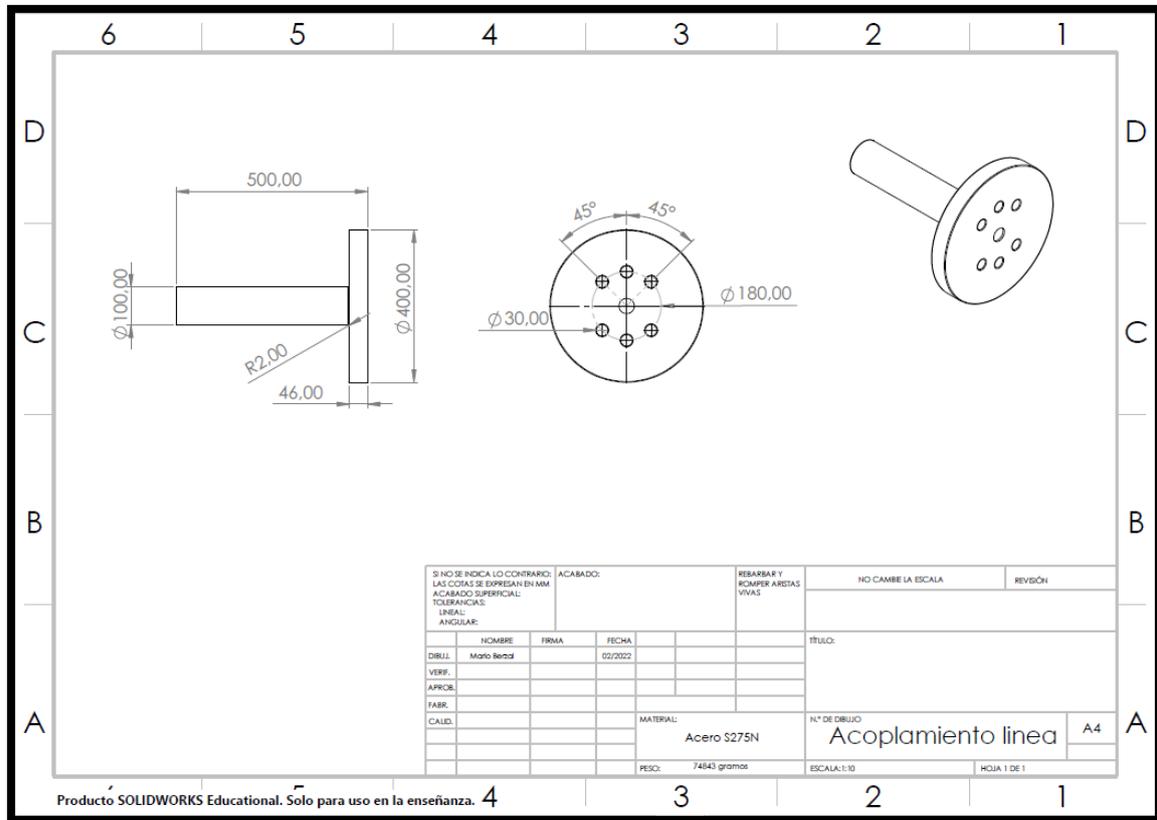


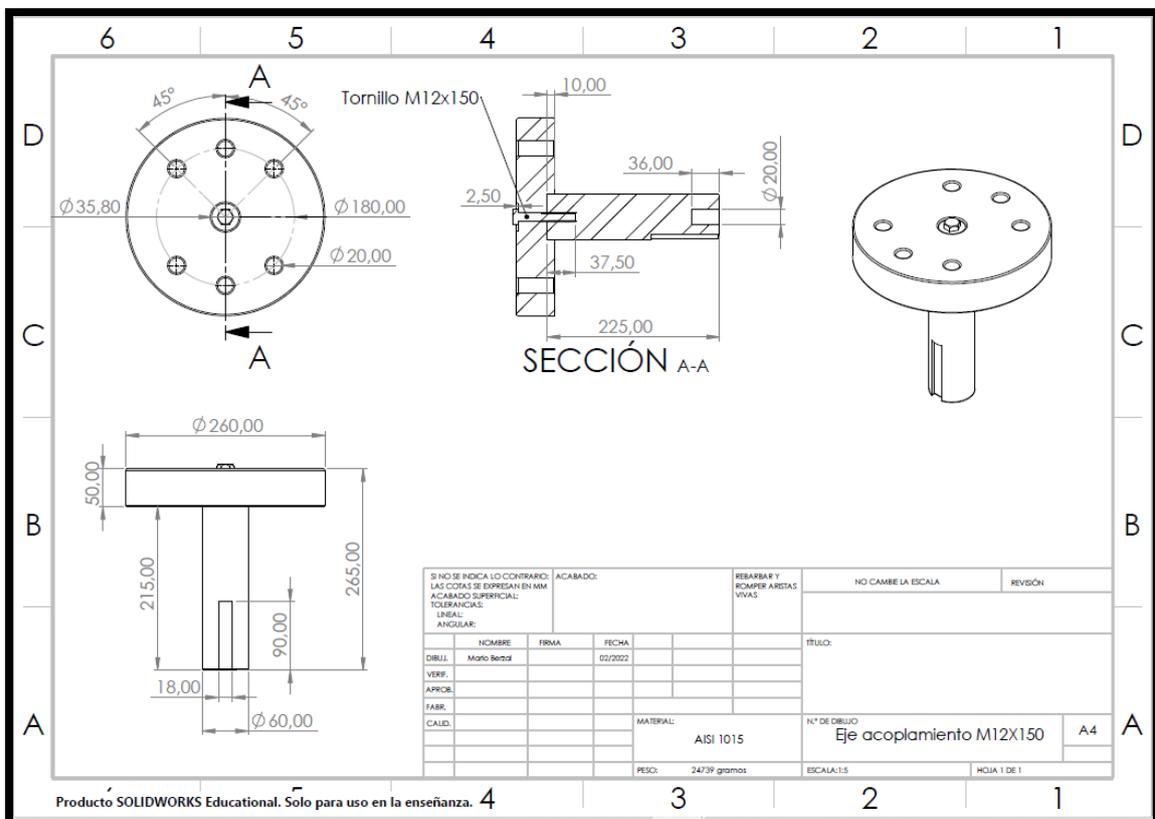
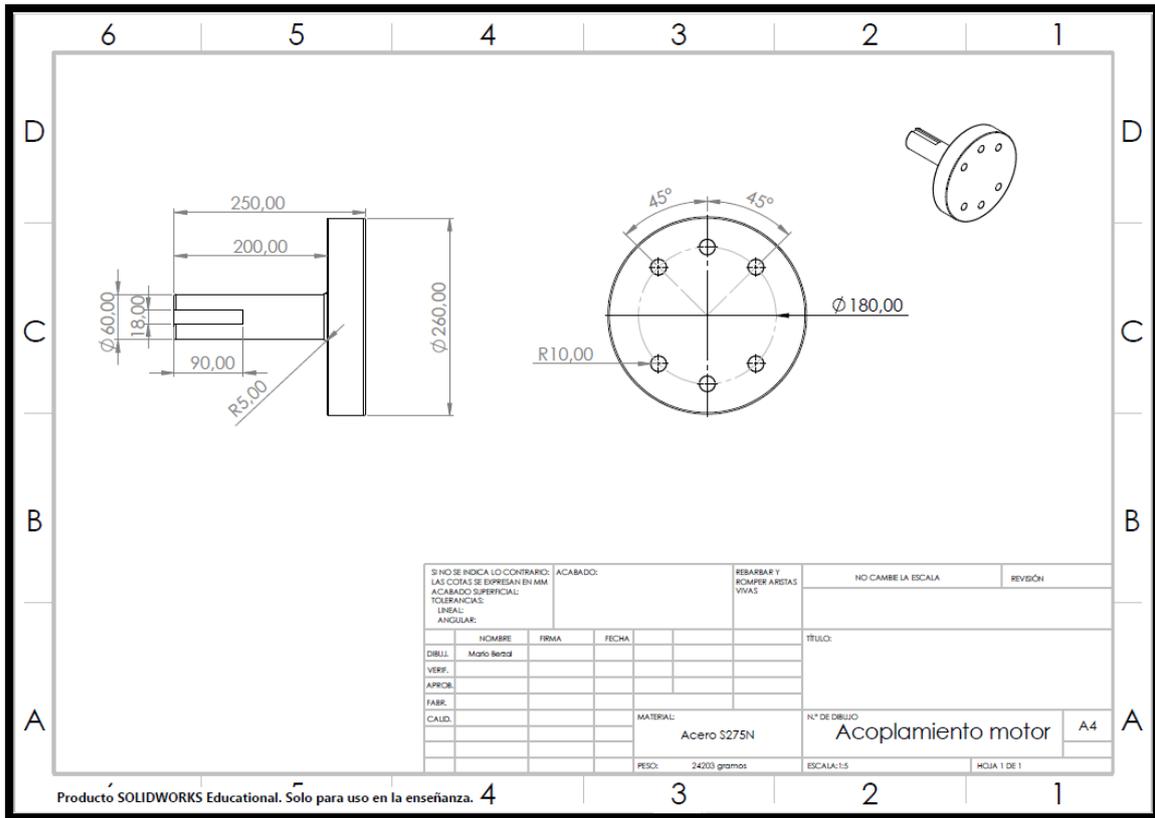
## 10.2 Planos protección electroválvula.

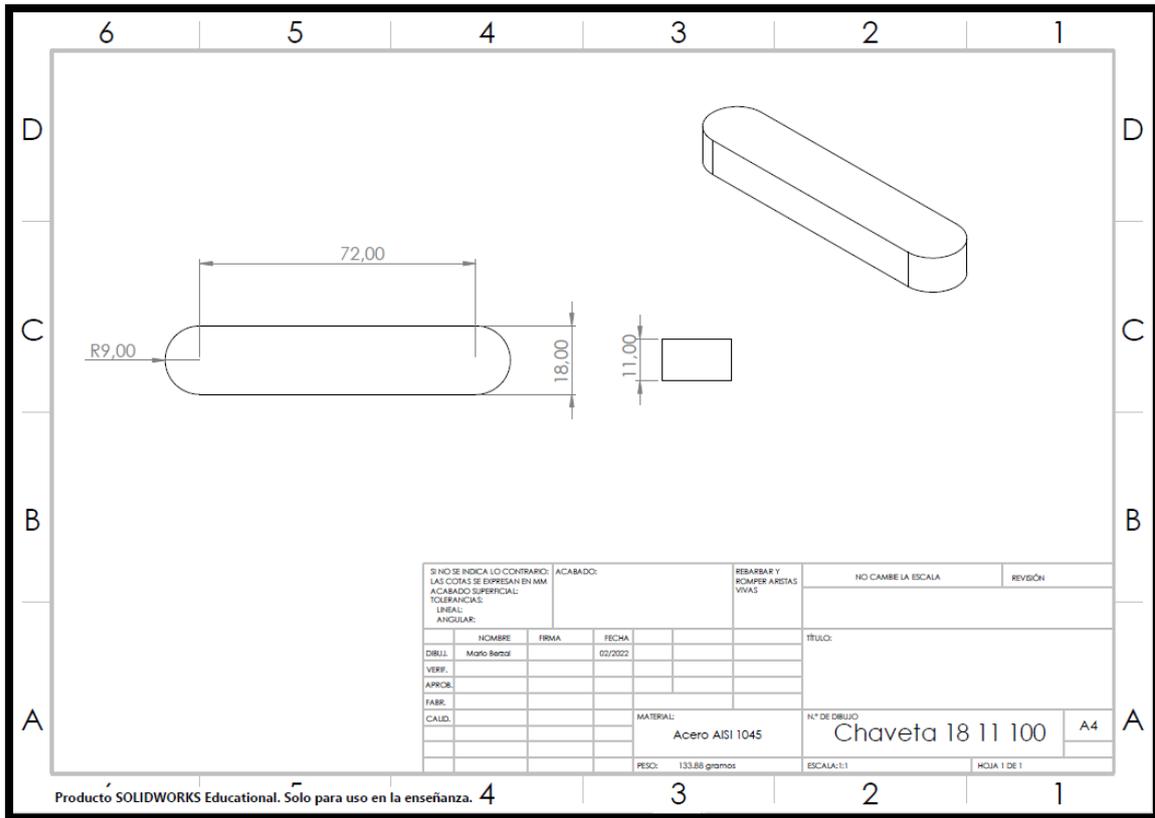


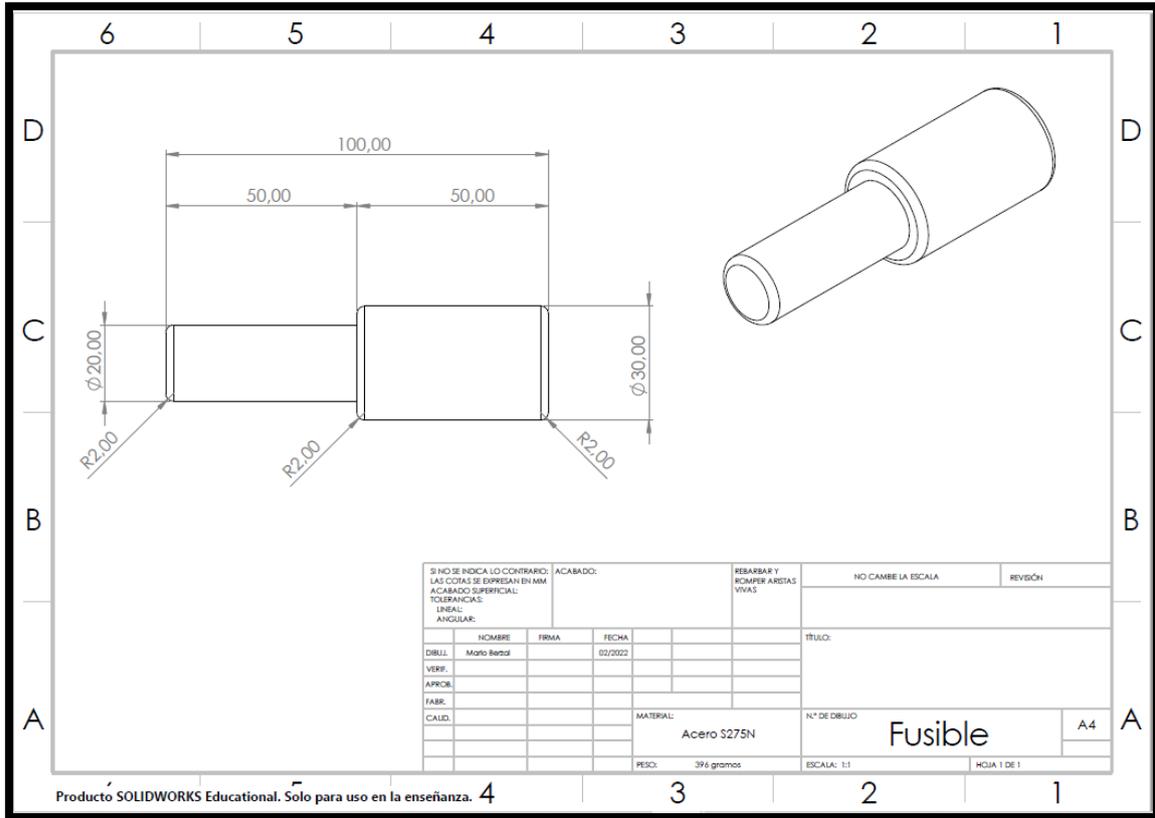


### 10.3 Planos limitador de par.











## 11. Normativa

La normativa que sigue esta fábrica en cuanto a calidad es la conocida ISO 9001:2015

ISO 9001:2015 Calidad

La normativa que se ha seguido para riesgos laborales sobre maquinaria ha sido la directiva 2006/42/EC.

2006/42/EC Directiva sobre maquinaria



## 12. Conclusiones.

La fábrica de Perfiles Blanco S.L. tiene mucho potencial para el desarrollo de nuevos proyectos que ampliarán su oferta, pero para la consecución de todos estos proyectos es fundamental que la fábrica tenga un rendimiento más alto que en el que está ahora. Las paradas de producción causantes de gran parte de los retrasos en las entregas, son el primer punto a corregir, y para eso es necesario tener una estrategia de producción y de mantenimiento renovada. La planificación de pequeños trabajos lleva a una evolución continua y fiable, añadiendo también formación a todos los niveles de fábrica, será mucho más accesible el paso a una fábrica LEAN Manufacturing.

La planificación y las propuestas de mejora han convencido al cliente para seguir desarrollando en un futuro mejoras en cuanto a métodos de producción y de mantenimiento. Según vaya avanzando el proceso de mejora de la línea 4, la adaptación de nuevas líneas será mucho más rápida y confiable. La decisión de elegir la línea 4 es una responsabilidad alta al ser la línea más influyente en volumen de producción, pero los buenos resultados harán tener al cliente una mejor predisposición a la hora de comenzar las mejoras en otras líneas.

El servicio de consultoría que se ha ofrecido a Perfiles Blanco S.L. se puede extrapolar a otras industrias, no es específico del sector metal, ni del conformado de perfiles en frío, por lo que clientes de esta fábrica pueden estar interesados en estos servicios al ver los buenos resultados.



### 13. Bibliografía.

- Borris, S. (2006). *Total Productive Maintenance: Proven Strategies and Techniques to Keep Equipment Running at Maximum Efficiency (English Edition)* (1.<sup>a</sup> ed.). McGraw Hill. <https://doi.org/10.1036/0071467335>
  
- McCarthy, D., & Rich, N. (2015). *Lean TPM: A Blueprint for Change (English Edition)* (2.<sup>a</sup> ed.). Butterworth-Heinemann.
  
- Denso. (2006, abril). *INTRODUCTION TO TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE*. Student Study Guide.
  
- Casillas, A. L. (1998). *Maquinas - Calculos Taller 92b: Edicion* (31<sup>a</sup> ed.). Author-Publishers.
  
- Larburu, N. (2010). *Máquinas prontuario. Técnicas, máquinas, herramientas*. Paraninfo.
  
- .V.V., A. A. (2014). *Fundamentos de teoria de maquinas* (4<sup>a</sup>ed., 1<sup>a</sup> imp ed.). Editorial Bellisco. Ediciones Técnicas y Científicas.
  
- Escudero, M. M. E., Somonte, M. D., Espinosa, M. M., & Domínguez, M. (2010). *Expresión gráfica y diseño asistido en ingeniería*. Asociación de Ingeniería y Diseño Asistido.

