



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



**GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

# **ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA PLANTA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO**

**AUTOR:** CARLOS COLLADO CLIMENT

**TUTORA:** M<sup>a</sup> PILAR MOLINA PALOMARES

**COTUTOR:** JOSÉ ALFONSO ANTONINO DAVIU

**Curso Académico:** 2016 - 2017

## **RESUMEN:**

Este proyecto se basa en la elaboración e implementación de un plan de mantenimiento para la maquinaria disponible en las instalaciones de Martínez Conesa S.A, industria dedicada al reciclaje de diferentes variedades de polietilenos y a su transformación en bolsas y bobinas de film de este material como producto final.

Resaltando la importancia de la integración de dicho plan en la empresa, se detallará un plan de mantenimiento rutinario y específico por cada máquina de trabajo, además de un plan maestro general donde el técnico de mantenimiento podrá llevar un mejor control de las actividades a realizar durante el año.

El escrito, también estará compuesto por el análisis y diagnóstico de la situación actual de la empresa, la codificación de equipos, así como aspectos más teóricos relacionados con el mantenimiento, que puedan hacer entender mejor la necesidad de este sector en la industria y poder definir la estrategia de mantenimiento que mejor se ajuste a la empresa.

## **RESUM:**

Aquest projecte es basa en l'elaboració i implementació d'un pla de manteniment per a la maquinària disponible en les instal·lacions de Martínez Conesa S.A, indústria dedicada al reciclatge de diferents varietats de polietilens i a la seua transformació en borses i bobines de film d'aquest material com a producte final.

Ressaltant la importància de la integració d'aquest pla en l'empresa, es detallarà un pla de manteniment rutinari i específic per cada màquina de treball, a més d'un pla mestre general on el tècnic de manteniment podrà portar un millor control de les activitats a realitzar durant l'any.

L'escrit, també estarà compost per l'anàlisi i diagnòstic de la situació actual de

l'empresa, la codificació d'equips, així com aspectes més teòrics relacionats amb el manteniment, que puguin fer entendre millor la necessitat d'aquest sector en la indústria i poder definir l'estratègia de manteniment que millor s'ajuste a l'empresa.

### **ABSTRACT:**

This project is based on the elaboration and implementation of a maintenance plan for the available machinery at Martínez Conesa SA's facilities. This factory is dedicated to the recycling of different varieties of polyethylene and their transformation into bags and film reels of this material as final product.

Emphasizing the importance of the integration of this plan in the company, a routine maintenance plan specific to each work machine will be detailed, as well as a general master plan where the maintenance technician can take a better control of the activities to be carried out during year.

The essay will also be composed by the analysis and diagnosis of the current situation of the company, the codification of equipment, as well as more theoretical aspects related to maintenance which will help to understand the need for this sector in the industry and finally being able to define the best maintenance strategy for the company.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	1
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
<b>MEMORIA</b>	
1 – ANALISIS DE LA EMPRESA	
1.1 – Introducción	3
1.2 – Estructura organizativa	3
1.3 – Tamaño de la empresa	4
1.4 – Instalaciones y equipos	4
1.4.1 – Listado de equipos y maquinaria disponible	7
1.4.2 – Valoración de la maquinaria	10
1.4.3 – Distribución en planta de las máquinas principales	13
1.5 – Proceso de producción	17
1.5.1 – Lavado de material	17
1.5.2 – Granceado	18
1.5.3 – Transformación y producto final	20
1.5.4 – Tratamiento y gestión de residuos	22
1.6 – Jornada de trabajo	23
1.7 – Diagnóstico de la situación actual del mantenimiento	24
1.7.1 – Operarios	24
1.7.2 – Mecánicos técnicos de mantenimiento	24
1.7.3 – Subcontratas o empresas externas	24
1.8 – Gestión actual de repuestos	25
2 – ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO	27
2.1 – Introducción	27
2.2 – Objetivos del mantenimiento	27
2.3 – Estrategias de mantenimiento	28
2.3.1 – Mantenimiento correctivo	28

2.3.2 – Mantenimiento preventivo	29
2.3.2.1 – Fases de desarrollo para el mantenimiento preventivo	29
2.3.3 – Mantenimiento predictivo	30
2.3.3.1 – Ventajas del mantenimiento predictivo	31
2.3.3.2 – Principales técnicas de mantenimiento predictivo	31
2.4 – Fallas	35
4.1 – Tipos de fallas	35
3 – PLAN DE MANTENIMIENTO PARA NARTINEZ CONESA S.A.	38
3.1 – Codificación de equipos	38
3.1.1 – Códigos para el sistema funcional	38
3.2 – Documentación	39
3.2.1 - Fichas técnicas	40
3.3 – Instalación de contadores de horas.	42
3.4 – Partes de mantenimiento	43
3.5 – Hojas de revisión o check list	44
3.6 – Planes individuales de mantenimiento preventivo	46
3.7 – Planificador	59
3.8 – Indicadores de gestión	61
3.8.1 – Disponibilidad de equipos	61
3.8.2 – Mantenibilidad	64
3.9 – Gestión de stock de repuestos	68
3.9.1 - Identificación de repuestos	68
3.10 – Necesidad de stock en planta	70
4 – PROPUESTA DE FUTURAS MEJORAS PARA LA EMPRESA	73
4.1 – Adquisición de equipo para diagnóstico predictivo	73
4.2 – Adquisición de software GMAO	77
5 – COSTES DEL MANTENIMIENTO	79
5.1 – Introducción	79
5.1.1 – Costes fijos	79
5.1.2 – Costes variables	80
5.1.3 – Costes financieros	80

5.1.4 – Costes por fallas	81
5.1.5 – Coste integral	82
5.2 – Coste del plan de mantenimiento	82
6 – CONCLUSIONES	89
7 – BIBLIOGRAFÍA	90
<b>ANEXOS</b>	91
<b>PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	
Confeccionadora de bolsas con cierre fácil [Coemter Beta Roll 550]	92
Confeccionadora de fundas para rollos [Coemter Ter 1054N]	106
Extrusora [Macchi]	113
Dispositivo de estiraje [Windmöller & Hölscher]	119
Bobinador [Kiefel]	125

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 – Diagrama de líneas de producción	3
Figura 1.2 – Organigrama de la estructura empresarial	4
Figura 1.3 – Ubicación mediante Google Maps	6
Figura 1.4 – Localización vía satélite mediante Google Maps	6
Figura 1.5 – Distribución en planta de la zona de lavado (L)	14
Figura 1.6 – Línea de lavado con distribución en “U”	14
Figura 1.7 – Distribución en planta de la zona depuradora (D).	15
Figura 1.8 – Distribución en planta de la zona de reciclado (R).	15
Figura 1.9 – Línea de producción de material recuperado (R).	16
Figura 1.10 – Distribución en planta de la zona de extrusión (E) y Corte (C)	16
Figura 2.11 – Sección zona de corte (C).	17
Figura 1.12 – Materia prima y producto obtenido de la línea de lavado	18
Figura 1.13 – Granza de PE. Producto obtenido en la línea de granceado.	19
Figura 1.14 – Diagrama del proceso de reciclado de material	19
Figura 1.15 – Proceso de extrusión, soplado, calandrado y bobinado final	21
Figura 1.16 – Diagrama del proceso de extrusión y corte	21
Figura 1.17 – Depuradora para el tratamiento de aguas residuales.	23
Figura 1.18 – Estado del taller de trabajo.	26
Figura 2.1 – Fases de desarrollo en el plan de mantenimiento preventivo.	30
Figura 2.2 – Curva de bañera en los diferentes tipos de fallas.	36
Figura 3.1 – Contador de horas de corriente alterna	42
Figura 3.2 – Modelo de parte de trabajo de la sección de mantenimiento	44
Figura 3.3 - Esquema de la máquina C.11	47
Figura 3.4 – Punto de engrase de los cojinetes del puente soldador	48
Figura 3.5 – Deslizadera horizontal y puntos de engrase	48
Figura 3.6 – Deslizadera vertical y punto de engrase	49
Figura 3.7 – Instalación neumática	49
Figura 3.8 – Interior rebobinador	50
Figura 3.9 – Etiquetadora	50
Figura 3.10 – Espejos reflectores de las fotocélulas	51
Figura 3.11 – Punto de engrase del bailarín	52

Figura 3.12 – Instalación hidráulica.	52
Figura 3.13 – Guías del soporte de la bobina	53
Figura 3.14 – Rodamientos del eje del portabobinas	53
Figura 3.15 – Piñón y cadena en el grupo soldador	54
Figura 3.16 – Punto de engrase en los rodillos del grupo soldador-cuchilla	54
Figura 3.17 – Rodillo de arrastre en la salida del plegador.	55
Figura 3.18 – Husillos de alineación del plegador en doble triángulo	55
Figura 3.19 – Rótulas del rebobinador	56
Figura 3.20 – Puntos de engrase del rebobinador	56
Figura 3.21 – Puntos de engrase del grupo soldador-cuchilla	57
Figura 3.22 – Distribución de correas I (soldador- cuchilla)	57
Figura 3.23 – Distribución de correas II (soldador- cuchilla)	58
Figura 3.24 – Distribución de correas III (Rebobinador)	58
Figura 4.1 – Captación termográfica en cuadro eléctrico	74
Figura 4.2 – Desgarrador con simetría en los motores principales	77
Figura 5.1 – Diagrama de sectores con los diferentes costes	87



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 – Tamaño de la empresa	5
Tabla 1.2 – Listado maquinaria zona de extrusión	7
Tabla 1.3 – Listado maquinaria zona de corte	7
Tabla 1.4 – Listado maquinaria zona de reciclado	8
Tabla 1.5 – Listado maquinaria zona de lavado	8
Tabla 1.6 – Listado maquinaria zona depuradora	9
Tabla 1.7 – Tabla de valoración del equipo	10
Tabla 1.8 - Valoración de las extrusoras 4, 5 y 6.	11
Tabla 1.9 – Resumen de criticidad de la maquinaria	12
Tabla 3.1 – Ficha técnica del desgarrador de la zona de lavado.	41
Tabla 3.2 - Hoja check list para el ajuste de cuchillas del molino de agua.	45
Tabla 3.3 – Funciones semanales del técnico de mantenimiento para C.11	47
Tabla 3.4 – Funciones mensuales del técnico de mantenimiento para C.11	51
Tabla 3.5 – Funciones anuales del técnico de mantenimiento para C.11	57
Tabla 3.6 – Planificador mensual	59
Tabla 3.7 – Mantenimiento en la confeccionadora nº 7	64
Tabla 3.8 – Cálculo de disponibilidad para la confeccionadora nº 7	64
Tabla 3.9 – Resumen de intervenciones para cálculo del TPPR	66
Tabla 2.10 – Stock necesario para zona de extrusión	70
Tabla 4.1 – Planificación de revisiones mediante termografías	75
Tabla 5.1 – Gastos en stock de primera necesidad	83
Tabla 5.2 – Gastos en stock de repuestos	84
Tabla 5.3 – Gastos adicionales	85
Tabla 5.4 – Gastos externos	86

## **INTRODUCCIÓN**

Debido al continuo avance tecnológico dentro del sector industrial, las empresas se han visto implicadas en una era donde la maquinaria autónoma y los procesos de producción automatizados han aumentado de forma considerable desde las últimas décadas.

Esta ampliación de maquinaria puntera y sofisticada, se ha convertido en necesidad primaria para las empresas, para poder así cumplir con una producción constante y de calidad que las haga competentes dentro del mercado.

Como consecuencia a estas exigencias de producción constante y eficiente por mantenerse a flote dentro del mercado competente, las empresas industriales han ido desarrollando nuevas perspectivas sobre la conservación y el uso de los equipos; es decir, atribuyendo mayor importancia a los conceptos de mantenimiento.

Dicho esto, todavía existen muchas empresas que no cuentan con un programa de mantenimiento o con una gestión adecuada del mismo, como es el caso de Martínez Conesa S.A, empresa del sector plástico y objeto de estudio para este proyecto.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar el plan de mantenimiento que mejor se adapte a la maquinaria y necesidades de la empresa Martínez Conesa S.A

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar el diagnóstico de la planta mediante el inventario exacto de las máquinas y equipos a través de un sistema de codificación.
- Realizar un estudio de la maquinaria para conocer bien su representación en la empresa y nivel de prioridad, así como otros aspectos físicos que permitan decantarse por un tipo de mantenimiento u otro.
- Planificar tareas específicas de mantenimiento preventivo para los equipos.

- Comentar los recursos necesarios para la implantación del plan de mantenimiento, como la incorporación de personal, la mejora del taller de reparaciones o el stock de primera necesidad.
- Establecer unos índices de gestión de mantenimiento con el fin de tener una forma de cuantificar la eficiencia del programa de mantenimiento y poder actuar para mejorar los procesos de ejecución.

## **1 – ANALISIS DE LA EMPRESA**

### **1.1 – Introducción**

Martínez Conesa S.A. es una empresa fundada en 1963 con una amplia experiencia profesional en el sector del plástico, dedicada al reciclaje y a la transformación de los mismos, mediante la confección de bolsas a medida y bobinas de film empleando diferentes variedades de polietilenos como elemento principal.

Para la elaboración de sus productos, la empresa consta de una amplia diversidad de maquinaria, como máquinas de extrusión y soplado de film, máquinas de calandrado, maquinaria para el corte y soldadura, así como maquinaria muy variada utilizada en el proceso de reciclado del material.

De esta forma, la fábrica queda dividida en diferentes líneas de producción, como se muestra en la figura 1.1.

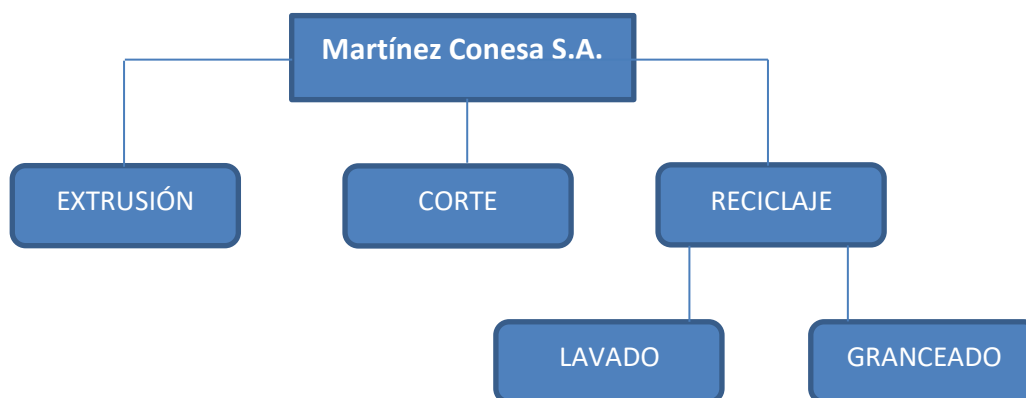


Figura 1.1 Diagrama de líneas de producción

### **1.2 – Estructura organizativa**

La estructura organizacional de la empresa es muy elemental, de esta forma los procedimientos de interrelación entre la gestión administrativa y la técnica se realizan a nivel de sus directores en cabeza de la gerencia, lo cual a veces impide una gestión eficaz de la producción y el mantenimiento.

En la siguiente figura 1.2 se muestra el organigrama de la estructura organizativa de la empresa:

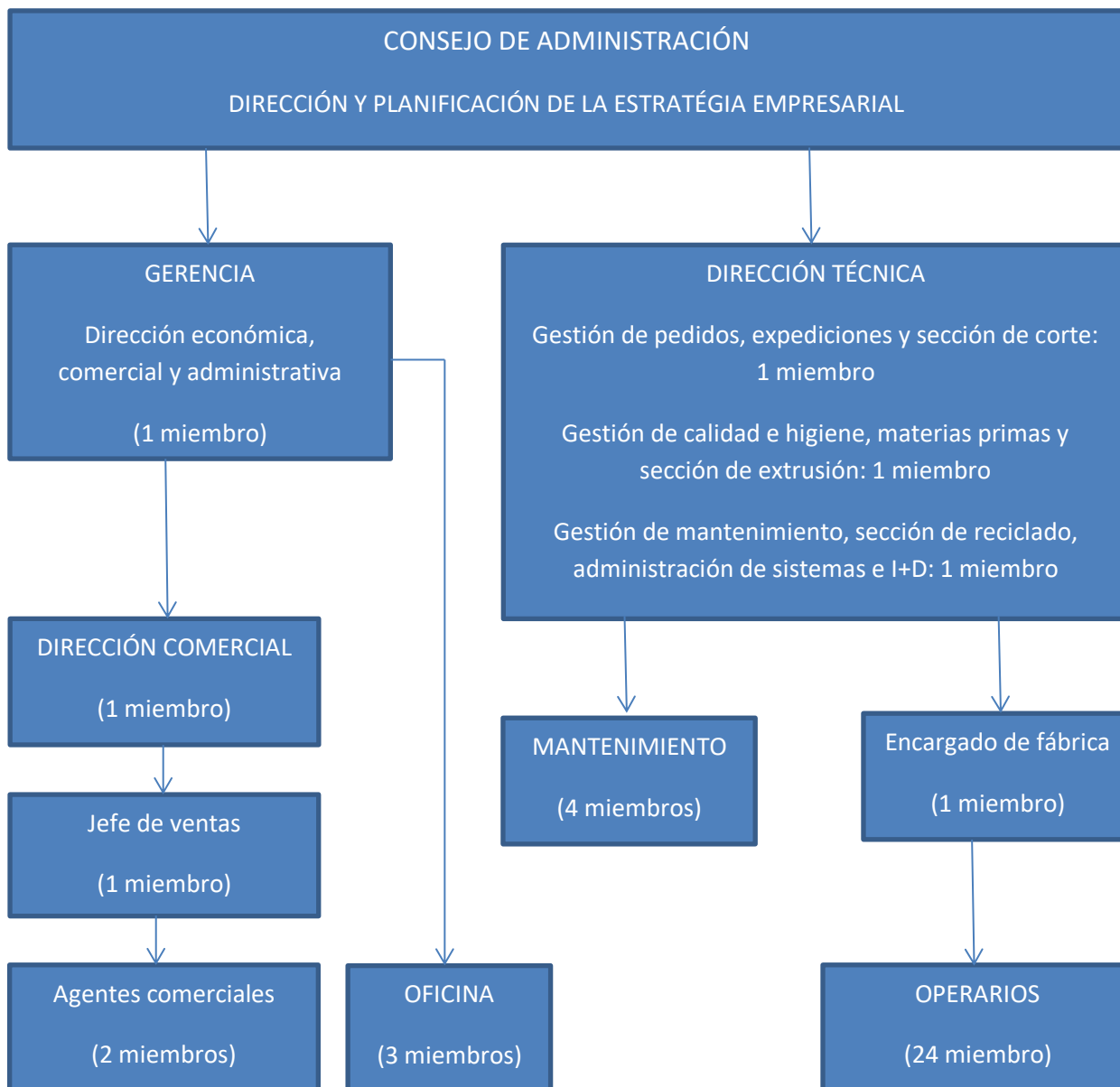


Figura 1.2 Organigrama de la estructura empresarial

### 1.3 – Tamaño de la empresa

Basándose en la tabla 1.1 y en el número de trabajadores de la empresa como criterio de clasificación, se puede considerar como una empresa pequeña, ya que el número de trabajadores es inferior a 50.

Tabla 1.1 – Tamaño de la empresa. *Fuente:* <http://baconomia2010.blogspot.com.es/2014/01/formas-juridicas-de-la-empresa.html>

<b>VALORES DE LOS CRITERIOS QUE DELIMITAN EL TAMAÑO DE LAS EMPRESAS</b>			
<i>Dimensión</i>	<i>Nº trabajadores</i>	<i>Volumen de facturación anual</i>	<i>Total activo</i>
<i>Microempresa</i>	0 – 9	≤ 2 millones €	≤ 2 millones €
<i>Pequeñas empresas</i>	10 – 49	≤ 10 millones €	≤ 10 millones €
<i>Medianas empresas</i>	50 – 249	≤ 50 millones €	≤ 43 millones €
<i>Empresas grandes</i>	Más de 250	> 50 millones €	> 43 millones €

#### **1.4 – Instalaciones y equipos**

La fábrica está ubicada en el Camino viejo de Silla S/N, una zona industrial y estratégicamente privilegiada de Albal que permite la comunicación directa con cualquier punto de la península y también con el resto del mundo, gracias a la cercanía del mayor puerto de contenedores del Mediterráneo.

El estar situada en una zona industrial también es una gran ventaja a la hora de tener contacto directo con proveedores de todo tipo de recambios de las máquinas.

Esto facilita mucho la adquisición del material necesario ante situaciones de mantenimiento correctivo, reduciendo tiempos prolongados de paradas inesperadas, además de permitir a la empresa no tener un exceso de stock de los repuestos más comunes como podrían ser los rodamientos, las rótulas de transmisión o los pistones neumáticos entre otros.

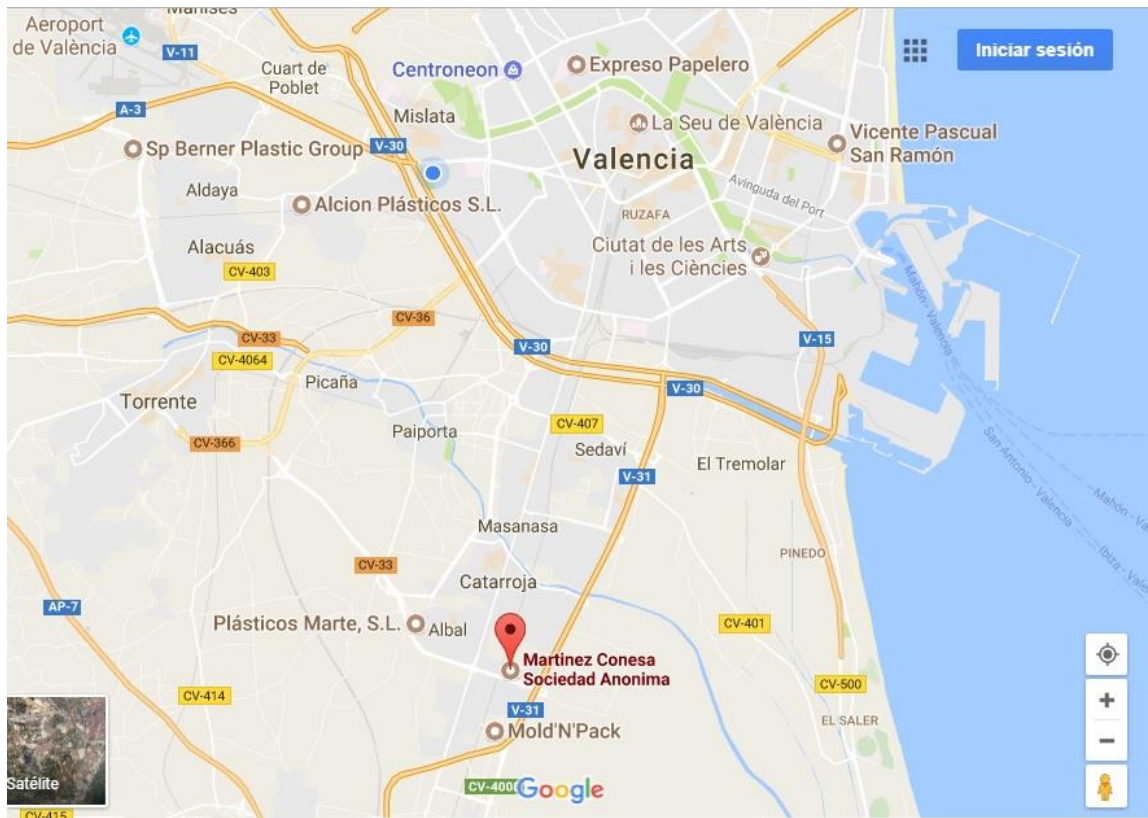


Figura 1.3 – Ubicación en el plano mediante Google Maps.



Figura 1.4 – Localización vía satélite mediante Google Maps.

### 1.4.1 - Listado de equipos y maquinaria disponible

Tabla 1.2 – Listado maquinaria zona de extrusión

<b>Maquinaria Extrusión</b>			
Número	Tipo	Fabricante	Modelo
3	Extrusora	Ibáñez	EX90
4	Extrusora	Alpine	EX75 D25
5	Extrusora	Alpine	ROT3TSP 1500
6	Extrusora	Macchi	
7B	Extrusora – corte	Ibáñez	80 / Fas E1100
8	Extrusora – corte	Ibáñez	60 / Fas serie E
10A	Equipo de refrigeración	Eurochiller	
10B	Equipo de refrigeración	Carrier	
12	Compresores	Ingersoll Rand	
11	Soplantes	Mapner	

Tabla 1.3 – Listado maquinaria zona de corte

<b>Maquinaria Corte</b>			
Número	Tipo	Fabricante	Modelo
1	Confeccionadora de bolsas con cierre fácil	Coemter	Beta 550 Roll
5	Confeccionadora de bolsas con soldadura de boca abierta	LEMO	Intermat 1350 VAR / TR
6	Confeccionadora de bolsas con soldadura automática	ELBA	SA – 9011 HS
11	Confeccionadora de bolsas con soldadura automática	Amutec	TSA – Roller 1380
4	Confeccionadora de bolsas con soldadura automática	Amutec	TSA – D – Roller 1380
7	Confeccionadora de bolsas con soldadura automática	Amutec	TSA – Roller 1240
10	Confeccionadora de fundas con soldadura perlada	Coemter	1054N
9	Confeccionadora de bolsas con soldadura de boca abierta	MAC	BNS – B133



Tabla 1.4 – Listado maquinaria zona de reciclado

<b>Maquinaria Granceadora</b>			
Número	Tipo	Fabricante	Modelo
1	Cizalla	Gester	TN-60-CX
2	Cinta transportadora	Berjeda	TLT 09006-01
3	Desgarrador	AMIS	WS 37*7212
4	Cinta transportadora		
5	Cinta transportadora	KONTEK	2700
6	Molino	Inan Plastik	50/80
7	Aglomerador	NETZSCH	CV-50
8	Silo		
9	Aglomerador	Condux	CV-30
10	Molino granulador	Inan Plastik	65/100
11	Separador de finos		
12	Enfriador de finos		
13A	Ensacadora		
13B	Ensacadora		
14	Equipo de refrigeración		
15	Mezclador gavimétrico		
16	Instalación alimentación		
17	Extrusora	PRT	EX-60
18	Intercambiador de filtros	Kreyenborg	K-SWE 180 / RS
19	Corte en cabeza	PRT	
20A	Silo		
20B	Silo		
21	Prensa de atado	Jovisa S.L	PVD-5

Tabla 1.5 – Listado maquinaria zona de lavado

<b>Maquinaria Lavadero</b>			
Número	Tipo	Fabricante	Modelo
1	Cizalla	Domenech	
2	Cinta 1	Domenech	
3	Cinta Tromel	Comapre	
4	Tromel	Domenech	
5	Cinta 3	Domenech	
6	Mesa de selección (cinta 4)	Domenech	
7	Desgarrador	Vecoplan	
8	Desmagnetizador	SGM	
9	Cinta 5A		
10	Cinta 5B	Domenech	
11	Silo Pulmón	Domenech	

12	Cinta 6A	Berjeda	
13	Cinta 6B	Berjeda	
14	Cinta 6C	Domenech	
15	Balsa prelavado	Domenech	
16	Lavadora 1	Domenech	
17	Cinta 7	Domenech	
18	Molino agua	Neue Herbold	
19	Lavadora 2	Neue Herbold	FW 560 / 3000
20A	Balsa de densado	Domenech	
20B	Balsa de densado	Domenech	
21A	Centrífuga	Neue Herbold	TM 1005
21B	Centrífuga	Neue Herbold	TM 1005
22A	Extrujadora	Domenech	
22B	Extrujadora	Domenech	
23	Silo		
24	Cinta 8A	Comapre	
25	Cinta 8B	Comapre	
26	Prensa de balas	Joval	JV – 1000 V/60

Tabla 1.6 – Listado maquinaria zona depuradora

<b>Maquinaria Depuradora</b>			
Número	Tipo	Fabricante	Modelo
1	Sinfín desbaste		
2	Agitador		
3	Bomba principal		
4	Bomba 1		
5	Bomba 2		
6	Bomba de dosificación 1	Milton Roy	
7	Bomba de dosificación 2	Milton Roy	
8	Bomba de dosificación 3	Milton Roy	
9A	Bomba de dosificación 4	Milton Roy	
9B	Depósito 4		
10	Depósito 3		
11	Depósito 2		
12	Depósito 1		
13A	DAF 1		
13B	DAF2		
14	Filtro de disco		
15	Depósito intermedio		
15A	Bomba de presurización 1		
15B	Bomba de		

	presurización 2		
15C	Bomba de presurización 3		
16	Depósito de natas		
17	Espesador		
18	Bomba lodos 1	Parra	
19	Bomba lodos 2	Parra	
20A	Centrífuga 1	Barrichelli	
20B	Centrífuga 2	Pieralisi	
21	Filtro prensa		

#### 1.4.2 – Valoración de la maquinaria.

Para poder llevar a cabo un buen plan de mantenimiento es necesario cuantificar de alguna forma la importancia que tienen las máquinas en la empresa y poder así establecer unas prioridades.

Para ello se realizará un estudio sobre los siguientes aspectos:

- Tasa de utilización del equipo (%).
- Influencia dentro de la línea de producción
- Maquinaria duplicada o con el mismo fin.
- Influencia del equipo en la calidad del producto final.
- Pérdidas en producción por paradas mayores a 1 hora.
- Cantidad de las averías al mes.
- Influencia de la avería sobre la seguridad o el medio ambiente.

A continuación se muestra la tabla de valoración diseñada para medir la importancia de cada máquina de la planta de Martinez Conesa S:A.

Tabla 1.7 - Tabla de valoración del equipo

VALOR	5	3	2	1
Tasa de utilización (%)	> 80%	50 – 80%	30 -50%	< 30 %
Influencia en la línea	Vital	Importante	Independiente	

Maquinaria duplicada o con mismo fin	NO	SI		
Influencia sobre calidad producto	Decisiva	Importante	Sensible	Nula
Pérdidas por parada > 1 hora	Elevado	Medio-alto	Medio-bajo	bajo
Nº averías / mes	>8	8-5	5-2	<2
Influencia de avería sobre seguridad y/o medio ambiente	Riesgo mortal	Riesgo instalación	Influencia relativa	Nula

Cabe recalcar que los valores que se muestran en la tabla 1.2 podrán ser modificados para cada caso específico de la empresa, con el fin de adaptar estos valores a situaciones de variaciones en las diferentes líneas de producción o de las demandas en producto menos habitual.

Al momento de realizar la valoración del equipo utilizando dicha tabla, se obtiene una puntuación con la que realizar la siguiente clasificación:

- Equipos con prioridad de nivel 1: Puntuación mayor a 25.
- Equipos con prioridad de nivel 2: Puntuación entre 21 y 25.
- Equipos con prioridad de nivel 3: Puntuación entre 12 y 20
- Equipos con prioridad de nivel 4: Puntuación menor a 12

En la siguiente tabla se muestra el grado de criticidad obtenido para la extrusora 4, 5 y 6

Tabla 1.8 - Valoración de las extrusoras 4, 5 y 6.

ITEM	VALOR
Tasa de utilización (%)	5
Influencia en la línea	2
Maquinaria duplicada o con mismo fin	3
Influencia sobre calidad producto	3
Pérdidas por parada > 1 hora	3

Nº averías / mes	2
Influencia de avería sobre seguridad y/o medio ambiente	3
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>

Como se puede observar este grupo de extrusoras quedarían dentro del nivel 2 de prioridad ya que se ha obtenido una puntuación entre 21 y 25.

De la misma manera, se ha analizado la maquinaria relevante que actualmente se encuentra en activo en la empresa, obteniendo así la siguiente tabla como resumen de prioridades:

Tabla 1.9 – Resumen de criticidad de la maquinaria

CÓDIGO	TIPO	PUNTUACIÓN	PRIORIDAD
E.03	Extrusora	26	1
E.04	Extrusora	21	2
E.05	Extrusora	21	2
E.06	Extrusora	21	2
E.07B	Extrusora – Confeccionadora tipo 1	26	1
E.08	Extrusora – Confeccionadora tipo 1	26	1
C.01	Confeccionadora con cierre fácil	27	1
C.04	Confeccionadora tipo 2	23	2
C.07	Confeccionadora tipo 2	23	2
C.10	Confeccionadora de fundas	19	3
C.11	Confeccionadora tipo 2	23	2
L.01	Cizalla	23	2
L.04	Tromel	21	2
L.07	Desgarrador	26	1
L.08	Separador magnético	15	3
L.11	Silo pulmón	21	2
L.15	Tina prelavado	24	2
L.16	Lavadora 1	24	1
L.18	Molino de agua	28	1
L.19	Lavadora 2	28	1
L.20	Balsas de densado	21	2
L.21	Centrífugas	21	2
L.22	Extrujadoras	21	2
L.26	Prensa de balas	21	2
R.03	Desgarrador	26	1
R.06	Molino triturador	26	1
R.07	Aglomerador	24	1

R.08	Silo removedor	24	1
R.09	Aglomerador	24	1
R.11	Separador de finos	19	2
R.12	Enfriador de finos	19	2
R.15	Dosificador gravimétrico	19	2
R.17	Extrusora granceadora	24	1
R.18	Intercambiador de filtros	24	1
R.19	Corte en cabeza	24	1
R.20	Centrífuga	19	2
R.21	Criba vibratoria	19	2
D.13	DAF	21	1
D.14	Filtro de disco	17	2
D.17	Espesador de lodos	19	2
D.20	Centrífugas	21	1
D.21	Filtro prensa	12	3

### 1.4.3 – Distribución en planta de maquinaria e instalaciones

La planta física de Martínez Conesa S.A. cuenta con más de 10.000 m<sup>2</sup> integrados bajo la siguiente distribución:

- 3.000 m<sup>2</sup> para la fabricación.
- 3.000 m<sup>2</sup> destinados a almacén y logística interna.
- 4.000 m<sup>2</sup> destinados para el reciclado.

A continuación se muestra la distribución en planta por cada zona para tener una mejor idea de la disposición de cada una de las máquinas, con el fin de que el personal recién incorporado en la empresa pueda ubicarse de manera más sencilla.

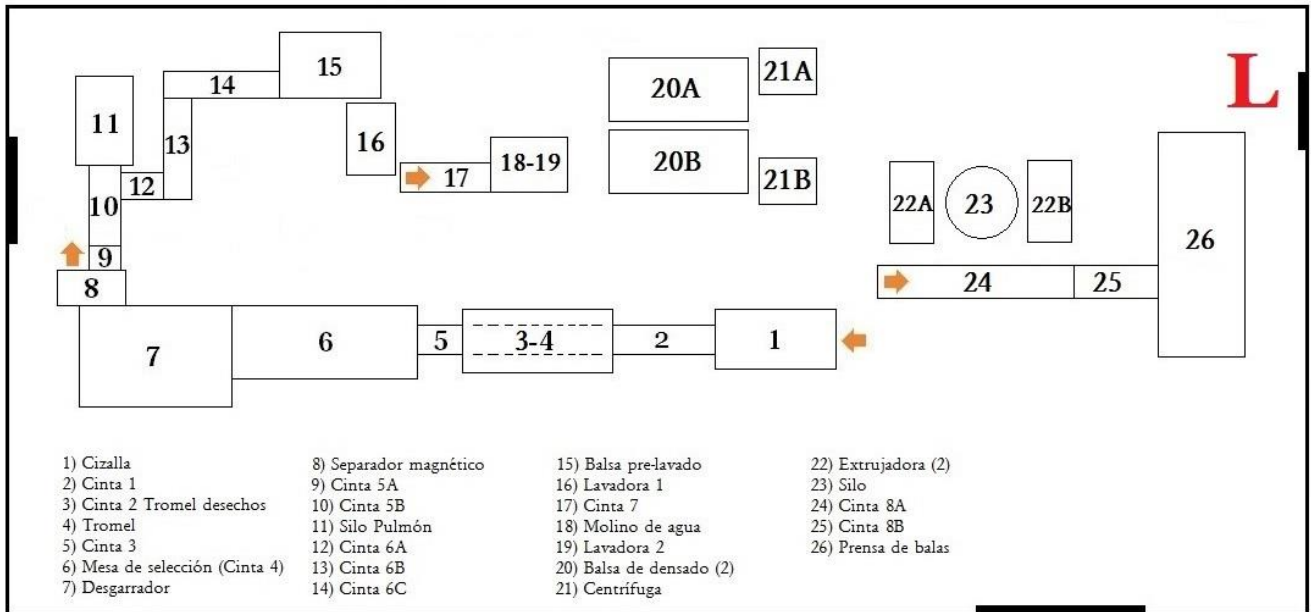


Figura 1.5 – Distribución en planta de la zona de lavado (L).



Figura 1.6 – Línea de lavado con distribución en “U”.

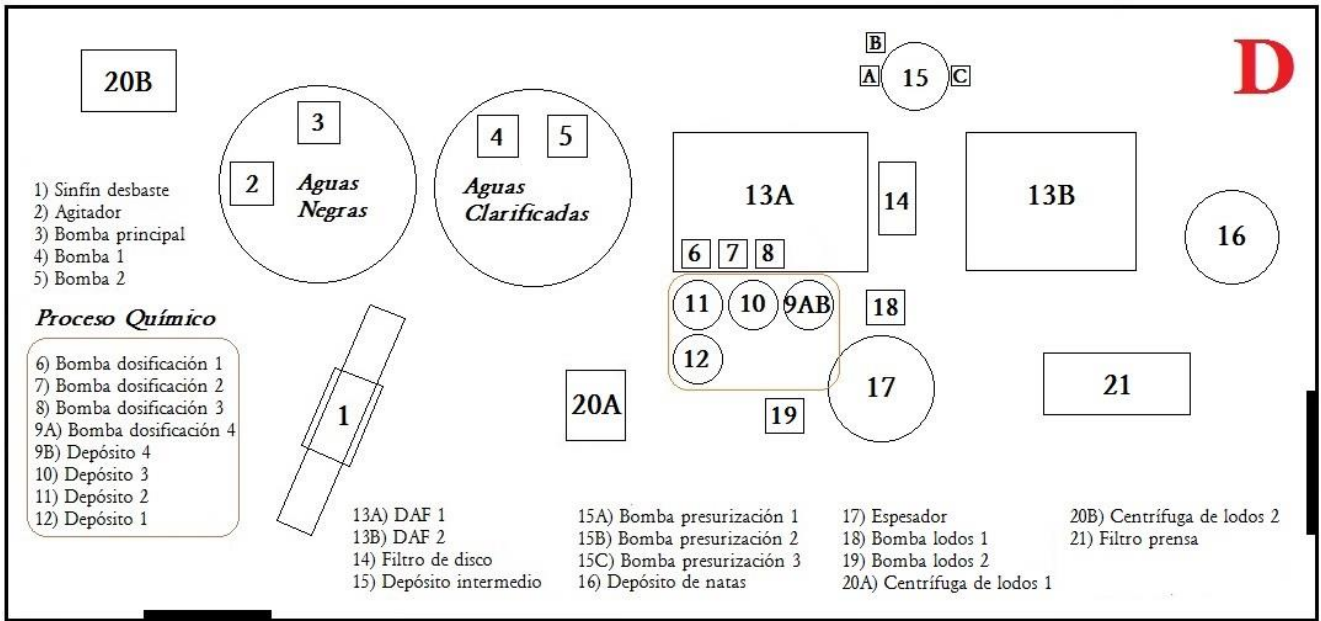


Figura 1.7 – Distribución en planta de la zona de tratamiento de residuos (D).

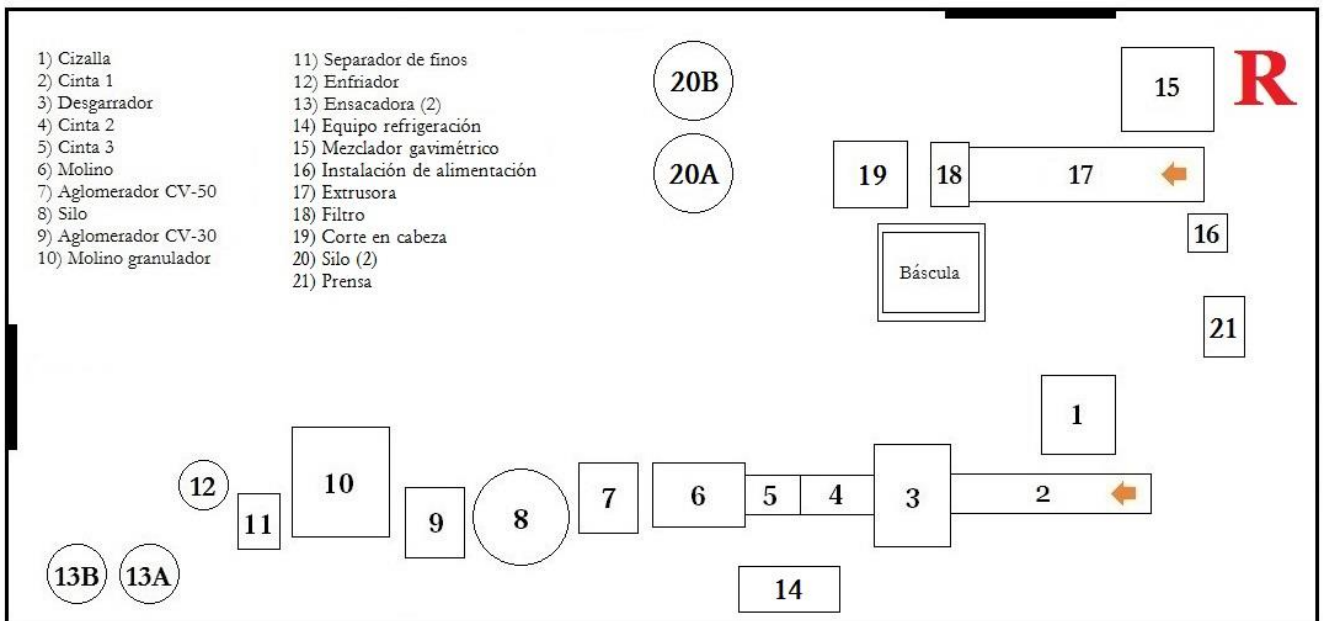


Figura 1.8 – Distribución en planta de la zona de reciclado (R).





Figura 1.9 – Línea de producción de material recuperado (R).

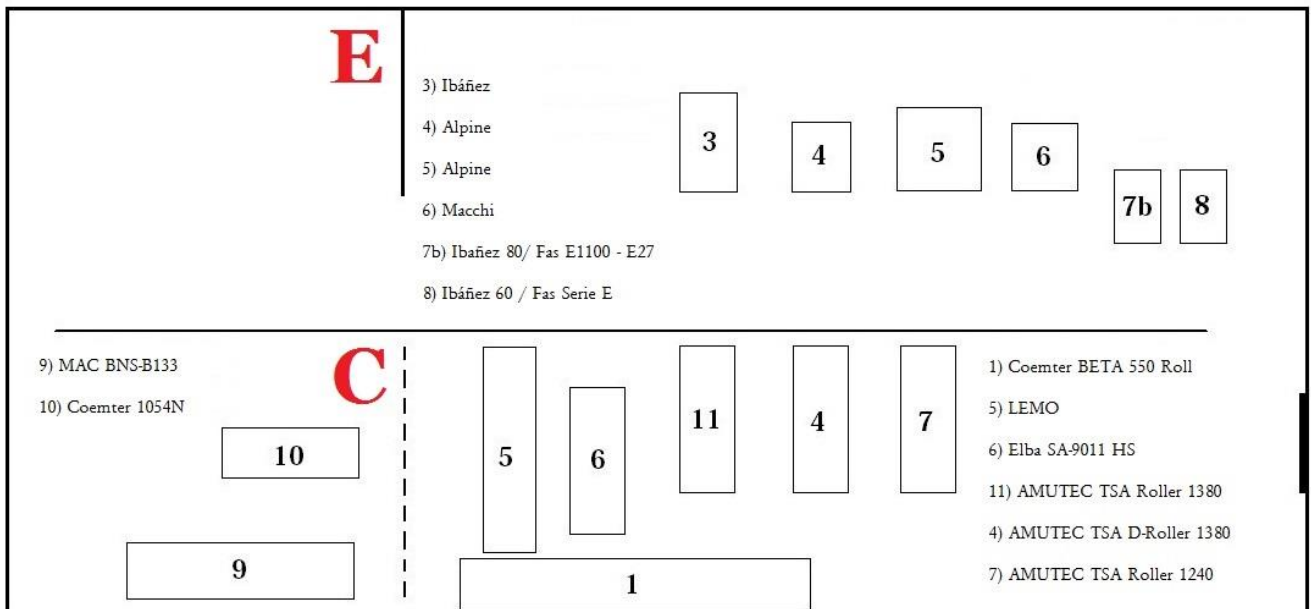


Figura 1.10 – Distribución en planta de la zona de extrusión (E) y corte (C).



Figura 1.11 – Sección zona de corte (C).

## 1.5 – Proceso de producción

### 1.5.1 – Lavado de material

Para el proceso de lavado se emplea una única línea con diferente maquinaria para tal fin.

La línea incluye una cizalla hidráulica para cortar las balas de material suministradas por empresas externas y, seguidamente pasa a un tromel de selección o separador granulométrico que rechaza los materiales más pesados que no son aptos para el proceso. De una forma similar, el operario situado en la mesa de selección retira en una segunda fase de separación, el material inadecuado que haya podido pasar desde el tromel.

Después de esta selección de material, el plástico libre, pasa a un desgarrador quedando así una primera mezcla de plásticos más apta para su transporte y tratado.

Una segunda etapa es la de lavado, donde la maquinaria destacable que actúa son dos lavadoras y un potente molino de agua con picos de consumo entorno a los 600 A, para triturar el material.

Una vez lavado y triturado el material, la línea queda ramificada en maquinaria por duplicado para llevarlo a las centrífugas que lo secarán y enviarán a unas máquinas compactadoras.

Finalmente el material comprimido acaba en una prensa hidráulica que será la encargada de generar las balas de plástico reciclado listas para la línea de granceado en la nave contigua.



Figura 1.12 – Materia prima y producto obtenido de la línea de lavado

### **1.5.2 – Granceado**

El objetivo de esta línea es la de producir la granza. Para ellos se emplea el material que proviene de las balas de material reciclado obtenidas en la zona de lavado, o de las bobinas defectuosas que hayan podido surgir en la zona de extrusión.

Esta zona está dividida en dos secciones ya que las líneas que intervienen son independientes:

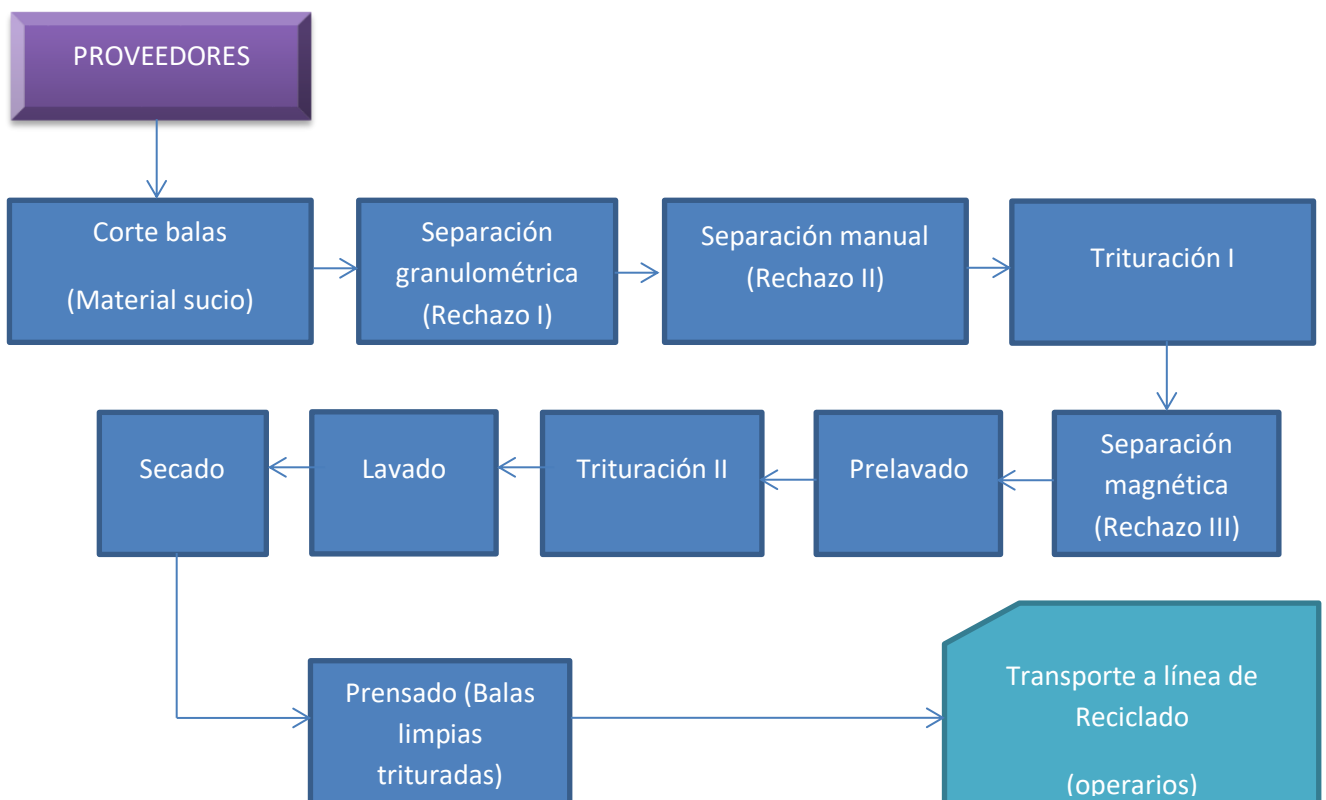
1) Línea de aglomerado: Cuyo objetivo es conseguir un material ya compactado para luego poder extruirlo.

2) Línea de granceado: donde el material compactado de la línea de aglomerado es dosificado gavimétricamente en una extrusora para poder obtener la granza con la que se crearan luego las bobinas de film de plástico con material recuperado.



Figura 1.13 – Granza de PE. Producto obtenido en la línea de granceado.

En el siguiente diagrama de bloques se muestra el proceso de reciclado:



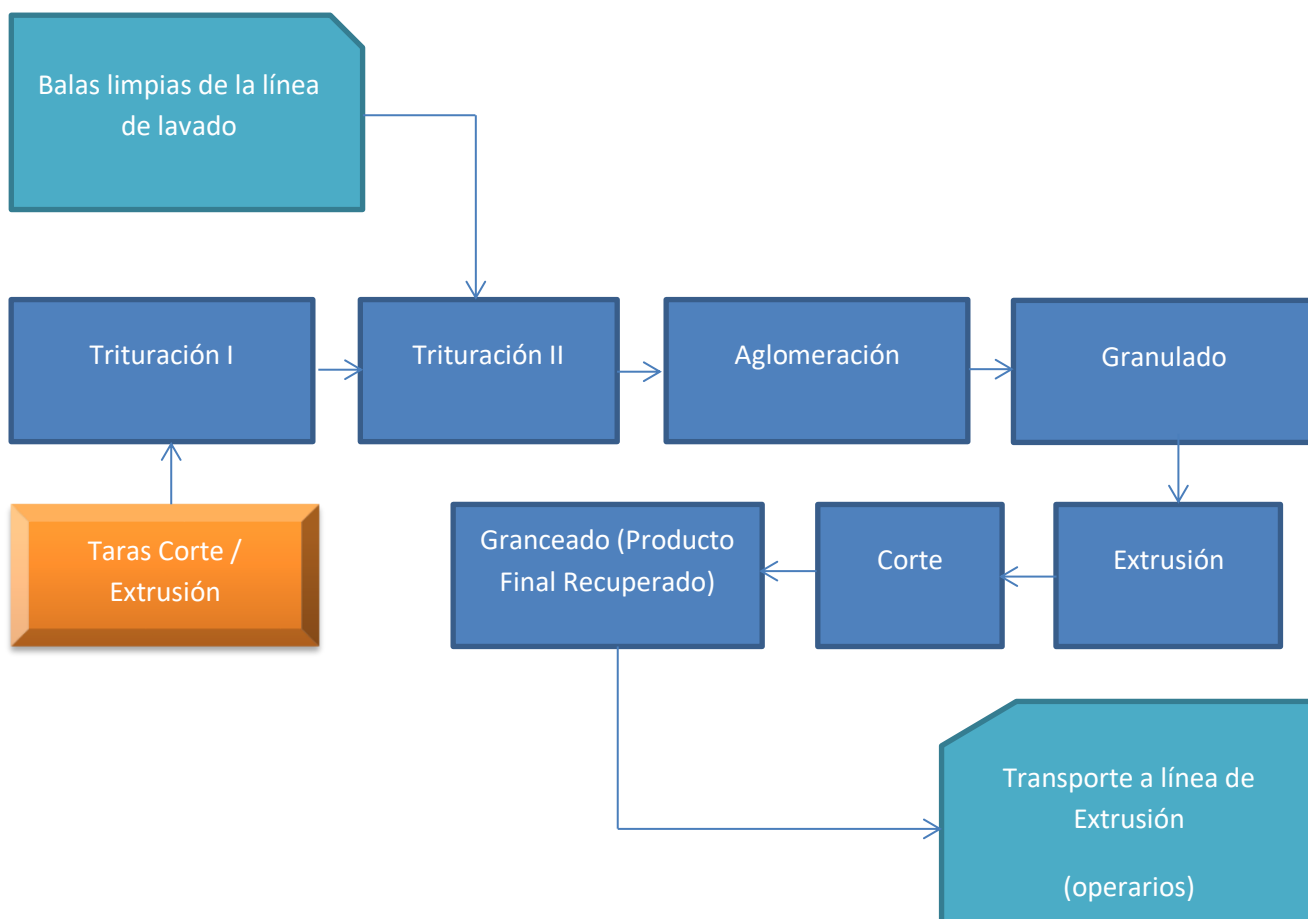


Figura 1.14 – Diagrama del proceso de reciclado de material

### 1.5.3 – Transformación y producto final

La transformación de la granza en bobinas se produce en la zona de extrusión mediante 6 extrusoras. Estas extrusoras son todas diferentes pero el proceso es el mismo para cada máquina.

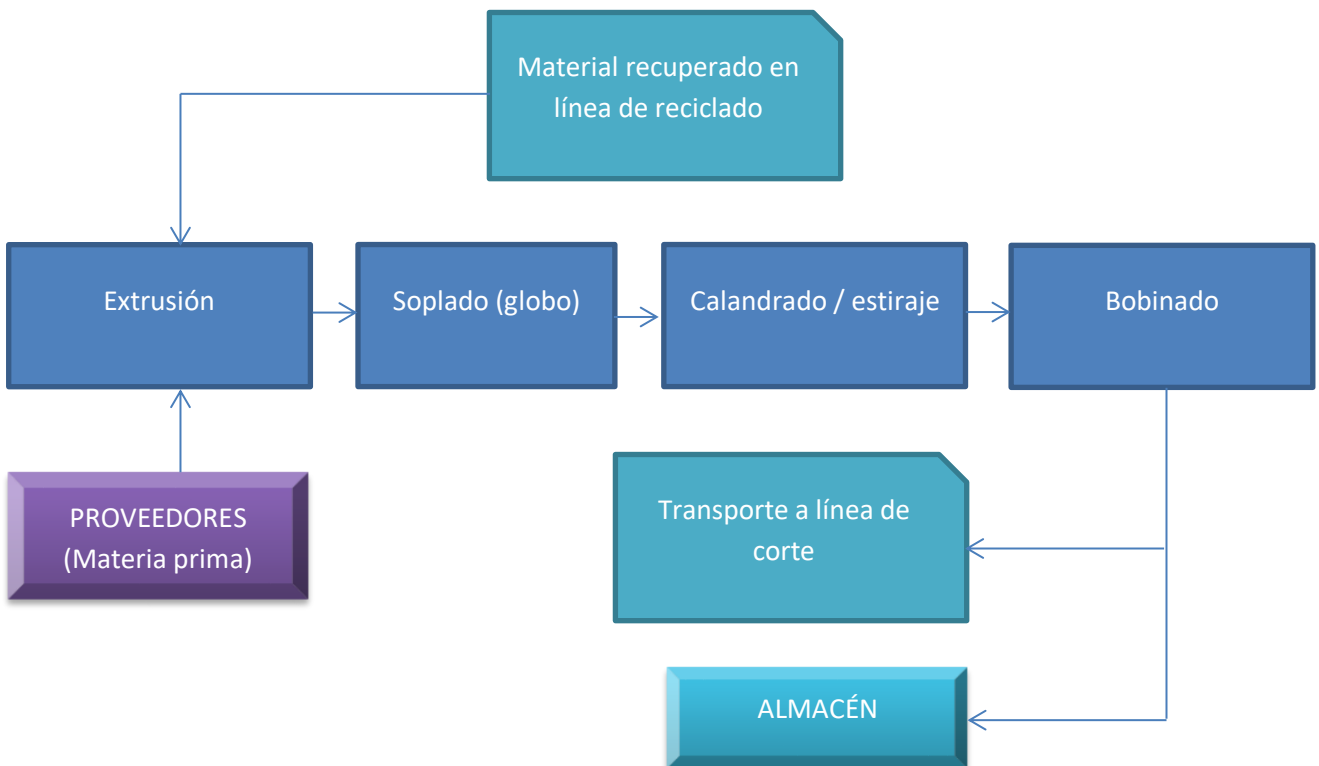
El material, ya sea la granza creada por la propia empresa o la suministrada por proveedores externos, es dosificado en cada extrusora con sus correspondientes medidas de mezclas y aditivos de color para ser extruido a temperaturas entre 200 y 250 °C. Conforme va siendo extruido el material, se va creando el soplado del mismo generando así un globo vertical el cual va siendo aplanado, estirado y bobinado sobre unos mandriles.

Una vez se tienen las bobinas de film, estas pasan al almacén o a la sección de corte, situada justo en frente, donde diferentes confeccionadoras de bolsas entran en juego creando el producto final.



Figura 1.15 – Proceso de extrusión, soplado, calandrado y bobinado final

En el siguiente diagrama de bloques se muestra el proceso de reciclado:



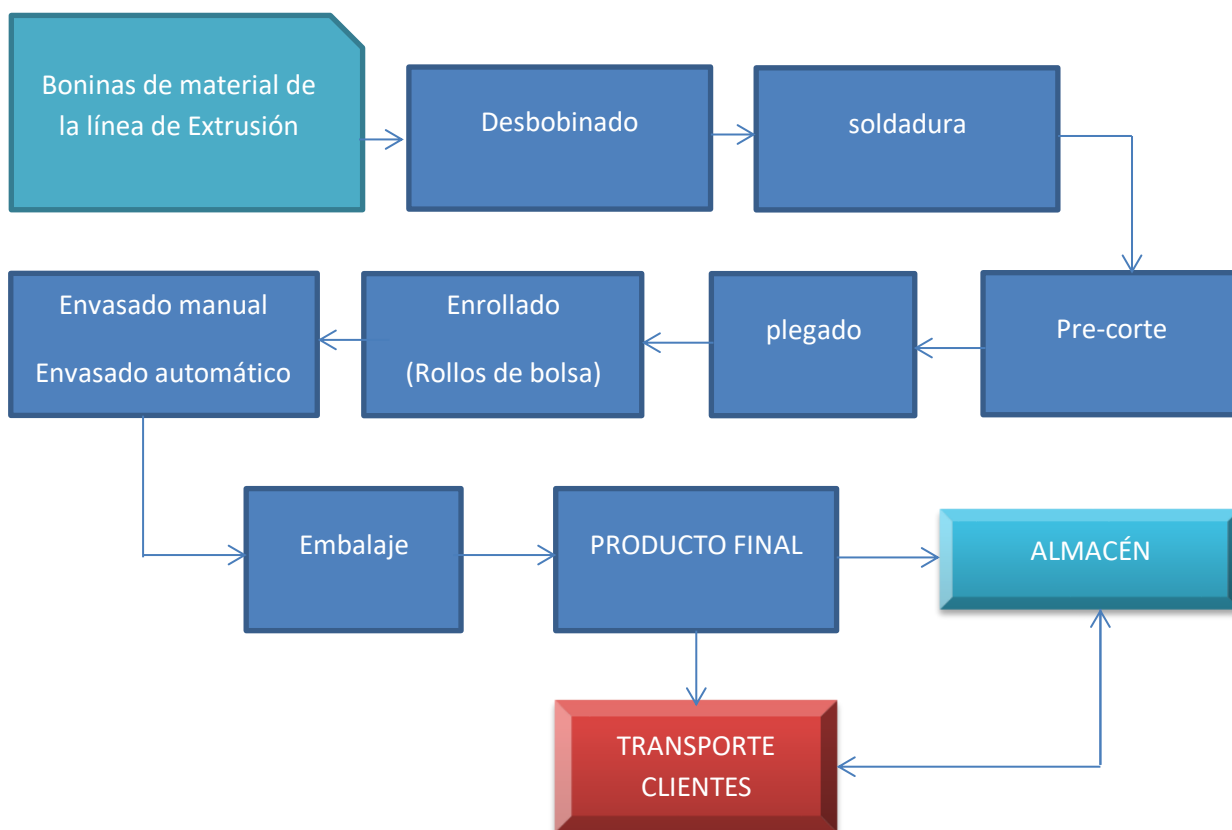


Figura 1.16 – Diagrama del proceso de extrusión y corte

#### 1.5.4 – Tratamiento y gestión de residuos

Las aguas residuales que provienen del lavado del material van a una pequeña EDAR interna donde son depuradas. Esta es una zona que necesita un gran control y mantenimiento ya que los niveles de coagulación y floculación deben ir variándose a la par con los tiempos de purga, en función del tipo de material que se trata, pues no siempre se tiene la misma cantidad de suciedad. Una mala floculación lleva a un desborde del foso de aguas negras dejando inutilizable la instalación y por lo tanto, inhabilitando toda la línea de lavado.



Figura 1.17 – Depuradora para el tratamiento de aguas residuales.

## 1.6 – Jornada de trabajo

La jornada de trabajo es un elemento muy importante dentro de la empresa ya que ayudará a definir nuestro tipo de mantenimiento.

Nuestra empresa trabaja las 24 horas del día durante los 7 días de la semana, esto quiere decir que existen tres turnos de 8 horas diarias para cada trabajador.

Este tipo de jornada indica que cualquier tipo de avería en una máquina podrá suponer una gran pérdida de producción, ya que sería imposible de recuperar prolongando la jornada en días posteriores.

Con el fin de conseguir la máxima de disponibilidad de las máquinas se deberá implementar un programa preventivo para el mantenimiento de las mismas.



## **1.7 – Diagnóstico de la situación actual del mantenimiento**

### **1.7.1 – Operarios**

Los operarios son previamente instruidos en el uso de cada máquina asignada y sus funciones son las de mantener la producción constante, asegurarse de tener la zona de trabajo lo más limpia posible y avisar al responsable de mantenimiento en caso de falla.

### **1.7.2 – Mecánicos técnicos de mantenimiento**

Este personal tiene que estar bien formado y ser polivalente en todos los ámbitos ya que las averías que pueden surgir son de diferente tipo; mecánico, hidráulico, eléctrico, etc.

Actualmente la empresa tiene en plantilla a cuatro mecánicos que se encargan del mantenimiento de las instalaciones y de la maquinaria, así como de las nuevas instalaciones que se van incorporando en la empresa.

La jornada laboral de los mecánicos es únicamente de mañanas y de tardes, lo cual implica un serio problema ya que no existe nadie que pueda dar solución a las averías durante el turno nocturno.

Por tanto, en nuestro plan se debe estudiar la posibilidad de incorporar en plantilla a personal de mantenimiento para cubrir estos turnos de nocturnidad.

### **1.7.3 – Subcontratas o empresas externas**

Respecto al mantenimiento de las instalaciones, Martínez Conesa S.A tiene subcontratas con otras empresas como serían las encargadas de la limpieza externa de la maquinaria que se llevan a cabo diaria y semanalmente programando breves paradas en las máquinas, además de empresas externas que se encargan de las revisiones periódicas de compresores, equipos de refrigeración o del sistema contra incendios entre otros.

## 1.8 – Gestión actual de repuestos

En la empresa existe una gran diferencia entre la gestión de materiales de producción y la gestión de repuestos para el mantenimiento.

Para los materiales de producción se practican políticas eficaces de gestión debido a que existe una organización establecida para este fin, donde se tiene exactamente definidas las responsabilidades y los procedimientos, dos de las razones de este buen manejo son: La continua dirección y apoyo por parte del gerente y la comercialización de materias primas importadas que justifica tener grandes cantidades de ellas en stock.

En el caso de los repuestos de mantenimiento sucede todo lo contrario debido a que no se cuenta todavía con un control pleno de las existencias en stock.

La empresa consta de un amplio taller donde se han ido acumulando diferentes componentes, piezas o partes de maquinaria que se sustituyeron en algún momento, con la esperanza de ser reparadas y poder reutilizarlas en un futuro. Esto ha erradicado en una excesiva acumulación de material inutilizable generando un descontrol total de stock de recambios y el desconocimiento de la ubicación de los mismos, lo cual implica una serie de inconvenientes:

- Pérdidas en producción. Debido al tiempo que una máquina está parada por avería y no se ha encontrado el repuesto en el taller o se ha encontrado al cabo de horas buscando.
- Gastos innecesarios en Stock, ya que la mayoría de las veces el personal de mantenimiento decide solicitar el repuesto que hace falta para la reparación, por no perder tiempo buscando entre el caos sin saber a ciertas de las existencias disponibles o, mayormente por comodidad.

Dicho esto, la organización del taller y el control de stock de recambios, será uno de los primeros puntos que se deberá corregir y optimizar en nuestro plan, para poder desarrollar las funciones de mantenimiento de una forma eficiente, reducir al máximo o eliminar estos gastos que son evitables y poder planificar una buena gestión.

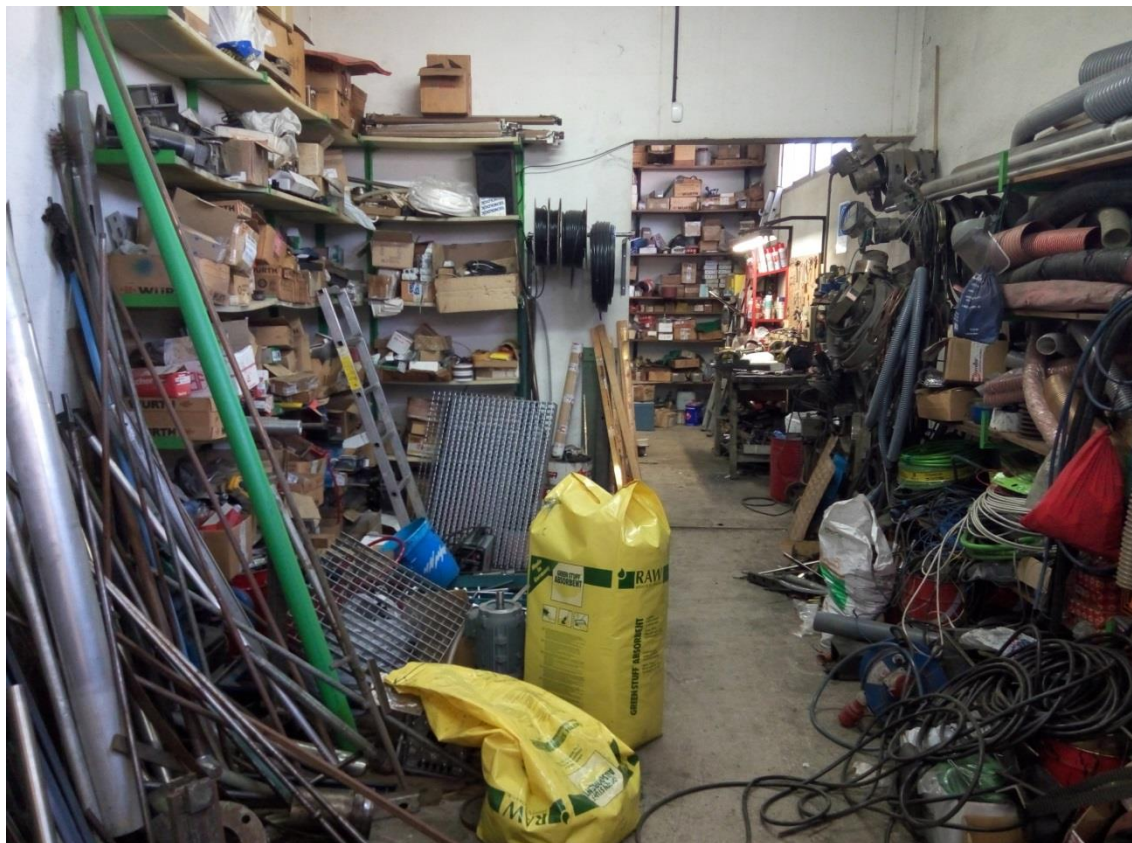


Figura 1.18 – Estado del taller de trabajo.

## **2 – ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO**

Una vez realizado el análisis de la situación actual de la empresa, se va a continuar con un análisis de las alternativas de mantenimiento. En este punto se tratarán los principales aspectos del mantenimiento de una forma más teórica con el fin de conocer qué filosofía de mantenimiento será la más idónea a seguir en la empresa.

### **2.1 – Introducción**

El mantenimiento de máquinas e instalaciones industriales ha cobrado más importancia en las últimas décadas por dos razones: La menor durabilidad de los elementos que componen las máquinas y el objetivo de reducción de costes y mayor producción de las industrias.

Con la aparición de las industrias, el gasto en mantenimiento de las máquinas era elevado debido a que era algo novedoso y no se estaba acostumbrado a trabajar con ellas. Una vez que el personal se fue adaptando al trabajo, se redujeron costos en mantenimiento. Sin embargo, actualmente la tendencia ha vuelto a cambiar y el mantenimiento se ha erigido como un arma necesaria para aumentar la rentabilidad industrial.

### **2.2 – Objetivos del mantenimiento**

El objetivo fundamental del mantenimiento no es siempre lo que habitualmente se cree y se practica en muchos departamentos de mantenimiento, es decir, reparar urgentemente las averías que surjan.

El departamento de mantenimiento de una industria tiene diferentes objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad y de fiabilidad de la maquinaria.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Aumentar la seguridad de personas, equipos e instalaciones.
- Conservar el medio ambiente.
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado.

## **2.3 – Estrategias de mantenimiento**

Se conoce como estrategia de mantenimiento a la decisión que adoptan los responsables de la gestión de una planta para dirigir su mantenimiento, haciendo que un grupo de tareas sean la base de la actividad de mantenimiento, y el resto de acciones dependan de ese conjunto básico de actividades.

Existen diferentes estrategias de mantenimiento, sin embargo en el proyecto únicamente se comentarán las más utilizadas en la industria y que formarán parte del plan de mantenimiento llevado a cabo.

### **2.3.1 – Mantenimiento correctivo**

Esta es la más simple de las estrategias de mantenimiento. Se basa en que la máquina permanezca en funcionamiento hasta que se produzca la avería, momento en el cual se procede a la realización de las operaciones necesarias para su reparación. Para su aplicación, es necesario contar con una gran capacidad de personal altamente cualificado, que pueda atender cualquier imprevisto y que, normalmente esté libre de obligaciones salvo la de atender emergencias.

Este tipo de mantenimiento presenta las siguientes características:

- Bajo coste de implantación
- Posibilidad de provocar la interrupción de la instalación o de la planta con el consiguiente aumento de costos.
- Posibilidad de propagación del fallo dando origen a una nueva avería mucho más grave sobre el conjunto del sistema.
- Imprevisibilidad de averías, pudiendo originarse en un momento de baja disposición de recursos humanos y técnicos.
- Necesidad de un gran almacén de repuestos para evitar prolongar los tiempos de inactividad de la máquina averiada.

A pesar de sus inconvenientes, el mantenimiento correctivo es muy utilizado en industrias que operan con equipamiento de reducido coste o en aquellas en donde los procesos de importancia vital se encuentran duplicados.

### **2.3.2 – Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo consiste en establecer, basándose en un calendario prefijado, una serie de intervenciones rutinarias y preestablecidas con el fin de minimizar el número de averías en las máquinas, aumentar la disponibilidad de las mismas y por consiguiente mejorar el rendimiento en la producción.

Estas intervenciones rutinarias pueden consistir en la revisión de algunos elementos de la maquinaria como sería el de comprobar el nivel de aceite en una caja reductora y rellenarlo si se detecta un nivel bajo tras la inspección, en la sustitución de componentes de los que se tiene un ciclo de vida conocido y estimado, en las observaciones y en las limpiezas.

Dado que no se puede evitar que se produzcan considerables diferencias entre el desgaste teórico y el real, en ocasiones, este tipo de mantenimiento puede quedar sobredimensionado generando un elevado costo para la empresa ya que se cambian piezas antes de que éstas hayan llegado realmente al final de su vida útil.

*“Algunos estudios indican que sólo el 10% de los componentes que se cambian durante las operaciones de mantenimiento preventivo necesitan realmente ser cambiados, es decir, el restante 90% podría seguir prestando servicio de forma satisfactoria.”*

#### **2.3.2.1 – Fases de desarrollo para el mantenimiento preventivo**

La aplicación de este tipo de mantenimiento se lleva a cabo mediante unos procesos que varían muy poco de unas máquinas a otras. En la siguiente figura, se exponen las fases de desarrollo para definir estos procesos.



Figura 2.1 – Fases de desarrollo en el plan de mantenimiento preventivo.

- **Planificación:** Realizar una secuencia de tareas que se van a llevar a cabo durante el mantenimiento, viendo la frecuencia y marcándose unos objetivos previos de mantenimiento que cambiarán o se ampliarán en las siguientes etapas.
- **Observación:** Realizar un examen detallado del funcionamiento de la máquina para ver las posibles averías que se pueden dar y ver la manera de reducirlas o lograr un mejor funcionamiento de la máquina.
- **Actuación:** Llevar a cabo las tareas que se habían planificado y que han surgido de los problemas detectados durante la observación.
- **Comprobación:** Realizar un examen posterior a la actuación que se haya realizado sobre la máquina para verificar la efectividad de la tarea.

### **2.3.3 – Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo se basa en la realización del estudio y el análisis de ciertas variables que indican el estado de funcionamiento de la máquina dónde los resultados de dichos análisis se comparan con una serie de patrones conocidos con el fin de averiguar el momento óptimo para realizar la consiguiente reparación o el cambio de algún elemento.

En resumen, se trata de conocer el momento en el que va a empezar a fallar una máquina y actuar con la suficiente antelación para evitar las paradas de producción o provocarlas en la menor medida posible.

En diferencia al mantenimiento preventivo, aquí no existe ningún tipo de planificación, si no que surge de la tarea diaria de revisión de las máquinas. Además, el mantenimiento predictivo

es más eficiente y flexible ya que las reparaciones o sustituciones se llevan a cabo cuando aparecen los indicadores de deterioro, lo cual supone una reducción en la sustitución de piezas innecesarias y con ello la minimización de estos costes.

Sin embargo, en muchas ocasiones, llevar a cabo un mantenimiento predictivo puede suponer un alto costo ya que se requiere de equipo de medición específico y con altas prestaciones, además del personal altamente cualificado para poder llevar a cabo estas mediciones y los análisis que conlleven.

### **2.3.3.1 – Ventajas del mantenimiento predictivo**

La aplicación de un programa de mantenimiento predictivo puede reportar las siguientes ventajas:

- Observación del estado con la máquina en funcionamiento (monitorización “on line”), lo que evita paradas y desmontes innecesarios.
- Los equipos pueden retirarse de su servicio normal de funcionamiento y repararse en el momento más conveniente para evitar graves interrupciones del sistema de producción.
- Reducción de costes de almacén (menos repuestos)
- Evitar los posibles efectos desastrosos ante la propagación de los defectos detectados.
- Aumento significativo de la fiabilidad de las instalaciones y de la disponibilidad de las máquinas.
- Minimiza la intervención humana en reparaciones innecesarias, reduciendo así posibles averías por un mal montaje o mala intervención.

### **2.3.3.2 – Principales técnicas de mantenimiento predictivo**

A continuación se comentarán algunas de las técnicas más empleadas en el mantenimiento predictivo.



## 1) Análisis de Vibraciones:

Se trata de una técnica basada en el estudio del funcionamiento de las máquinas rotativas a través del comportamiento de sus vibraciones.

Las vibraciones pueden analizarse midiendo su amplitud o descomponiéndolas de acuerdo a su frecuencia, de esta forma, cuando la amplitud de la vibración sobrepasa los límites permisibles o cuando el espectro de vibración varía a través del tiempo, significa que algo malo está sucediendo y que el equipo debe ser revisado.

Los problemas que pueden detectarse por medio de esta técnica, son:

- Desalineación
- Descompensación de masas
- Resonancias
- Solturas mecánicas
- Rodamientos dañados
- Problemas en bombas
- Anormalidades en engranajes
- Problemas eléctricos asociados con motores

## 2) Termografía:

Esta técnica estudia el comportamiento de la temperatura de las máquinas con el fin de determinar si se encuentran funcionando de manera correcta.

La energía que las máquinas emiten desde su superficie viaja en forma de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz; esta energía es directamente proporcional a su temperatura, lo cual implica que a mayor calor, mayor cantidad de energía emitida. Debido a que estas ondas poseen una longitud superior a la que puede captar el ojo humano, es necesario utilizar un instrumento que transforme esta energía en un espectro visible, para poder observar y analizar la distribución de esta energía.

### 3) Análisis por ultrasonidos:

El análisis por ultrasonido está basado en el estudio de las ondas de sonido de alta frecuencia producidas por las máquinas cuando presentan algún tipo de problema.

Estas frecuencias se encuentran por encima del rango de captación del oído humano (20 Khz) y se consideran ultrasonidos. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonidos en un rango aproximado a los 40 Khz, frecuencias con cortas longitudes de onda muy aprovechables en el mantenimiento predictivo, ya que las ondas sonoras se atenúan rápidamente sin producir rebotes, y por tanto no se ven afectadas por el ruido ambiente por muy elevado que éste sea. Además, la alta direccionalidad de los ultrasonidos permite con rapidez y precisión la localización de la falla.

El análisis de ultrasonido permite detectar:

- Fricciones en máquinas rotativas
- Desgaste en rodamientos (daños superficiales en las pistas, falta de lubricante, etc.)
- Fallas y/o fugas en válvulas
- Cavitación en bombas
- Fugas en fluidos
- Efectos de corona y arcos eléctricos
- La integridad de las juntas de los recintos estancos

### 4) Análisis de aceites:

El análisis de aceites determina el estado de operación de las máquinas a partir del estudio de las propiedades físicas y químicas de su aceite lubricante.

El aceite es muy importante en las máquinas porque sirve para protegerlas del desgaste, controla su temperatura y elimina sus impurezas. Cuando el aceite presenta altos grados de contaminación y/o degradación, no cumple con estas funciones y la máquina comienza a fallar.

La técnica de análisis de aceites permite cuantificar el grado de contaminación y/o degradación del aceite por medio de una serie de pruebas que se llevan a cabo en laboratorios especializados sobre una muestra tomada de la máquina cuando está operando o cuando acaba de detenerse.

El grado de contaminación del aceite está relacionado con la presencia de partículas de desgaste y de sustancias extrañas, por tal razón es un buen indicador del estado en que se encuentra la máquina.

La contaminación en una muestra de aceite está determinada por medio de la cuantificación de:

- Partículas metálicas de desgaste
- Combustible
- Agua
- Materias carbonosas
- Insolubles

La degradación en una muestra de aceite está determinada por medio de la cuantificación de las siguientes propiedades:

- Viscosidad
- Detergencia
- Basicidad
- Constante Dieléctrica

#### 5) Analisis espectral de intensidades de corrientes:

Esta tecnología puede realizarse en paralelo con el análisis de vibraciones, usando los mismos colectores de datos, cambiando los sensores de vibración por una pinza amperimétrica.

## **2.4 – Fallas**

Se conoce como falla a la causa u evento que lleva a la finalización de la capacidad de una máquina o equipo para realizar su correcto funcionamiento o para dejar de realizarlo en su totalidad.

En la industria se puede considerar como “falla” a cualquier anomalía que:

- Impida mantener los niveles de producción
- No proporcione la calidad adecuada en el producto
- Pueda poner en peligro la integridad física de cualquier trabajador
- Produzca un mal aprovechamiento de la energía disponible
- Provoque algún tipo de contaminación ambiental, etc.

### **2.4.1 – Tipos de fallas**

En función de sus etapas de operación se pueden identificar tres tipos de fallas:

1) Fallas tempranas: Se producen en cada nueva instalación o sustitución de algún componente y surgen debido a defectos en los nuevos componentes o mayormente a una mala instalación por parte del técnico de mantenimiento que realiza la tarea.

2) Fallas normales: Fallas que se producen durante la vida útil del componente. Son derivadas normalmente de las condiciones de trabajo de cada máquina y el número de éstas es mucho menor. Debido a que no todas las máquinas trabajan bajo las mismas condiciones, un mismo elemento podrá variar considerablemente su tiempo de duración satisfactoria de una máquina a otra.

3) Fallas tardías: Se conocen también con el nombre de fallas por agotamiento y aparecen cuando la vida útil del elemento se acerca a su fin. El momento en que se detecta un

componente entrando en esta fase de envejecimiento, será el óptimo para realizar la sustitución del mismo, prolongando así la vida útil al máximo y evitando el considerable aumento del número de fallas.

La siguiente figura representa los diferentes tipos de falla mediante una curva de bañera:



Figura 2.2 – Curva de bañera en los diferentes tipos de fallas.

Desde el punto de vista que concierne al mantenimiento existen diferentes clasificaciones para los tipos de fallas. Algunas de estas clasificaciones son;

- Según el tipo de desgaste:

Desgaste por fatiga superficial

Desgaste abrasivo

Desgaste por corrosión

Desgaste por fricción

Desgaste adhesivo

Desgaste por erosión

Desgaste por cavitación

- Según la categoría a la que pertenecen:

Falla mecánica  
Falla neumática  
Falla Eléctrica  
Falla hidráulica

- Según el daño que provocan:

Falla parcial  
Falla intermitente  
Falla total  
Falla catastrófica  
Falla estética

### **3 – PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MARTINEZ CONESA S.A.**

#### **3.1 – Codificación de equipos**

Como punto de partida, es de vital importancia poder identificar la maquinaria y equipo en todo momento para así facilitar tanto la gestión administrativa como la de mantenimiento.

Existen multitud de formas de codificación de equipos pero no tienen por qué ser unas más efectivas que otras.

En este aspecto, la codificación con la que disponía la empresa era muy básica y general donde una gran parte de maquinaria quedaba sin identificar. Debido a esto, se ha optado por una codificación donde se pudiera respetar al máximo la codificación antigua pero al mismo tiempo conseguir abarcar toda la maquinaria y los equipos disponibles de la planta.

Esta es una codificación sencilla en la que una letra inicial indicará la zona en la que se encuentra la máquina, seguida de un número de dos cifras que la identifica.

*Ejemplo: R17: Se refiere a la máquina nº 17 de la zona de reciclado. Y como se puede observar en los planos de distribución en la figura 1.3 correspondería a la extrusora granceadora de dicha nave.*

En un principio puede parecer poco preciso ya que sólo se identifica máquina y zona, pero como punto de partida y sin ánimo de dificultar las tareas en administración, será suficiente para empezar a llevar un control y unas tareas preventivas en las máquinas. Dicho esto, siempre se podrá añadir más dígitos para codificar equipo o partes significativas de la maquinaria y tener un mayor control de las mismas.

##### **3.1.1 – Códigos para el sistema funcional**

Así mismo y con objeto de poder definir un control más preciso a la hora de gestionar órdenes de trabajo o de cumplimentar los partes de mantenimiento de los que se hablará más

adelante, existirá un subnivel de codificación de tres dígitos únicamente referido para el sistema funcional que le atañe.

Los códigos para los sistemas funcionales serán los siguientes:

- ENF- Sistema de enfriamiento o refrigeración
- MEC – Sistema mecánico
- ELC – Sistema eléctrico
- HID – Sistema hidráulico
- NEU – Sistema neumático
- EMG – Sistema de emergencia

Esta codificación será muy útil a la hora de generar una amplia base de datos en función de los partes de mantenimiento, que no son otra cosa que unas hojas para llevar el control y seguimiento de las averías.

### **3.2 – Documentación**

Para una rápida localización de la información referida a cada máquina y equipo por parte del personal de mantenimiento, se instalará un armario en el taller donde toda la documentación técnica estará bien organizada e identificada mediante la codificación de equipos antes comentada.

La documentación quedará recogida de la siguiente manera:

- Archivadores individuales para los manuales y esquemas eléctricos de la maquinaria en baldas por zonas.
- Diferentes archivadores para equipos concretos de las zonas como bombas, compresores, equipos de refrigeración.
- Archivadores para los datasheets de componentes que se van incorporando a las máquinas como es el caso de los sensores, los variadores de frecuencia, o los visores indicadores entre otros.
- Una única carpeta donde se recogerán todas las fichas técnicas correspondientes a cada máquina.



- Carpetas individuales para los planes de mantenimiento preventivo que se han ido desarrollando de cada máquina.

También es importante que para una mayor comodidad y agilizar una posible avería eléctrica, deberá incluirse una copia de los esquemas eléctricos de cada máquina en el propio cuadro eléctrico de la misma siempre que las condiciones del cuadro lo permitan.

Por otra parte, todo tipo de información referente a equipos y maquinaria será digitalizada para tenerla disponible en formato electrónico a modo de copia de seguridad además de facilitar cualquier consulta evitando desplazamientos al taller.

### **3.2.1 - Fichas técnicas**

Por otra parte, las fichas técnicas de cada máquina proporcionarán una descripción detallada con las principales características de las mismas.

En la ficha de cada máquina deberá anotarse como mínimo los siguientes datos:

- Fotografía
- Código de identificación interna y nº de serie
- Datos generales
- Características principales (especificaciones)
- Repuestos críticos, etc.

A modo de ejemplo, se muestra en la tabla 3.1 la ficha técnica para la máquina desgarradora de material de la zona de lavado.

Tabla 3.1 – Ficha técnica del desgarrador de la zona de lavado.

		<h1>MARTINEZ CONESA, S. A.</h1>			
EQUIPO		TRITURADORA DE DESECHOS			
CÓDIFICACIÓN		L.07			
Nº DE SERIE		5058 10			
DATOS DE FABRICACIÓN Y ADQUISICIÓN					
FABRICANTE		VECOPLAN			
MODELO		VAZ 300 / 250 - UNF			
FECHA FABRICACIÓN		2000			
FECHA ADQUISICIÓN		2012			
DATOS GENERALES					
DIMENSIONES DEL EQUIPO		DIMENSIONES DE MNTO		OTROS	
Largo total	2500 mm	Largo total	3200 mm	Peso	24000 kg
Ancho total	3000 mm	Ancho total	4500 mm	Vibración	Media - alta
Alto total		Alto total		Criticidad	Orden 1
ESPECIFICACIONES					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor eléctrico con embrague hidráulico, accionamiento del rotor por correa trapezoidal.</li> <li>• Pmax de trabajo del grupo hidráulico 100 bar.</li> <li>• Válvulas 24 VDC</li> </ul>					
COMPONENTES SEGUIMIENTO MNTO					
DESCRIPCIÓN		PRIORIDAD			
Engrase apoyo criba		1			
Engrase cojinetes (rotor, retenedor hidráulico y roldana de carga pesada)		2			
Estado cuchillas		3			
Revisión filtro de aceite		4			
Nivel de aceite grupo hidráulico		5			
Manguitos hidráulicos		6			
		7			
MOTOR (ES)					
DESCRIPCIÓN	Kw	V	A	RPM	RODAMIENTOS
M1. Principal	200	400	332	1485	
M2. Hidráulico	30	400		1500	
M3. Hidráulico	0.37		1.2	1500	
STOCK NECESARIO					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60 Tornillos Allen M24 x 130 mm (12.9)</li> <li>• Aceite hidráulico</li> <li>• Correas</li> <li>• Grasa Shell Retinax EP2 (grasa de jabón de litio)</li> <li>• Juego completo de cuchillas: 60 dados</li> <li>• Criba</li> <li>• Retenedor hidráulico</li> </ul>					

### 3.3 – Instalación de contadores de horas.

Con objeto de poder llevar un seguimiento de los tiempos de funcionamiento de cada máquina y poder gestionar de manera más efectiva las acciones de mantenimiento preventivo, se instalarán contadores horarios a las máquinas que no dispongan de ellos o a la línea en concreto si la producción es continua como en el caso del lavadero, ya que todas las máquinas de la línea trabajan el mismo número de horas.

Los tiempos de funcionamiento de las máquinas se podrán obtener también mediante los partes de producción y/o estimaciones. Pero dado el coste reducido de un contador de horas y la precisión que estos nos proporcionan, se convierten en algo indispensable en nuestro plan de mantenimiento.

Gracias a estos contadores, se conseguirá hacer las intervenciones o sustituciones estipuladas por los fabricantes de la maquinaria, ya que en muchas ocasiones estas intervenciones aparecen contempladas en número de horas.

Por ejemplo, el cambio de aceite de una caja reductora cada 5000 horas de funcionamiento.



Figura 3.1 – Contador de horas de corriente alterna

Los contadores seleccionados para tal propósito serán el modelo Taxxo 112 de Grasslin con las siguientes especificaciones:

- Tensión de alimentación: 220 -240 V AC
- Rango: 0 → 99999,99 h
- Terminales roscados (VBG4)
- 220 V → 240 V / 50 Hz
- Dimensiones (Alt. x Anch. x Prof.) 48 x 48 x 40 mm
- Abertura en panel: 45 x 45 mm

### **3.4 – Partes de mantenimiento**

Dado que no es tarea fácil implantar un plan de mantenimiento preventivo en una empresa que ha estado basada desde un inicio en acciones correctivas de la maquinaria, mediante la cumplimentación individual de partes de trabajo al final de cada jornada laboral, se podrá hacer un seguimiento y estudio detallado de las diferentes intervenciones y acciones repetitivas con el objetivo de ir ajustando y mejorando cada vez más el planificador de tareas preventivas además de predecir algún tipo de falla concreta.

Este tipo de partes de trabajo nos proporcionarán una valiosa información para:

- Ajustar el planificador de tareas preventivas.
- Predecir algún tipo de avería mediante frecuencias y acciones repetitivas.
- Llevar un control de stock mediante el material utilizado en cada tarea.
- Tener constancia de quién reparó qué y en qué momento.
- Evaluar los tiempos de reparación y pasar la orden de trabajo asignando al personal más cualificado para una tarea concreta.

A continuación, se muestra el modelo de parte de trabajo para el control de la sección de mantenimiento de la empresa.



A continuación se describe el procedimiento para el ajuste de las cuchillas del molino de agua con código L.18:

**PASO 1:**

- Revisar galgado de cuchillas.
  - La separación es 1mm o más---> PASO 2.
  - La separación es menor a 1mm---> PASO 3.

**PASO 2:**

- Dependiendo de las revisiones anteriores se procede de forma diferente.

A: Las cuchillas se cambiaron la última vez:  
Acercar las cuchillas del estator a 0,4mm e ir ---> PASO 3.

B: Las cuchillas se acercaron una vez:  
Dar la vuelta a las cuchillas del estator y acercarlas a 0,4mm ---> PASO 3.

C: Las cuchillas del estator ya se han girado:  
Acercar las cuchillas del estator a 0,4mm e ir ---> PASO 3.

D: Las cuchillas del estator ya se han girado y acercado las del rotor:  
Sustituir juego completo de cuchillas de rotor y estator por uno nuevo o afilado a una distancia de 0'4mm ---> PASO 3

**PASO 3:**

-REVISION FINALIZADA

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de hoja de revisión para dicha máquina:

Tabla 3.2 - Hoja check list para el ajuste de las cuchillas del molino de agua.

<b>CHECK LIST PARA REVISIÓN DEL MOLINO DE AGUA</b>			
<b>FECHA:</b>			
<b>Nº OPERARIO:</b>			
		<b>SI</b>	<b>NO</b>
¿Se pone un juego de cuchillas nuevo?			
¿Se acercan las cuchillas del estator?			
¿Se da la vuelta a las cuchillas del estator?			
¿Se coloca tornillería nueva?			

¿Hay tornillería de repuesto en el taller?		
¿Se ha detectado alguna pieza de desgaste en mal estado?		
¿Se ha detectado alguna cuchilla rota?		
¿Las cuchillas se encuentran entre 0,4mm y 1mm?		
Distancia máxima de separación:		mm
Distancia mínima de separación:		mm
<u>COMENTARIOS:</u>		

Además de este tipo de hoja check list destinadas a una operación concreta y llevadas a cabo por los técnicos de mantenimiento, habrá en cada máquina una hoja con varios puntos a revisar por el operario de turno que deberá chequear antes de comenzar su labor y así poder evitar posibles fallos o paradas previsibles.

### 3.6 – Planes individuales de mantenimiento preventivo

Para llevar el mantenimiento preventivo de la maquinaria se realizarán unos pequeños cuadernos por cada máquina con las principales tareas de mantenimiento ordinario a realizar.

Estas tareas están divididas en periodos diarios, semanales, mensuales, trimestrales y anuales, y recogen toda la información bien detallada mediante fotografías, identificando así todos los puntos de engrase y partes concretas donde se debe realizar la operación de mantenimiento.

A continuación se muestra un ejemplo detallado de este tipo de plan preventivo para una de las confeccionadoras de bolsas automáticas de la zona de corte.

En el Anexo “PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO” se recoge el resto de los planes que han sido elaborados para cada máquina.

# Mantenimiento ordinario

Nombre: **Amutec - TSA Roller 1380**

Máquina: 11

Sección:

Corte

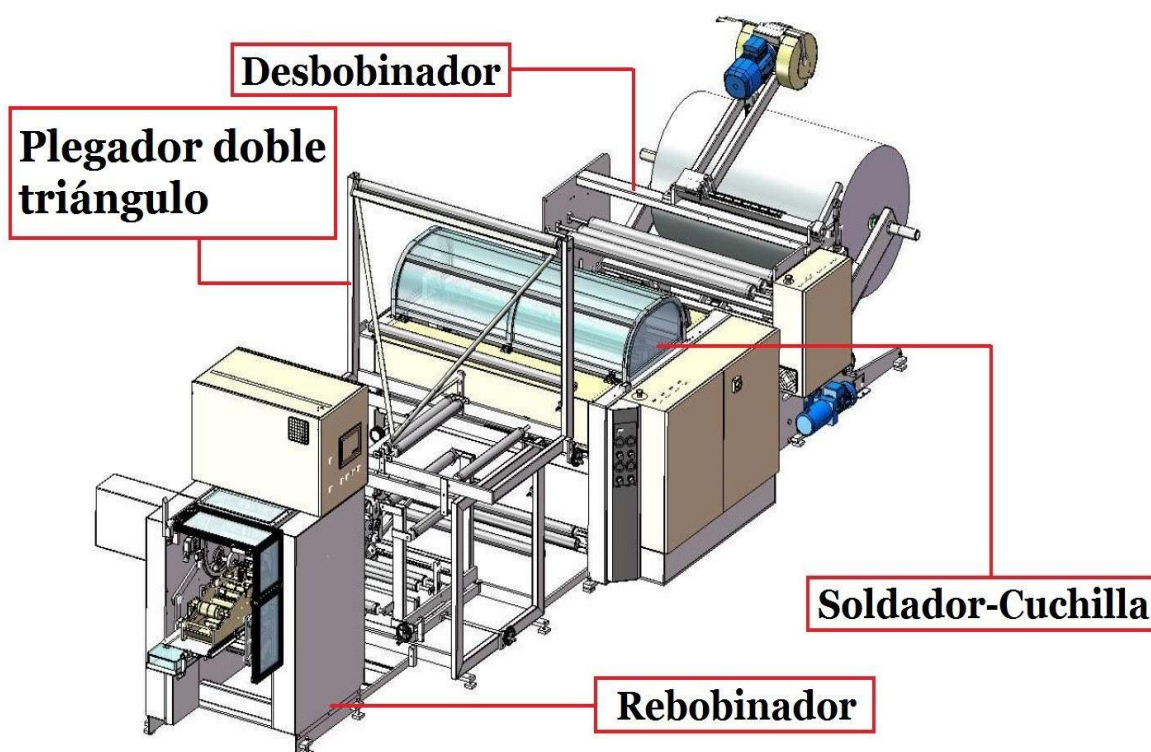


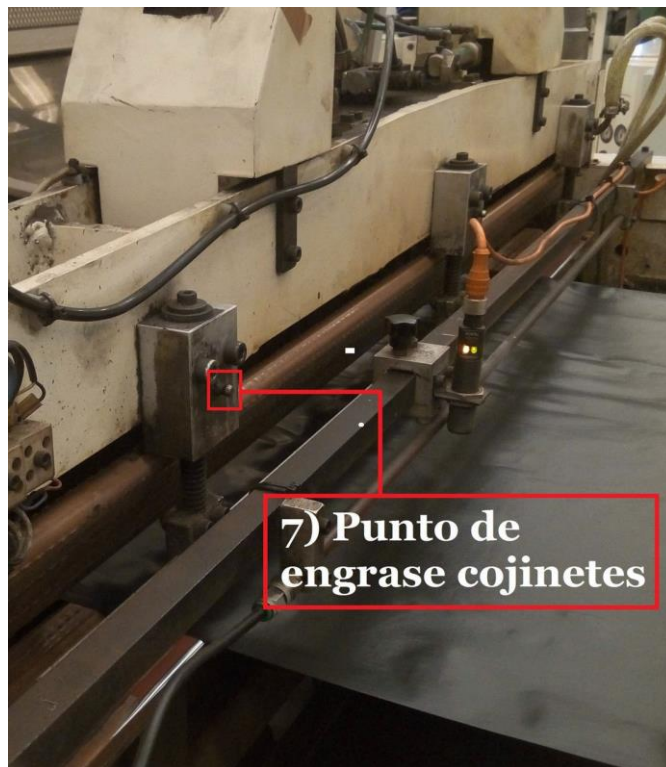
Figura 3.3 - Esquema de la máquina C.11

- **Mantenimiento semanal:**

Tabla 3.3 – Funciones semanales del técnico de mantenimiento para C.11

Punto	Función del técnico del mantenimiento
6	Comprobar nivel de aceite de la instalación neumática (general) y comprobar que no hay agua condensada en el filtro/regulador
7	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, los cojinetes ubicados en el puente soldador – cuchilla
8	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, las dos deslizaderas horizontales y las dos verticales, en el soldador - cuchilla
13	Lubricar con WURTH HTS o similar, las pinzas del rebobinador
14	Lubricar con WURTH HTS o similar, los rodamientos y las pistas de giro del rebobinador
15	Lubricar con WD-40 ó similar, los colines de la cuchilla de la guillotina y los rodamientos de la etiquetadora
17	Limpieza de los espejos reflectores de las fotocélulas que se encuentran en la salida del rebobinador





**7) Punto de engrase cojinetes**

Figura 3.4 – Punto de engrase de los cojinetes del puente soldador



**8) Puntos de engrase en deslizaderas horizontales**

Figura 3.5 – Deslizadera horizontal y puntos de engrase

**8) Punto de engrase en las deslizaderas verticales**



Figura 3.6 – Deslizadera vertical y punto de engrase

**6) Instalación neumática**



Figura 3.7 – Instalación neumática



Figura 3.8 – Interior rebobinador



Figura 3.9 – Etiquetadora



Figura 3.10 – Espejos reflectores de las fotocélulas

- **Mantenimiento mensual:**

Tabla 3.4 – Funciones mensuales del técnico de mantenimiento para C.11

Punto	Función del técnico del mantenimiento
11	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, el rodillo de arrastre en el plegador en doble triángulo
3	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, el bailarín del portabobinas
2	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, el husillo de alineación manual de la bobina
10	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, los rodillos de salida del grupo soldador
4	Limpiar las guías del soporte de la bobina y lubricar con WD-40 ó similar
16	Lubricar con WD-40 ó similar, las rótulas del rebobinador (desmontar tapa)
17	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, los puntos de engrase ubicados en el rebobinador (desmontar tapa)
18	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, las poleas y rodillos del grupo soldador-cuchilla (desmontar tapa)
1	Verificar nivel de la instalación hidráulica
9	Lubricar con WD-40 ó similar, la cadena en el soldador-cuchilla
5	Lubricar con WD-40 ó similar, los rodamientos del soporte del eje portabobinas
12	Lubricar con WD-40 ó similar, los tres husillos reguladores del plegador en doble triángulo
Gene	Revisar nivel de líquido refrigerante en el equipo de frío
Gene	Limpieza de los rodillos de goma
Gene	Lubricar ligeramente con WD-40 ó similar, los rodamientos de todos los rodillos.
Gene ral	Verificar tensión de correas y ajustar si es necesario, mediante las placas ranuradas y el desbloqueo del motor.
Gene	Revisión y/o cambio de filtros de los motores

Gene ral	Comprobar correcto funcionamiento de componentes neumáticos. (válvulas, rácores, posibles fugas aire...)
Gene	Limpeza de cuadros eléctricos: aspirar, limpiar palas de los ventiladores y



Figura 3.11 – Punto de engrase del bailarín



Figura 3.12 – Instalación hidráulica.



Figura 3.13 – Guías del soporte de la bobina



Figura 3.14 – Rodamientos del eje del portabobinas

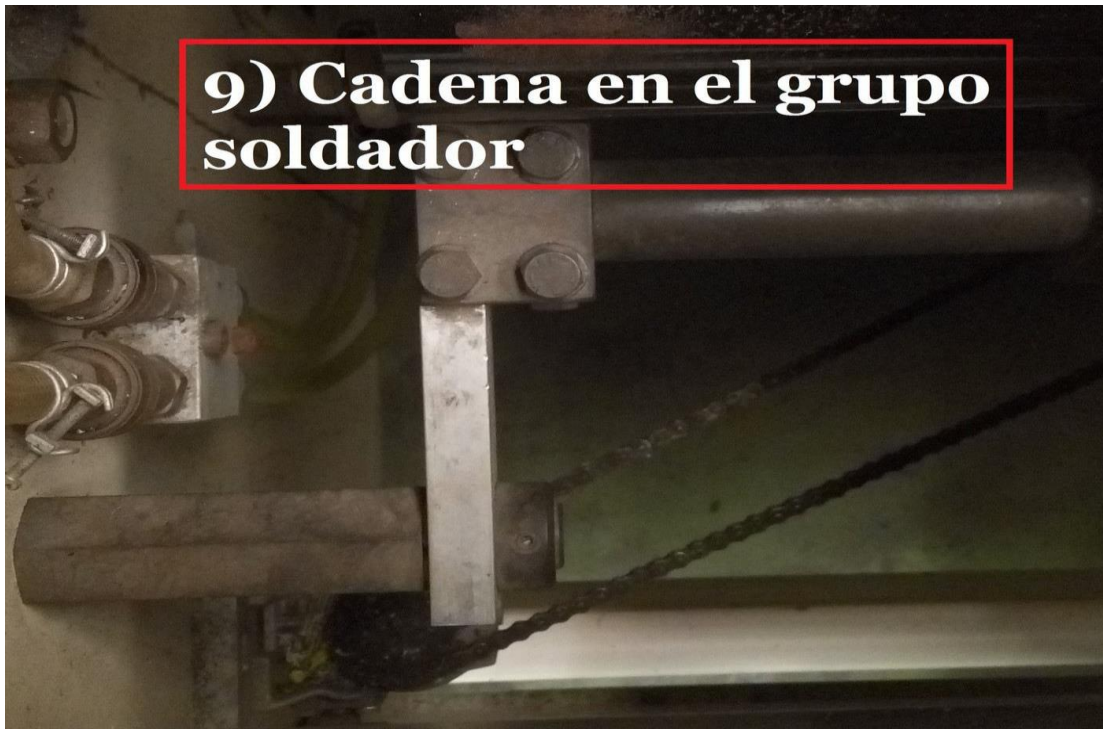


Figura 3.15 – Piñón y cadena en el grupo soldador



Figura 3.16 – Punto de engrase en los rodillos del grupo soldador-cuchilla



Figura 3.17 – Rodillo de arrastre en la salida del plegador.

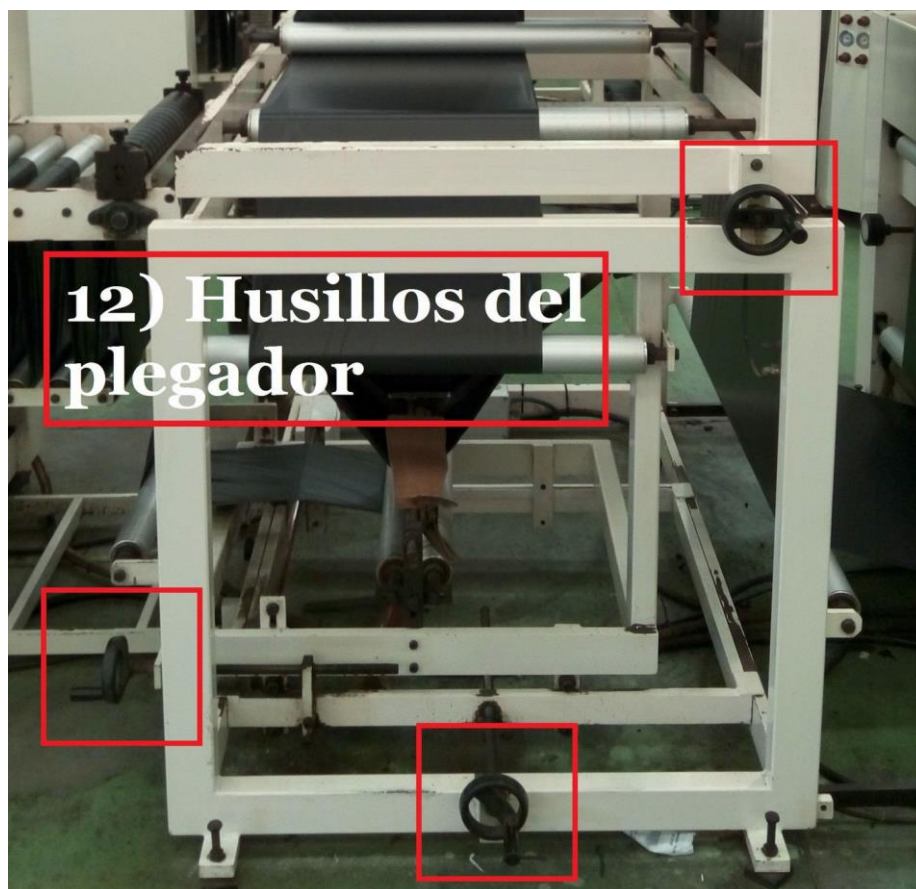


Figura 3.18 – Husillos de alineación del plegador en doble triángulo



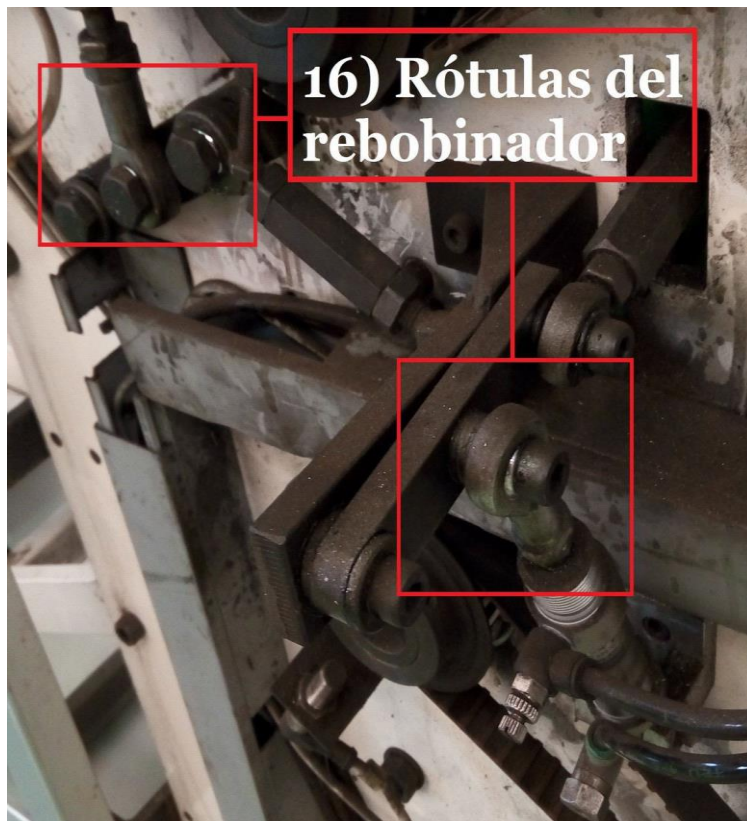


Figura 3.19 – Rótulas del rebobinador



Figura 3.20 – Puntos de engrase del rebobinador



Figura 3.21 – Puntos de engrase del grupo soldador-cuchilla

- **Mantenimiento anual:**

Tabla 3.5 – Funciones anuales del técnico de mantenimiento para C.11

Punto	Función del técnico del mantenimiento
1	Cambio de aceite de la instalación hidráulica
Gene	Comprobar estado partes móviles de elementos mecánicos
Gene	Revisión estado de las correas (cambio si es necesario)
Gene	Motores: Revisar bobinado, conexiones y componentes mecánicos



Figura 3.22 – Distribución de correas I (soldador- cuchilla)

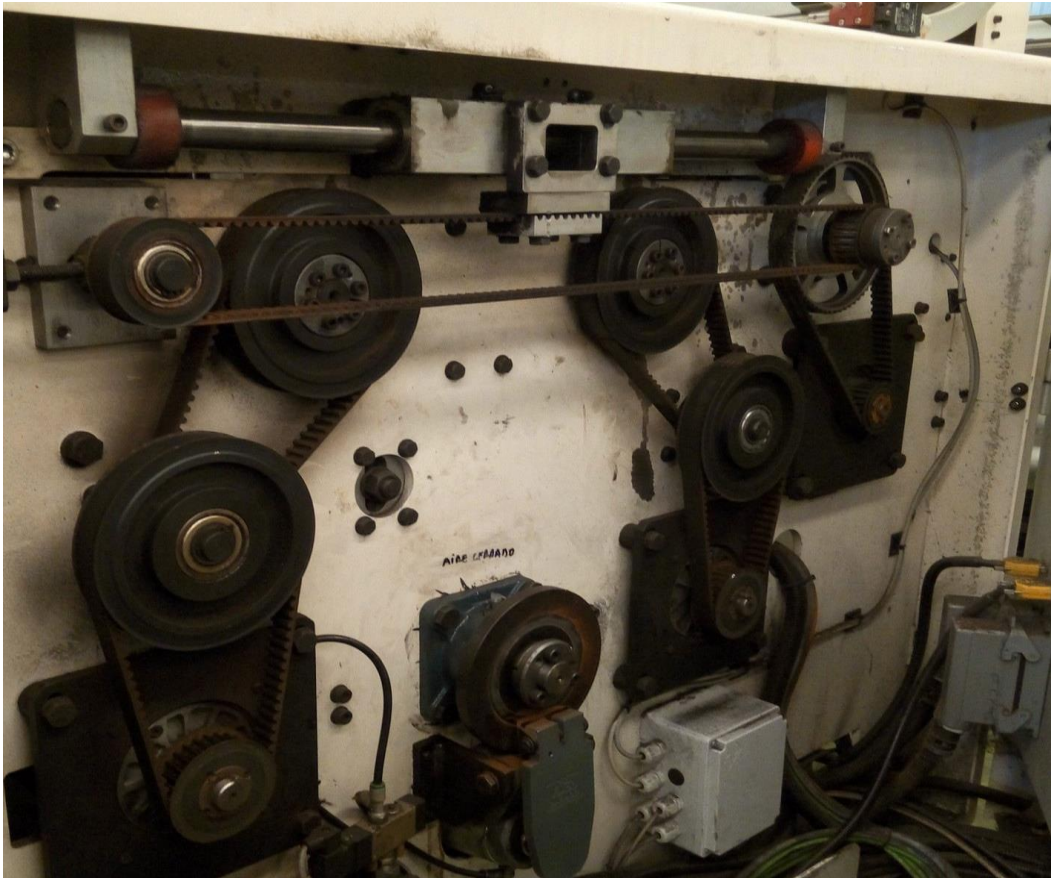


Figura 3.23 – Distribución de correas II (soldador- cuchilla)

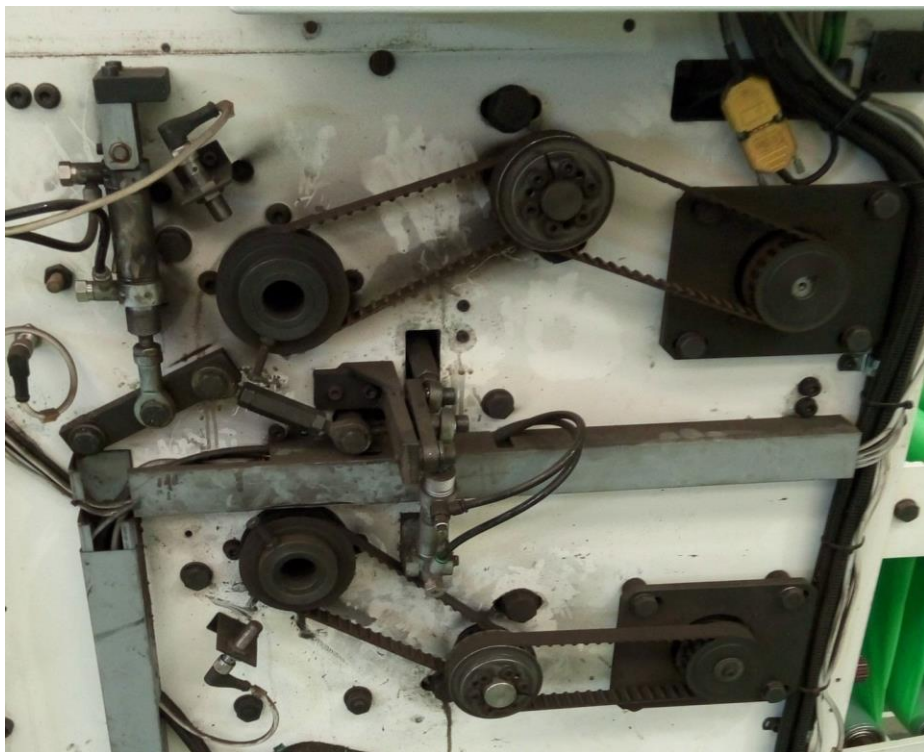


Figura 3.24 – Distribución de correas III (Rebobinad

### 3.7 – Planificador

Otra de las funciones imprescindibles en el desarrollo del plan de mantenimiento es la creación de un planificador donde se recojan las intervenciones pertinentes a llevar a cabo en cada máquina.

Para ello se elaborará un planificador para cada mes del año, y un plan maestro o general en el que aparecerán con más detalle las operaciones que deberá realizar el técnico de mantenimiento.

En la planificación mensual se indicará la hora en la que se deberá proceder ya que este horario se corresponderá con las paradas programadas de las máquinas.

En el caso de no poder realizar las tareas planificadas debido a la aparición de cualquier avería prioritaria, se deberá informar al jefe de la sección de mantenimiento con el fin de reajustar el planificador con las tareas pendientes.

A modo de ejemplo, se muestra en la siguiente tabla el planificador elaborado para el mes de julio de 2017.

Tabla 3.6 – Planificador mensual

				JULIO 2017																													
				3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2			
COD.	MAQUINA	FUNCIÓN	HOR A	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
R.06	Molino triturador Inan Plastik	Revisión cuchillas	06:00 :00																														
		Engrase	06:00 :00																														
R.10	Molino granulador Inan Plastik	Revisión cuchillas	06:00 :00																														
		Engrase	06:00 :00																														
R.03	Desgarrador AMIS	Revisión cuchillas	06:00 :00																														
		Engrase	06:00 :00																														
		Revisar estado correas	06:00 :00																														



### **3.8 – Indicadores de gestión**

Otra función importante es la de cuantificar el éxito de la labor de la gestión del mantenimiento para tomar decisiones sobre las modificaciones del mismo y, para esto, se utilizan diferentes indicadores como disponibilidad y mantenibilidad.

Estos indicadores determinarán la calidad, eficiencia y operatividad de la organización de mantenimiento.

#### **3.8.1 – Disponibilidad de equipos**

La disponibilidad de un equipo es el tiempo total durante el cual el equipo está operando satisfactoriamente, más el tiempo que estando en receso, puede trabajar sin contratiempos durante un periodo.

El objetivo más importante, del mantenimiento es lograr la máxima disponibilidad de todos los equipos

La disponibilidad se define en términos matemáticos, mediante el índice de disponibilidad, como la probabilidad de que un equipo o sistema sea operable satisfactoriamente a lo largo de un periodo de tiempo dado.

La disponibilidad depende de la confiabilidad y de la mantenibilidad. Tener como objetivo una alta disponibilidad, significa reducir al máximo el número de paradas para obtener una operación exitosa, económica y rentable.

En la mayoría de los casos, una mejora de la confiabilidad y de la mantenibilidad, lleva asociado una mayor inversión inicial, sin embargo, esto llevará a una mayor disponibilidad del equipo a lo largo de su vida útil y como consecuencia, un menor costo neto total del ciclo de vida.

## Parámetros de la Disponibilidad

Para determinar la disponibilidad de un equipo, se emplean los siguientes parámetros:

- **ID** - Índice de disponibilidad, factor de disponibilidad o simplemente Disponibilidad
- **TBD** - Tiempo bruto disponible. Tiempo total del periodo de evaluación:
  - Es el tiempo del periodo de trabajo, un turno, dos o tres. Puede ser también el tiempo del periodo de evaluación, un día, una semana, un mes, etc.
- **TPP** - Tiempo de paradas programadas:
  - Es el tiempo de paradas para, mantenimiento preventivo, descansos y alimentación del personal, necesidades de producción, ajustes, etc.
- **TFS** - Tiempo fuera de servicio por paradas no programadas. Es el tiempo de las averías o daños imprevistos. Es un tiempo que debe minimizarse.
- **TOP** - Tiempo de operación programado. Es el tiempo requerido.
- **TEO** - Tiempo del equipo en operación. Tiempo en funcionamiento.
- **TDE** - Tiempo disponible del equipo.
  - Es el que disminuye debido a las paradas intempestivas
- **TEA** Tiempo que el equipo está apagado pero listo para operar.

A continuación se realizará un estudio para los diferentes indicadores de gestión de la máquina confeccionadora de rollos de bolsas con código C.07 modelo TSA Roll 1240:

### **Cálculo del índice de disponibilidad:**

Unidad de tiempo: Horas

Periodo de evaluación: mes de Marzo de 2017 = 744 horas

#### **TPP (Tiempo de paradas programadas)**

Debido a la operatividad deseada por esta máquina no existen paradas programadas más allá de las tareas de mantenimiento preventivo como lubricación, engrase y revisiones periódicas además de las estipuladas por tiempos de descanso en la jornada laboral de los operarios.

Las paradas programadas para las intervenciones de mantenimiento preventivo suponen un tiempo de 1 hora para el mantenimiento semanal y 2 horas en el mensual, sumando de esta forma un total de 6 horas al mes.

Junto con las paradas por tiempos de descanso de los operarios (1 hora / día) suman un total de 37 horas mensuales de paradas programadas.

#### **TFS (Tiempo fuera de servicio por averías)**

De la base de datos creada a partir de los partes de trabajo de la sección de mantenimiento se puede identificar rápidamente el tiempo que una máquina ha estado parada por una avería.

En la siguiente tabla se recogen las intervenciones que se llevaron a cabo en el mes de marzo de 2017.



Tabla 3.7 – Mantenimiento en la confeccionadora n°7

FECHA	DURACIÓN	TIPO DE OPERACIÓN
07/03/17	7:20:00	cambiar ruedas desbobinador, reductor, potenciómetro lineal y desmontar eje comido
08/03/17	1:45:00	Fabricar eje y cambiar rodamientos.
14/03/17	1:25:00	Recargar y reforzar con soldadura el triángulo plegador
21/03/17	2:30:00	Reparar la guía de la cuchilla, limpiar cuchilla y reparar las telas
27/03/17	3:00:00	Cambiar tela de arriba y de abajo
30/03/17	0:30:00	Sustituir racord neumático
31/03/17	2:30:00	Construir pieza para la guía de la cuchilla y montar
31/03/17	6:00:00	Limpeza de los labios y la cuchilla. Se cambian también los teflones adhesivos de los pisones
	<b>27:00:00</b>	

Tabla 3.8 – Cálculo de disponibilidad para la confeccionadora n° 7

PARÁMETRO	HORAS
TBD	744
TPP	37
TFS	27
TOP = TBD – TPP	707
TEO = TOP – TFS	680
TDE = TBD – TFS	717
TEA = TDE – TEO	37
ID = 1 – (TFS / TOP)	<b>0.96</b>

### 3.8.2 – Mantenibilidad

La mantenibilidad, se caracteriza por el TPPR, “Tiempo promedio para reparar”, y en términos generales, no es más que un parámetro estadístico que se define como la probabilidad que tiene un equipo en estado de falla, de ser

diagnosticado y reparado con éxito en un tiempo  $t$ , y en el contexto de operación establecido.

El tiempo requerido para poner el equipo nuevamente en condiciones de operación después de una falla, depende de numerosos factores como los siguientes:

- Características de diseño del equipo, su modularidad, estandarización y facilidad de acceso a las partes propensas a falla, entre otros.
- Destreza de los técnicos de mantenimiento, encargados de realizar directamente la intervención del equipo.
- Personal de mantenimiento disponible (trabajo en equipo).
- Disponibilidad de repuestos y herramientas necesarias.
- Políticas de mantenimiento en la Empresa
- Disponibilidad de transporte para el manejo de materiales y partes requeridas.
- Calidad y disponibilidad de la información técnica, además de la eficacia del sistema de información del mantenimiento.
- Medio ambiente y condiciones de trabajo (comodidad a la hora de realizar una tarea de mantenimiento)

Siendo amplia la cantidad de factores que influyen en la mantenibilidad, se debe utilizar un parámetro estadístico para estimarla. Las leyes de distribución de densidad más utilizadas para estudiar la mantenibilidad son:

- Normal: Cuando el tiempo total de reparación es ocupado mayormente en tareas de desarme – armado.
- Exponencial: Para aquellas situaciones en que el diagnóstico y el tiempo medio de reparación (MTTR) son bajos.
- Lognormal: Para casos en los que el tiempo total de reparación está constituido por varios tiempos diferentes, diagnóstico, disponibilidad de repuestos y herramientas, etc., además de cuando la relación entre ellos no sigue un patrón definido.
- Weibull: Función de distribución más flexible para adaptarse a los datos, ya que cuenta con tres parámetros (forma, escala y posición)

A modo de ejemplo, se muestra en la siguiente tabla el resumen de intervenciones recogidas durante el periodo de 12/09/2017 hasta el 21/06/2017 de la máquina confeccionadora de bolsas con cierre fácil para poder hacer un análisis de la mantenibilidad de esta máquina.

Tabla 3.9 – Resumen intervenciones para cálculo del TPR.

Nº	FECHA	H. INICIO	H. FINAL	DURACION	TIPO	SECCIÓN	MÁQUINA
1	12/09/16	6:00	6:30	0:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
2	12/09/16	14:15	15:00	0:45	EXTRAORDINARIO	Corte	1
3	30/09/16	20:00	20:30	0:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
4	07/10/16	9:30	11:00	1:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
5	10/10/16	15:30	18:00	2:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
6	11/10/16	15:30	17:00	1:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
7	17/10/16	12:30	14:00	1:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
8	28/10/16	13:00	14:00	1:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
9	16/11/16	14:30	15:00	0:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
10	18/11/16	11:00	12:00	1:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
11	21/11/16	21:30	22:00	0:30	PREVENTIVO	Corte	1
12	24/11/16	20:30	22:00	1:30	PREVENTIVO	Corte	1
13	25/11/16	15:30	17:00	1:30	PREVENTIVO	Corte	1

14	25/11/16	17:00	19:00	2:00	PREVENTIVO	Corte	1
15	28/11/16	12:30	13:30	1:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
16	29/11/16	9:00	14:00	5:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
17	06/12/16	9:00	9:30	0:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
18	07/12/16	6:00	12:00	6:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
19	22/12/16	16:00	16:30	0:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
20	04/01/17	14:00	16:30	2:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
21	10/01/17	9:30	14:00	4:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
22	10/01/17	21:30	22:00	0:30	PREVENTIVO	Corte	1
23	11/01/17	8:00	14:00	6:00	PREVENTIVO	Corte	1
24	12/01/17	16:00	21:00	5:00	PREVENTIVO	Corte	1
25	12/01/17	21:00	22:00	1:00	PREVENTIVO	Corte	1
26	13/01/17	8:30	14:00	5:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
27	13/01/17	15:30	19:30	4:00	PREVENTIVO	Corte	1
28	16/01/17	11:15	12:30	1:15	EXTRAORDINARIO	Corte	1
29	16/01/17	12:30	13:00	0:30	PREVENTIVO	Corte	1
30	16/01/17	13:00	14:00	1:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
31	16/01/17	15:00	18:30	3:30	PREVENTIVO	Corte	1
32	17/01/17	11:30	12:30	1:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
33	24/01/17	11:00	14:00	3:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
34	24/01/17	14:00	16:00	2:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
35	25/01/17	7:00	12:30	5:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
36	16/01/17	14:00	20:00	6:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
37	17/02/17	16:30	21:30	5:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
38	21/02/17	6:00	9:00	3:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
39	30/03/17	8:00	11:00	3:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
40	30/03/17	8:00	12:00	4:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
41	17/05/17	6:00	7:00	1:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
42	20/06/17	14:00	16:00	2:00	EXTRAORDINARIO	Corte	1
43	20/06/17	17:45	19:00	1:15	EXTRAORDINARIO	Corte	1
44	20/06/17	19:30	19:45	0:15	PREVENTIVO	Corte	1
45	20/06/17	20:15	20:45	0:30	EXTRAORDINARIO	Corte	1
46	21/06/17	21:15	22:00	0:45	PREVENTIVO	Corte	1
				103:15:00			

En función de esta tabla se calcula el TPR como el cociente entre las 103.25 horas en tiempos de reparación y las 46 intervenciones realizadas durante el periodo, obteniendo así un TPR de 2.24 horas de reparación.

Con este dato obtenido y observando que el mantenimiento preventivo no ha sido predominante en la máquina, se puede llegar a la conclusión de que se trata de una máquina sofisticada con averías más complejas.

### **3.9 – Gestión de stock de repuestos**

Para el correcto desarrollo de las actividades de mantenimiento se requiere de un control de existencias continuo.

Antiguamente, el costo que suponía el stock necesario para estas actividades era el más importante, sin embargo en la actualidad se ha optado por invertir en gastos de personal reduciendo el coste de los repuestos.

En Martinez Conesa S.A no existe un departamento de compras como tal, así que todo el material adquirido se realiza a través de los jefes de producción y mantenimiento de una forma coherente, buscando siempre el equilibrio entre necesidad y coste.

En este apartado se comentará la manera de gestionar el almacén además de identificar los diferentes tipos de repuestos y hacer un breve listado con los repuestos necesarios para mantener la maquinaria en funcionamiento y evitar paradas prolongadas en la medida de lo posible.

#### **3.9.1 - Identificación de repuestos**

Para poder hacer una selección consciente de los recambios que se van a necesitar, se debe realizar una previa identificación de los mismo. En función del grado de responsabilidad dentro de la maquinaria aparecen las siguientes agrupaciones:

- Piezas sometidas a desgaste:

En este grupo aparecerán todas aquellas piezas que tengan algún tipo de fricción o rozamiento entre sus partes fijas y móviles como sería el caso de los rodamientos, rótulas, cojinetes, etc. , o de piezas sometidas a fatiga, cavitación y corrosión como el caso de los rodetes o los impulsores plásticos alojados en el interior de una bomba.

- Consumibles:

Pertencientes a este grupo son todos los repuestos que tienen una vida útil muy breve respecto a la de la máquina, pero que son indispensables para su correcto funcionamiento ya que sin ellos pueden provocarse severas averías o la inoperatividad de la máquina.

Estos repuestos suelen ser de bajo coste, sin embargo, dada su continua rotación o frecuencia de cambio, pueden llegar a suponer un coste medio a final del año.

Este grupo engloba desde los lubricantes, aceites y todo consumible de taller, así como los repuestos propios de cada máquina y que son prácticamente de uso diario, como el caso de teflones para las soldadoras automáticas, filtros tubulares para las extrusoras, alambre para el atado de balas de la prensa hidráulica, etc.

- Piezas móviles:

Son aquellos elementos empleados para la transmisión del movimiento entre diferentes partes de la máquina y que normalmente están sometidos a fatiga. El nivel de esta fatiga estará condicionado y se verá afectado por el diseño de cada máquina así como negativamente por un mal montaje del repuesto, tras una sustitución. Dicho esto, tales elementos o repuestos serían las correas de transmisión, ejes, poleas, deslizaderas, etc.

- Componentes eléctricos:

Son elementos de gran fiabilidad siempre que sus condiciones de trabajo sean correctas, es decir, que haya una buena ventilación en los armarios eléctricos, inexistencia de polvo, etc.

Sin embargo, son elementos que producen incertidumbre ya que no se sabe en qué momento dejarán de funcionar. Tener stock de cada componente de este tipo es algo inviable ya que supondría un costo excesivo. Una solución para ello es intentar colocar componentes iguales o de similares características en los armarios y tener repuestos de los principales elementos que podrían fallar como; contactores, relés, magnetotérmicos, etc.

### 3.10 – Necesidad de stock en planta

Desde el punto de vista de la necesidad, se pueden dividir los repuestos en los siguientes niveles o categorías:

- Nivel A: Repuestos de primera necesidad. Siempre disponibles en planta.
- Nivel B: Repuestos que es necesario tener a sus proveedores localizados y conocer los plazos de entrega.
- Nivel C: Repuestos prescindibles, ya que un fallo no afecta a la operatividad.

A continuación, se puede ver detallada en la siguiente tabla la cantidad de material necesario para la zona de extrusión:

Tabla 3.10 – Stock necesario para zona de extrusión

Nº	ITEM	MEDIDAS	CANTIDAD	NIVEL
1	Foco led	200 W	2	C
2	Tubo de goma ejes expansibles	SETTORI 3" L 150	6	B
3	Escobilla de carbón	EG321 (40 x 32 x 20)	12	B

4	Escobilla de carbón	EG367/J (45 x 32 x 20)	16	B
5	Escobilla de carbón	EG313 (35 x 20 x 10)	12	B
6	Escobilla de carbón	SG61 (4X5X15)	8	B
7	Husillo bimetálico	HRC D-65X2330	1	B
8	Rodillo curvado banana	100X1500X2000	1	B
9	Chavetas	40 x 15 mm	4	B
10	Fuente de alimentación	24 V	3	B
11	Sensor	TL - 40	2	B
12	Sensor	XS612B1PAL2-4	4	B
13	Sensor	LTM-100-S	2	B
14	Contactador	LC1D 3P 230V 32A	6	B
15	Contactador	LC1D09B7 9A 24VAC	3	B
16	Relé estado sólido	24 V	4	B
17	Magnetotérmico	3P - 32A	4	B
18	Fusible	6A	10	A
19	Fusible	10A	10	A
20	Fusible	25A	10	A
21	Fusible	32A	10	A
22	Fusible	125 A	4	A
23	Convertidor de frecuencia	7.5 Kw	1	B
24	Variador trifásico	2.2 Kw	1	B
25	Termopar	D550 - 1000W 230V	4	A
26	Termopar	D260 - 1500W 230V		A
27	Tornillo Allen cabeza rebajada	M16 x 60 mm	16	B



28	Cuchilla titanio trapezoidal	45 x 30 mm	50	A
29	Aceite	Viscolube E-320		A
30	Grasa	Molikote BR2 Plus	120 kg	A
31	Filtros tubulares INOX malla 1.5 mm	95 X 85 mm	100 uds	A
32	Filtro acrílico	18 mm de espesor	80 metros	B
33	Aceite hidráulico	Drop 380	50 litros	A
34	Silicona en aerosol	500 ml	10 uds	A
35	Retén	90 – 110 – 13	4	B
36	Retén	80 – 105 – 13	4	B
37	Retén	75 – 100 – 13	3	B
38	Retén	80 – 100 – 10	3	B
39	Rodamiento	22316-C3	2	B
40	Rodamiento	63000-2RS	2	B
41	Rodamiento	61828-ZZ	2	B
42	Rodamiento	23132-K	2	B
43	Correa dentada	25AT10 - 1060	2	A
44	Correa dentada	AT10 - 800	2	A
45	Correa trapezoidal	XPB 2240	6	A
46	Correa trapezoidal	XPA 1557	6	A
47	Correa trapezoidal	SPB 2000 LP 2022	12	A
48	Correa trapezoidal	XPB2060	6	A

## 4 – PROPUESTA DE FUTURAS MEJORAS PARA LA EMPRESA

### 4.1 - Adquisición de equipo para diagnóstico predictivo

Una vez implantadas las rutinas de mantenimiento preventivo se propone la adquisición de equipo de instrumentación específico para llevar a cabo un mantenimiento predictivo en los cuadros eléctricos de la instalación, así como en ciertos motores de interés.

La adquisición de este nuevo equipo deberá basarse en las siguientes metodologías:

- Análisis mediante termografía:

Mediante la adquisición de una cámara termográfica se podrán examinar regularmente los cuadros eléctricos y los centros de control de motores evitando de esta forma la acumulación de calor hasta el punto de fundir conexiones, provocar averías o incluso incendios.

En la siguiente figura se muestra la captura de una imagen termográfica de dos guardamotores dentro de un cuadro eléctrico. En el de la izquierda se puede observar como existe algún tipo de anomalía que le produce un exceso de calor al componente eléctrico.

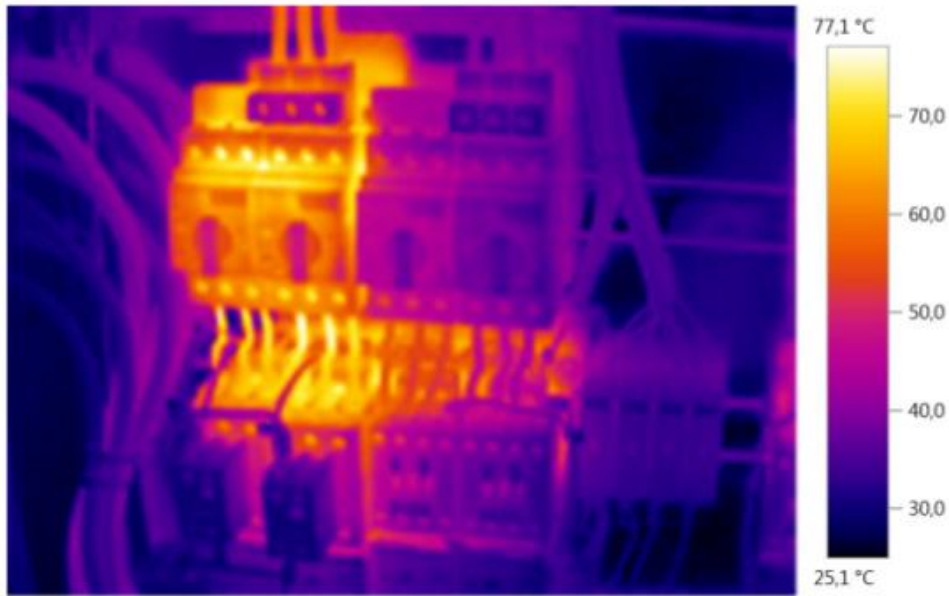


Figura 4.1 – Captación termográfica en cuadro eléctrico.

Fuente:<http://www.termoimagen.com.ar>

Algunos de los fallos en equipamiento de baja tensión que se pueden detectar con termografía serían los siguientes:

- Conexiones de alta resistencia
- Conexiones corroídas
- Daños internos en los fusibles
- Fallos internos en los disyuntores
- Malas conexiones y daños internos

Además, mediante el análisis termográfico también se podrán planificar revisiones periódicas para detectar fallos en el motor, como los signos de desgaste en los contactos de las escobillas o los cortocircuitos en los armazones, ya que suelen producir un calor excesivo antes del fallo.

Otro punto fuerte de estos aparatos de medición dentro de la empresa, sería el de poder detectar los niveles de los depósitos de agua que se emplean para la nave de lavado de material; pues existe un mal diseño en la instalación y en

muchas ocasiones la línea se queda sin agua, originando emboces y generando pérdidas en tiempos de recuperación.

Dicho esto, la siguiente tabla podría servir a modo de ejemplo para programar ciertas revisiones periódicas mediante la cámara de termografía.

Tabla 4.1 – Planificación de revisiones mediante termografías.

ZONA	TIPO	FRECUENCIA	DÍA
<b>Extrusión</b>	<b>Cuadros eléctricos</b>	<b>Semanal</b>	Lunes
	<b>Cuadros eléctricos (Reactiva)</b>	<b>Semanal</b>	Lunes
	Resistencias husillos	Cada dos semanas	Lunes
	Motores principales	Cada dos semanas	Lunes
<b>Corte</b>	<b>Cuadros eléctricos</b>	<b>Semanal</b>	Martes
	Rodamientos rodillos locos	Mensual	Martes
	Rodamientos desbobinador	Mensual	Martes
<b>Reciclado</b>	<b>Cuadros eléctricos</b>	<b>Semanal</b>	Martes
	Motores principales R.03	Cada dos semanas	Jueves
	Motor principal R.17	Mensual	Jueves
	Motor principal R.06	Mensual	Jueves
	Motor principal R.10	Mensual	Jueves
<b>Lavado</b>	<b>Cuadros eléctricos</b>	<b>Semanal</b>	Viernes
	Motor principal L.07	Mensual	Viernes
	Motor principal L.16	Mensual	Viernes
	Motor principal L.18	Mensual	Viernes
	Motor principal L.19	Mensual	Viernes

- Análisis de vibraciones:

Dada la mayor complejidad que supone la interpretación de los datos captados de las vibraciones en este tipo de análisis, se omite la adquisición del equipo; sin embargo, se sugiere contratar empresas externas que se dediquen a ello, para hacer diagnósticos puntuales en motores significativos o máquinas que muestren síntomas de desalineación o desbalance.

Este tipo de análisis sería muy interesante implantarlo en el desgarrador de la zona de reciclado, puesto que esta máquina consta de dos motores principales que actúan de forma simultánea y simétrica sobre el mismo rotor y deben ejercer un par de fuerzas lo más equilibrado posible.

Por ejemplo, si existiera un problema de desgaste en los rodamientos de uno de los motores o algún tipo de desalineación entre ellos, uno tendría que soportar mayor carga que el otro pudiendo dar lugar a alguna avería mayor.

Debido a este motivo, se propone un mantenimiento predictivo mediante la técnica del análisis de vibraciones para esta máquina en concreto, y con una frecuencia mínima de 2 veces al año.



Figura 4.2 – Desgarrador con simetría en los motores principales

#### **4.2 - Adquisición de software GMAO**

Otra ventaja en la empresa sería la de disponer de un sistema GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador).

Estos sistemas son muy útiles a la hora de gestionar grandes cantidades de información como la que suponen las innumerables bases de datos de este sector y de las que difícilmente se consigue tiempo para poder analizar la información.

Entre muchas de las ventajas de un sistema GMAO se encuentran las siguientes:

- Permiten contrastar datos y disponer de ellos en tiempo real, por lo que la toma de decisiones será más rápida y flexible.
- Facilita el análisis de las averías, pudiendo detectar más fácilmente las averías repetitivas, permitiendo de esta forma atacar la causa raíz
- Optimizar nuestro sistema, reduciendo unas tareas y potenciando otras, es decir, realizando un mantenimiento más adecuado.
- Acceso a la información de forma inmediata en el momento y lugar que se precise.
- Permite crear historiales de averías y reparaciones, documentar las anomalías y actuaciones en los equipos.
- Facilita la planificación de las tareas, el control de las mismas, la asignación de las órdenes de trabajo, análisis de tiempos de reparación, recursos empleados, etc.
- Proporcionan un mejor control de la documentación, puesto que nos permiten asignar a un equipo la documentación necesaria (planos, manuales, etc.)
- Dan conocimiento sobre el stock de repuestos y se puede realizar un seguimiento de los pedidos.

En definitiva, la adquisición de un sistema GMAO es una buena opción de mejora en la empresa; sin embargo hay que tener en cuenta que este tipo de sistemas requieren de un trabajo preliminar importante.

## **5 – COSTES DEL MANTENIMIENTO**

### **5.1 – Introducción**

Teniendo presente que una de las principales tareas para un administrador es la de minimizar los costos, se convierte en indispensable conocer cuáles son sus principales fuentes de gastos.

Para ello, los costos referidos al mantenimiento se pueden agrupar en dos categorías:

1. Costos que tienen relación directa con las operaciones de mantenimiento, como pueden ser; costos de mano de obra, de materiales, de repuestos, de subcontratación, de almacenamiento y costos de capital.
2. Costos por pérdidas de producción a causa de las fallas de los equipos, por disminución de la tasa de producción y pérdidas por fallas en la calidad producto por un mal funcionamiento de los equipos.

Por consiguiente, el coste global de mantenimiento será la suma de cuatro costes:

- Costes fijos
- Costes variables
- Costes financieros
- Costes por fallas

#### **5.1.1 – Costes fijos**

La característica de este tipo de costes es que estos son independientes del volumen de producción o de ventas de la empresa.



Los costes fijos en el mantenimiento están compuestos principalmente por la mano de obra y los materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo y predictivo ya sea todo el gasto originado por el engrase rutinario de las máquinas o el stock necesario para llevar a cabo dichas acciones.

Estos costes son gastos que aseguran el mantenimiento en la empresa y la vida útil de la maquinaria a mediano y largo plazo.

Una disminución del presupuesto y recursos destinados a este gasto fijo, al inicio representará un ahorro para la empresa, sin embargo, con el tiempo esto supondrá una mayor incertidumbre y gastos sustancialmente mayores si se quiere mantener la empresa en un nivel óptimo.

### **5.1.2 – Costes variables**

Estos costes tienen la particularidad de ser proporcionales a la producción realizada. Entre ellos podemos destacar los costes como la mano de obra indirecta, materia prima, energía eléctrica, además de los costes variables que incluyen el mantenimiento como serían los recursos empleados en el mantenimiento correctivo llevado a cabo por averías imprevistas en la maquinaria.

Este tipo de gastos de mantenimiento es difícil reducirlo, dado que viene directamente de la necesidad de realizar una reparación para poder seguir produciendo. La mejor manera de reducir este tipo de gasto, el cual crea incertidumbre y puede llegar a convertirse en un gasto muy elevado para la empresa, será implantar un buen plan de mantenimiento preventivo.

### **5.1.3 – Costes financieros**

Los costes financieros asociados al mantenimiento se deben tanto al valor de los repuestos de almacén como a las amortizaciones de las máquinas duplicadas para asegurar la producción.

El costo que supone los recambios de un almacén para realizar reparaciones, es un desembolso para la empresa que limita su liquidez. Si los recambios son utilizados con cierta frecuencia nos encontraremos con un mal menor, dado a que esto es una inversión que hace la empresa para mantener la capacidad productiva de la instalación. Sin embargo, cuando los recambios tardan mucho tiempo en ser utilizados, estamos incurriendo en un gasto que, en principio, no genera ningún beneficio para la empresa.

Dentro de estos gastos financieros debe tenerse en cuenta el coste que supone tener ciertas instalaciones o máquinas duplicadas para obtener una mayor disponibilidad. En determinadas circunstancias que se obliga a una disponibilidad total, es necesario montar en paralelo una máquina similar que permita la reparación de una de ellas mientras la otra está en funcionamiento. El coste de esta duplicidad puede olvidarse en el cómputo de los gastos de mantenimiento, pero debe tenerse en cuenta dado que el motivo de su presencia es el aumento de la disponibilidad y este concepto es responsabilidad de mantenimiento.

#### **5.1.4 – Costes por fallas**

El coste de fallo se refiere al coste o pérdida de beneficio que la empresa soporta por causas relacionadas directamente con el mantenimiento.

Normalmente, este concepto no suele tenerse en cuenta cuando se habla de los gastos de mantenimiento, pero su volumen puede ser incluso superior a los gastos de costos fijos, costos variables y financieros.

En las empresas productivas como Martínez Conesa S.A, los costes por fallo en los equipos se deben principalmente a:

- Pérdidas de materia prima.
- Descenso de la productividad del personal mientras se realizan las reparaciones.

- Pérdidas energéticas por malas reparaciones o por no realizarlas
- Rechazo de productos por mala calidad
- Producción perdida durante la reparación (supone el mayor coste normalmente).
- Averías que puedan suponer riesgo para las personas o para la instalación.
- Costos indirectos.
- Pérdidas de imagen, ventas, etc.

### **5.1.5 – Coste integral**

El coste integral es el resultante de la suma de los cuatro costes anteriormente descritos.

Con este coste se pretende relacionar no solo el gasto que el mantenimiento ocasiona a la empresa, sino también los posibles beneficios que pueda generar.

Como ejemplo tenemos un caso que es representativo, el del aislamiento térmico. Si no se realiza un mantenimiento sobre el aislamiento, los gastos disminuyen, pero a su vez el consumo de energía aumentará. De ahí el buscar el equilibrio entre los diferentes costes y la “cantidad” de mantenimiento que se debe realizar.

### **5.2 – Coste del plan de mantenimiento**

Para poder realizar un presupuesto más detallado del coste que supondría el plan de mantenimiento elaborado, se ha optado por dividirlo en tres partes significativas que son:

1) Gastos en stock de primera necesidad: En esta parte se contabilizará todo el material necesario para llevar a cabo las actividades ordinarias de mantenimiento según nuestro plan de mantenimiento preventivo.

2) Gastos stock: Aquí aparecerá el gasto referido al material que se debe tener almacenado con el fin de poder actuar en el menor tiempo posible ante cualquier tipo de avería.

3) Gastos adicionales: Serán los generados por cambios en la instalación, incorporación de equipamiento y de personal de mantenimiento.

4) Gastos externos: En este punto se recogerán todos los gastos generados por el mantenimiento de las revisiones periódicas de equipo a través de empresas externas, así como el afilado de las cuchillas para poder hacer el seguimiento del plan preventivo en las máquinas cortantes.

Tabla 5.1 – Gastos en stock de primera necesidad

C1 - Gastos en stock de primera necesidad					
Nº	Descripción	Características	Cantidad	Precio unitario	P.total
1	Teflón natural	0.12 mm	80 metros	5.5	440
2	Teflón adhesivo	0.08 mm	10 metros	26.4	264
3	Grasa	Molikote BR2 Plus	120 kg	12.15	1458
4	Filtros tubulares INOX malla 1.5 mm	95 X 85 mm	4000 uds	3.98	15920
5	Filtro acrílico	18 mm	80 metros	6.1	488
6	Aceite hidráulico	Drop 380	300 litros	2.2	660
7	Silicona en aerosol 500 ml		20 uds	14.20	284
					<b>19514</b>

Tabla 5.2 – Gastos en stock de repuestos

C2 - Gastos en stock de repuestos					
Nº	Descripción	Características	Cantidad	Precio unitario	P.total
1	Juego cuchillas	560 x 120 x 28 mm	16	132	2112
2	Juego cuchillas	498 x 130 x 25 mm	10	114	1140
3	Juego cuchillas	398 x 105 x 24 mm	15	65	975
4	Juego cuchillas	330 x 105 x 24 mm	15	58	870
5	Hilera	Diámetro 450 mm	1	1320	1320
6	cuchilla	1215 mm	2	265	265
7	cuchilla	1380 mm	2	384	768
8	Rodamiento	23132-K	1	1197	1197
9	Rodamiento	22316-C3	1	185.64	185.64
10	Rodamiento	61828-ZZ	1	138.25	138.25
11	Rodamiento	63000-2RS	1	43.51	43.51
12	Rodamiento	6206-2RS	1	92.07	92.07
13	Rótula	GAKR-8-PW	4	33.5	134
14	Manguito de montaje	H-3132	1	242.72	242.72
15	Correa trapezoidal	SPB-2000			194.57
16	Correa trapezoidal	2/RSPB 2360	4	46.25	185
17	Correa trapezoidal	XPB - 2060	6	19.85	119.12
18	Correa dentada	HTD 1600 8M	4	35.20	140.8
19	Correa dentada	25AT10 – 1060	1	168.84	168.84
20	Tornillo allen	M20x 70 mm	60	4.92	295.2

21	Tornillo allen	M20x100 mm	60	5.67	340.2
22	Tornillo hexagonal	M18x 60	40	3.86	154.4
23	Tornillo allen	M24x130 mm	60	9.83	589.8
24	Variador trifásico	2.2 Kw	1	305	305
25	Convertidor frecuencia	7.5 Kw	1	514	514
26	Contactador	LC1D 3P 230V 32A	2	90.68	181.36
27	Contactador	LC1D09B7 9A 24VAC	2	28.18	56.36
28	Escobillas de carbón	EG321	12	33.05	396.60
29	Escobillas de carbón	EG367/J	16	26.61	425.88
30	Escobillas de carbón	EG313	12	26.21	314.56
31	Juntas tóricas de vitón	110,72X3,53	6	47.50	285
					<b>10208,25</b>

Tabla 5.3 – Gastos adicionales

C3 - Gastos adicionales					
Nº	Descripción	Características	Cantidad	Precio unitario	P.total
1	Contadores horarios		4	112	448
2	Indicadores (displays)		8	203	1624
3	Armario documentación	2000x1800x450 mm	1	436	436
4	Focos led		30	210	6300
5	Nóminas técnicos de mantenimiento		2	1040 brutos / mes	30160 Brutos/ año

	(14 pagas y media)				
					<b>38968</b>

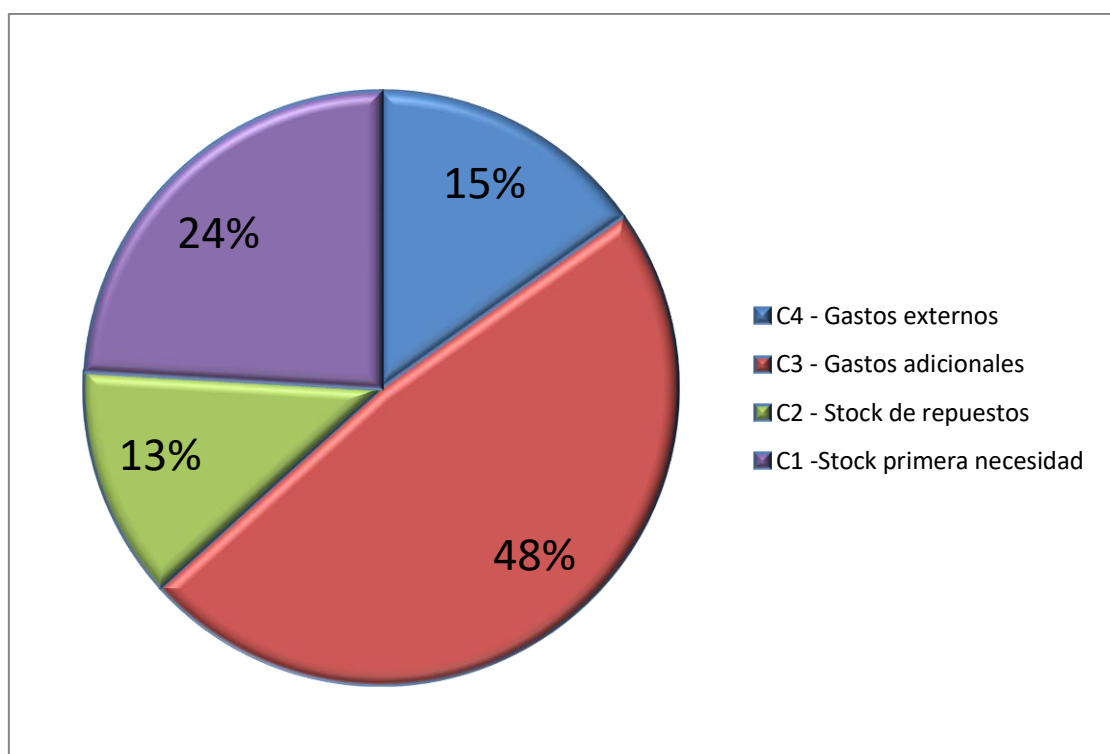
Tabla 5.4 – Gastos externos

C4 - Gastos externos				
Nº	Descripción	Frecuencia / año	Precio unitario	P.total
1	Mantenimiento compresores	6	221.40	1328.4
2	Mantenimiento equipo de refrigeración	2	265.30	530.6
3	Afilado de cuchillas	4	96	384
4	Afilado de cuchillas	3	112	336
5	Afilado de cuchillas	3	96	288
6	Afilado de cuchillas	3	48	144
7	Limpieza general fábrica	2	780	1560
8	Limpieza maquinaria	12	800	9600
				<b>12312</b>

Por tanto, el coste total del plan de mantenimiento será la suma de los cuatro costes previamente definidos:

$$CT = C1 + C2 + C3 + C4 = \mathbf{81002,25 \text{ Euros}}$$

Figura 5.1 – Diagrama de sectores con los diferentes costes



No obstante, cabe destacar que esta cifra incluye también el desembolso de una inversión inicial como es el caso de la iluminación de la planta, y cuyo objetivo no es sólo el de reparar los focos fundidos, sino también reducir notablemente el consumo eléctrico a final de cada mes.

Así mismo se incluye también el gasto inicial que supone tener otro juego de cuchillas de repuesto para cada molino o triturador, sin embargo, cada juego de cuchillas se estima que tenga una vida útil de 3 a 4 años en función de los afilados y a excepción de contratiempos.

Por otro lado, es difícil conocer el momento en el que el gasto de la incorporación de dos nuevos operarios en la sección de mantenimiento se verá amortizado, ya que para ello se necesitaría disponer de los datos de las pérdidas en producción que hayan podido producirse debido a las averías en la jornada nocturna, siendo además una estimación más o menos ajustada.

Sin embargo, si se enfoca esta amortización desde el punto del incremento de producción en la línea de lavado, la incorporación de los dos operarios podría



ser amortizada ya durante el propio año, puesto que esta línea de trabajo requiere de un mantenimiento mayor y por miedo a no poder afrontar las averías producidas, actualmente la línea permanece inactiva en dicho horario.

## 6 – CONCLUSIONES

Gracias a la elaboración del plan de mantenimiento se ha podido justificar que la estrategia de mantenimiento correctivo que se ha estado empleando hasta ahora, no es para nada efectiva por sí sola puesto que se necesita una alta disponibilidad de la maquinaria dada la exigencia de producción. Con el fin de conseguir esta mayor disponibilidad, la empresa deberá apostar por el nuevo plan dónde las tareas de mantenimiento preventivo serán imprescindibles en el día a día.

De la misma forma, el seguimiento de las tareas de mantenimiento mediante los partes de trabajo elaborados, ayudará a la empresa a llevar un mejor control de las intervenciones realizadas a través de una base de datos que será muy útil para llevar a cabo la planificación, crear historiales de falla y hacer algún estudio puntual sobre la máquina que se precise.

La organización del taller será otra medida correctora de gran importancia pues facilitará a la empresa el inventario de material que no ha tenido presente hasta ahora y con el que se podrá realizar una gestión más eficiente de los repuestos en stock, evitando así los gastos innecesarios, además de reducir los tiempos de reparación al tener todo el material bien localizado.

Una vez obtenido el presupuesto, se observa como la incorporación de dos técnicos de mantenimiento para cubrir la jornada laboral en el turno de noches supondrá un gasto de aproximadamente el 40% del coste total, sin embargo, se espera amortizar este gasto minimizando las pérdidas de producción debidas a las paradas por averías que puedan aparecer en este horario y que antes no eran tratadas.

## 7 – BIBLIOGRAFÍA

Joaquín González Pérez. “*UF087: Montaje y mantenimiento de máquinas eléctricas rotativas*”. IC Editorial.

Óscar Duque Pérez y Marcelo Pérez Alonso. “*Motores de inducción. Técnicas de mantenimiento predictivo*”. @becedario.

Francisco Javier González Fernández. “*Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*” 2ª edición. FC Editorial.

A. I. Selivanov. 1972. “*Fundamentos de la teoría del envejecimiento de la maquinaria*”. Editorial MIR.

Angel Partida. 2013. “*Sistema de codificación de equipos*”. Disponible en internet: <http://mantenimiento-mi.es/2013/cuadernos-tecnicos-sistema-de-codificacion-de-equipos> Consultado el 5 de Abril de 2017.

Mª Belén Muñoz Abella . 2003. “*Mantenimiento industrial - Tecnología de máquinas*”. Disponible en internet: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/tecnologia-de-maquinas/material-de-clase-1/MANTENIMIENTO.pdf> Consultado el 17 de Abril de 2017.

Aliro J Jimenez. 2011. “*Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad, entendiendo sus diferencias*”. Disponible en internet: <https://maintenancela.blogspot.com.es/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html> Consultado el 14 de Mayo de 2017.

Oliverio García Palencia. 2014. “*Tendencias actuales en mantenimiento industrial*”. Disponible en internet: <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Tendencias-actuales-en-mantenimiento-industrial+97221> Consultado el 19 de Junio de 2017.

Francisco Ballesteros Robles (Grupo Álava). 2017. “*La estrategia predictiva en el mantenimiento industrial*”. Disponible en internet: <http://www.preditec.com/mantenimiento-predictivo/> Consultado el 2 de Julio de 2017

## **ANEXOS**

# Mantenimiento ordinario

Nombre: **Coemter Beta 550 Roll**

Máquina: 1

Sección: Corte

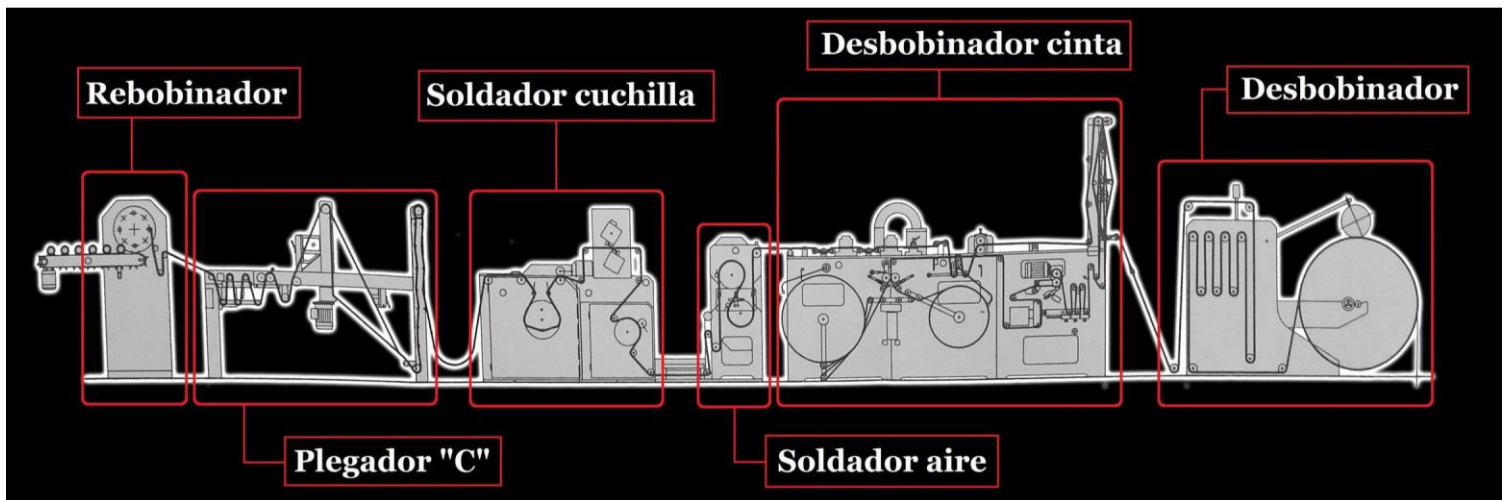


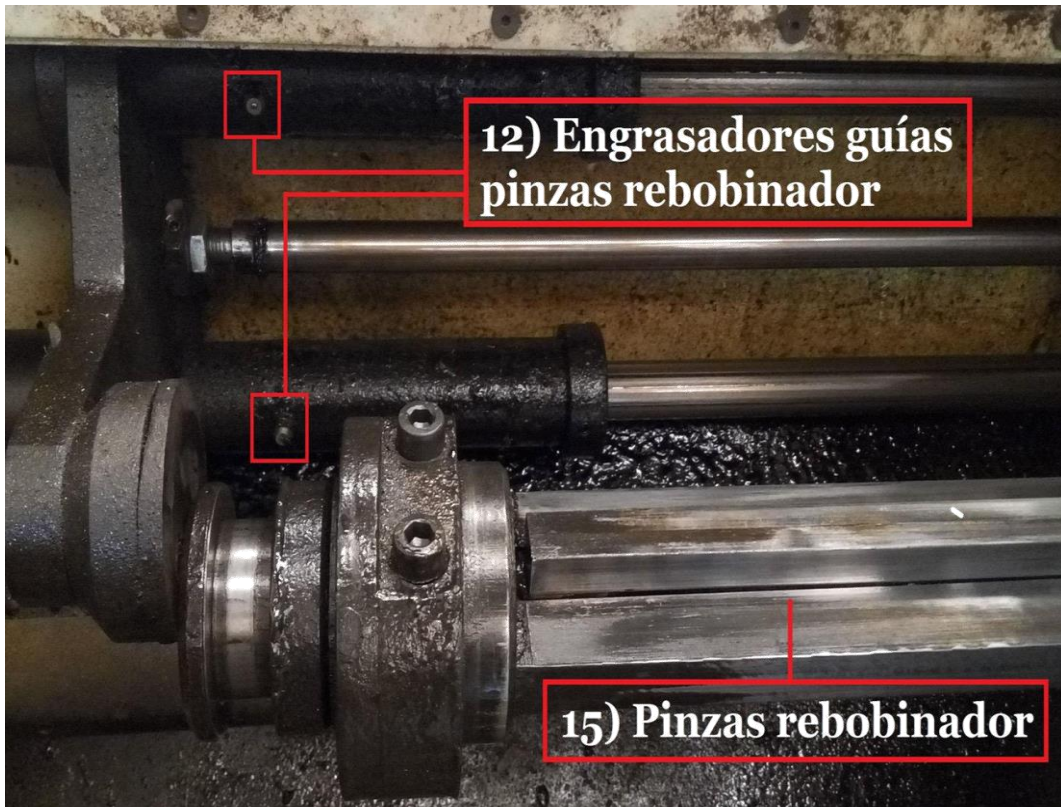
Figura 1. Esquema de la máquina

- Mantenimiento semanal:

Punto	Función del técnico del mantenimiento
16	Lubricar ligeramente con WURTH HTS o similar, las cadenas del tambor de soldadura
15	Lubricar con WURTH HTS o similar, las pinzas del rebobinador
14	Comprobar nivel de aceite de la instalación neumática (general)
13	Comprobar nivel de aceite de la instalación neumática (rebobinador)
10	Lubricar con WURTH HTS o similar, el piñón de medida alojado en el soldador- cuchilla
11	Limpieza de los espejos reflectores de las fotocélulas. Hay 2 espejos alojados entre el plegador C y el soldador - cuchilla



Imagen 1. Cadenas del tambor de soldadura



*Imagen 2. Puntos de engrase en el rebobinador*



*Imagen 3. Instalación neumática I (rebobinador)*



*Imagen 4. Instalación neumática II (general)*



*Imagen 5. Piñón de medida*



*Imagen 6. Espejos reflectores para las fotocélulas*



- Mantenimiento mensual:

Punto	Función del técnico del mantenimiento
18	Limpieza de todas las partes de la caña antiestática que se encuentra en la parte superior del desbobinador cinta
7	Lubricar con WD-40 o similar, el rodillo del tiro plegador "C"
4	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, las guías INA del compensador desbobinador
5	Lubricar con WURTH HTS o similar,, los piñones de los rodillos desbobinadores
8	Lubricar con WURTH HTS o similar, los piñones cónicos en el soldador de aire
9	Lubricar con WD-40 o similar, los piñones cónicos en el soldador-cuchilla
17	Lubricar con WURTH HTS o similar, sin tocar escobillas, las pistas de giro y apoyo del tambor del rebobinador además de la cadena del mismo.
12	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, las guías INA de las pinzas del rebobinador
6	Verificar nivel de la instalación hidráulica
19	Lubricar con WD-40 o similar, la cadena pequeña en el soldador-cuchilla
1	Lubricar con WD-40 o similar, los rodamientos del soporte del eje porta bobinas
3	Lubricar con WD-40 o similar, las cadenas del compensador
2	Lubricar con WD-40 o similar, el husillo de alineación manual de la bobina
General	Limpieza de los rodillos de goma
General	Verificar tensión de correas y lubricar ligeramente con antideslizante para correas WURTH en Spray las correas no dentadas
General	Revisión y/o cambio de filtros de los motores
General	Comprobar correcto funcionamiento de componentes neumáticos. (electroválvulas, rácores, posibles fgas aire...)
General	Limpieza de cuadros eléctricos: aspirar, limpiar palas de los ventiladores y revisar filtros

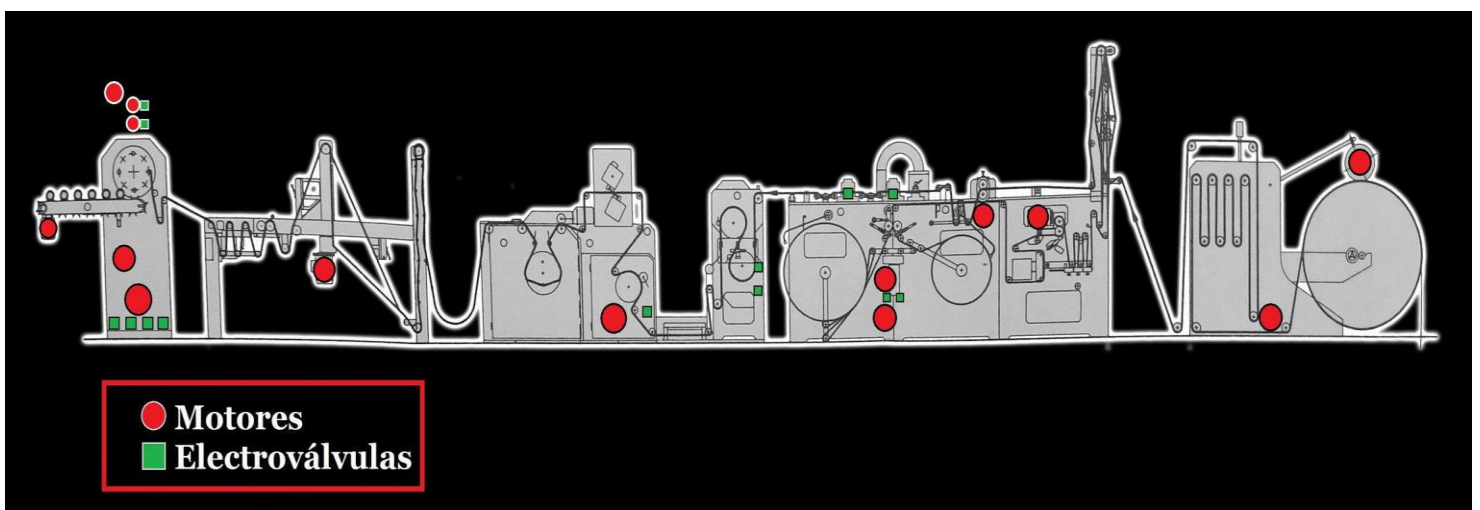


Figura 2. Ubicación de motores y electroválvulas para las funciones de mantenimiento general



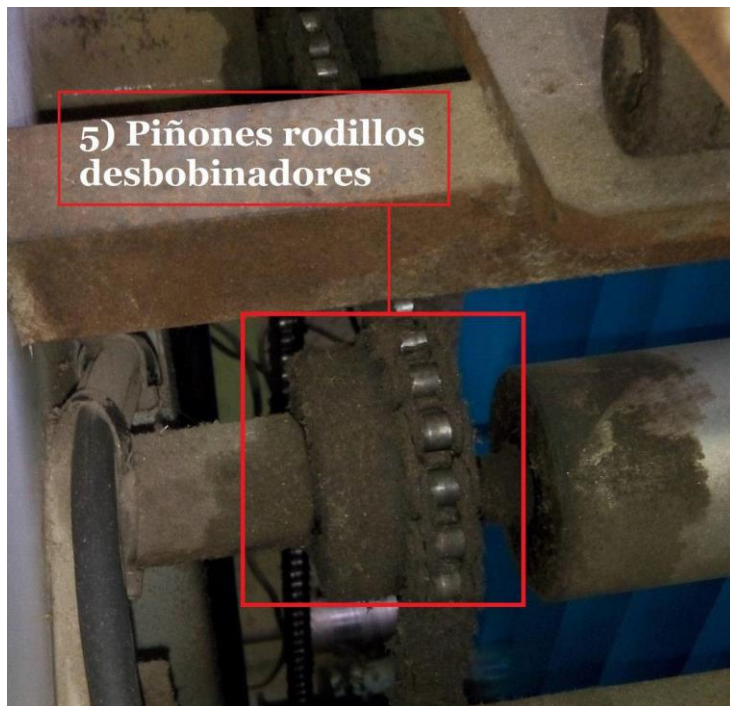
*Imagen 7. Fotografía de la caña antiestática*



*Imagen 8. Rodillos de goma del tiro plegador "C"*



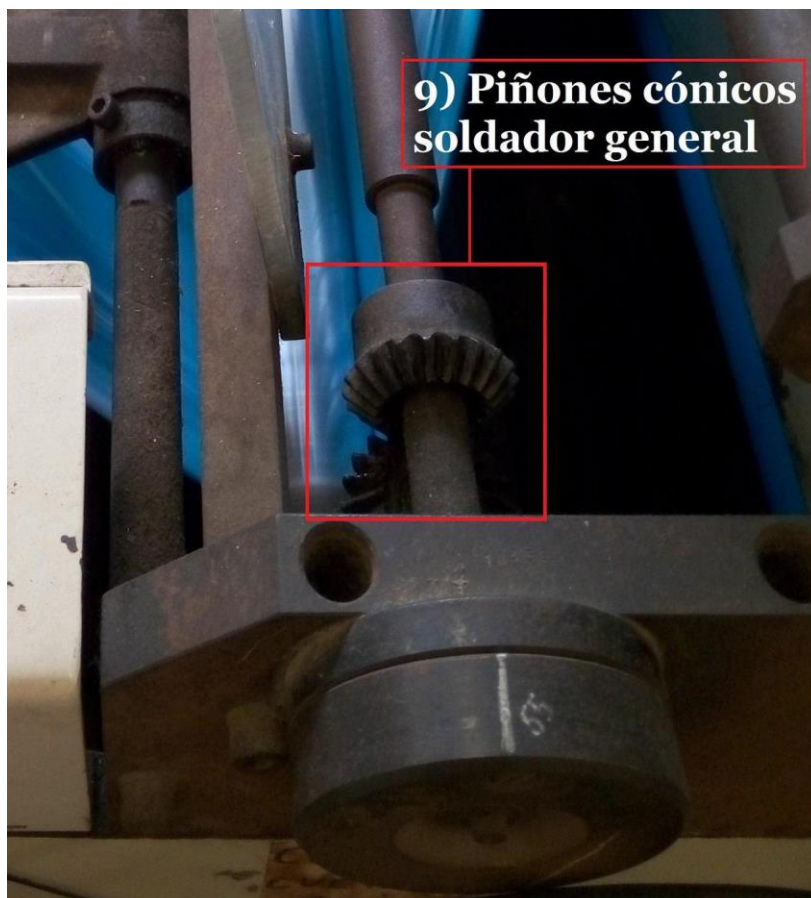
*Imagen 9. Puntos de engrase en el desbobinador*



*Imagen 10. piñones en los rodillos desbobinadores*



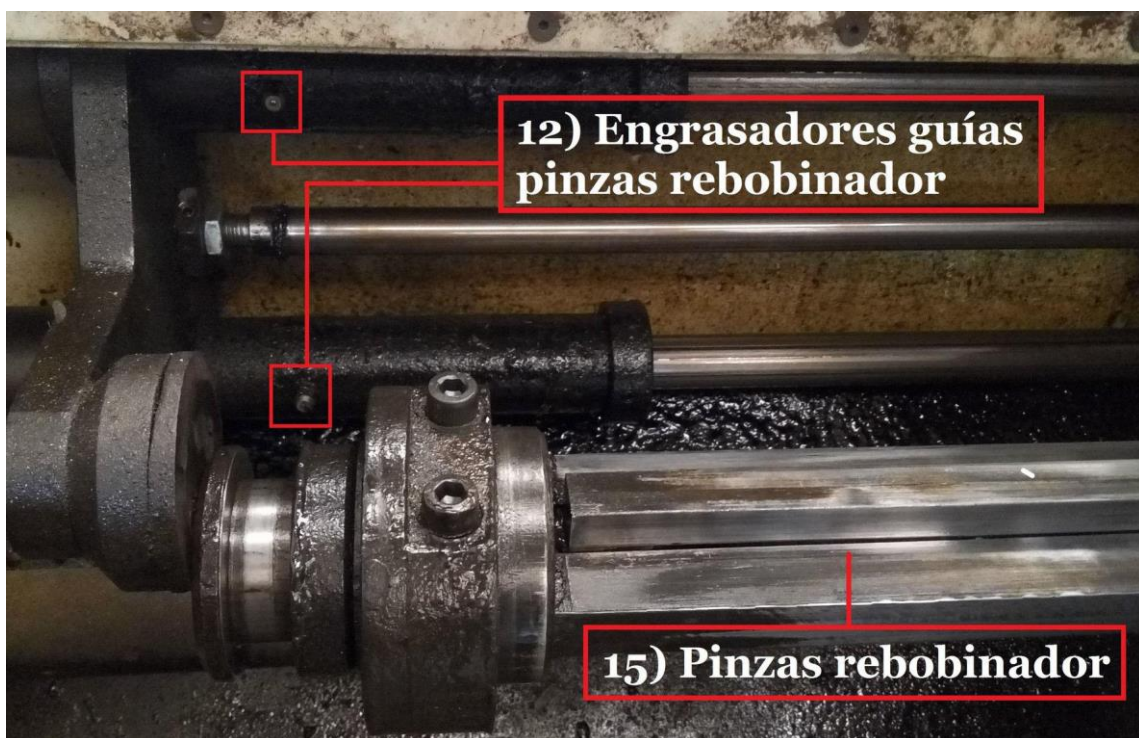
*Imagen 11. Piñones cónicos I (soldador de aire)*



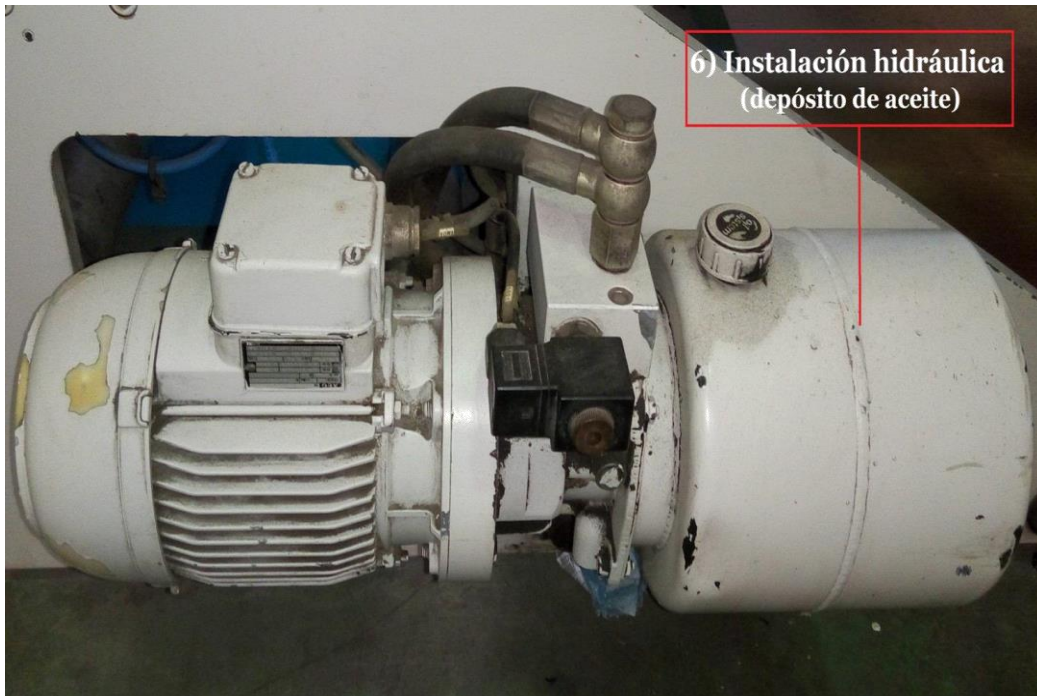
*Imagen 12. Piñones cónicos II (soldador - cuchilla)*



*Imagen 13. Despiece general del rebobinador*



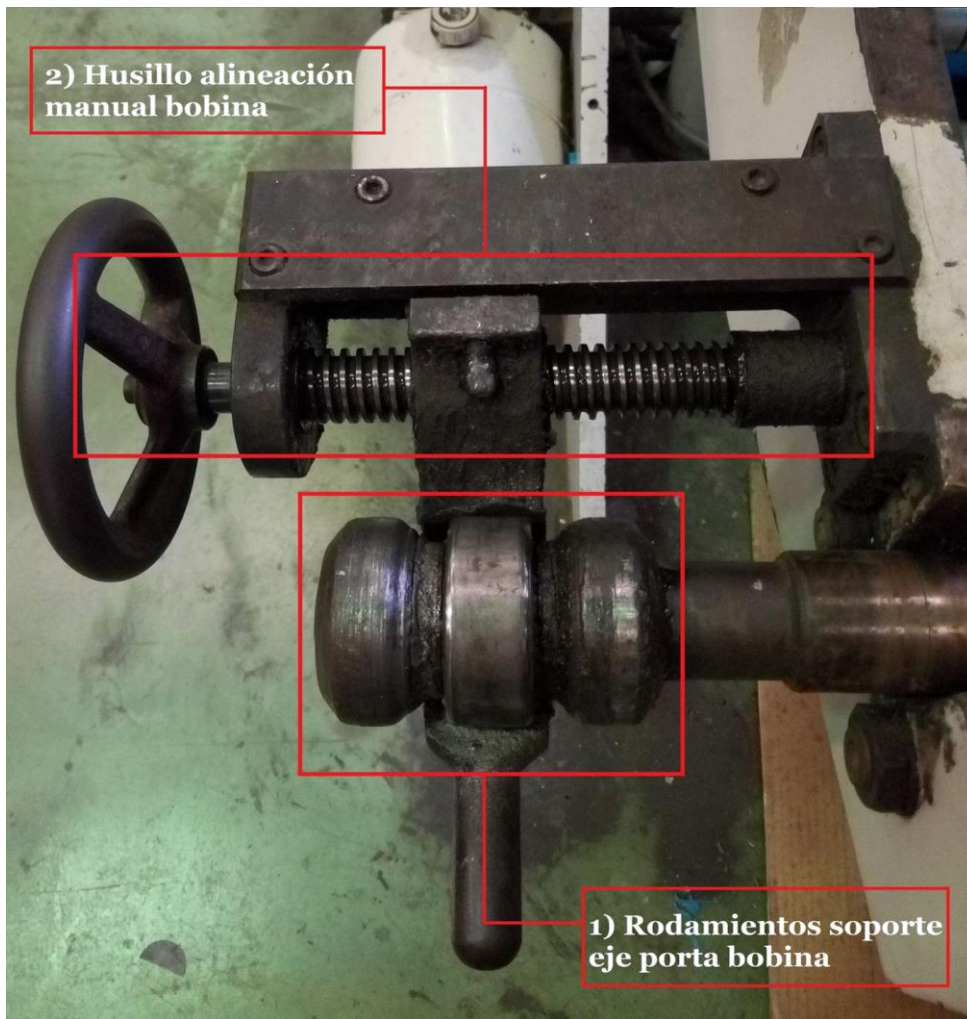
*Imagen 14. Puntos de engrase en el rebobinador*



*Imagen 15. Depósito de aceite de la instalación hidráulica*



*Imagen 16. Cadena en el soldador-cuchilla*



*Imagen 17. Partes del desbobinador*



*Imagen 18. Cadena del compensador del desbobinador*

- Mantenimiento anual:

Punto	Función del técnico del mantenimiento
6	Cambio de aceite de la instalación hidráulica
General	Comprobar estado partes móviles de elementos mecánicos
General	Revisión estado de las correas (cambio si es necesario)
General	Motores: Revisar bobinado, conexiones y componentes mecánicos
General	Ajuste y apretadura de tornillos y pernos



*Imagen 19. Distribución de correas I (soldador-cuchilla)*

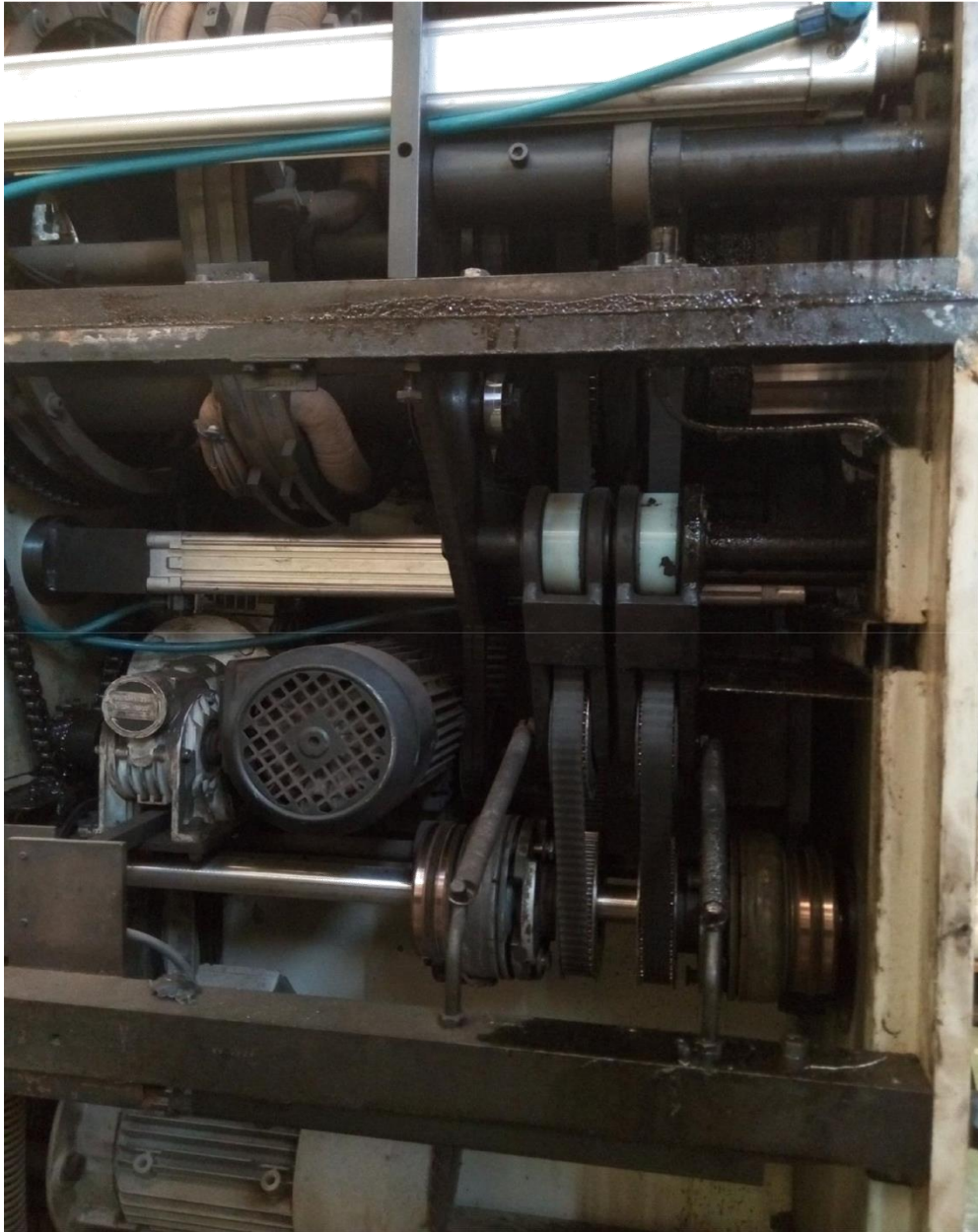




*Imagen 20. Distribución de correas II (Soldador de aire)*



*Imagen 21. Correa cinta desbobinador*



*Imagen 22. Distribución de correas III (rebobinador)*

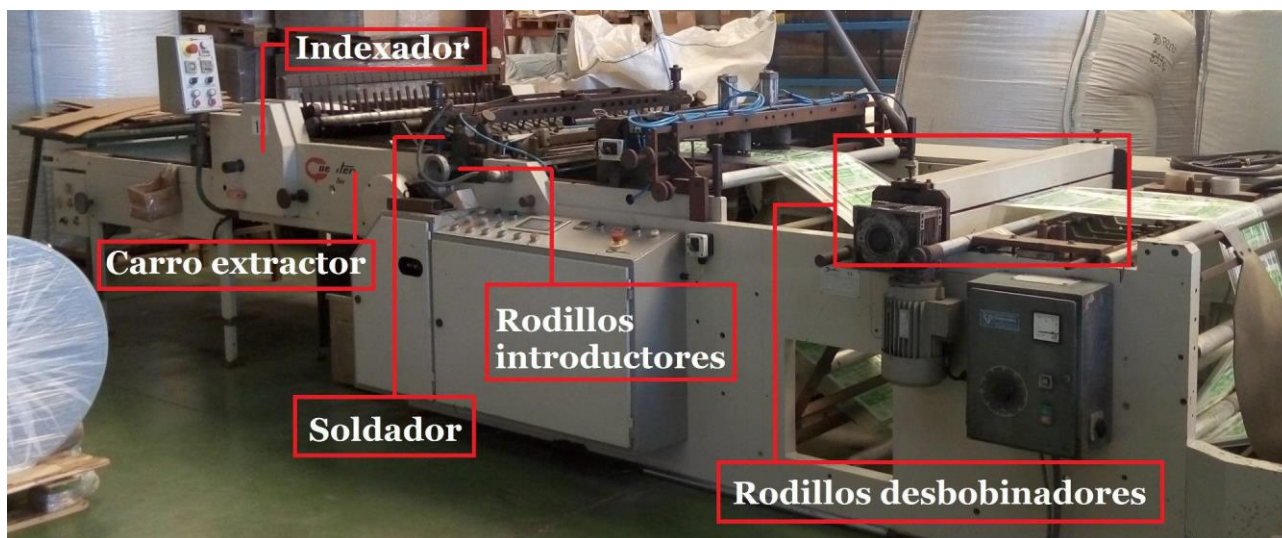
# Mantenimiento ordinario

Nombre: **Coemter Ter 1054N**

Máquina: 10

Sección: Corte

Tipo: Soldadura perlada



*Fotografía 1. Identificación de las partes de la máquina*

- Mantenimiento cada dos semanas:

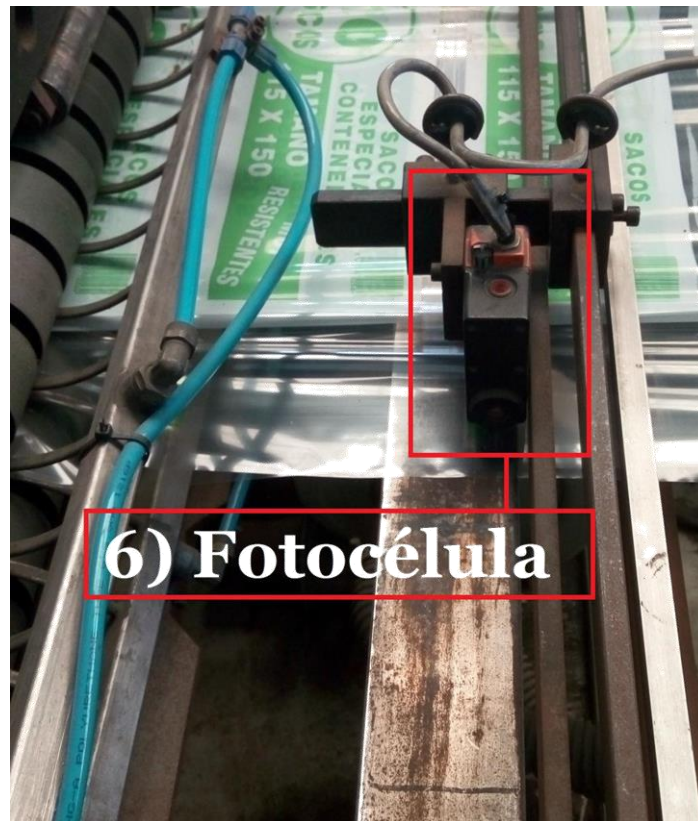
Punto	Función del técnico del mantenimiento
2	Lubricar con WD-40 o similar, las deslizaderas verticales del soldador y las guías que se encuentran en la cinta transportadora.
10	Limpiar los labios del soldador.
12	Comprobar nivel de aceite de la instalación neumática.
6	Limpiar la base cromada de reflexión de la fotocélula.
7	Limpiar las cintas del carro extractor y comprobar su estado.
13	Comprobar nivel de líquido refrigerante y posibles fugas en la instalación de refrigeración.



*Fotografía 2. Cadena de accionamiento del conjunto indexador y guías*



*Fotografía 3. Instalación neumática (depósito de aceite)*



## 6) Fotocélula

*Fotografía 4. fotocélula y base cromada.*



## 13) Instalación de refrigeración

*Fotografía 5. Instalación de refrigeración.*

- Mantenimiento mensual:

Punto	Función del técnico del mantenimiento
9	Lubricar con WD-40 o similar, la cadena del accionamiento indexador.
3	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, el rodillo de silicona alojado bajo el puente soldador.
4	Engrasar con grasa adhesiva, los piñones de los rodillos desbobinadores.
11	Engrasar con grasa adhesiva, los piñones de movimiento de las cintas del carro extractor y las levas del mismo.
1	Lubricar con WD-40 o similar, los rodamientos de las cintas del carro extractor.
5	Limpiar los rodillos introductores de goma y comprobar su desgaste.
General	Comprobar desgaste de correas y verificar tensión de las mismas.
General	Comprobar correcto funcionamiento de componentes neumáticos e hidráulicos (electroválvulas, rácores, posibles fugas y purgar la entrada y salida de aire)
General	Limpeza de cuadros eléctricos: aspirar, limpiar palas de los ventiladores y revisar filtros.



Fotografía 6. Correa rodillo de goma



*Fotografía 7. Correa carro extractor*



**7) Cintas del carro extractor**

**1) Rodamientos de las cintas del carro extractor**

*Fotografía 8. Rodamientos y cintas del carro extractor.*



**5) Rodillo de goma**

*Fotografía 9. Rodillos introductores de goma*



**3) Punto de engrase rodillo**

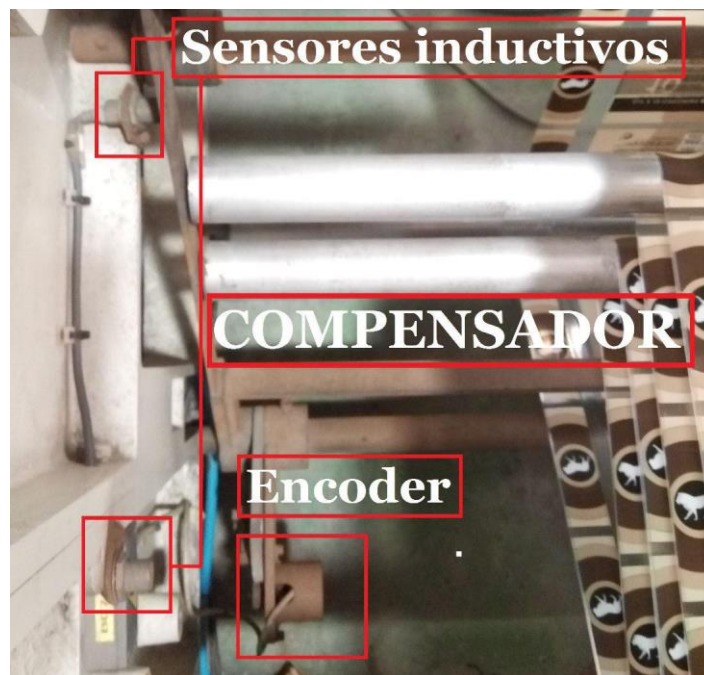
**2) Deslizaderas del soldador**

*Fotografía 10. Punto de engrase en el soldador.*



- Mantenimiento anual:

<b>Punto</b>	<b>Función del técnico del mantenimiento</b>
General	Comprobar el estado de todas las partes mecánicas móviles y reemplazarlas si fuera necesario
General	Revisión estado de las correas (cambio si es necesario)
General	Motores: Revisar bobinado, conexiones y componentes mecánicos



Fotografía 11. Compensador

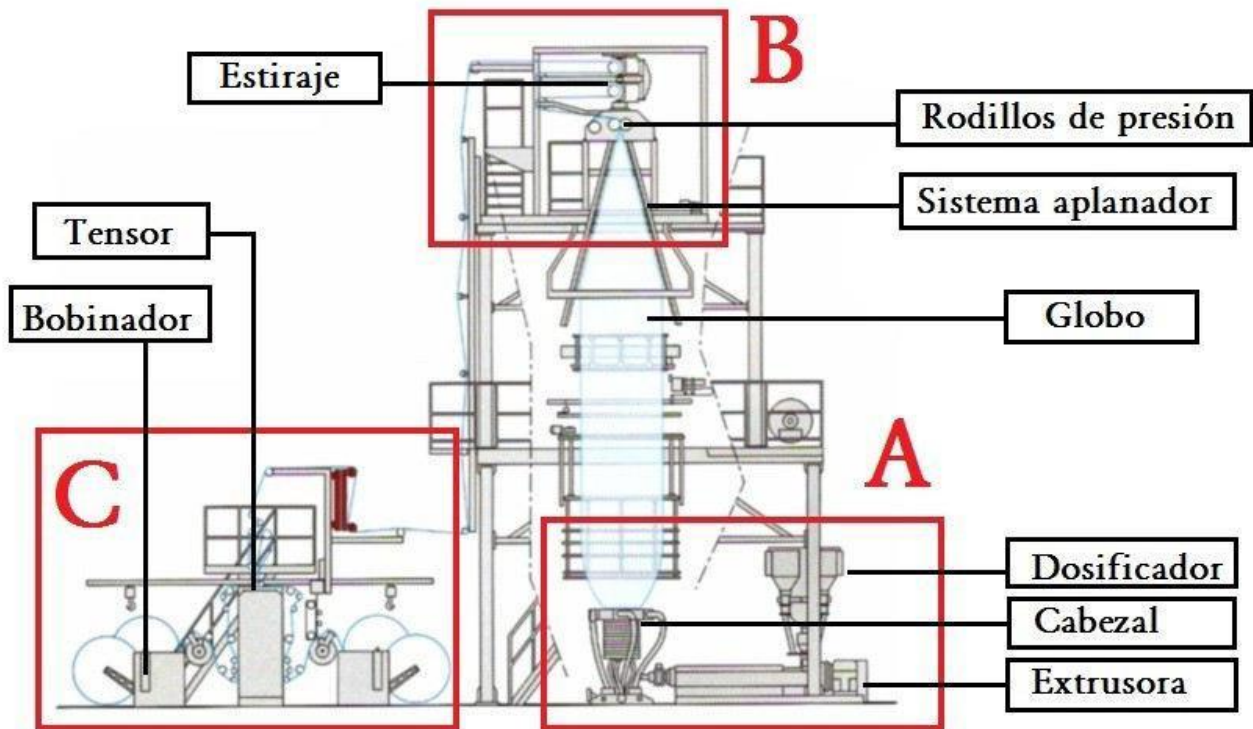
# Mantenimiento ordinario

Nombre: **Macchi (extrusora)**

Máquina: 6

Sección: Extrusión

Bloque: A

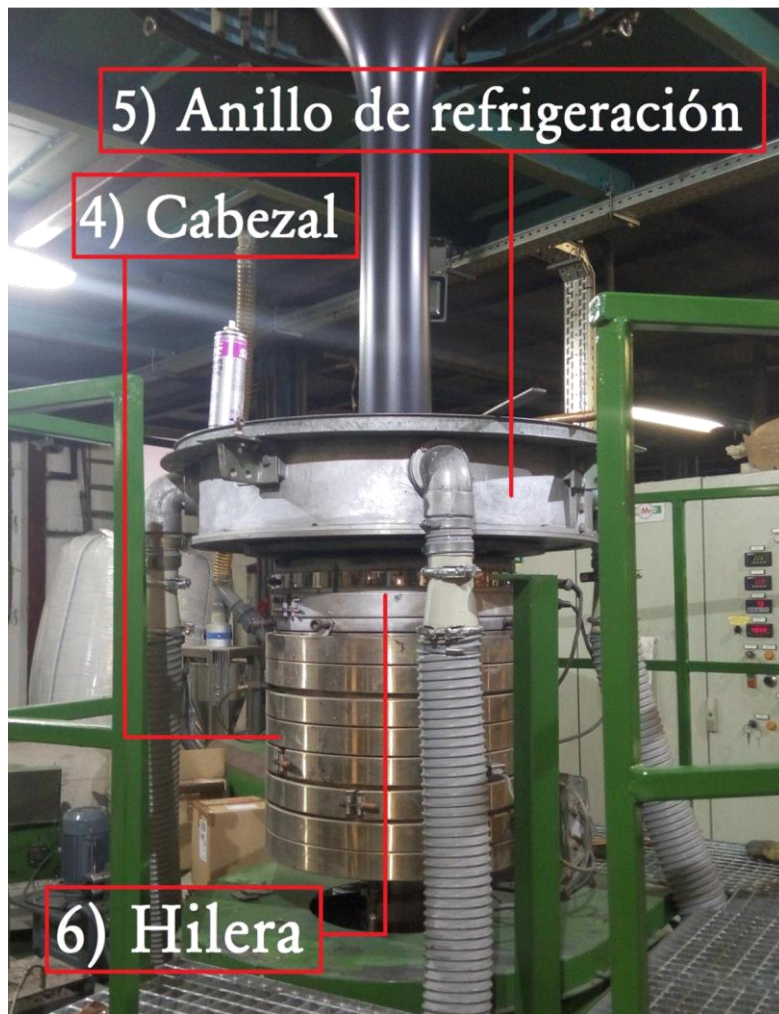


*Imagen 1. "Esquema básico de la línea de extrusión y soplado de film"*

## Bloque A: Extrusión y soplado:

- Mantenimiento mensual:

Punto	Función del técnico del mantenimiento
General	Limpiar o cambiar los filtros de los motores y de los armarios
8	Comprobar nivel de aceite en las centrales hidráulicas



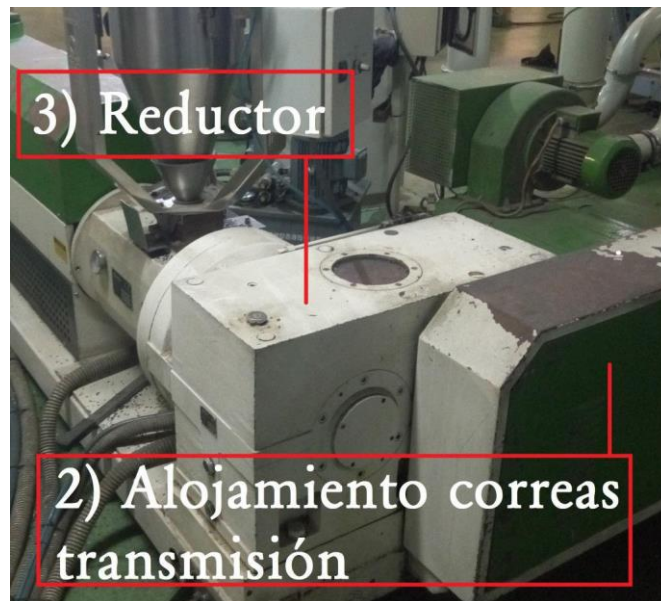
*Fotografía 1. "Conjunto cabezal y anillo de refrigeración"*



*Fotografía 2. "Central hidráulica del cambiador de filtros"*

- Mantenimiento trimestral:

Punto	Función del técnico del mantenimiento
1	Revisar escobillas motor principal de CC
2	Verificar la correcta tensión de las correas y engrase del motor principal. (Ajustar correas si fuera necesario)
6	Limpiar hilera



*Fotografía 3. "transmisión general (caja reductora)"*



*Fotografía 4. "transmisión general (motor)"*

- Mantenimiento semestral:

Punto	Función del técnico del mantenimiento
10	Limpeza del circuito de refrigeración

- Mantenimiento anual:

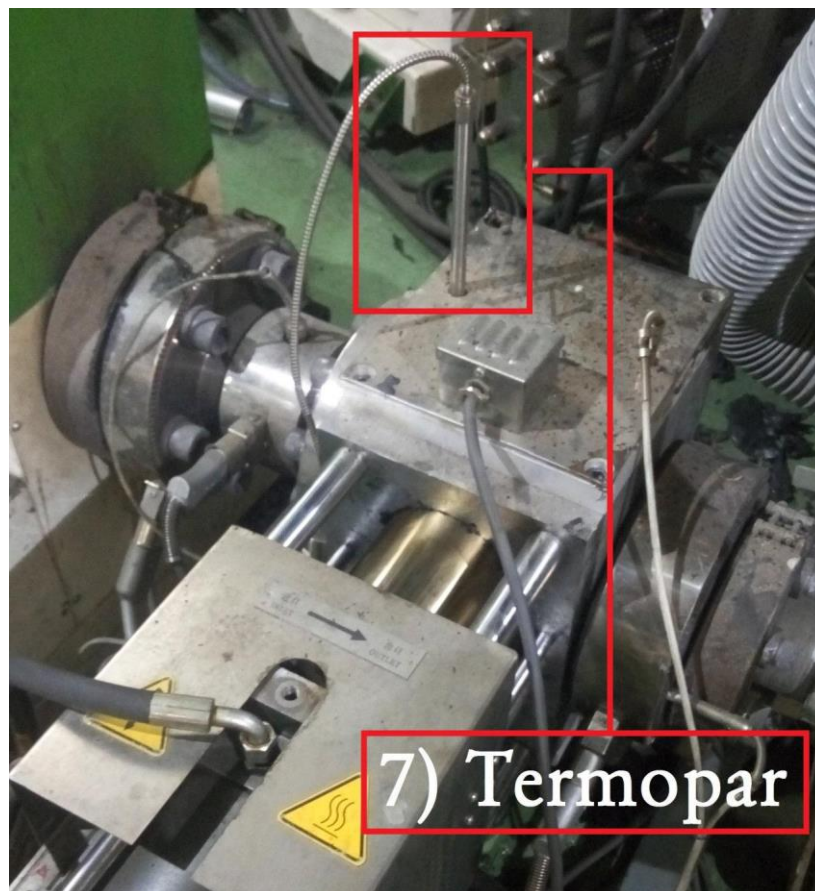
Punto	Función del técnico del mantenimiento
8	Cambio de aceite de la instalación hidráulica
9	Revisar rodamientos y ejes de la transmisión y reemplazar si fuera necesario
10	Revisar desgaste de la camisa
5	Limpiar anillo de refrigeración
7	Verificar la precisión de los termopares
4	Desmontar el cabezal completamente y limpiar
11	Limpiar las rulinas de la cesta y la cesta
3	Cambiar aceite de la caja reductora
12	Comprobación del desgaste del husillo



*Fotografía 5. "Arrastre del globo mediante las rulinas de la cesta "*



*Fotografía 6. "Motor principal"*



*Fotografía 7. "Termopar en el cambiador de filtros"*



10) Circuito de refrigeración

*Fotografía 8. "Circuito de refrigeración"*



12) Husillo

*Fotografía 9. "Husillo junto a sistema de refrigeración"*

<b>Mantenimiento ordinario</b>	Nombre: <b>Windmüller &amp; Hölscher (Dispositivo de estirado)</b>
	Máquina: 6 Sección: Extrusión Bloque: <b>B</b>

## **Bloque B: Estiraje**

- Mantenimiento trimestral:

Punto	Función del técnico del mantenimiento
6	Limpiar barras neumáticas de inversión con petróleo.
1	Lubricar con WD-40 o similar, la corona de giro (por la parte exterior)
6	Lubricar con WURTH HTS o similar, el rodillo alisador
4	Lubricar con WURTH HTS o similar, las barras de inversión de aire.
5	Lubricar con WURTH HTS o similar, la guía lineal del rodillo prensador (fuera del eje de acero)
	Lubricar con WURTH HTS o similar, la cadena de transmisión y comprobar su estado.
3	Lubricar con WD-40 o similar, los husillos y el husillo de ajuste manual del aplanamiento junto con la cadena de los osciladores
2	Lubricar con WD-40 o similar, los engranajes cónicos.
General	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, todos los puntos de engrase señalados en la imagen 2 "puntos de engrase en el estiraje"
General	Verificar finales de carrera antes y después de pulsar el PE (paro de emergencia)
General	Limpiar el rodillo de presión adicional, los cilindros de guía en el sistema de barras reversibles y el sistema aplanador con petróleo. Quitar todas las bandas adhesivas de los rodillos utilizando un diluyente.
General	Revisión armario eléctrico: estado de los contactos de relés, contactores, cables de puesta a tierra...
General	Comprobar escobillas y colectores en los motores de continua. Limpieza ventiladores independientes de los motores.
General	Limpieza de armarios eléctricos y ventilador





## 1) Corona de giro

*Fotografía 10. "Vista exterior de la corona de giro"*



## 2) Piñones cónicos

*Fotografía 11. "Piñones cónicos"*



*Fotografía 12. "Husillo de ajuste manual del aplanamiento con osciladores"*



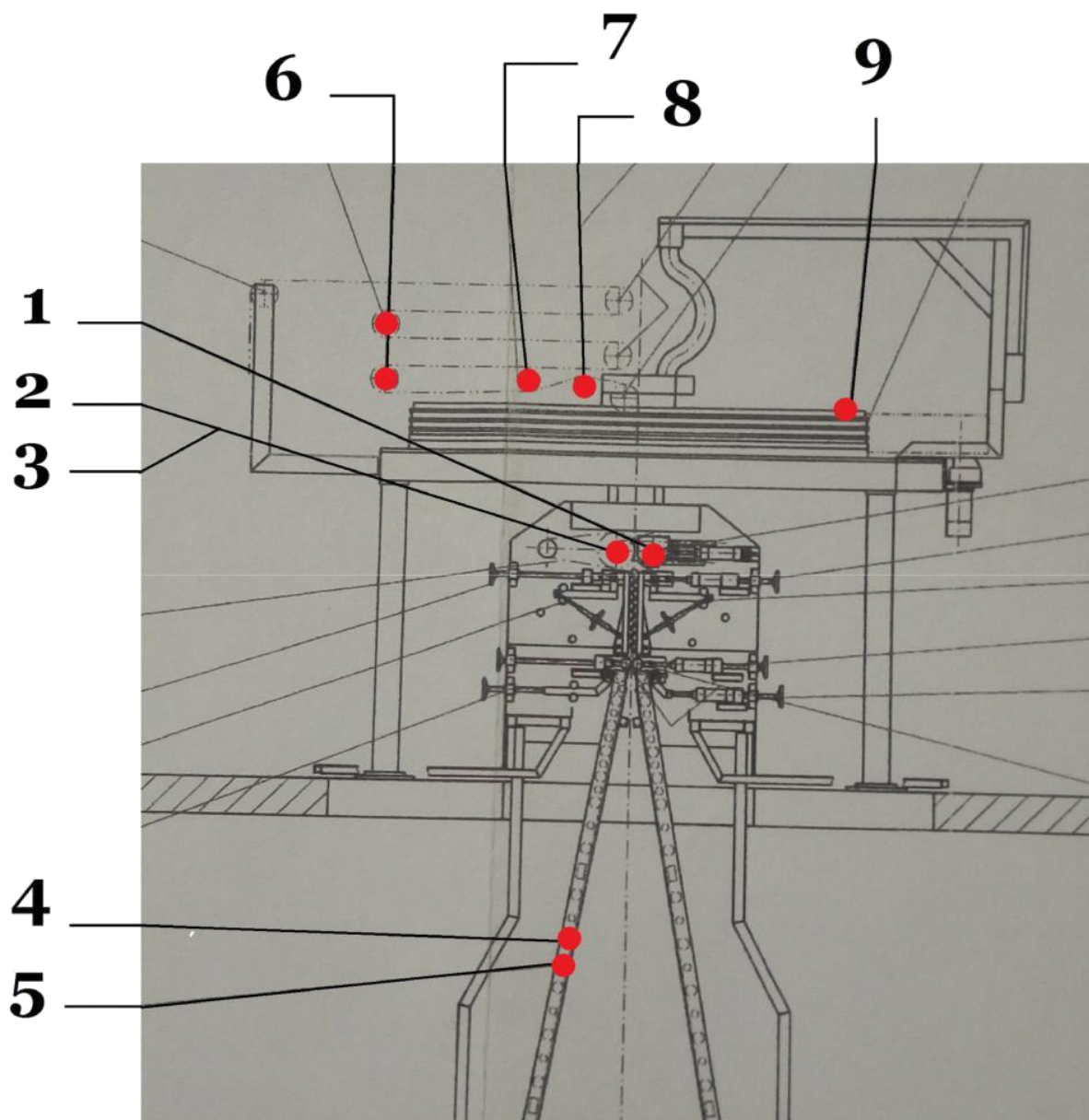
*Fotografía 13. "Parte superior del estiraje"*



*Fotografía 14. "Guía lineal del rodillo prensador"*



*Fotografía 15. "Sistema de aplanamiento"*



*Imagen 2. "Puntos de engrase en el estiraje"*

- 1) Rodillo neumático prensador (engrasador en la brida)
- 2) Rodillo prensador (engrasador en la brida)
- 3) Rodamiento rodillo prensador (engrasador)
- 4) Rodillo guía (engrasador en el alojamiento de los cojinetes)
- 5) Rollo de cinta (engrasador en el tornillo de fijación)
- 6) Rodillo guía (Engrasadores en las tapas de los cojinetes o en los terminales de los tornillos)
- 7) Rodillo de reenvío (engrasador en la tapa del cojinete)
- 8) Rodillo alisador (engrasador en el alojamiento de los cojinetes)
- 9) Corona de giro (engrasador en el interior)



*Fotografía 16. "Punto de engrase en el rodillo prensador"*



*Fotografía 17. "Punto de engrase en los rodamientos del rodillo prensador"*

# Mantenimiento ordinario

Nombre: **Kiefel (bobinador)**

Máquina: 6  
Sección: Extrusión  
Bloque: C

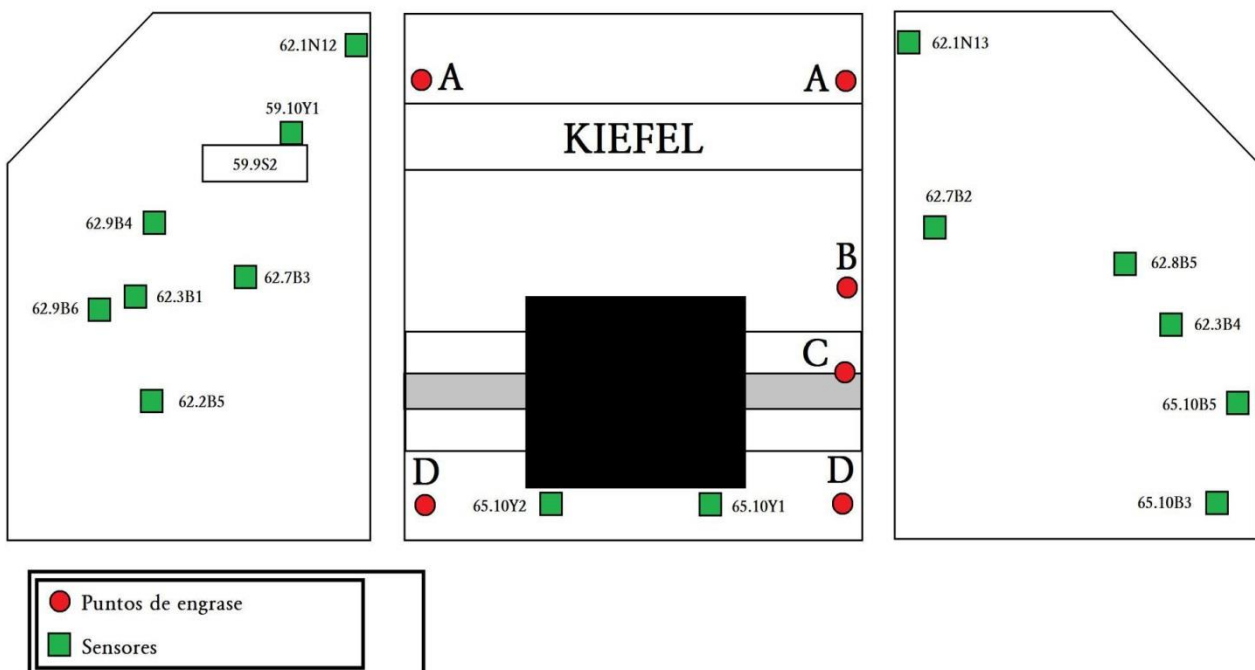
## Bloque C: Bobinadora



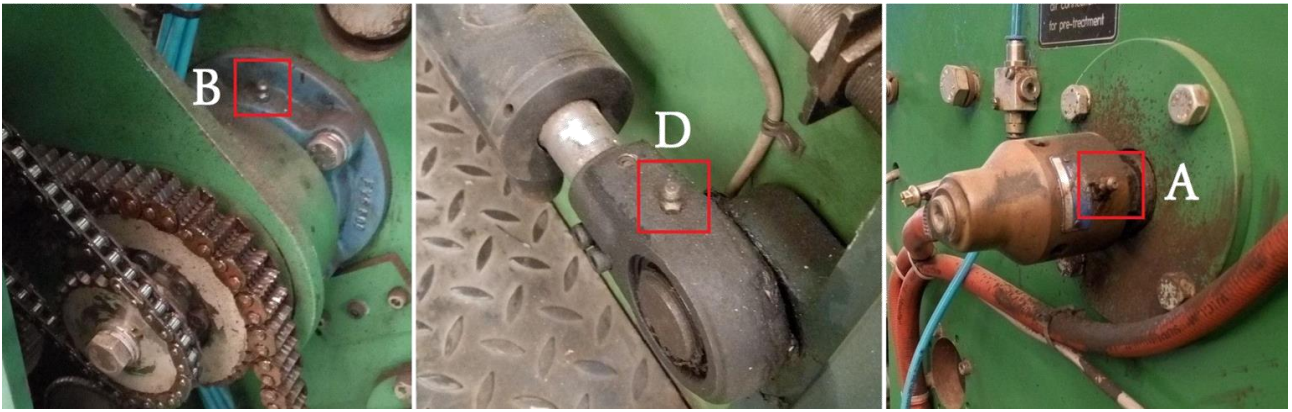
*Fotografía 18. "Vista frontal del bobinador Kiefel"*

- Mantenimiento mensual:

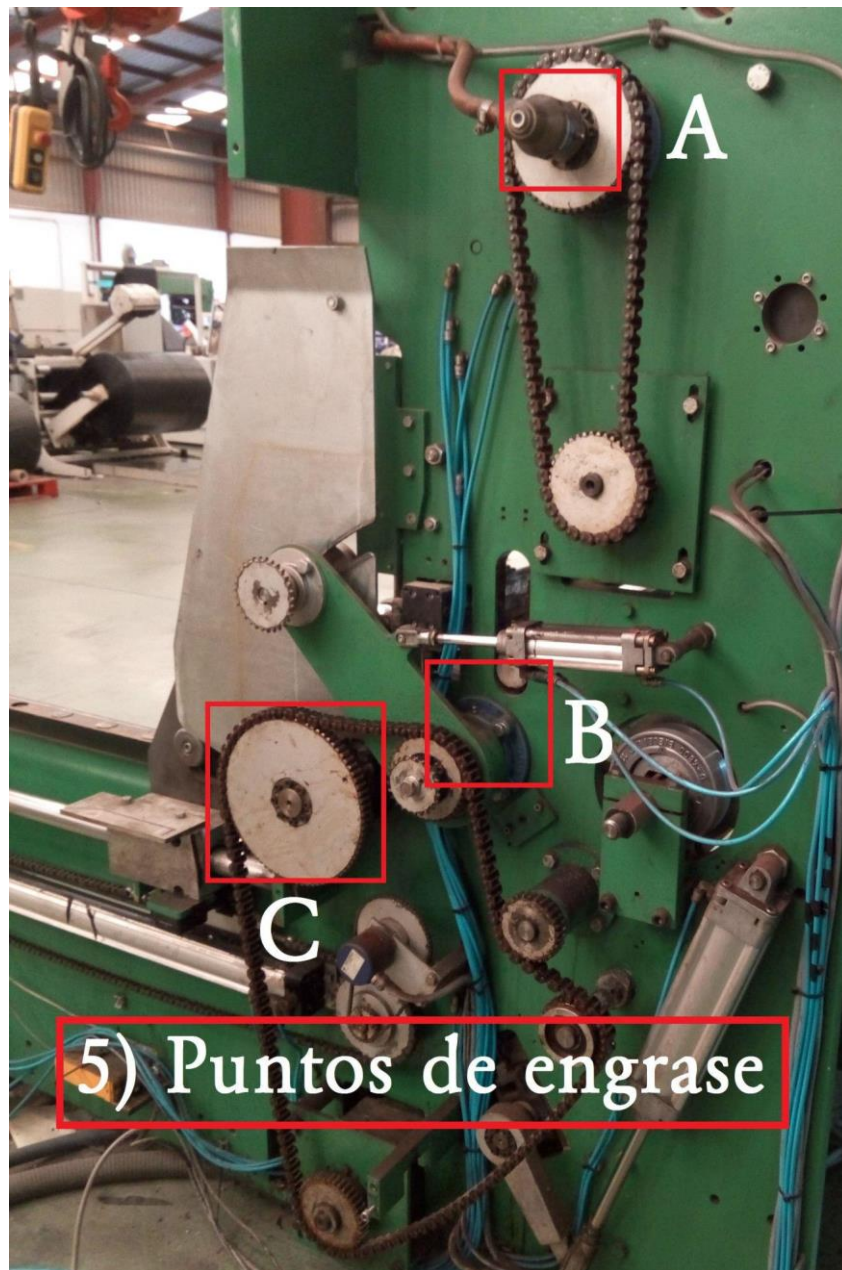
Punto	Función del técnico del mantenimiento
2	Lubricar con WURTH HTS o similar, todas las cadenas, engranajes y ejes de la transmisión principal (ver fotografía "cadenas y engranajes en la transmisión")
3	Lubricar con WD-40 o similar, las deslizaderas horizontales.
4	Lubricar con WD-40 o similar, las cadenas de extracción de la bobina
5	Engrasar por engrasador con MOLYKOTE BR2 Plus o similar, todos los puntos de engrase
6	Lubricar con WD-40 o similar, los rodamientos del soporte del eje porta bobinas
2	Verificar que las cadenas tienen la tensión correcta (ver fotografía "cadenas y engranajes en la transmisión")
1	Comprobar el nivel de aceite en la instalación hidráulica
	Cadenas parte de atrás
	Rodillo de arrastre multivarilla
7	Comprobar el nivel de aceite en la instalación neumática
General	Limpeza de los rodillos de goma
General	Revisar escobillas en los motores de continua y su correcta posición en los asientos
General	Revisión y/o cambio de filtros de los motores
General	Comprobar el correcto funcionamiento de la instalación neumática. (electroválvulas, rácores, holgura cilindros, posibles fugas aire...)
General	Limpeza de cuadros eléctricos: aspirar, limpiar palas de los ventiladores y revisar filtros



*Imagen 3. "Esquema general con puntos de engrase y sensores"*

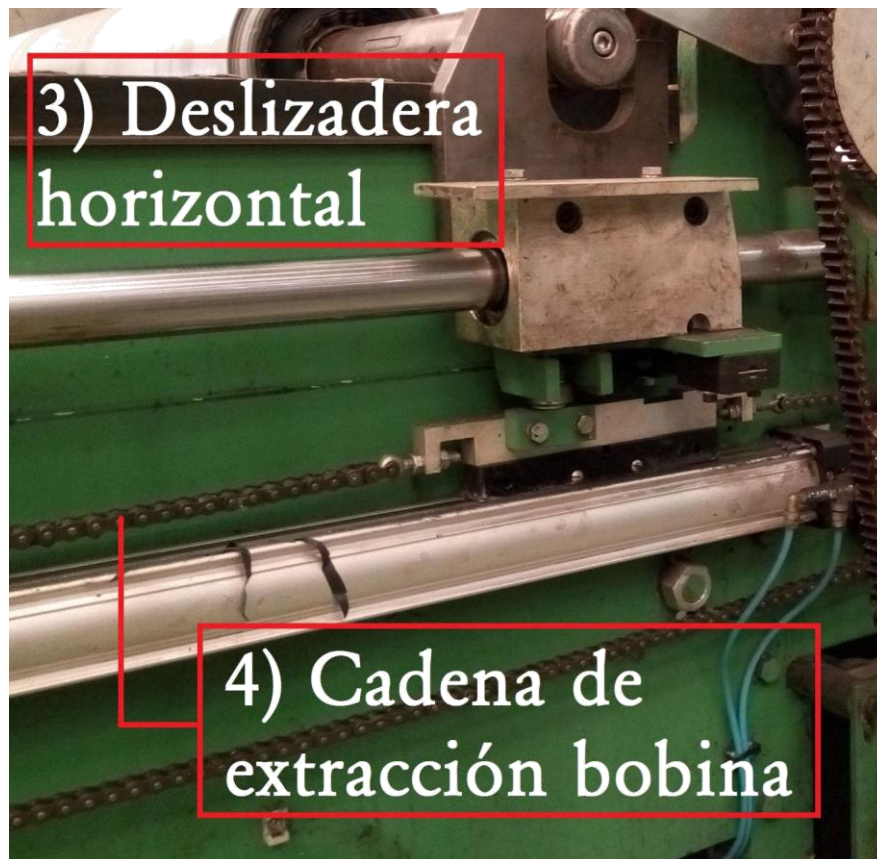


*Fotografía 19. "Puntos de engrase detalle"*



*Fotografía 20. "Puntos de engrase vista general"*





*Fotografía 21. "Extracción bobina"*



*Fotografía 22. "Rodamientos en las barras bobinadoras"*



*Fotografía 23. "Instalación neumática. Depósito gasificador"*



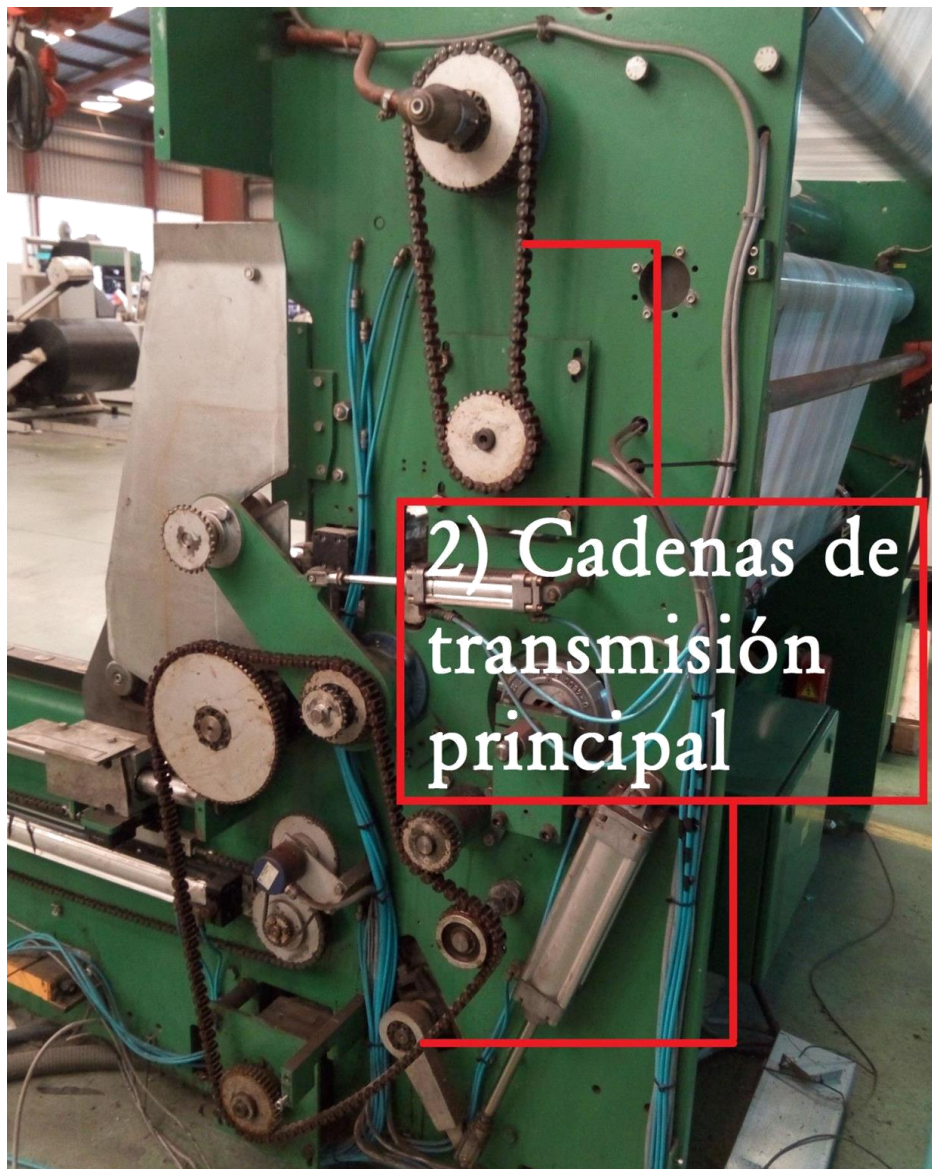
*Fotografía 24. "Instalación neumática. Revisión de posibles fugas"*



Fotografía 25. "Instalación hidráulica"



Fotografía 26. "Cadenas y engranajes en la transmisión"



*Fotografía 27. "Cadenas y engranajes en la transmisión"*

- Mantenimiento anual:

<b>Punto</b>	<b>Función del técnico del mantenimiento</b>
1	Cambio de aceite de la instalación hidráulica
General	Comprobar estado partes móviles de elementos mecánicos
General	Revisión del estado funcional de las cadenas
8	Repasar las ranuras metálicas de las barras, eliminando impurezas que puedan pinchar la goma con facilidad. Empolvar con talco la goma para mayor durabilidad.
General	Motores: Revisar bobinado, conexiones y componentes mecánicos
General	Limpieza con cepillo de todos los sensores con cuidado de no dañarlos



Fotografía 28. "Barra bobinadora (neumática)"