

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA



TRABAJO FINAL DE MASTER UNIVERSITARIO DE
INGENIERIA DEL MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE MECANIZADO

Presentado por: José Luis Ruano Pérez

Dirigida por: Vicente Macián Martín

INDICE

1. Introducción	5
1.1 El Mantenimiento	6
1.2 Fiabilidad y seguridad	7
1.2.1 Fiabilidad	7
1.2.2 Seguridad	7
1.3 Objetivos del mantenimiento	7
1.4 Objetivo del trabajo	9
1.5 Resumen esquemático del contenido	10
2. Descripción de la empresa	11
2.1 Antecedentes	12
2.2 Descripción de maquinaria	14
2.3 Sistema actual de Mantenimiento	16
3. Diseño del sistema de mantenimiento	19
3.1 Consideraciones generales	20
3.2 Fases del Mantenimiento	21
3.3 Mantenimiento productivo total (T.P.M.)	23
3.3.1 Definición	23
3.3.2 Objetivo	24
3.3.3 Ventajas	24
3.3.4 Desventajas	24
3.3.5 Conclusiones	25
3.4 Técnicas de diagnóstico	25
3.4.1 Análisis de vibraciones	26
3.4.2 Análisis de lubricante	29
3.4.3 Análisis por ultrasonido	31
3.4.4 Termografía	33
3.4.5 Análisis por boroscopio	36
3.4.6 Inspección visual	38

3.4.7 Conclusión	39
4. Plan de Mantenimiento.	41
4.1 Objetivos	42
4.2 Mantenimiento de sistemas termicos	46
4.3 Mantenimiento de maquinas-herramientas	53
4.4 Mantenimiento de las prensas, plegadora y cortadora	59
4.5 Mantenimiento para los equipos de soldadura	60
4.6 Mantenimiento para los baños de cromado y cincado	62
4.7 Mantenimiento de cabina de pintura	63
4.8 Mantenimiento de naves industriales	64
4.9 Mantenimiento del sistema hidraulico	65
4.10 Mantenimiento de sistemas electronicos	68
5. Plan maestro de los oficiales de Mantenimiento	69
5.1 Objetivos	70
5.2 Plan de trabajo semanal de los oficiales de Mantenimiento	71
6. Recursos humanos	73
6.1 Recursos humanos	74
6.2 Administración de personal, selección y formación	75
6.3 Definición de puestos de trabajo	75
6.4 Organigrama del mantenimiento	79
7. Sistema de gestión de información	81
7.1 Diseño de documentación escrita	82
7.2 Sistema de gestión informatizado	86
7.2.1. Justificación de la necesidad de un GMAO	86
7.2.2. Objetivos que se desean con un GMAO	87
7.2.3. Errores habituales al implantar un GMAO	88
7.2.4. Proceso de implantación	89

8. Implantación del plan de mantenimiento	90
8.1 Fases	91
9. Presupuesto de implantación y ejecución anual	95
9.1 Implantación, costes	96
9.1.1 Coste de parada	96
9.1.2 Coste de reparación	96
9.2 Los costes del plan de mantenimiento	97
9.3 Comparación de costes con y sin mantenimiento predictivo	98
10. Conclusiones	100

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El Mantenimiento

El mantenimiento no es una función "miscelánea", produce un bien real, que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.

Para nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada, mercados altamente competitivos y un entorno variable donde la velocidad de cambio sobrepasa en mucho nuestra capacidad de respuesta. En este panorama estamos inmersos y vale la pena considerar algunas posibilidades que siempre han estado pero ahora cobran mayor relevancia.

Particularmente, la imperativa necesidad de redimensionar la empresa implica para el mantenimiento, retos y oportunidades que merecen ser valorados.

Debido a que el ingreso siempre provino de la venta de un producto o servicio, esta visión primaria llevó la empresa a centrar sus esfuerzos de mejora, y con ello los recursos, en la función de producción. El mantenimiento fue "un problema" que surgió al querer producir continuamente, de ahí que fue visto como un mal necesario, una función subordinada a la producción cuya finalidad era reparar desperfectos en forma rápida y barata.

Sin embargo, sabemos que la curva de mejoras incrementales después de un largo período es difícilmente sensible, a esto se une la filosofía de calidad total, y todas las tendencias que trajo consigo que evidencian sino que requiere la integración del compromiso y esfuerzo de todas sus unidades. Esta realidad ha volcado la atención sobre un área relegada: el mantenimiento. Ahora bien, ¿cuál es la participación del mantenimiento en el éxito o fracaso de una empresa? Por estudios comprobados se sabe que incide en:

- Costos de producción.
- Calidad del producto servicio.
- Capacidad operacional (aspecto relevante dado el ligamen entre competitividad y por citar solo un ejemplo, el cumplimiento de plazos de entrega).
- Capacidad de respuesta de la empresa como un ente organizado e integrado: por ejemplo, al generar e implantar soluciones innovadoras y manejar oportuna y eficazmente situaciones de cambio.
- Seguridad e higiene industrial, y muy ligado a esto

1.2 Fiabilidad y seguridad

1.2.1 Fiabilidad

Buscamos alcanzar una fiabilidad en las maquinas-herramientas, próxima al 95 %, y ahora partimos de un dato algo menor al 80 %. Esto requiere, no solo un mantenimiento preventivo, si no tambien monitorizar el parque de maquinaria para poder preveer desgastes escesivos y malos funcionamientos. El monitorizado de ciertos parametros se hace de forma sistematica y los datos se comparan con una medida que hemos definido como patrón.

Para definir el patrón al que comparar recurrimos a dos fuentes:

1. El fabricante de la maquina
2. Nuestra propia medición despues de reparar una maquina

1.2.2 Seguridad

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

El personal que labora en el departamento de mantenimiento, se ha formado una imagen, como una persona tosca, uniforme sucio, lleno de grasa, mal hablado, lo cual ha traído como consecuencia problemas en la comunicación entre las áreas operativas y este departamento y un más concepto de la imagen generando poca confianza.

Es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones.

1.3 Objetivos del Mantenimiento

Evitar, reducir, y en su caso, reparar, los fallos sobre los bienes precitados.

Disminuir la gravedad de los fallos que no se lleguen a evitar.

Evitar detenciones inútiles o paro de máquinas.

Evitar accidentes.

Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.

Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.

Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.

Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallos.

Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión.



Figura 1: Prensa realizando labores de embutición

1.4 Objetivo del trabajo

- Diseñar un sistema de mantenimiento preventivo, eficaz y rentable para la empresa sobre la que hemos realizado el estudio. Partimos de que solo existe, en el inicio, mantenimiento correctivo, por tanto todo lo que hagamos esta sometido a posibles mejoras de forma constante.
- Diseñar un sistema de mantenimiento predictivo fiable y rentable para la empresa objeto del estudio.
- Diseñar un sistema de recogida y gestión de datos eficaz y de fácil manejo
- Programar una vida útil de los elementos productivos.
- Diseñar las pautas de mantenimiento específicas para cada parte ó sección de la empresa.
- Formación continúa de los responsables del mantenimiento.
- Generación de un histórico que nos permita tomar decisiones.
- Mejora continua.

Partimos de una empresa pequeña/mediana tipo en la Comunidad Valenciana, dentro del campo del mecanizado, donde la tradición del mantenimiento es muy escasa, y por tanto apenas se aplica. Para todo esto, primero definimos cuales son la áreas con mantenimiento solo correctivo y el resto de áreas. Las areas de solo mantenimiento correctivo son conocidas y son las unicas que se han llevado a cabo. En nuestro caso intentamos reducirlas a lo mínimo y que solo sean por accidente, ó, aquellos elementos que por su funcionalidad, el mantenimiento correctivo sea el más indicado.

El mantenimiento preventivo se suele hacer teniendo en cuenta las especificaciones de los fabricantes de maquinaria. Dentro de las áreas con mantenimiento predictivo, analizamos los elementos a mantener y dentro de estos sus partes.

El mantenimiento predictivo es el reto que resolveremos en este trabajo. Dividiré el mantenimiento predictivo por funciones:

- 1.- Elementos mecánicos
- 2.- Elementos eléctricos
- 3.- Elementos térmicos
- 4.- Elementos hidráulicos
- 5.- Edificios

1.5 Resumen esquemático del contenido

1. Descripción de la empresa y de que elementos son objeto del mantenimiento actualmente. Esta distribuida en secciones, según el tipo de maquina-herramienta. El flujo del trabajo es por tipo de operación a realizar, ya que no siempre se fabrica por lotes, y cuando se fabrica por lotes, estos no son grandes.
2. Aplicaciones de diferentes tipos de mantenimiento, según requerimientos. Por ejemplo las maquinas por arranque de viruta (tornos y fresas) forman una familia dentro del mantenimiento, con sus propias peculiaridades, que comparten estos dos tipos de maquinas-herramientas. Las rectificadoras, que mecanizan por abrasión, requieren otro tipo de mantenimiento.
3. Propuestas de mantenimiento productivo total (MPT).
4. Implantación de una gestión informatizada del mantenimiento.
5. Plan maestro de los oficiales de mantenimiento.
6. Recursos humanos
7. Fases de implementación
8. Costes y ahorros de la propuesta.
9. Conclusiones

Para cada sistema pondremos una serie de familias de operaciones de mantenimiento comun. Esto es con el fin de poder poner un sistema lo más general posible y con la minima inversión.

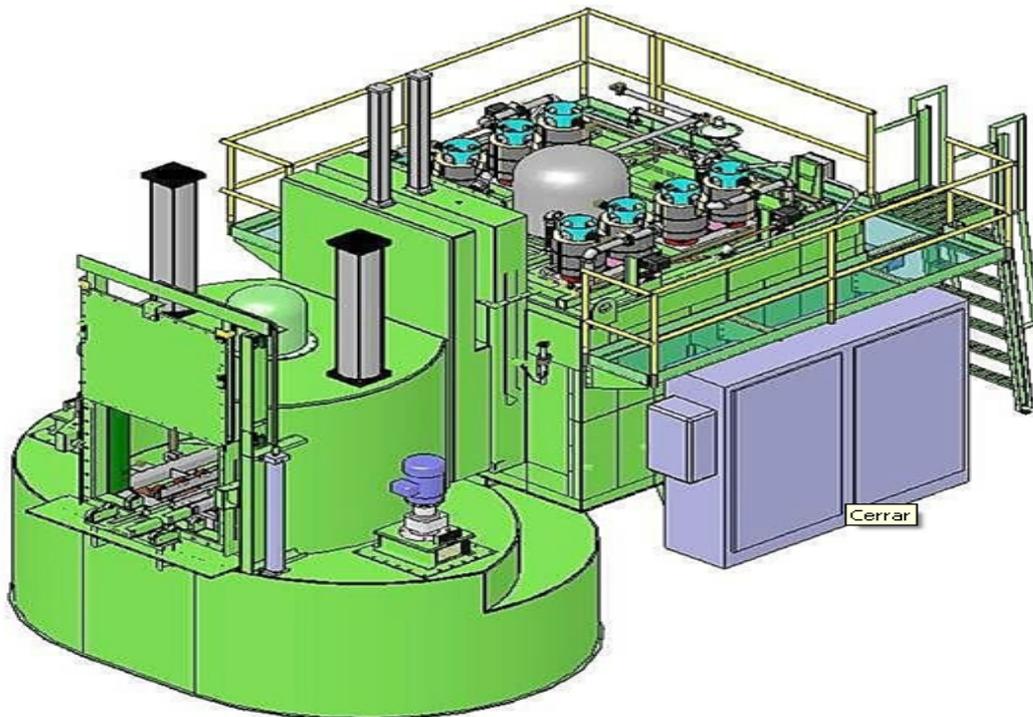


Figura 2: Horno de cementación

2. Descripción de la empresa

2.1 Antecedentes

Partimos de una empresa tipo, de mecanizado, con un tamaño pequeño-medio con unos 40 empleados, que la mayor parte de su trabajo es subcontratado, aunque tiene algún producto propio (en nuestro caso que son bicicletas). El parque de maquinaria es variado y de diferente procedencia.

Podemos clasificar a los tornos CNC según el tipo de control numerico y no según la luz entre puntos (la luz entre puntos varia entre 1.5 m y 2 m)

Tambien según su procedencia, pues 10 tornos son del mercado de segunda mano y solo 4 son de nueva adquisición. La edad media es de 7 años.

Con los centros de mecanizado fresadores tambien tenemos una variada gama, 6 son de bancadas entre 2.5m y 3m, y velocidad media (maximo 7000r.p.m.), del mercado de segunda mano. Uno es de doble bancada para grandes piezas (tambien procedente del mercado de segunda mano). Los otros dos son de primera adquisición. La edad media es de 9 años.

Las rectificadoras de ejes son de primera adquisición y pueden rectificar ejes de hasta 1.85 metros de longitud. Son del tipo "rectificadoras sin centro", es decir, tienen dos muelas giratorias cada rectificadora. No son validas para rectificar interiores.

Las rectificadoras de planeado son del mercado de segunda mano y tienen bancadas que permiten planear hasta 1.25 metros de longitud.

Las prensas tambien son del mercado de segunda mano y son de escentrica, por lo que su maxima capacidad es de 50 golpes por minuto.

La plegadora es de rodillos con una capacidad maxima de 5m/sg.

Los equipos de soldadura TIG tienen una antigüedad de 3 años.

El baño de cincado tiene una capacidad de 500 kilos y maxima superficie de 3 m². Tiene electrodos consumibles.

El baño de cromado, en un principio se compro para hacer cromado ornamental y luego se fue derivando al cromado para endurecer las superficies de apoyo de los ejes, por lo que la cuba no es la original, sino que es un diseño particular de la empresa.

El horno de cementación tiene una capacidad máxima de 550 kilos por hornada. Su combustible es gas metano y el tiempo de cementación es de 8 horas.

Los edificios están compuestos por tres naves, de las cuales una de ellas está dividida en dos: pintura y almacén.

El tren de pintura también es del mercado de segunda mano.

El depósito de taladrina, así como el sistema de canalización de taladrina es de nueva instalación, ya que la nueva normativa de medio ambiente ha propiciado su instalación.

En resumen lo que está sujeto a mantenimiento es:

- 14 tornos CNC de torreta multiherramienta
- 9 centros de mecanizado fresador
- 2 rectificadoras de planeado
- 2 rectificadoras de ejes
- 2 prensas de 25 toneladas de carga
- 1 plegadoras
- 1 cortadora
- 3 equipos de soldadura TIG
- 1 baño de cromado
- 1 baño de cincado
- 1 horno de cementación
- 1 bomba de alimentación de taladrina
- 1 sistema de canalización centralizada de taladrina
- 1 sistema de filtrado y recogida de taladrina
- 1 depósito de taladrina
- 1 nave de mecanizado
- 1 nave de prensas, punteado y soldadura
- 1 nave almacén de materia prima, semielaborados y montaje
- 1 nave de pintura y material acabado
- Solar para poner residuos, con sus correspondientes depósitos especificados para cada residuo
- Planta de oficinas (dos alturas)
- Instalación eléctrica para naves y oficinas
- Canalizaciones hidráulicas para consumo interno
- 1 equipo autógeno eléctrico
- Tren de pintura y secado

Todo este parque de maquinaria debe de estar operativo el mayor tiempo posible, y logicamente las averias surgen cuando hay más cargas de trabajo. El motivo principal de este estudio es que el sistema tenga una fiabilidad minima de 95%, para esto tenemos que proporcionar una buena herramienta para que las paradas sean programadas y no incidan en la producción. Debemos monitorizar ciertos elementos criticos de maquina para poder prever la vida util que les queda y programar su cambio.

2.2 Descripcion de maquinaria.

Existen cinco tipos de procesos:

1. Mecanizado por arranque de viruta
2. Conformado por deformacion
3. Tratamientos quimicos y termicos
4. Pintura
5. Soldadura
6. Montaje

Con estos seis tipos basicos de procesos, podemos establecer unas pautas de mantenimiento, según familias de maquinas y necesidades de cliente y fabrica.

El mecanizado por arranque de viruta es el más problemático, pues el parque de maquinaria es variado y no es nuevo. Requiere experiencia y un monitorizado bastante riguroso.

En el conformado por deformación, podemos establecer una sola familia, ya que las maquinas presentan similares sistemas para el mantenimiento.

Tanto el horno de cementación como los baños de recubrimiento, los agrupamos tambien en un subgrupo, no tanto por su similitud, si no para no disgregar en exceso la tarea del mantenimiento.

La cabina de pintura, como los equipos de soldadura tambien los agrupamos para la tarea del mantenimiento.

El almacen tambien se agrupa con el montaje. Esta forma de agrupar tambien nos facilita el cálculo de nuestros costes, pues los centros de coste ya estan definidos, antes que el plan de mantenimiento.

El mantenimiento electrónico, no se incluye en el plan de mantenimiento activo, ya que se externaliza. Si quedará definido como, dónde, el qué y cuando deseamos que se realice el mantenimiento electrónico. Se externaliza por dos motivos, uno porque necesita una persona específica para realizar esta función, y lo haría con poca carga de trabajo; y la otra razón es que hoy en día ya se realiza un mantenimiento electrónico a todo el sistema informático, se aprovecha dicho contrato.



Figura 3: Detalle de torno con control numerico



Figura 4: Detalle del panel del control numerico

2.3 Sistema actual de mantenimiento.

El mantenimiento actual se circunscribe solo al **mantenimiento correctivo**, y en los casos mas graves es realizado por empresas exteriores.

Los costes de mantenimiento por maquina parada son muy altos, como puede observarse en el siguiente cuadro:

Tipo de maquina	Coste hora/maquina parada
Tornos	30 €/hora
Fresadoras	37 €/hora
Rectificadoras	50 €/hora
Prensa/punzonadora/plegadora	24 €/hora
Soldadura	28 €/hora
Baños de tratamiento quimico	20 €/hora
Horno de cementacion	55 €/hora
Equipo autogeno	112 €/hora
Tren de pintura - otros	25 €/hora
Montaje	20 €/hora
Refrigeración centralizada	155 €/hora

Si analizamos el número de horas de paro por año de estos grupos de maquinas, tenemos que en el último año nos salen las siguientes horas:

Tipo de maquina	Horas de parada
Tornos	536 horas
Fresadoras	317 horas
Rectificadoras	37 horas
Prensa/punzonadora/plegadora	471 horas
Soldadura	89 horas
Baños de tratamiento quimico	189 horas
Horno de cementacion	21 horas
Equipo autogeno	2 horas
Tren de pintura - otros	654 horas
Montaje	174 horas
Refrigeración centralizada	21 horas

Por la dificultad de su cálculo, no se tiene en cuenta el negocio cesante, o perdido por no poder atender correctamente los pedidos que estuvieron involucrados en las paradas por mantenimiento correctivo.

Por otra parte las paradas, evidentemente no son programadas, y se producen en periodos de mayor carga de trabajo. Esto ocasiona retrasos en las entregas, con las prisas una menor verificación de la calidad de nuestro trabajo, y unos costes añadidos de reparación de sistemas productivos.

Por el contrario la ventaja que tiene es que el stock de piezas de recambio esta en su minima expresión. Otra ventaja es que no es requerido un sistema de gestión de mantenimiento asistido por ordenador.



Figura 5: Detalle de un centro de mecanizado con control numerico, puede observarse que es una maquina para mecanizar pequeñas piezas.



Figura 6: Detalle de mecanizado

3. Diseño del sistema de mantenimiento

3.1 Consideraciones generales

Tendremos mantenimiento correctivo, en casos muy concretos y en casos de accidente. Historicamente esto es lo que se ha venido haciendo, con los consiguientes retrasos en las entregas, asi como los problemas inherentes a esta forma de actuar, pues las maquinas se averían cuando más se las necesita, que es cuando tenemos mayor carga de trabajo.

Todo esto redundando en una mala imagen de la empresa, pérdidas económicas y no es el mejor ambiente de trabajo posible.

Implantaremos un mantenimiento preventivo para una serie de componentes. Para el mantenimiento preventivo consultamos lo que indican los fabricantes de las maquinas e intentamos ajustarlo al estado actual de nuestro parque de maquinaria

Para el mantenimiento predictivo hemos realizado un estudio detallado de sistemas y componentes que debemos monitorizar, con el fin de adelantarnos a las averías y que las paradas sean programadas lo máximo posible. Queremos evitar demoras en las entregas y poder garantizar los plazos de entrega de nuestros productos.

El plan de mantenimiento esta intimamente ligado con el plan de producción, tanto en capacidad de maquina como en horas disponibles. Al ser un parque de maquinaria que ya tiene bastantes horas de trabajo a sus espaldas, su capacidad de producción debe de ser programada al 85% de su máximo. Las paradas programadas pueden demorarse despues de que el consiguiente monitorizado nos lo permita, pero nunca de forma sistemática, porque en ese momento exista mucha carga de trabajo.

Cuando tenemos poca carga de trabajo y vemos que algun compònente esta cercano al final de su vida util, adelantamos su cambio para estar seguro de que podemos hacer frente a los proximos pedidos sin paros, tanto programados, como por averías.

En pocas palabras lo que queremos hacer es más productivo y fiable el sistema de fabricación, con la mínima inversión posible.

3.2 Fases del Mantenimiento:

Pondremos a disposición del departamento de mantenimiento una serie de herramientas básicas para su funcionamiento:

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente,
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

Las ventajas de la aplicación del mantenimiento en máquinas herramientas son considerables, el número de horas de paro se reducen en un 85% y las horas de reparación no planificadas en un 65% durante un periodo de instalación inferior a 4 años.

La disponibilidad media de horas de producción queremos que pase de ser inferior al 70%, a más del 90%. El plan anual de inversiones lo queremos reducir drásticamente, al tiempo que aumentar la calidad del producto y disminuir el porcentaje de desperdicio.

Un programa completo de mantenimiento para máquinas herramientas afecta a todo el personal de la planta, y no solo al personal de mantenimiento. Es un error pensar que el mantenimiento es responsabilidad única del departamento de mantenimiento.

Limpieza: Un buen plan mantenimiento empieza por la buena limpieza. Este trabajo se adjudica con frecuencia al operario y no se presta atención especial a las instrucciones, evidentemente es un error, porque todo trabajo necesita instrucciones: como, cuando, y con que hacerlo. A veces las máquinas son complicadas hasta el extremo que al operario le sería imposible limpiarla sin una pérdida considerable de tiempo, en este caso es mantenimiento el encargado de esta tarea. Muy a menudo combinando estas operaciones con la lubricación y la inspección antes y después de la jornada ordinaria, o bien en los descansos de la comida.

Lubricación: Cualquier herramienta funciona mejor si esta bien lubricada. La elección de lubricantes, su almacenamiento, su distribución y empleo en producción, el establecimiento de intervalos adecuados para las operaciones de lubricación y el registro y comprobación de la lubricación son responsabilidad del Ingeniero de Mantenimiento. Un programa de lubricación completo, fiable y efectivo es esencial en el programa de mantenimiento. Aun así debemos señalar que no basta un programa de lubricación, si no que

debe combinarse con otras técnicas de mantenimiento (Análisis de lubricantes, Termografía).

La responsabilidad de la lubricación puede ser centralizada o descentralizada. La lubricación diaria corre a cargo del operario y por tanto la comprobación la comprobación esta a cargo de producción. La lubricación semanal esta a cargo del operario también. Cuando se trata de maquinas especiales o muy complejas la operación requiere de personal especializado, En estos caso la responsabilidad recae sobre la sección de mantenimiento. Nosotros solo tenemos los baños de cromado y cincado.

Las instrucciones para la lubricación suelen venir con la maquina. En su forma mas adecuada contienen un dibujo o fotografía de la maquina y una breve descripción de los distintos puntos, el tipo y cantidad de lubricante necesario para cada operación y el intervalo entre ellas.

Inspecciones: La parte más importante de todo programa de mantenimiento es la inspección. La actividad de inspección no solo revela la condición de la maquina herramienta, si no que supone un ajuste, reparación o cambio de piezas desgastadas; es decir, la corrección eliminación de circunstancias que pueden ser causa de averías o deterioro de la maquina.

Se ha visto que una combinación de observaciones, pruebas y medidas puede dar lugar a un método aplicable a la mayoría de circunstancias en la industria.

El sistema consiste en 5 niveles de inspección diferentes, cada uno con su objetivo particular.

Nivel 1: Observación diaria. La lleva a cabo el operario. Implica la observación del funcionamiento de la maquina herramienta en su ciclo normal de trabajo comprobando todas sus funciones.

Nivel 2: Observación semanal. La realiza el encargado de lubricación durante la operación semanal. Incluye actividades del nivel 1, con observaciones adicionales de la presión del aceite, el funcionamiento de los dispositivos de lubricación, y las fugas de aceite.

Nivel 3: Inspección menor. A cargo de un empleado de mantenimiento especialmente entrenado, con buenos conocimientos de máquinas herramientas y sistemas eléctricos e hidráulicos de control. Las inspecciones son tales que no es necesario parar la máquina. Incluye los niveles 1 y 2.

Nivel 4: Inspección general. Incluye los niveles 1,2 y 3, y requiere paro de maquina.

Se comprueban. El nivel de la maquina, el juego del cojinete del eje principal, el paralelismo de la guías respecto a la línea de centros. También incluye el ajuste de embragues y frenos, chavetas y cojinetes, recambio de piezas desgastadas, sustitución de correas, etc. Cada dos años suele hacerse una inspección general, o bien cada año o cada 6 meses en dos turnos, según el tipo de maquina. Debe planificarse con producción el paro de la maquina.

Al empezar el programa de MP, el departamento de producción no suele aceptar la idea. De esto depende el éxito del proyecto.

El nivel 4 da bastante idea de la calidad actual de la máquina y de su fiabilidad. Si alguna de las pruebas indica condiciones incorrectas, se recomienda que la inspección de control de calidad (Nivel 5) se haga para dar información detallada sobre las condiciones de máquina herramienta.

Nivel 5: Inspección de control de calidad. Suele ser cada tres años, al instalar una maquina nueva o reconstruida, o bien por solicitud. A veces el departamento de producción lo solicita para máquina de precisión especial o puede que haya quejas o devoluciones por control de calidad del producto.

3.3 Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.)

3.3.1 Definición

Mantenimiento productivo total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance). El TPM es el sistema Japonés de mantenimiento industrial la letra M representa acciones de MANAGEMENT y Mantenimiento. Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de empresa. La letra P está vinculada a la palabra "Productivo" o "Productividad" de equipos pero hemos considerado que se puede asociar a un término con una visión más amplia como "Perfeccionamiento" la letra T de la palabra "Total" se interpreta como "Todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la empresa"

Es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa **"El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos"**.

3.3.2 Objetivo

El sistema esta orientado a lograr:

Cero accidentes

Cero defectos.

Cero fallos.

3.3.3 Ventajas

Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento se consigue un resultado final más enriquecido y participativo.

El concepto está unido con la idea de calidad total y mejora continua.

3.3.4 Desventajas

Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos.

La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa. El proceso de implementación requiere de varios años.

Sin dudas, el desarrollo de nuevas tecnologías ha marcado sensiblemente la actualidad industrial mundial.

En los últimos años, la industria mecánica se ha visto bajo la influencia determinante de la electrónica, la automática y las telecomunicaciones, exigiendo mayor preparación en el personal, no sólo desde el punto de vista de la operación de la maquinaria, sino desde el punto de vista del mantenimiento industrial

La realidad industrial, matizada por la enorme necesidad de explotar eficaz y eficientemente la maquinaria instalada y elevar a niveles superiores la actividad del mantenimiento.

No remediamos nada con grandes soluciones que presuponen diseños, innovaciones, y tecnologías de recuperación, si no mantenemos con una alta disponibilidad nuestra industria.

Es decir, la Industria tiene que distinguirse por una correcta explotación y un mantenimiento eficaz. En otras palabras, la operación correcta y el mantenimiento oportuno constituyen vías decisivas para cuidar lo que se tiene.

3.3.5 Conclusiones

El mantenimiento de equipos, infraestructuras, herramientas, maquinaria, etc. representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará ganancias no sólo para el empresario quien a quien esta inversión se le revertirá en mejoras en su producción, sino también el ahorro que representa tener un trabajadores sanos e índices de accidentalidad bajos.

El mantenimiento representa un arma importante en seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos que pueden ser prevenidos. También el mantener las áreas y ambientes de trabajo con adecuado orden, limpieza, iluminación, etc. es parte del mantenimiento preventivo de los sitios de trabajo.

El mantenimiento no solo debe ser realizado por el departamento encargado de esto. El trabajador debe ser concienciado a mantener en buenas condiciones los equipos, herramienta, maquinarias, esto permitirá mayor responsabilidad del trabajador y prevención de accidentes.

3.4 Tecnicas de diagnostico

Existen varias técnicas aplicadas para el mantenimiento predictivo entre las cuales tenemos las siguientes:

- Analisis de vibraciones
- Analisis de lubricantes
- Analisis por ultrasonido
- Analisis termografico
- Analisis por boroscopia
- Inspeccion visual

3.4.1 Análisis de vibraciones.

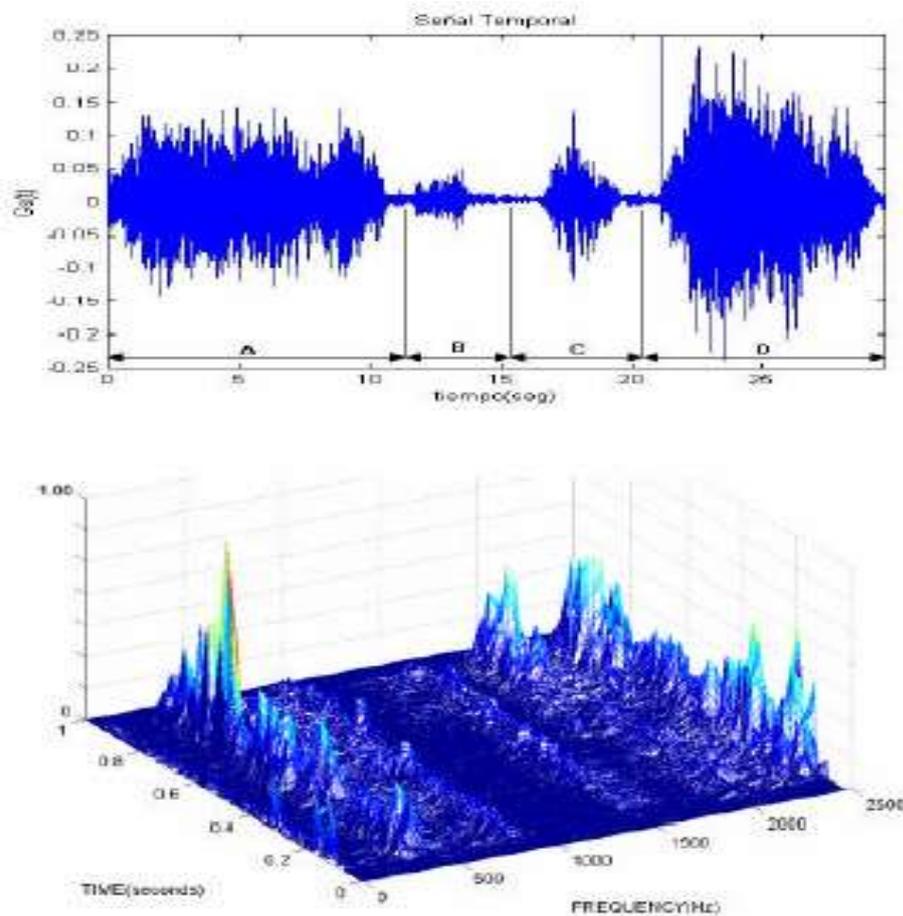


Figura 7: Detalles de una señal de vibración mecánica, arriba espectro convencional, debajo en tres dimensiones.

El interés del análisis de las Vibraciones Mecánicas llega al Mantenimiento Industrial de la mano del Mantenimiento Preventivo y Predictivo, con el interés de alerta que significa un elemento vibrante en una Máquina, y la necesaria prevención de los fallos que traen las vibraciones a medio plazo.

Registro de vibraciones en un ciclo de trabajo Transformada Tiempo-Frecuencia.

El interés principal para el mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las vibraciones

mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, etc.

Parámetros de las vibraciones:

Frecuencia: Es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de Vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios)

Desplazamiento: Es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento.

Velocidad y Aceleración: Como valor relacional de los anteriores.

Dirección: Las vibraciones pueden producirse en 3 direcciones lineales y 3 rotacionales

Tipos de vibraciones.

Vibración libre: causada por un sistema vibra debido a una excitación instantánea.

Vibración forzada: causada por un sistema vibra debida a una excitación constante las causas de las vibraciones mecánicas

A continuación detallamos las razones más habituales por las que una máquina o elemento de la misma puede llegar a vibrar.

Vibración debida al Desequilibrado (maquinaria rotativa).

Vibración debida a la Falta de Alineamiento (maquinaria rotativa)

Vibración debida a la Excentricidad (maquinaria rotativa).

Vibración debida a la Falla de Rodamientos y cojinetes.

Vibración debida a problemas de engranajes y correas de Transmisión (holguras, falta de lubricación, roces, etc.)



Figura 8: Acelerometro



Figura 9: Analizador de vibraciones

Tabla 1 Normas de severidad de la vibración según ISO 2372

45.00	No Permisible	No Permisible	No Permisible	No Permisible
28.00				Límite
18.00				Límite
11.20				
7.10				Admisible
4.50				
2.80	Admisible	Admisible	Normal	Admisible
1.80				
1.12				
0.71	Normal	Normal	Normal	Normal
0.45				
0.28				
0.18				
- Vel. [mm/s]	Máquinas Pequeñas (<15 kW)	Máquinas Medianas (15-75 kW) (300 kW, soporte especial)	Máquinas grandes (base rígida) (>75 kW)	Máquinas grandes (alta velocidad) (>75 kW)

3.4.2 Análisis de lubricantes.

Estos se ejecutan dependiendo de la necesidad, según:

Análisis Iniciales: se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del Estudio de Lubricación y permiten correcciones en la selección del producto, motivadas a cambios en condiciones de operación

Análisis Rutinarios: aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación entre otros

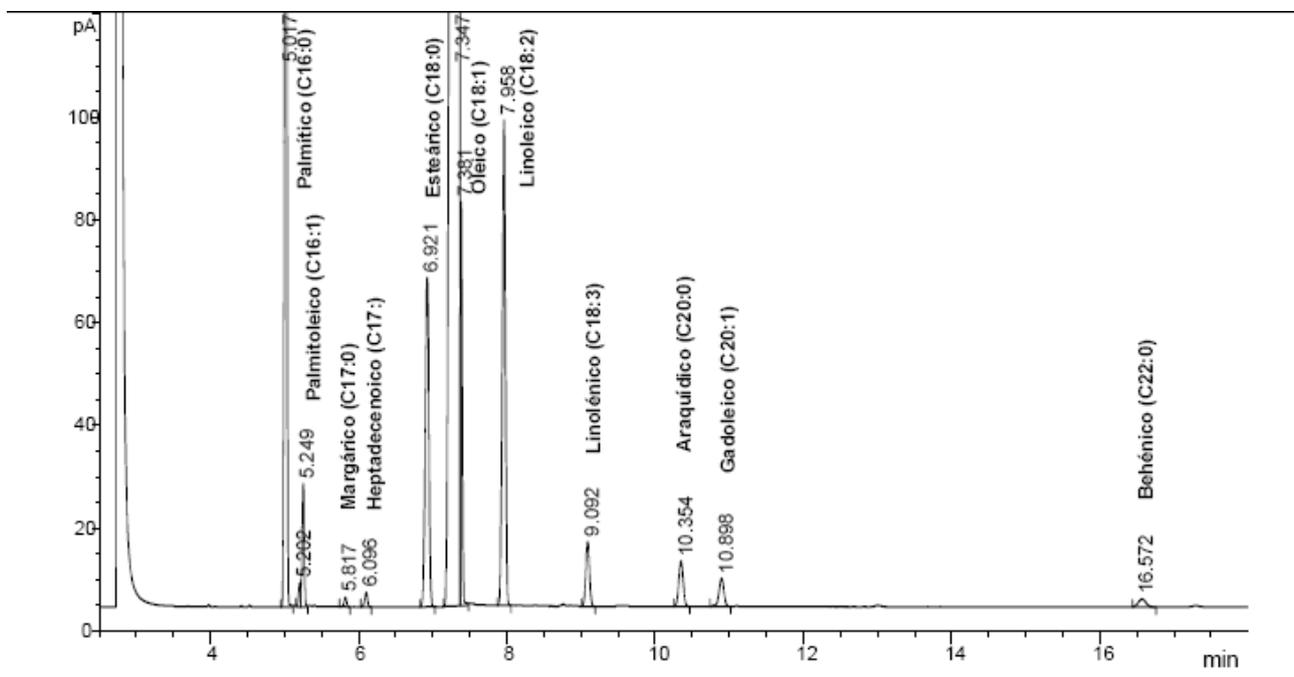


Figura10: Cromatograma de un aceite

Análisis de Emergencia: se efectúan para detectar cualquier anomalía en el equipo y/o lubricante, según:

- Anomalías

Contaminación con agua

Sólidos (filtros y sellos defectuosos).

Uso de un producto inadecuado

- Otras causas

Equipos

Bombas de extracción

Envases para muestras

Etiquetas de identificación

Formatos

Este método asegura que tendremos:

Máxima reducción de los costos operativos.

Máxima vida útil de los componentes con mínimo desgaste.

Máximo aprovechamiento del lubricante utilizado.

Mínima generación de efluentes.

En cada muestra podemos conseguir o estudiar los siguientes factores que afectan a nuestra maquina:

Elementos de desgaste: Hierro, Cromo, Molibdeno, Aluminio, Cobre, Estaño, Plomo.

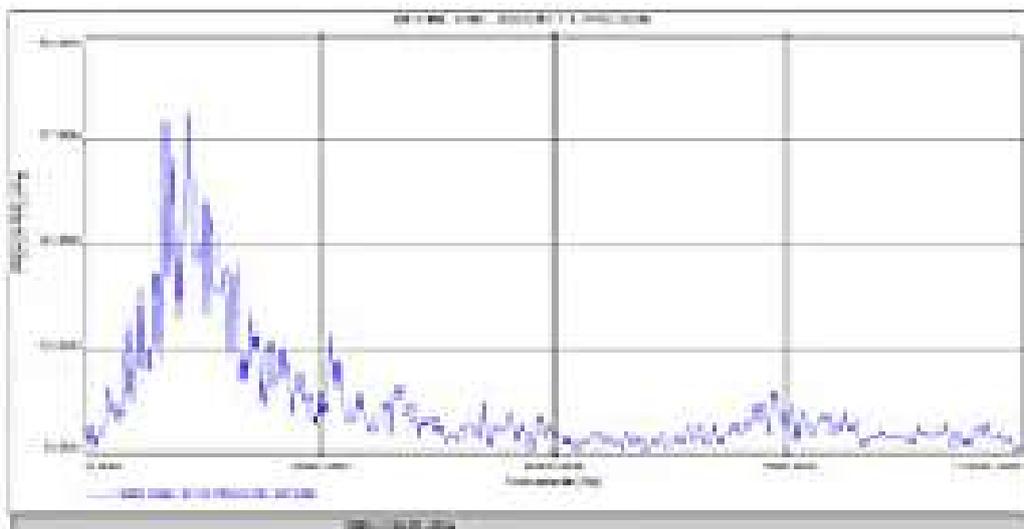


Figura 11: Identificación de metales en el aceite, para ver desgastes de piezas

Conteo de partículas: Determinación de la limpieza, ferrografía.

Contaminantes: Silicio, Sodio, Agua, Combustible, Hollín, Oxidación, Nitración, Sulfatos, Nitratos.

Aditivos y condiciones del lubricante: Magnesio, Calcio, Zinc, Fósforo, Boro, Azufre, Viscosidad.

Gráficos e historial: Para la evaluación de las tendencias a lo largo del tiempo.

De este modo, mediante la implementación de técnicas ampliamente investigadas y experimentadas, y con la utilización de equipos de la más avanzada tecnología, se logrará disminuir drásticamente:

Tiempo perdido en producción en razón de desperfectos mecánicos.

Desgaste de las máquinas y sus componentes.

Horas hombre dedicadas al mantenimiento.

Consumo general de lubricantes

3.4.3 Análisis por ultrasonido.



Figura 12: Monitor usado en medicina para ecografías.

Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

Ultrasonido pasivo: Es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío, y arcos eléctricos. Pudiéndose detectarlo mediante la tecnología apropiada.

El Ultrasonido permite:

Detección de fricción en maquinas rotativas.

Detección de fallos y/o fugas en válvulas.

Detección de fugas de fluidos.

Pérdidas de vacío.

Detección de "arco eléctrico".

Verificación de la integridad de juntas de recintos estancos.

Se denomina *Ultrasonido Pasivo* a la tecnología que permite captar el ultrasonido producido por diversas fuentes.

El sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano (20-a-20.000 Hertz) se considera ultrasonido. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido en un rango aproximado a los 40 Khz Frecuencia con características muy aprovechables en el Mantenimiento Predictivo, puesto que las ondas sonoras son de corta longitud atenuándose rápidamente sin producir rebotes. Por esta razón, el ruido ambiental por más intenso que sea, no interfiere en la detección del ultrasonido.

Además, la alta direccionalidad del ultrasonido en 40 Khz. permite con rapidez y precisión la ubicación del fallo.

La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable especialmente en la detección de fallos existentes en equipos rotantes que giran a velocidades inferiores a las 300 rpm, donde la técnica de medición de vibraciones se transforma en un procedimiento ineficiente.

De modo que la medición de ultrasonido es en ocasiones complementaria con la medición de vibraciones, que se utiliza eficientemente sobre equipos rotantes que giran a velocidades superiores a las 300 rpm.

Al igual que en el resto del mundo industrializado, la actividad industrial en nuestro País tiene la imperiosa necesidad de lograr el perfil competitivo que le permita insertarse en la economía globalizada. En consecuencia, toda tecnología orientada al ahorro de energía y/o mano de obra es de especial interés para cualquier Empresa.

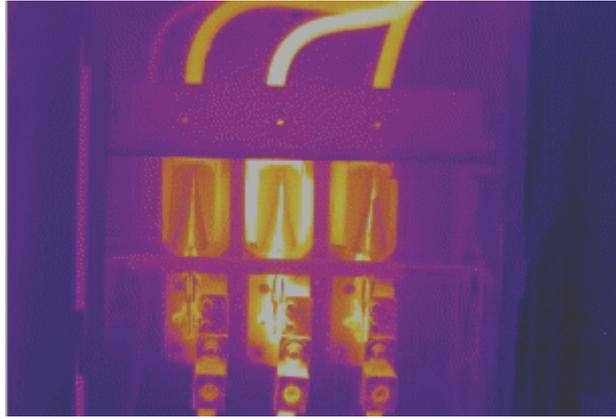


Figura 15: Imagen de los fusibles de un cuadro electrico.



Figura 16: Analizador de instalaciones electricas



Figura 17: Camara de alta velocidad

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para "ver" en estas longitudes de onda. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial - ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación - están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de Termovisión por Infrarrojos. Con la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de un fallo de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

El análisis mediante Termografía infrarroja debe complementarse con otras técnicas y sistemas de ensayo conocidos, como pueden ser el análisis de aceites lubricantes, el análisis de vibraciones, los ultrasonidos pasivos y el análisis predictivo en motores eléctricos. Pueden añadirse los ensayos no destructivos clásicos: ensayos, radiográfico, el ultrasonido activo, partículas magnéticas, etc.

El análisis mediante Cámaras Termográficas Infrarrojas, está recomendado para:

Instalaciones y líneas eléctricas de Alta y Baja Tensión.

Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.

Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.

Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.

Hornos, calderas e intercambiadores de calor.

Instalaciones de climatización.

Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.

Las ventajas que ofrece el Mantenimiento Preventivo por Termovisión son:

Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos.

Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.

Determinación exacta de puntos deficientes en una línea de proceso.

Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa del fallo.

Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.

Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.

3.4.5. Analisis por boroscopio



Figura 14: Algún tipo de boroscopios



Figura 15: Inspección por medio del boroscopio

Los boroscopios son la herramienta ideal para inspección y mantenimiento.

Los boroscopios ofrecen nuevas perspectivas de la vida interior de máquinas e instalaciones. Gracias a su conducto flexible, su ligero peso y su extraordinario componente óptico se puede reconocer puntos problemáticos y conflictivos de un modo muy sencillo y rápido y también se pueden tomar las medidas preventivas oportunas sin necesidad de tener que realizar costosos desmontajes.

3.4.6 Inspección visual



Figura 16: Inspección visual

Es el metodo mas economico y a la vez más práctico, manteniendo una rutina de inspección visual podemos detectar el inicio de ciertos desgastes que pueden provocar averias.

Este tipo de inspeccion necesita de personal con cierta experiencia y cierta formación.

Dentro de este tipo de inspección tambien incluimos las medidas de parametros que se efectuan a pie de maquina: temperatura, caudal, presión, etc.

Cada uno de estos aspectos se representa gráficamente durante la elaboración del árbol mediante diferentes símbolos que representan los tipos de sucesos, las puertas lógicas y las transferencias o desarrollos posteriores del árbol.

Un ejemplo de árbol de fallos es el siguiente:

Los símbolos representan tanto sucesos, puertas lógicas y transferencias.

Los más importantes son los siguientes:

La intención es identificar las áreas o ensambles que es más probable que den lugar a fallos del conjunto.

3.4.7 Conclusión.

Es importante considerar que la productividad de una industria aumentará en la medida que las fallas en las máquinas disminuyan de una forma sustentable en el tiempo. Para lograr lo anterior, resulta indispensable contar con la estrategia de mantenimiento más apropiada y con personal capacitado tanto en el uso de las técnicas de análisis y diagnóstico de fallos implementados como también con conocimiento suficiente sobre las características de diseño y funcionamiento de las máquinas.

En el presente trabajo se mencionaron varias de las técnicas de análisis utilizadas hoy en día, entre las que se destaca el análisis de vibraciones mecánicas, ilustrando con un grafico su alcance así como la necesidad de usar diferentes indicadores con el fin de llegar a un diagnóstico acertado. Diagnosticado y solucionado los problemas, la vida de las máquinas y su producción aumentará y por tanto, los costos de mantenimiento disminuirán.

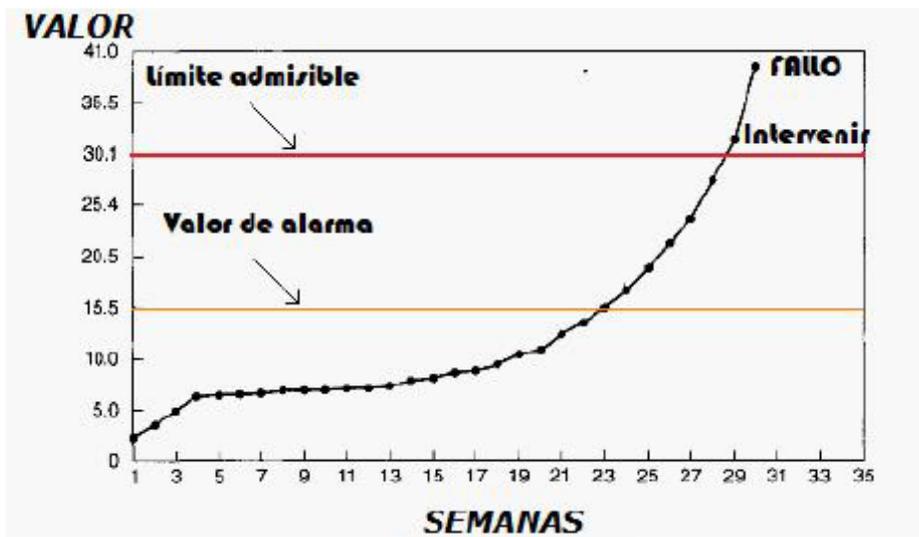


Figura17: Grafico representativo del limite de actuación en mantenimiento

En este grafico se puede observar una toma de medidas a lo largo del tiempo, indicandonos la tendencia y el límite antes de actuar.

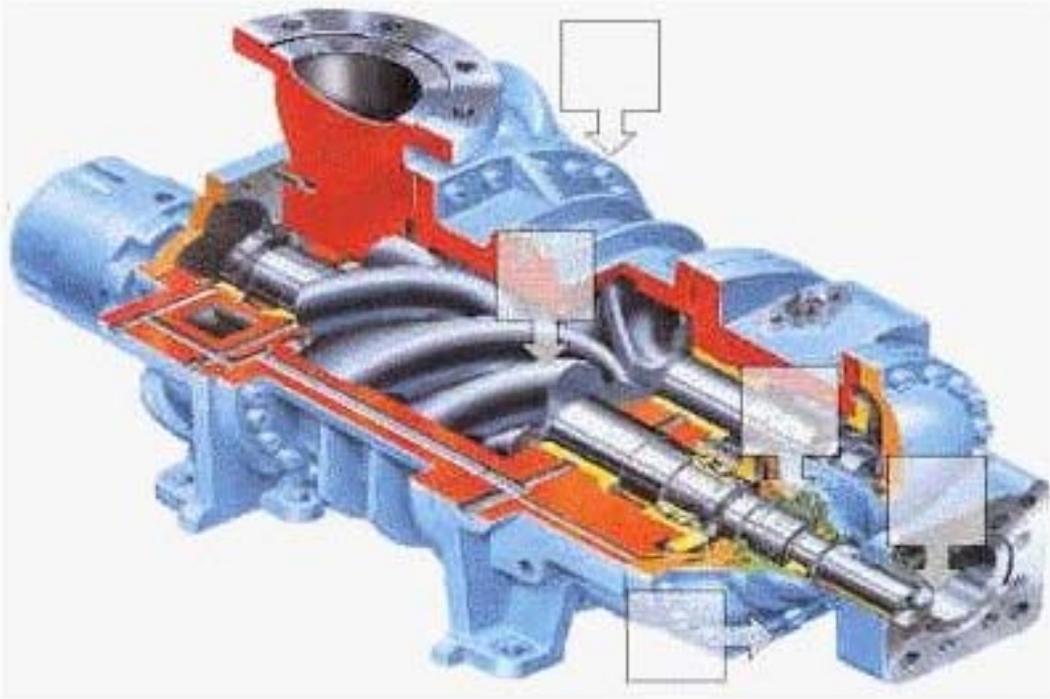


Figura 18: Detalle de un sistema de distribución hidráulico

4. PLAN DE MANTENIMIENTO

4.1 Objetivos:

La fiabilidad y la disponibilidad de una planta industrial dependen, en primer lugar, de su diseño y de la calidad de su montaje. Si se trata de un diseño robusto y fiable, y la planta ha sido construida siguiendo fielmente su diseño y utilizando las mejores técnicas disponibles para la ejecución, depende en segundo lugar de la formación y buenas costumbres del personal de producción, es decir el personal que opera las instalaciones.

En tercer y último lugar, fiabilidad y disponibilidad dependen del mantenimiento que se realice. Si el mantenimiento es básicamente correctivo, atendiendo sobre todo los problemas cuando se presentan, es muy posible que a corto plazo esta política sea rentable. El mantenimiento puede imaginarse como un gran depósito.

Si se realiza un buen mantenimiento preventivo, el depósito siempre estará lleno. Si no se realiza nada, el depósito se va vaciando, y puede llegar un momento en el que el depósito, la reserva de mantenimiento, se haya agotado por completo, siendo más rentable adquirir un nuevo equipo o incluso construir una nueva planta que atender todas las reparaciones que van surgiendo.

Hay que tener en cuenta que lo que se haga en mantenimiento no tiene su consecuencia de manera inmediata, sino que los efectos de las acciones que se toman se revelan con seis meses o con un año de retraso. Hoy se pagan los errores de ayer, o se disfruta de los aciertos.

La ocasión perfecta para diseñar un buen mantenimiento programado que consigan una alta **disponibilidad y fiabilidad**, es durante la construcción de ésta. Cuando la construcción ha finalizado y la planta es entregada al propietario para su explotación comercial, el plan de mantenimiento debe estar ya diseñado, y debe ponerse en marcha desde el primer día que la planta entra en operación. Perder esa oportunidad significa renunciar a que la mayor parte del mantenimiento sea programado, y caer en el error (un grave error de consecuencias económicas nefastas) de que sean las averías las que dirijan la actividad del departamento de mantenimiento.

Es muy normal prestar mucha importancia al mantenimiento de los equipos principales, y no preocuparse en la misma medida de todos los equipos adicionales o auxiliares. Desde luego es otro grave error, pues una simple bomba de refrigeración o un simple transmisor de presión pueden parar una planta y ocasionar un problema tan grave como un fallo en el equipo de producción más costoso que tenga la instalación. Conviene, pues, prestar la atención debida no sólo a los equipos más costosos económicamente, sino a todos aquellos capaces de provocar fallos críticos.

Un buen plan de mantenimiento es aquel que ha analizado todos los fallos posibles, y que ha sido diseñado para evitarlos.

Eso quiere decir que para elaborar un buen plan de mantenimiento es absolutamente necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen la planta.



Figura 19: Centro de mecanizado con dos palets, externaliza los tiempos de amarre y desamarre de pieza

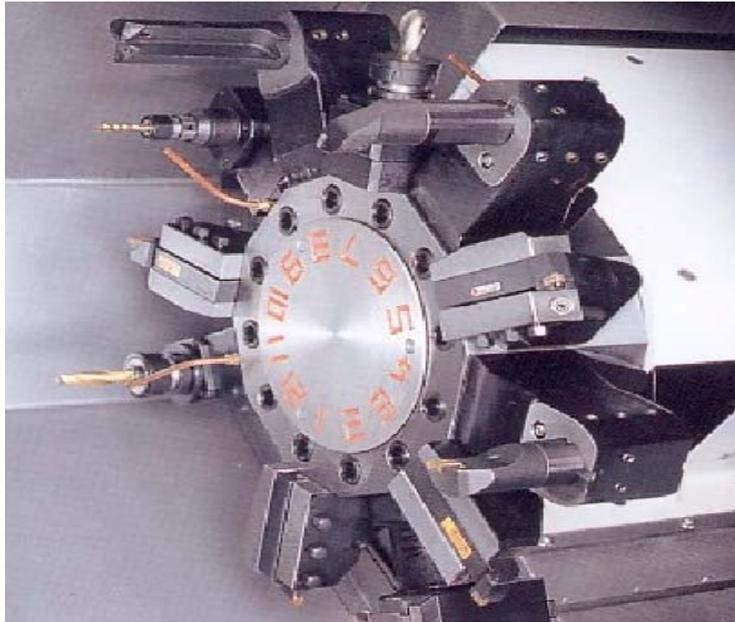


Figura 20: Detalle de torreta de un torno CNC

Realizar una serie de operaciones encaminadas al máximo funcionamiento de las máquinas productivas de la fábrica.

Un objetivo claro es aumentar la capacidad productiva de la empresa, mediante la reducción de las horas de paro de máquinas, y su mejor funcionamiento.

Otro objetivo es reducir los costes de reparación a la vez que se prevén en que áreas puede ser necesarias intervenciones reparadoras.

Un objetivo muy valioso es aumentar la vida media de las máquinas productivas, optimizando las inversiones realizadas.

Quizás el objetivo más fácil de apreciar es el de conseguir tener una fiabilidad suficiente para nuestros clientes, es decir, que cuando les demos un plazo de entrega se lo crean. Esto nos da credibilidad y nos trae más pedidos.

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación del fallo inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada las necesidades de producción.

La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afeción el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar.

Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.



Figura 21: Torno con alimentador automatico, partiendo de barra.

4.2. Mantenimiento de sistemas termicos

A continuación paso a detallar los diferentes Planes de Mantenimiento de las máquinas siguientes:

Horno de cementación y equipo autógeno eléctrico

Plan de mantenimiento de horno de cementación: sistema de alimentacion

	Sistema	Filtro aire	Quemador	Filtro gas	Valvula
CODIGO	T00100	T00101	T00102	T00104	T00103
SECCION	ALIMENTACION	Mecanica	Mecanica	Mecanica	Mecanica
OPERACION		Cambio	Inspeccion visual	Cambio	Inspección visual
INTERVALO INTERVENCION (Horas)		650	48	1300	48
OBSERVACIONES		Par de apriete 3.5 Nm	Sustituir si fuera necesario	Par de apriete 3 Nm	Sustituir si fuera necesario
TIPO OPERACION		Predictivo	Preventivo	Preventivo	Preventivo
HERRAMIENTAS		Llave T039	Llaves T122, T022 y T005	Llave T038	Llaves T018 y T022
REPUESTOS		1 cartucho Repsol 04884AB		1 cartucho Repsol 0586CH	
M:O:D: (Horas)		0.25	0.10	0.25	0.15
COSTE REPUESTO (€)		35		40	
COSTE M:O:D: (€)		10	4	10	6
COSTE CPERACION	45	4	50	6	



Figura 22: Piezas cementadas

Plan de mantenimiento de horno de cementación: sistema de control

	Sistema	Manometro	Termometro	Termostato
CODIGO	M00800	M00821	M00805	M00885
SECCION	MEDICION	Mecanica	Mecanica	Electrica
OPERACION		Comprobar reglaje	Comprobar reglaje	Comprobar funcionamiento
INTERVALO INTERVENCION (Horas)		650	650	120
OBSERVACIONES		Ajustar si fuera necesario	Ajustar si fuera necesario	Ajustar si fuera necesario
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Manometro patron M00875	Termometro patron M00880	Termometro patron M0880 y cronometro C00100
REPUESTOS				
M:O:D: (Horas)		0.25	0.25	1
COSTE REPUESTO (€)				
COSTE M:O:D: (€)		10	10	40
COSTE OPERACION (€)		10	10	40

Plan de mantenimiento de horno de cementación: sistema de combustión

	Sistema	Material refractario	Apoyos de Jaulas	Camara de combustión
CODIGO	R00900	R00901	R00908	R00910
SECCION	CAMARA DE COMBUSTION	Mecanica	Mecanica	Mecanica
OPERACION		Inspección visual	Inspección visual	Limpiar hollin
INTERVALO INTERVENCION		Cada carga	Cada carga	400
OBSERVACIONES		Sustituir si fuera necesario	Ajustar si fuera necesario	Revision general del interior de la camara
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Preventivo
HERRAMIENTAS				Rasqueta y recogedor
REPUESTOS				
M:O:D: (Horas)		0.25	0.20	3
COSTE REPUESTO (€)				
COSTE M:O:D: (€)		10	8	120
COSTE OPERACION (€)		10	8	120

Plan de mantenimiento de horno de cementación: sistema electrico

	Sistema	Cuadro maniobras	Contactores	Cableado	Protecciones
CODIGO	E00200	E00210	E00215	E00201	E00230
SECCION	ELECTRICO	Electrica	Electrica	Electrica	Electrica
OPERACION		Verificar funcionamiento	Verificar funcionamiento	Verificar su estado	Verificar funcionamiento
INTERVALO INTERVENCION (Horas)		250	250	650	250
OBSERVACIONES		Reglar si fuera necesario	Reglar si fuera necesario	Empalmar si fuera necesario	Reglar si fuera necesario
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Camara termografica infrarrojos C00700	Camara termografica infrarrojos C00700		Camara termografica infrarrojos C00700
REPUESTOS					
M:O:D: (Horas)		0.10	0.10	0.10	0.25
COSTE REPUESTO (€)					
COSTE M:O:D: (€)		4	4	4	10
COSTE CPERACION (€)	4	4	4	10	

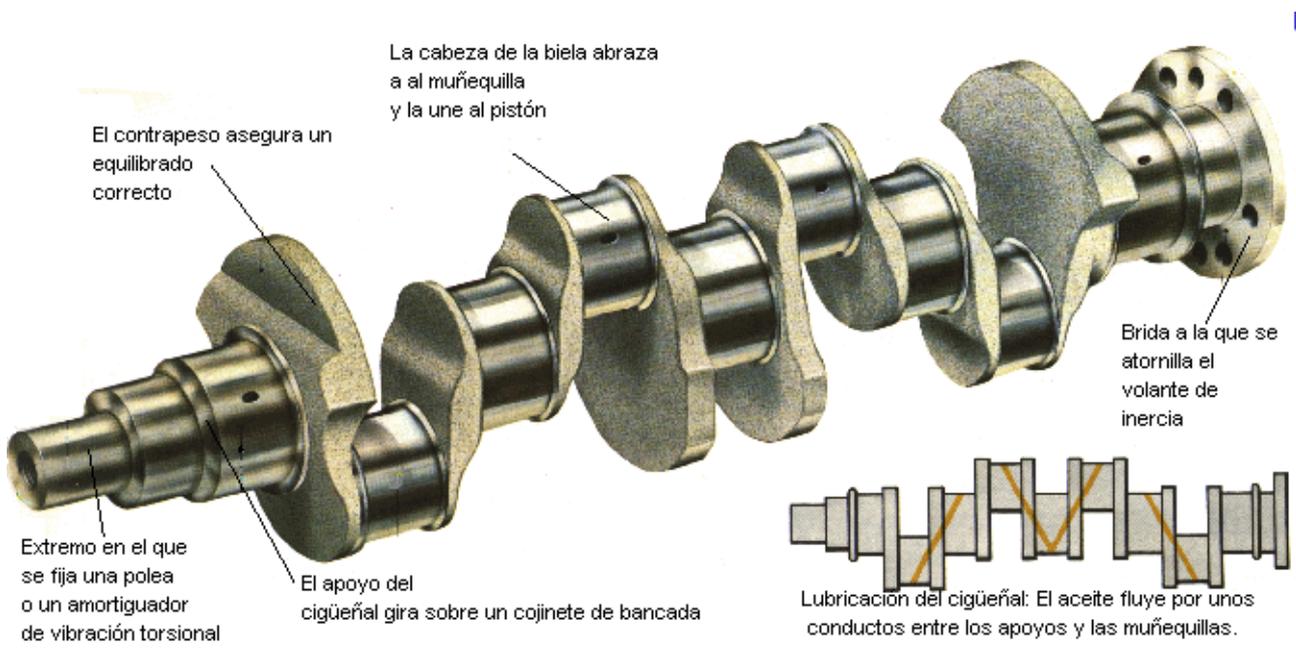


Figura 23: Detalle de una pieza en que la cementación es localizada

Plan de mantenimiento del motor termico del equipo autogeno eléctrico: sistema de admisión

	Sistema	Filtro de aire	Filtro de gasoil
CODIGO	T00900	T00901	T00902
SECCION	ADMISION	Mecanica	Mecanica
OPERACION		Cambio de filtro	Cambio de filtro
INTERVALO INTERVENCION		750	750
OBSERVACIONES			Verificar fugas
TIPO OPERACION		Preventivo	Preventivo
HERRAMIENTAS		Llave torx T-7	Llave T523
REPUESTOS		1 filtro Mopar 03588AB	1 filtro Mopar 690015AA
M:O:D: (Horas)		0.25	0.25
COSTE REPUESTO (€)		30	50
COSTE M:O:D: (€)		10	10
COSTE CPERACION (€)		40	60

Plan de mantenimiento del motor termico del equipo autogeno eléctrico: sistema de alimentación

	Sistema	Bomba de combustible	Linea de combustible
CODIGO	T00950	T00951	T00952
SECCION	ALIMENTACION	Mecanica	Mecanica
OPERACION		Inspeccion estado de bomba y medidor de deposito	Inspeccion de manguitos y sellado del circuito
INTERVALO INTERVENCION		1500	750
OBSERVACIONES			
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Visual	Visual
REPUESTOS			
M:O:D: (Horas)		0.50	0.25
COSTE REPUESTO (€)			
COSTE M:O:D: (€)		20	10
COSTE CPERACION (€)		20	10

Plan de mantenimiento del motor termico del equipo autogeno eléctrico: sistema de distribución

	Sistema	Correa distribucion	Poleas
CODIGO	T00960	T00961	T00962
SECCION	DISTRIBUCION	Mecanica	MecaNICA
OPERACION		Reemplazo correa	Verificar desgastes y alineacion
INTERVALO INTERVENCION		5000	5000
OBSERVACIONES			Inspeccionar huelgos
TIPO OPERACION		Preventivo	Preventivo
HERRAMIENTAS		Llave estrella 17	Visual
REPUESTOS		Correa dentada LA89	
M:O:D: (Horas)		0.75	0.25
COSTE REPUESTO (€)		90	
COSTE M:O:D: (€)		30	10
COSTE CPERACION (€)		120	10

Plan de mantenimiento del motor termico del equipo autogeno eléctrico: sistema de inyección

	Sistema	Bujias de calentamiento	Inyectores	Bomba de inyeccion
CODIGO	T00970	T00971	T00972	T00973
SECCION	INYECCION	Mecanica	Mecanica	Mecanica
OPERACION		Verificar funcionamiento	Comprobación de humos	Comprobación estado de bomba
INTERVALO INTERVENCION		750	1500	1500
OBSERVACIONES				
TIPO OPERACION		Preventivo	Preventivo	preventivo
HERRAMIENTAS		Llave tubo 15	Visual	Manometro
REPUESTOS				
M:O:D: (Horas)		1.00	0.50	0.50
COSTE REPUESTO (€)				
COSTE M:O:D: (€)		40	20	20
COSTE CPERACION (€)		40	20	20

Plan de mantenimiento del motor termico del equipo autogeno eléctrico: sistema de lubricación

	Sistema	Aceite motor	Filtro de aceite	Bomba de aceite
CODIGO	L00100	L00110	F00101	F00130
SECCION	LUBRICACION	Mecanica	Mecanica	Mecanica
OPERACION		Cambio de aceite	Cambio de filtro	Comprobar bomba
INTERVALO INTERVENCION		750	750	1500
OBSERVACIONES			Par de apriete de 25 Nm	
TIPO OPERACION		Preventivo	Preventivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Llave acodada 14	Llave estrella 19	
REPUESTOS		4 litros de aceite SAE 15W-40	Cartucho Mopar 65001294AA	
M:O:D: (Horas)		0.50	0.25	0.50
COSTE REPUESTO (€)		42*4= 168	38	
COSTE M:O:D: (€)		20	10	20
COSTE CPERACION (€)		188	48	20

Plan de mantenimiento del motor termico del equipo autogeno eléctrico: sistema de refrigeración

	Sistema	Circuito de refrigeracion	Bomba de agua	Refrigerante
CODIGO	R00100	R00110	R00120	R00101
SECCION	REFRIGERACION	Mecanica	Mecanica	Mecanica
OPERACION		Comprobar impermeabilidad y sujección de manguitos	Comprobar holguras	Verificar nivel
INTERVALO INTERVENCION		650	650	650
OBSERVACIONES		Verificar si existen fugas a una presion de 25atm	Verificar cojinetes	Comprobar termostato radiador
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Preventivo
HERRAMIENTAS		Conjunto ACB-79	Visual	Termox.98-32
REPUESTOS				
M:O:D: (Horas)		0.50	0.20	0.25
COSTE REPUESTO (€)				
COSTE M:O:D: (€)				
COSTE CPERACION (€)		20	8	10

Plan de mantenimiento del motor termico del equipo autogeno eléctrico: sistema de escape

	Sistema	Conductos	Sonda λ	Silenciador
CODIGO	S00100	S00101	S00110	S00105
SECCION	ESCAPE	Mecanica	Mecanica	Mecanica
OPERACION		Comprobar existencia de poros	Comprobar contaminación	Comprobar ruido, menor de 78 dB a 3000 rpm en salida tubo escape
INTERVALO INTERVENCION		750	750	750
OBSERVACIONES		Limpiar hollin	Opacidad maxima de 00.98 m(-1)	
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Visual	Opacimetro C10500049	Sonometro S220763
REPUESTOS				
M:O:D: (Horas)		0.25	0.50	0.25
COSTE REPUESTO (€)				
COSTE M:O:D: (€)				
COSTE CPERACION (€)		10	20	10

Plan de mantenimiento del generador electrico autogeno

	Sistema	Generador electrico	Transformador	Alternador	Cuadro de maniobras
CODIGO	G00100	G00110	G00120	G00140	G00115
SECCION	GENERADOR ELECTRICO	Electrica	Electrica	Electrica	Electrica
OPERACION		Comprobar conexiones	Comprobar aislamiento	Comprobar funcionamiento	Comprobar funcionamiento
INTERVALO INTERVENCION		1200	1200	1200	1200
OBSERVACIONES		Visual		Monitorizar resultado	Arrancar dos veces
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo	Predictivo
HERRAMIENTAS			Amperimetro/voltmetro	Acelerometro	Camara termografica infrarrojos
REPUESTOS					
M:O:D: (Horas)		0.10	0.25	0.25	0.5
COSTE REPUESTO (€)					
COSTE M:O:D: (€)		4	8	8	20
COSTE CPERACION (€)		4	8	8	20



Figura 24: Generador eléctrico trifasico

4.3. Mantenimiento de las maquinas-herramientas:

Tornos CNC , Fresas-centros de mecanizado y Rectificadoras:

Plan de mantenimiento de los centros de mecanizado: husillo principal

CENTROS DE MECANIZADO FRESADORES	Sistema	Cojinetes de apoyo	Variador de velocidad hidraulico	Polea de transmision de potencia	Encoder	Variador de velocidad electrico
CODIGO	H00200	H00282	H00250	H00205	H00210	H00215
SECCION	HUSILLO PRINCIPAL	Mecanica	Mecanica	Mecanica	Electrica	Electrica
OPERACION		Verificar holguras y desgaste	Verificar apertura y cierre. Fugas	Verificar tensión y estado	Verificar funcionamiento	Verificar funcionamiento
INTERVALO INTERVENCION		400	400	400	1000	1000
OBSERVACIONES		Comprobar con resltados anteriores	Comprobar con resltados anteriores	Cambiar, si es preciso	Ajustar, si es preciso	Comprobar con resltados anteriores
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo	Predictivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Acelerometro	Manometro		Tacometro	Potenciometro
REPUESTOS						
M:O:D: (Horas)		0.25	0.20	0.10	0.10	0.25
COSTE REPUESTO (€)						
COSTE M:O:D: (€)		10	8	4	4	10
COSTE CPERACION (€)	10	8	4	4	10	

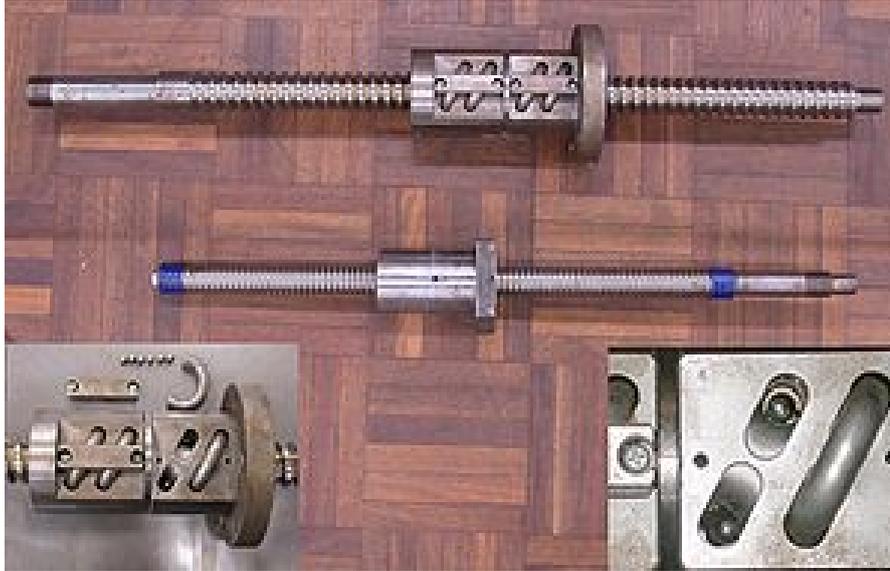


Figura 25: Detalle de husillos secundarios de carros

Plan de mantenimiento de los tornos CNC: husillos principales

TORNOS CNC	Sistema	Cojinetes de apoyo	Variador de velocidad hidraulico	Polea de transmision de potencia	Encoder	Variador de velocidad electrico
CODIGO	H00100	H00182	H00150	H00105	H00110	H00115
SECCION	HUSILLO PRINCIPAL	Mecanica	Mecanica	Mecanica	Electrica	Electrica
OPERACION		Verificar holguras y desgaste	Verificar apertura y cierre. Fugas	Verificar tensión y estado	Verificar funcionamiento	Verificar funcionamiento
INTERVALO INTERVENCION		400	400	400	1000	1000
OBSERVACIONES		Comprobar con resultados anteriores	Comprobar con resultados anteriores	Cambiar, si es preciso	Ajustar, si es preciso	Comprobar con resultados anteriores
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo	Predictivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Acelerometro	Manometro		Tacometro	Potenciometro
REPUESTOS						
M:O:D: (Horas)		0.25	0.20	0.10	0.10	0.25
COSTE REPUESTO (€)						
COSTE M:O:D: (€)		10	8	4	4	10
COSTE CPERACION (€)	10	8	4	4	10	



Figura 26: Husillos principales de torno

Plan de mantenimiento de las rectificadoras: husillos principales

RECTIFICADORAS	Sistema	Cojinetes de apoyo	Variador de velocidad hidraulico	Polea de transmision de potencia	Encoder	Variador de velocidad electrico
CODIGO	H00300	H00382	H00350	H00305	H00310	H00315
SECCION	HUSILLO PRINCIPAL	Mecanica	Mecanica	Mecanica	Electrica	Electrica
OPERACION		Verificar holguras y desgaste	Verificar apertura y cierre. Fugas	Verificar tensión y estado	Verificar funcionamiento	Verificar funcionamiento
INTERVALO INTERVENCION		400	400	400	1000	1000
OBSERVACIONES		Monitorizar con resultados anteriores	Monitorizar con resultados anteriores	Cambiar, si es preciso	Ajustar, si es preciso	Monitorizar con resultados anteriores
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo	Predictivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Acelerometro	Manometro		Tacometro	Potenciometro
REPUESTOS						
M:O:D: (Horas)		0.50	0.50	0.10	0.10	0.25
COSTE REPUESTO (€)						
COSTE M:O:D: (€)		20	20	4	4	10
COSTE OPERACION (€)	20	20	4	4	10	



Figura 27: Rectificadora cilíndrica de precisión

Plan de mantenimiento de los tornos CNC: Torreta

TORNOS CNC	Sistema	Cojinetes de apoyo	Husillo de avance en X	Husillo de avance en Y	Motor paso a paso	Detector de colisión
CODIGO	Q00100	Q00162	Q00110	Q00120	Q00101	Q00105
SECCION OPERACION	TORRETA	Mecanica	Electrica	Electrica	Electrica	Electronica
OPERACION		Verificar holguras y desgaste	Verificar exactitud de laser medidor	Verificar exactitud de laser medidor	Verificar anclaje torrete	Verificar funcionamiento
INTERVALO INTERVENCION		400	300	300	300	250
OBSERVACIONES		Monitorizar con resultados anteriores	Monitorizar con resultados anteriores	Monitorizar con resultados anteriores	Comprobar hacia delante y hacia atras	Comprobador de interferencias en 3D
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo	Preventivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Acelerometro	Medidor laser	Medidor laser	Potenciómetro	30i Fanuc
REPUESTOS M:O:D: (Horas)		0.20	0.15	0.15	0.20	0.10
COSTE REPUESTO (€)						
COSTE M:O:D: (€)		8	6	6	8	4
COSTE OPERACION (€)		8	6	6	8	4

Plan de mantenimiento de los centros de mecanizado: almacén de herramienta

CENTROS DE MECANIZADO	Sistema	Carro en X	Carro en Y	Husillo en Z	Cojinetes de apoyo carros	Detector de colisión
CODIGO	CM00100	CM00110	CM00120	CM00130	CM00157	CM00105
SECCION	ALMACEN DE HERRAMIENTAS	Electrica	Electrica	Electrica	Mecanica	Electronica
OPERACION		Verificar exactitud de laser medidor	Verificar exactitud de laser medidor	Verificar exactitud de laser medidor	Verificar holguras y desgaste	Verificar funcionamiento
INTERVALO INTERVENCION		300	300	300	400	250
OBSERVACIONES		Monitorizar con resultados anteriores	Comprobador de interferencias en 3D			
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo	Predictivo	Preventivo
HERRAMIENTAS		Medidor laser	Medidor laser	Medidor laser	Acelerometro	30i Fanuc
REPUESTOS						
M:O:D: (Horas)		0.15	0.15	0.15	0.25	0.10
COSTE REPUESTO (€)						
COSTE M:O:D: (€)		6	6	6	10	4
COSTE CPERACION (€)		6	6	6	10	4

Plan de mantenimiento de las rectificadoras: carros de avance

RECTIFICADORAS	Sistema	Cojinetes de apoyo	Carro en X	Carro en Y	Micrometros manuales y vi.	Detector de colisión
CODIGO	B00100	B00182	B00110	B00120	B00154	B00105
SECCION	CARROS DE AVANCE	Mecanica	Electrica	Electrica	Electronica	Electronica
OPERACION		Verificar holguras y desgaste	Verificar exactitud de laser medidor	Verificar exactitud de laser medidor	Verificar funcionamiento y limpieza	Verificar funcionamiento
INTERVALO INTERVENCION		400	300	300	50	250
OBSERVACIONES		Monitorizar con resultados anteriores	Monitorizar con resultados anteriores	Monitorizar con resultados anteriores	Limpiar y ajustar con patron	Usar comprobador de interferencias en 3D
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo	Preventivo	Preventivo
HERRAMIENTAS		Acelerometro A107	Medidor laser M008	Medidor laser M008	Pieza patron HT102	30i Fanuc
REPUESTOS						
M:O:D: (Horas)		0.25	0.15	0.15	0.20	0.10
COSTE REPUESTO (€)						
COSTE M:O:D: (€)		10	6	6	8	4
COSTE CPERACION (€)		10	6	6	8	4

Plan de mantenimiento de los tornos CNC: cuadro electrico

TORNOS CNC	Sistema	Cuadro principal	Maniobras	Cableado
CODIGO	CE00100	CE00110	Ce00115	CE00105
SECCION	CUADRO ELECTRICO	Electrica	Electrica	Electrica
OPERACION		Verificar conexiones	Verificar funcionamiento	Verificar conexión y aislamiento
INTERVALO INTERVENCION		300	300	300
OBSERVACIONES		Monitorizar y anotar anomalias	Monitorizar y anotar anomalias	Monitorizar y anotar anomalias
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Camara termografica infrarrojos	Camara termografica infrarrojos	Camara termografica infrarrojos
REPUESTOS				
M:O:D: (Horas)		0.20	0.40	0.10
COSTE REPUESTO (€)				
COSTE M:O:D: (€)		8	16	4
COSTE CPERACION (€)		8	16	4

Plan de mantenimiento de los centros de mecanizado: cuadro eléctrico

CENTROS DE MECANIZADO	Sistema	Cuadro principal	Maniobras	Cableado
CODIGO	ME00100	ME00110	ME00115	ME00105
SECCION	CUADRO ELECTRICO	Electrica	Electrica	Electrica
OPERACION		Verificar conexiones	Verificar funcionamiento	Verificar conexión y aislamiento
INTERVALO INTERVENCION		300	300	300
OBSERVACIONES		Monitorizar y anotar anomalias	Monitorizar y anotar anomalias	Monitorizar y anotar anomalias
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Camara termografica infrarrojos	Camara termografica infrarrojos	Camara termografica infrarrojos
REPUESTOS				
M:O:D: (Horas)		0.20	0.40	0.10
COSTE REPUESTO (€)				
COSTE M:O:D: (€)		8	16	4
COSTE CPERACION (€)		8	16	4

Plan de mantenimiento de las rectificadoras: cuadro eléctrico

RECTIFICADORAS	Sistema	Cuadro principal	Maniobras	Cableado
CODIGO	RE00100	RE00110	RE00115	RE00105
SECCION	CUADRO ELECTRICO	Electrica	Electrica	Electrica
OPERACION		Verificar conexiones	Verificar funcionamiento	Verificar conexión y aislamiento
INTERVALO INTERVENCION		300	300	300
OBSERVACIONES		Monitorizar y anotar anomalías	Monitorizar y anotar anomalías	Monitorizar y anotar anomalías
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Camara termografica infrarrojos	Camara termografica infrarrojos	Camara termografica infrarrojos
REPUESTOS				
M:O:D: (Horas)		0.20	0.40	0.10
COSTE REPUESTO (€)				
COSTE M:O:D: (€)		8	16	4
COSTE COPERACION (€)		8	16	4

4.4. Mantenimiento de las prensas, plegadora y cortadora:

A continuación desarrollamos la sección de chapistería.

Plan de mantenimiento de prensas y plegadora: sistema mecanico

CHAPISTERIA	Sistema	Engrase guias	Tornillos de potencia	Levas	Herramienta conformado
CODIGO	P00100	P00110	P00120	P00130	P00140
SECCION	MECANICA	Mecanica	Mecanica	Mecanica	Mecanica
OPERACION		Verificar desgastes	Verificar desgastes	Verificar desgastes	Verificar desgastes y roturas
INTERVALO INTERVENCION		48	200	200	48
OBSERVACIONES				Rectificar, si es preciso	Reparar si es preciso
TIPO OPERACION		Preventivo	Preventivo	Preventivo	Preventivo
HERRAMIENTAS		Aceitera AC205	Visual	Visual	Visual
REPUESTOS					
M:O:D: (Horas)		0.60	0.25	0.50	1.00
COSTE REPUESTO (€)		2			
COSTE M:O:D: (€)		24	10	20	40
COSTE COPERACION (€)		26	10	20	40

Plan de mantenimiento de prensas y plegadora: sistema electrico

CHAPISTERIA	Sistema	Cuadro principal	Maniobras	Cableado
CODIGO	P00200	P00210	P00220	P00230
SECCION	ELECTRICO	Electricidad	Electricidad	Electricidad
OPERACION		Verificar conexiones	Verificar conexiones	Verificar conexiones
INTERVALO INTERVENCION		300	300	300
OBSERVACIONES		Monitorizar y anotar anomalias	Monitorizar y anotar anomalias	Monitorizar y anotar anomalias
TIPO OPERACION		Predictivo	Predictivo	Predictivo
HERRAMIENTAS		Camara termografica infrarrojos	Camara termografica infrarrojos	Camara termografica infrarrojos
REPUESTOS				
M:O:D: (Horas)		0.20	0.40	0.10
COSTE REPUESTO (€)				
COSTE M:O:D: (€)		8	16	4
COSTE CPERACION (€)		8	16	4

4.5. Mantenimiento para los equipos de soldadura:

Plan de mantenimiento para los equipos de soldadura: sistema mecanico

	Sistema	Alimentador	Boquilla	Valvulas
CODIGO	ST00100	ST00110	ST00120	ST00130
SECCION	SOLDADURA	Mecanica	Mecanica	Mecanica
OPERACION		Comprobar funcionamiento	Comprobar desgaste y salida uniforme	Comprobar estanqueidad
INTERVALO INTERVENCION		80	80	80
OBSERVACIONES		Comprobar siempre resorte empujador		Estudio de fugas El olfato es un buen medidor
TIPO OPERACION		Preventivo	Preventivo	Preventivo
HERRAMIENTAS		Tensor dinamometrico	Visual	Medidor de gases Tetra II
REPUESTOS				
M:O:D: (Horas)		0.15	0.10	0.20
COSTE REPUESTO (€)				
COSTE M:O:D: (€)		6	4	8
COSTE CPERACION (€)		6	4	8



Figura 28: Detalle de soldadura

4.6. Mantenimiento para los baños de cromado y de cincado:

Tratamientos quimicos de recubrimiento.

Plan de mantenimiento para los baños de cromado y de cincado: sistema electrico

	Sistema	Anodos de plomo	Densidad de corriente	Termoestato
CODIGO	CC00100	CC00110	CC00120	CC00130
SECCION	BAÑOS DE ANODIZADO	Electrico	Electrico	Electrico
OPERACION		Medir y cambiar, si es preciso	Medir y modificar, si es preciso	Comprobar funcionamiento
INTERVALO INTERVENCION		80	80	200
OBSERVACIONES		Minimo 10 veces mas grande que piezas a tratar	De 15 a 50 A/dm ²	De 45°C a 65°C
TIPO OPERACION		Preventivo	Preventivo	Preventivo
HERRAMIENTAS		Visual, pie de rey	Amperimetro	Termometro
REPUESTOS				
M:O:D: (Horas)		0.15	0.15	0.15
COSTE REPUESTO (€)		18		
COSTE M:O:D: (€)		6	6	6
COSTE CPERACION (€)		24	6	6

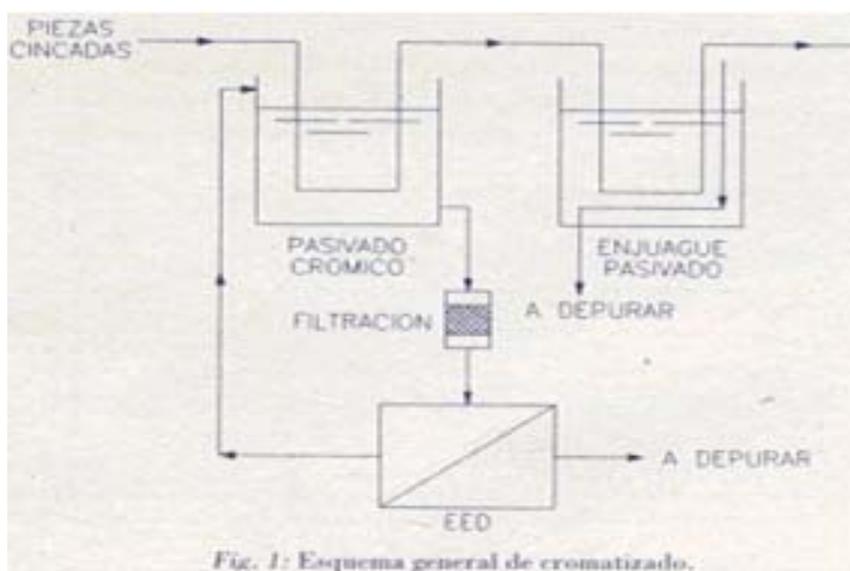


Figura 29: Esquema de los baños

4.7. Mantenimiento cabina de pintura:

Plan de mantenimiento cabina de pintura: sistema mecanico

	Sistema	Sistema de filtrado	Quemador	Horno quemador	Salida de humos y ventilador	Correas y cojinetes
CODIGO	CP00100	CP00110	CP00120	CP00130	CP00140	CP00150
SECCION OPERACION	CABINA DE PINTURA	Mecanica	Mecanica	Mecanica	Mecanica	Mecanica
OPERACION		Limpiar y soplar con aire comprimido los prefiltros	Verificar estado	Verificar estado	Verificar correcto funcionamiento	Verificar estado
INTERVALO INTERVENCION		Despues de cada lote de fabricación	150	700	100	700
OBSERVACIONES		Realizar soplado desde interior hacia fuera	Controlar que soporte la sobrepresión tarada	Analisis de gases	Cambiar filtros del techo, si es preciso	Comprobar tensión de correas
TIPO OPERACION		Preventivo	Preventivo	Preventivo	Preventivo	Preventivo
HERRAMIENTAS		Compresor	Manometro	Envase de recogida de gases	Medidor de gases Tetra II	Tensor dinamometrico
REPUESTOS						
M:O:D: (Horas)		1.50	0.20	0.10	0.25	0.25
COSTE REPUESTO (€)						
COSTE M:O:D: (€)		60	8	4	10	10
COSTE CPERACION (€)	60	8	4	10	10	



Figura 30: Detalle de la cabina de pintura

4.8 Mantenimiento de las naves industriales:

Plan de mantenimiento para los edificios: revision de los puntos enumerados en el libro del edificio.

	Sistema	Carpinteria	Instalaciones electricas	Instalaciones hidraulicas	Telefonia y comunicaci3n
CODIGO	NA00100	NA00110	NA00120	NA00130	NA00140
SECCION	NAVES	Mecanica	Electrica	Mecanica	Electronica
OPERACION		Revisi3n	Revisi3n	Revisi3n	Revisi3n
INTERVALO INTERVENCION		anual	anual	anual	anual
OBSERVACIONES		Anotar en el libro del edificio			
TIPO OPERACION		Preventivo	Preventivo	Preventivo	Preventivo
HERRAMIENTAS					
REPUESTOS					
M:O:D: (Horas)		2.00	2.00	2.00	3.00
COSTE REPUESTO (€)					
COSTE M:O:D: (€)		80	80	80	120
COSTE CPERACION (€)		80	80	80	120



Figura 31: Naves industriales de la fabrica de mecanizado

4.9 Mantenimiento del sistema hidraulico

Control de la contaminación durante los cambios de filtro.

Los contaminantes También pueden entrar en el sistema hidráulico durante los cambios de filtro. La contaminación puede producirse tanto si el cambio de filtro no se realiza correctamente como si no se utiliza el filtro adecuado. A continuación le damos algunos consejos para controlar la contaminación durante los cambios de filtro:

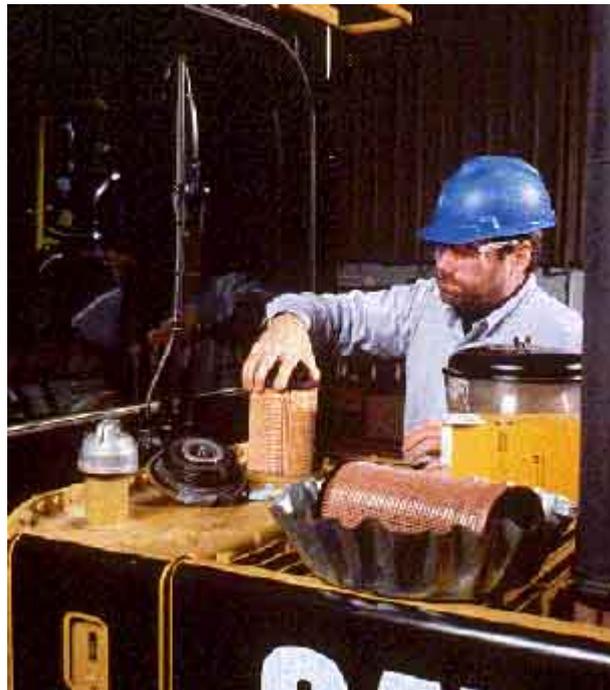


Figura 32: Limpieza manual de filtros

1. Cambiar los filtros regularmente y con cuidado - Los filtros hidráulicos deben cambiarse al menos cada 500 horas. Como los filtros usados contienen contaminantes, es importante quitarlos con cuidado para que los contaminantes no vuelva a entrar en el sistema hidráulico. También es importante conservar los filtros nuevos en su envase original hasta el mismo momento de su utilización. El envase evitará que se contaminen.
2. Después de abrir el sistema utilizar filtros de alto rendimiento - Los filtros de limpieza se utilizan después de una intervención en el sistema hidráulico. Se deben de cambiar a las 250 horas y comprobar su estado interno de contaminación. Si estan muy contaminados se debe de usar de nuevo un filtro de limpieza. si estan limpios se pueden usar los filtros normales. Los filtros de

alto rendimiento llevan un núcleo filtrante ultraeficiente que retiene los contaminantes más pequeños. Solicite este tipo de filtros al distribuidor de su máquina.

3. Utilice el filtro adecuado - Si se utiliza un filtro inadecuado se puede poner en peligro el rendimiento del sistema. La utilización de filtros que no cumplen las especificaciones requeridas puede causar la contaminación del sistema o crear problemas de resistencia al paso de los fluidos que puede llegar a obligar a cambiar los filtros con mayor frecuencia que la recomendada. Para evitar estos problemas, se recomienda utilizar los filtros que cumplen todas las especificaciones del fabricante de su máquina.



Figura 33: Detalle de filtros

4. Control de la contaminación durante el mantenimiento general.

Siempre que el sistema hidráulico esté abierto, para cambiar un filtro o reparar un componente, los contaminantes pueden entrar en él. Para evitar la contaminación y para ahorrar tiempo y dinero siempre debe:

- Abrir el sistema y desmontar los componentes con gran cuidado.
- Mantener las mangueras tapadas y enchufadas.
- Conservar los repuestos en su envase original hasta el momento de su instalación.

Solamente con la planificación y realización de actividades de mantenimiento de rutina se podrían evitar muchos problemas del sistema hidráulico. La prevención empieza con el conocimiento del daño causado por la contaminación.

La contaminación es el enemigo número uno de los sistemas hidráulicos. Cuando los contaminantes entran en el sistema:

- Reducen su eficiencia - Las pérdidas de eficiencia son difíciles de detectar pudiendo afectar significativamente la productividad antes de que el palista se de cuenta.
- Aceleran el desgaste de los componentes - La mayor parte de las averías de las bombas, motores, válvulas y cilindros son debidas a la contaminación.

Los efectos de la contaminación son, frecuentemente, difíciles de detectar porque las pérdidas de eficiencia se van produciendo lentamente a lo largo del tiempo. Por ejemplo si la pérdida llega a ser del 20% antes de que usted note la diferencia, aunque su máquina haya trabajado cinco días su productividad habrá sido de solo cuatro. Esta pérdida "invisible" puede llegar a tener un impacto enorme en sus costes de operación.



Figura 34: Detalle de una bomba hidraulica.

4.10 Mantenimiento Sistemas Electronicos

El mantenimiento de los sistemas electronicos se subcontrata y los requerimientos exigidos son los siguientes:

1.-FIABILIDAD. Fiabilidad y tasa de fallos. Tiempo medio entre fallos. Mantenibilidad. Sistemas serie y paralelo.

2.-PARTICIONAMIENTO DE CIRCUITOS. Particionamiento funcional. Particionamiento físico.

3.-MODELOS DE DEFECTOS. Tipos de defectos. Fallos de anclaje. Fallos de corto y de abierto. Equivalencia de fallos. Fallos paramétricas y transitorias.

4.-TEST DETERMINISTA EN CIRCUITOS COMBINACIONALES. Sensibilización de un camino. Algoritmo D. Algoritmo Podem. Diferencias booleanas.

5.-TEST DETERMINISTA EN CIRCUITOS SECUENCIALES. Métodos basados en tablas de estados: diseño de experimentos para la detección de fallos. Métodos a nivel de puertas. Faltas en RAMs. Test de RAMs.

6.-TEST ALEATORIO. Probabilidad de detección de fallos con secuencias aleatorias. Calculo de las longitudes de las secuencias.

7.-REGISTROS DE DESPLAZAMIENTO LINEALES REALIMENTADOS (LFSRs). Generación de secuencias pseudoaleatorias con LFSRs. Generación determinista de patrones de test con LFSRs.

8.-COMPRESIÓN DE LAS RESPUESTAS. Cuenta de transiciones. Síndrome. Número impar de unos. Análisis de signatura. Compresión espacio-temporal.

9.-DISEÑO PARA TESTEABILIDAD. Diseño de circuitos combinacionales testeables: desarrollo de Reed-Muller; lógica de control. Diseño Scan con datos multiplexados. Diseño LSSD. Diseño Boundary Scan. Autotest integrado (diseño BIST): estructuras BILBO. Test de PLAs. Test de microprocesadores.

10.-DISEÑO TOLERANTE A FALLOS. Redundancia estática. Redundancia dinámica. Redundancia híbrida. Redundancia autodepuradora. Redundancia modular con eliminación. Redundancia temporal. Tolerancia a fallos en RAMs.

Para dicho mantenimiento se destinan 10000€ al año. En este dinero no esta incluido el precio de los recambios.

La empresa subcontratada realiza el mantenimiento electronico una vez al mes, o lo que es lo mismo, doce veces al año.

5.PLAN MAESTRO DE LOS **OFICIALES DE** **MANTENIMIENTO**

5.1 Objetivos

Nuestro objetivo es diseñar un plan de trabajo de los dos operarios dedicados al mantenimiento, que sea lo suficientemente flexible como para poder realizar las tareas de mantenimiento correctivo, sin abandonar las tareas del mantenimiento preventivo y predictivo.

- Maquinas de arranque de viruta. Tenemos 25 maquinas herramientas de arranque de viruta, mas cuatro rectificadoras; que tienen mantenimiento cruzado todas ellas.
- Conformado por deformación. contamos con 2 prensas, con una plegadora y una cortadora, también con mantenimiento cruzado.
- Tratamientos quimicos y termicos. Tenemos 2 baños de tratamiento quimico y un horno de tratamiento termico.
- Contamos con tres equipos de soldadura.
- Contamos con un tren de pintura y secado.
- Tenemos servicio de refrigerante centralizado para todas las maquinas.
- Montaje y almacén.
- Contamos con un equipo autógeno eléctrico.
- Mantenemos toda la instalación eléctrica, asi como también la instalación de fontanería.
- También se hace mantenimiento de los edificios y de la carpintería de estos.

En total lo dividimos en 12 centros de coste:

1. Tornos CNC (14 maquinas)
2. Centros de mecanizado (9 centros)
3. Rectificadoras (4 maquinas)
4. Prensas, plegadora y cortadora (4 elementos)
5. Montaje y almacén (27 maquinas de montage + Carretilla mecanica + estanterías)
6. Tratamientos quimicos (2 baños)
7. Horno de cementación
8. Tren de pintura
9. Soldadura (3 equipos)
10. Mantenimiento de naves y equipo autógeno {carpintería + instalación eléctrica + fontanería + mantenimiento del edificio + equipo autógeno + Refrigeración centralizada (bomba impulsora + canalización + filtros + centrifugado)}
11. Reparación
12. Monitorizado

Para hacer el plan Maestro de los oficiales de Mantenimiento, hacemos una previsión.

Para hacer la previsión, partimos de datos históricos de tiempos de intervención en cada centro de costo del año anterior.

Tabla de datos históricos:

	€/hora	horas	€ totales	% tiempo
Tornos CNC	30	536	16080	21.33
Centros CNC	37	317	11729	12.61
Rectificadoras	50	37	1850	1.47
P&P&C	24	471	11304	18.75
Montage	20	174	3480	6.92
T. Químicos	20	189	3780	7.52
Horno cemen.	55	21	1155	0.83
T. Pintura	25	654	16350	26.03
Soldadura	28	89	2492	3.54
Naves&A&RC	155	24	3720	1

P&P&C = prensas + plegadora + cortadora

Naves&A&RC = naves + equipo autógeno + refrigeración centralizada

5.2 Plan de trabajo semanal de los oficiales de Mantenimiento

Para hacer un plan de trabajo de los oficiales de Mantenimiento, hemos hecho una previsión, basada en datos históricos.

Distribuyendo el tiempo de los oficiales del Mantenimiento en la misma relación de horas ocupadas, que el año anterior, nos sale el siguiente plan semanal:

	1		2		3		4		5	
	Mecanico	Electrico								
Tornos CNC	1.4	1.6	1.5	1.7	1.5	1.6	1.4	1.6	1.5	1.7
Centros CNC	0.8	1	0.9	1.1	0.9	1.1	0.8	1	0.9	1.1
Rectificadoras	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2
P&P&C	0.5		0.5		0.6		0.5		0.5	
Montage	1	1	0.8	1.1	1	1.1	1	1	0.8	1.1
T. Químicos		0.5		0.6		0.5		0.5		0.6
Horno Cemen.	0.2		0.1		0.15		0.2		0.1	
T. Pintura	1.1	1	1	0.8	0.95	1.1	1.1	1	1	0.8
Soldadura	0.4	0.6	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	0.3	0.5
Naves&A&RC	0.4	0.6	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4	0.6	0.4	0.3
Reparación	1.35	1	1.2	1	1.3	0.9	1.35	1	1.2	1
Monitorizado	0.75	0.5	1	0.7	0.8	0.8	0.75	0.5	1	0.7

El tiempo esta expresado en horas centesimales (1 hora = 100 minutos centesimales), la semana es de 5 días laborables y 8 horas por día.

Solo disponemos de dos oficiales, uno mecánico y otro eléctrico. Las cargas de trabajo se han distribuido conforme al plan de mantenimiento del **apartado 4** y a los tiempos que debemos dedicar a cada maquina.

Los tiempos de reparación, se han distribuido conforme al historico de años anteriores.

Este plan de trabajo es lo suficientemente flexible como para utilizar todo el tiempo necesario para reparar lo urgente sin desatender el mantenimiento preventivo ni el predictivo. Esto es asi porque las horas de reparación (mantenimiento correctivo) las podemos concentrar en el día que se necesite y distribuir el mantenimiento no correctivo entre las horas asignadas semanalmente al correctivo.

El plan maestro debe de refrescarse todos los días, incluso cada ciertas horas, si fuera necesario.



Figura 35: Un operario ralizando su trabajo

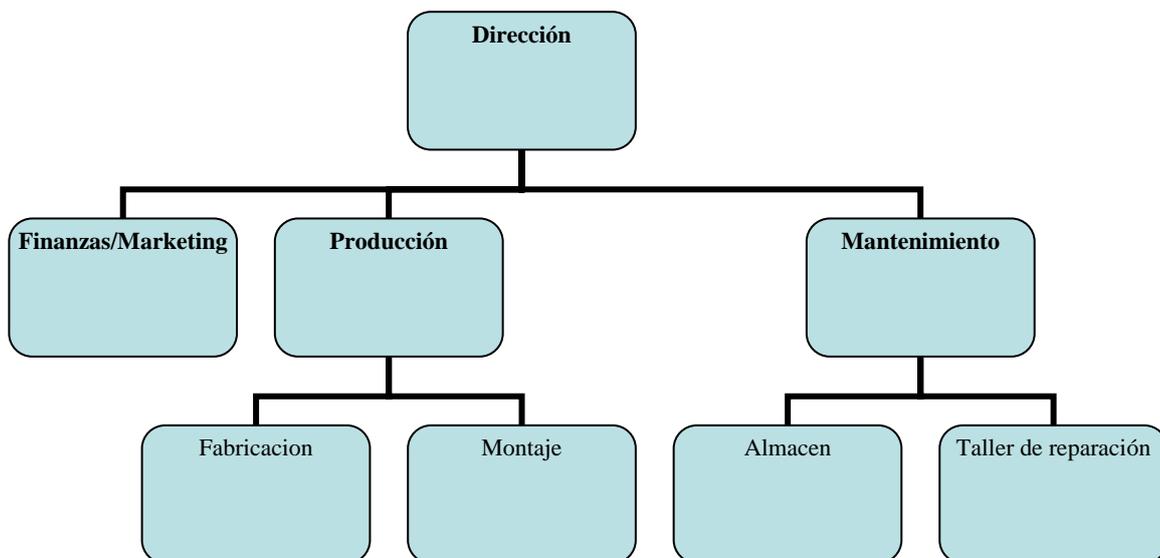
6.RECURSOS HUMANOS

6.1 Recursos humanos

Hay dos subdepartamentos claramente diferenciados dentro de los recursos humanos: la parte del departamento que se ocupa de las cuestiones administrativas y legales de todo lo referente al personal y la parte dedicada a la selección, desarrollo y formación de los recursos humanos.

Aunque ambas se ocupen del personal lo hacen desde ópticas tan distintas que es difícil pensar en un mismo responsable para ambas áreas. Mientras que el perfil ideal para el responsable de la primera es una persona con formación económica y legal, el segundo entra claramente en el ámbito de la psicología y sociología.

Organigrama de la empresa



Hay dos tipos de empresa de mantenimiento: las que consideran al personal como un elemento valioso, como un tesoro que hay que cuidar y mimar, y las que consideran al personal como un mal necesario, incomodo y peligroso. Evidentemente las primeras daran prioridad al departamento de desarrollo de las personas en la empresa, mientras que el segundo dará prioridad a los aspectos legales y administrativos.

6.2. Administración de personal, selección y formación

Administración de personal:

Las responsabilidades de esta sección son en general las siguientes:

- Preparación de nominas
- Compuo de periodos vacacionales, periodos laborales
- Concesión de permisos retribuidos, no retribuidos y excedencias
- Preparación de calendarios laborales
- Negociación de convenios colectivos
- Ejecución de despidos, sanciones y otras medidas disciplinarias
- Representante de la empresa en juicios promovidos por la empresa contra trabajadores o viceversa

Selección y formación:

Entre sus responsabilidades están las siguientes:

- Reclutamiento de personal
- Selección de personal
- Ayuda en la integración del nuevo personal
- Centralización de quejas, peticiones y sugerencias del personal
- Realización de entrevistas de salida
- Análisis de clima laboral
- Organización de la formación: identificación de necesidades, preparación y organización de acciones formativas y su seguimiento.

6.3. Definición de puestos de trabajo

Puestos indirectos

Director de mantenimiento, sus responsabilidades son:

- Asegurar que se cumplan los objetivos estrategicos de la empresa, en el área del mantenimiento
- Elaborar el presupuesto de mantenimiento
- Definir las politicas generales del departamento, de acuerdo a los objetivos estratégicos de la empresa

El perfil de este puesto es para un Ingeniero Tecnico con formación economica, experiencia y formación en TPM.

Responsable oficina tecnica de mantenimiento, su misión es:

- Plantear el trabajo desde el punto de vista técnico. Estudia la planta, cada equipo que la compone, analizando su criticidad y el modelo de mantenimiento más adecuado.

- Elabora el plan de mantenimiento y la lista de repuestos mínimos
- Realiza los informes periodicos del mantenimiento
- Elabora las propuestas de mejora

El perfil de este puesto es para un Ingeniero Tecnico con formación en TPM. No se requiere experiencia.

Jefe de mantenimiento, sus funciones son:

- Gestionar el mantenimiento desde el punto de vista técnico
- Asignar los recursos necesarios para la realización de la tarea
- Resuelve los problemas que surgen en la realización de los trabajos. Es la persona a la que consultan los operarios cuando tienen un problema
- Comprueba que las programaciones se cumplen, resolviendo las desviaciones que puedan aparecer
- Se implica personalmente en las emergencias que se puedan presentar en la planta
- Se ocupa del día a día de la planta

El perfil de este puesto es de un técnico (ingeniero o con formación secundaria en el área técnica)

Encargado – jefe de equipo, sus funciones son:

- Ocuparse de que el personal rinda adecuadamente
- Solucionar los problemas técnicos del día a día
- Proporcionar al personal los materiales y medios técnicos que precise

El perfil de este puesto de trabajo es una persona con experiencia, con dotes de mando (liderazgo) y con capacidad de organización.

Planificador, es el responsable de planificar el mantenimiento programado de acuerdo a las tareas indicadas en el Plan de Mantenimiento y a las indicaciones del Responsable de la oficina técnica del mantenimiento.

El perfil es una persona que conoce bien las técnicas de programación, ya sea de forma manual o con la ayuda de herramientas informáticas.

Preparador, siguiendo las indicaciones del jefe de mantenimiento, con la programación preparada por el planificador, es el responsable de preparar las herramientas específicas, los materiales y la documentación que necesitara el operario de mantenimiento.

El perfil es el de una persona organizada, que conoce los materiales y repuestos de

la planta y que sepa donde se localiza la documentación que se necesita (planos, instrucciones técnicas, procedimientos, permisos, etc), suele salir por promoción interna de la planta.

Verificador, su responsabilidad es verificar las piezas de repuesto para garantizar que son las adecuadas para cada caso.

Su perfil es el de un técnico con buen conocimiento de las técnicas de metrología y pruebas de ensayo de algunos materiales (resistencia, dureza, planitud, etc)

Analista de averías, es responsable de estudiar cada una de las averías, incidentes, funcionamientos anómalos que se puedan producir. Debe de identificar las causas que lo produjeron y como se evita en el futuro. Debe de realizar propuestas que pueden ser incluidas en el plan de mantenimiento.

Su perfil es el de una persona con mentalidad analítica y con mucha experiencia. Debe de manejar adecuadamente herramientas informáticas.

Jefe de taller, es el responsable de que el personal alcance el rendimiento óptimo, también se responsabiliza del orden y limpieza del taller.

Su perfil es el de una persona organizada, con dotes de mando y buen conocedor del trabajo de taller

Técnico de seguridad, su cometido es evaluar y minimizar los riesgos de accidente. Redactar el plan de seguridad y vigilar que el trabajo se realice en condiciones de seguridad debida.

Su perfil es el de un técnico en prevención de riesgos laborales, generalmente titulado universitario. Debe de ser estricto, no permitiendo que se trabaje en condiciones no deseadas.

Administrativo, grabador de datos, es la persona encargada de introducir los datos en el sistema, además de realizar las labores rutinarias propias del personal de oficina.

El perfil es el de un administrativo que conozca las herramientas informáticas.

Responsable de almacén de repuesto, depósito de herramientas, debe de gestionar un sistema que permita localizar fácilmente lo que se necesita. También debe de llevar el control de stock y comunicarlo a compras a partir de unas condiciones dadas. Como responsable del depósito de herramientas debe cuidar que no se extravíe, debe exigir a los operarios que se les asigna la herramienta, que cuiden de ella. Debe llevar al día el plan de calibración.

El perfil es un operario ordenado, buen conocedor de trabajos que se realizan y con amplia experiencia.

Puestos directos

Son los directamente relacionados con la actividad a mantener. Su salario contempla la realización de un número de horas anuales.

Mecánico ajustador, componen el grueso del personal de mantenimiento. Su misión es el desmontaje, reparación, sustitución montaje y ajuste de los elementos mecánicos de un equipo o instalación.

Su perfil es de una persona con formación secundaria en mecánica y con experiencia acorde con su categoría (oficial de 1ª, de 2ª, etc)

Electricista baja tensión, se ocupa de la parte eléctrica de los equipos e instalaciones. Trabaja en tensiones entre 380 y 24 voltios. Sus responsabilidades son las siguientes:

- Conexión-desconexión de elementos, equipos, etc
- Reparación iluminación
- Comprobaciones y reparaciones en cuadros de mandos
- Verificaciones de equipos (aislamientos, derivaciones, disparos de mecanismos eléctricos de protección, comprobaciones de cableado, etc)

Su perfil es una persona con formación secundaria en electricidad y con experiencia.

Electrónico, es el encargado de la parte electrónica de los equipos. Su actividad está relacionada con los PLC's, tarjetas de control, cuadros de mandos, sensores de los diversos equipos y actuadores conectados a los PLC's. También debe conocer los aparatos de medida (medidores de presión, sensores de temperatura, analizadores, de humedad, de caudal, etc)

Su perfil es el de una persona con buena formación secundaria en electrónica, también requiere experiencia.

Hidraulista-engrasador, es el encargado de los sistemas oleohidraulicos de la empresa, del plan de lubricación, comprobacion de fugas, relleno de depositos, etc)

Su perfil es el de una persona con formación secundaria, con capacidad de trabajar en equipo, ordenado.

Matricero-herramentista, es el encargado del mantenimiento de los moldes, asi como de las herramientas con diseño especial.

Su perfil es el de un buen fresador-ajustador, con conocimientos suficientes para trabajar sobre plano. Experiencia minima 3 años.

6.4. Organigrama del mantenimiento

Trata de cómo se organiza la plantilla de mantenimiento, cual es su estructura jerárquica.

En nuestro caso, al ser una empresa menor de 50 empleados, muchos puestos de los descritos, se funden entre si y una persona realiza varias funciones.

Estaría constituido por un jefe de mantenimiento, como responsable máximo del departamento. De él depende el personal directo, agrupado en dos categorías: oficiales y ayudantes.

La relación con el departamento de calidad, almacen, seguridad, etc es la de recibir apoyo de ellos, pero sin dependencia directa.

También gestionaría la subcontratación de los sistemas electronicos, tanto de maquinas como de sistemas informaticos, pues la problemática es muy similar en un control numerico que en un ordenador.

La relacion con el departamento de producción debe de ser muy estrecha, pues esta es la clave del éxito de la empresa. Con otros departamentos, también existe relación, pero no es tal vital para la empresa.

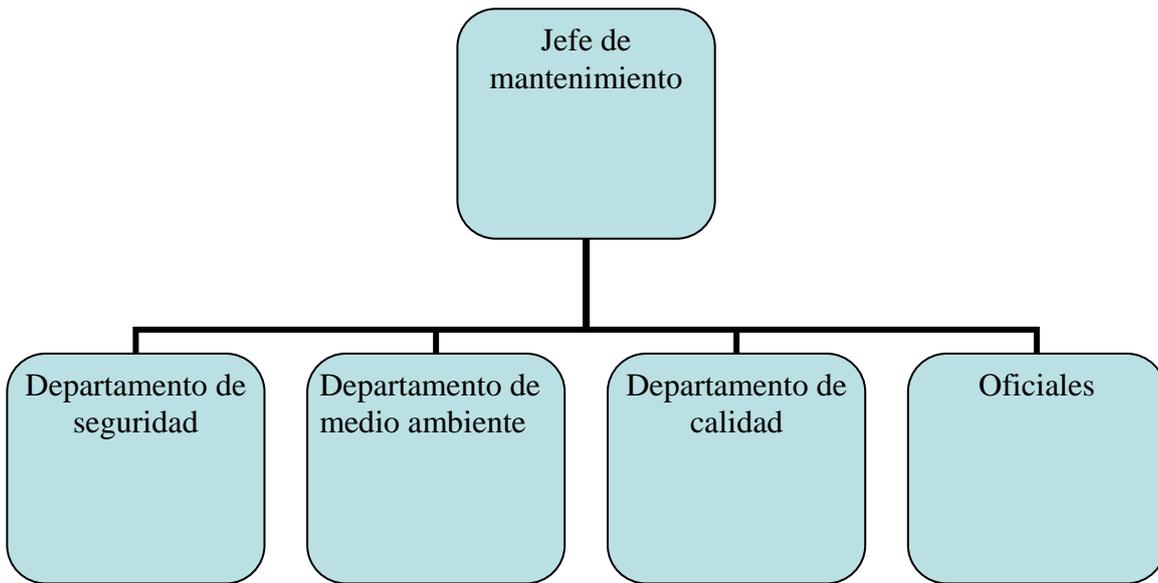


Figura 36: Organigrama de Mantenimiento

ESPECIALIDADES DE MANTENIMIENTO	
ESPECIALIDAD	SUBESPECIALIDAD
MECÁNICA	<i>Montador</i>
	<i>Ajustador</i>
	<i>Soldador</i>
	<i>Tubero</i>
	<i>Matricero</i>
	<i>Calderero</i>
	<i>Especialista Hidráulico</i>
	<i>Especialista neumático</i>
	<i>Tornero</i>
	<i>Fresador</i>
ELECTRICIDAD	<i>Electricista Media-Alta tensión</i>
	<i>Electricista Baja Tensión</i>
ELECTRÓNICA	<i>Electrónico</i>
	<i>Instrumentista electrónico</i>
	<i>Instrumentista neumático</i>

Figura 37: Funciones requeridas al personal de mantenimiento

7 Sistema de gestión de la información

7.1 Diseño de documentación escrita

Un plan de mantenimiento no es algo estatico, si no que esta vivo y por tanto sujeto a modificaciones.

La documentación que genera el plan de mantenimiento nos debe facilitar el control y la mejora constante en nuestra tarea.

Las ordenes de trabajo son generadas por el jefe de mantenimiento, y hay cuatro tipos de orden:

1. Orden normal
2. Orden compuesta o cruzada
3. Orden de pequeños trabajos
4. Orden permanente

La “orden normal” es de trabajo ya programado en el que solo interviene un operario.

La “orden compuesta o cruzada” es de trabajo programado, pero intervienen más de un operario.

La “orden de pequeños trabajos” necesita material del almacen, para sustituir a los dañados.

La “orden permanente” es la que surge del monitorizado continuo, y es la que modifica las ordenes anteriores, en mejora continua.

Tambien se genera la documentación necesaria para gestionar el almacen

ORDEN DE TRABAJO CORRECTIVO			
Estado: 3 Terminado archivable		Prioridad OT: 0 prioridad muy alta	nº: 6780961
Intervención: Cambiar alargador telescópico.		OT Padre:	
Tipo intervención: 10 Reparación taller		Clase: 06 Cambio pieza	
Emplazamiento: TALLER FABRICACIÓN MONTAJE		Ubicación:	CD. Gastos: AH0357
Nivel	Design.	Máquina	SIMON
GRUPO DE COMUNT.			
CONJUNTO	Maquina E44LA22-116 (R100226385)	002028	1174726
SUB-CONJUNTO			
PT: FA08_M_A--_MTE_VIS-_PRO-_6744			
COM FUNC Proceso: MANTENIMIENTO			
FUNC Proceso: MANTENIMIENTO MAQUINAS ATORNILLADORAS			
SIM FUNC Proceso: MANTO. MAQUINAS ATORNILLADORAS (PTT)			
OP Proceso: MAQUINAS ATORNILLADORAS UET 357-44145			
Supervisor: MPT M/Mantº PTT		Fecha prevista: 02/09/10	Semana: 35
Creado el: 02/09/10 08h32		Por: 8000182 FERNANDEZ-ECHABURU Gaizka	Te: 18864
INFO1:	INFO2:	INFO3:	
Especialidad prevista			
MEM M/ELECTROMECHANICO - MONTAJE			
ES OBLIGATORIO EL ESTRICTO CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE RENAULT RELATIVAS A SEGURIDAD E HIGIENE LABORAL Y MEDIO AMBIENTE			
<u>ACCION</u>			
10 Cambiar alargador telescópico.			
<u>LISTA DE ARTICULOS AFECTADOS</u>			
Artículo:	Qte:	Op:	
D623108111	0	10	TELESCOPICO RETRACTIL ATORNILLADO MULTIP
<u>COMENTARIOS</u>			
<u>INFORME HORAS REALIZADAS</u>			
IPN	Nombre	Fecha de trabajo	Horas realizadas
8000182	FERNANDEZ ECHABURU, GAIZKA	13/08/10	1 h 30
<u>INFORME GENERAL</u>			
Fecha inicio: 13/08/10	Fecha fin: 13/08/10	Nº Horas realizadas: 1 h 30	
Tmp parada: 0 h 00	Pérdida prod:	OT Padre:	
Causa: C4 DEGRADACION NATURAL	Defecto: D6 ROTURA		
Documento gestionado: Pagina 1 / 2 Impreso el 13/09/2010 a las 08h10			

ORDEN DE TRABAJO CORRECTIVO					
Estado: 3 Terminado archivable		Prioridad OT: 0 prioridad muy alta		nº: 6780961	
<u>INFORME INTERVINIENTES</u>					
IPN	Nombre	Fecha de trabajo	Horas realizadas	Firma operario	Firma supervisor
Comentarios:					

Figura 38: Ejemplo de una orden de trabajo correctiva

ORDEN DE TRABAJO PREVENTIVA																											
Estado: 3 Terminado archivable		Prioridad OT: 3 no prioritario																									
Intervención : 3M81002EMA ELECTROMECHANICAS ANUAL			n°: 6695475																								
Tipo intervención : 03 Preventivo sistemático MP			SF3M8100/01 Clase:																								
Emplazamiento: TALLER FABRICACIÓN MONTAJE		Ubicación :	CD. Gastos: AH0357																								
Nivel	Design.	Máquina	SM/ON																								
GRUPO DE COMUNT. CONJUNTO	Maquina ETV87-60-10CTA (R100040841)	000468	1318510																								
SUB-CONJUNTO																											
PT: FA09_M_A--MTE_VIS--PRO--5742																											
COM/ FUNC PROceso: MANTENIMIENTO																											
FUNC PROceso: MANTENIMIENTO MAQUINAS ATORNILLADORAS																											
SUB FUNC PROceso: MANTO. MAQUINAS ATORNILLADORAS (PTT)																											
OP PROceso: MAQUINAS ATORNILLADORAS UET 357-42/43																											
Supervisor: MPT M/Mantº PTT		Fecha prevista : 20/09/10	Semana: 38																								
Creado el: 08/08/10 02h57		Plan de mantenimiento n°: 281471																									
INFO1 :	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td rowspan="3">Leyenda informe</td> <td>Realizado, sin constatación de anomalía</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td rowspan="3">Leyenda de estados de máquina</td> <td>Parado sin tensión</td> <td>AHT</td> </tr> <tr> <td>Realizado, anomalía constatada</td> <td style="text-align: center;">O</td> <td>Parado con tensión</td> <td>AST</td> </tr> <tr> <td>Anomalía corregida</td> <td style="text-align: center;">⊗</td> <td>En marcha en producción</td> <td>HEP</td> </tr> <tr> <td>INFO2 :</td> <td></td> <td></td> <td>En marcha sin producción</td> <td>HEP</td> </tr> <tr> <td>INFO3 :</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Leyenda informe	Realizado, sin constatación de anomalía	X	Leyenda de estados de máquina	Parado sin tensión	AHT	Realizado, anomalía constatada	O	Parado con tensión	AST	Anomalía corregida	⊗	En marcha en producción	HEP	INFO2 :			En marcha sin producción	HEP	INFO3 :						
Leyenda informe			Realizado, sin constatación de anomalía	X		Leyenda de estados de máquina	Parado sin tensión	AHT																			
			Realizado, anomalía constatada	O			Parado con tensión	AST																			
	Anomalía corregida	⊗	En marcha en producción	HEP																							
INFO2 :			En marcha sin producción	HEP																							
INFO3 :																											
Especialidad prevista MMC MMECANICO - MONTAJE																											
ES OBLIGATORIO EL ESTRICTO CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE RENAULT RELATIVAS A SEGURIDAD E HIGIENE LABORAL Y MEDIO AMBIENTE																											
<u>ACCION</u>																											
SUB-CONJUNTO / Elemento			Estado Informe																								
OP	Estado	Valores límite	Periodicidad																								
ATORNILLADOR / MOTOR/MECANICA																											
10	AHT	A1	<input type="checkbox"/>																								
REVISAR MOTOR ELECTRICO, CONEXIONES Y FUNCIONAMIENTO																											
20	AHT	A1	<input type="checkbox"/>																								
REVISAR EJE EXTRIADO SALIDA MOTOR Y MACHON ACOPLAMIENTO																											
30	AHT	A1	<input type="checkbox"/>																								
VERIFICAR FUNCIONAMIENTO CONTROLADOR DE PAR																											
40	AHT	A1	<input type="checkbox"/>																								
VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DEL ENCODER																											
ATORNILLADOR / UNIDAD DE ENGRANAJES																											
50	AHT	A1	<input type="checkbox"/>																								
REV.PLANETARIOS, PINONES, EJES, RODAM. Y COJINETES DE AGUJAS																											
60	AHT	A1	<input type="checkbox"/>																								
REVISAR MONTURAS HEMBRA DE 1ºY2º REDUCCION DE PLANETARIOS																											
Documento no gestionado. Pagina 1 / 2 Impreso el 13/10/2010 a las 08h16																											

Figura 39: Ejemplo de orden de trabajo preventiva

ORDEN DE TRABAJO PREDICTIVO

Estado: 3 Terminado archivable

Prioridad OT: 3 no prioritario

n°: 6694972

70	AHT	24	<input type="checkbox"/>
REVISAR ESTADO DE LAS GARRAS Y PROTECCIONES RILSANIZADO			
80	AHT	24	<input type="checkbox"/>
REVISAR ROTULA DE UNION ENTREBRAZO ENOCOY GARRA.LUBRICAR			

ELEMENTOS UTIL / PARALELOGRAMO EQUIL

90	AHT	24	<input type="checkbox"/>
REVIS CARRO KBK1 EJES SUSTENTACION AL SOPORTE CORONA ROLIS			
100	AHT	24	<input type="checkbox"/>
REVISAR CARRIL KBK1 Y TIRANTEDE ARRIOSTRAMIENTO			
110	AHT	24	<input type="checkbox"/>
REVISAR CILINDRO NEUM DE INGRAVIDED,RACORES Y CANALIZACIONES			
120	AHT	24	<input type="checkbox"/>
REVISAR HORQUILA DE COESSIONENTRE BASTAGO Y PARALELOGRAMO			
130	AHT	24	<input type="checkbox"/>
REVISAR VALVULAS DE MANDO Y CAJA DE INGRABIDEZ NMC640			

LISTA DE HERRAMIENTAS

HERRAMIENTAS:	Op:
LLAVES/DESTORN.	10
	20
	30
	40
	50
	60
	70
	80
	90
	100
	110
	120
	130

COMENTARIOS**INFORME HORAS REALIZADAS**

IPN	Nombre	Fecha de trabajo	Horas realizadas
S210354	BRAVO SIMON, MAURILIO	05/10/10	0 h 35
S212530	PEREZ LOPEZ, RUFINO	05/10/10	0 h 35

INFORME GENERAL

Fecha inicio: 05/10/10

Fecha fin: 05/10/10

N° Horas realizadas: 1 h 10

Timp parada: 0 h 00

Pérdida prod: 0.00

OT Padre:

Figura 40: Ejemplo de orden de trabajo predictivo.

7.2 Sistema de gestión informatizado

7.2.1 Justificación de la necesidad de un GMAO

La tendencia general de los departamentos de mantenimiento en las industrias es hacia la informatización. Esta informatización, no obstante, presenta ventajas e inconvenientes, que hacen que sea necesario analizar cuando es interesante esta informatización y cuando la herramienta informática se convierte en un obstáculo que ralentiza y encarece la función de mantenimiento.

Entre las ventajas más sobresalientes de un sistema informático están las siguientes:

- Control sobre la actividad del mantenimiento
- Control sobre el gasto
- Facilidad para la consulta de históricos
- Facilidad para la obtención de ratios e indicadores

Entre los inconvenientes, están de forma clara:

- Alta inversión inicial, tanto en equipos como en programas, como en mano de obra para su implantación
- Burocratización del sistema
- En muchos casos, aumento del personal indirecto dedicado a tareas improductivas
- La información facilitada, a veces no es fiable.

Algo que se olvida a menudo cuando se estudia la implantación de un programa informático de gestión de mantenimiento es que este programa no se ocupa del mantenimiento de la empresa.

El sistema informático es tan solo una herramienta, que en algunos casos puede convertirse en un obstáculo. Como todo sistema de gestión de información, su función es, exclusivamente tratar los datos que se introducen para convertirlos en información útil para la toma de decisiones.

En un entorno de poco personal y pocas ordenes es interesante desarrollar un sistema informático no muy complejo y manejable por todos los involucrados. En este caso es aconsejable utilizar algún sistema de libre uso (sin costes por los derechos de utilizar el programa).

7.2.2. Objetivos que se desean con un GMAO

Los objetivos principales que deben buscarse en la implantación de un programa informático de mantenimiento son dos y solo dos:

- Ahorrar dinero
- Poder disponer de información de manera rápida que ayude a los responsables del mantenimiento y de producción a tomar decisiones.

Para conseguir ahorrar dinero, se debe:

1. No aumentar la carga de trabajo indirecto no productivo
2. Conseguir un sistema agil para abrir y cerrar órdenes de trabajo
3. Conocer en todo momento el stock del material de que se dispone
4. Poder agilizar al máximo la reparación de un equipo (disminuyendo el tiempo de intervención al disponer inmediatamente del procedimiento de trabajo y de un diagnóstico de averías).
5. Generar la menor cantidad posible de papel.

La mejora de la disposición de información:

1. Planificación del mantenimiento. Todas las órdenes de trabajo periódicas deben generarse, además, automáticamente. Debe ser posible consultar la carga de trabajo programado en un periodo determinado
2. Histórico de averías de todos los equipos. Este histórico debe estar dividido por sistemas, áreas, equipos individuales, etc.
3. Órdenes de trabajo pendientes, tanto de mantenimiento correctivo como de mantenimiento programado.
4. Medida de diferentes indicadores de gestión.
5. Stock de repuestos
6. Valor del stock de repuesto.
7. Pedidos de material pendiente de recibir.
8. Coste total de mantenimiento, que incluya mano de obra, materiales y reparaciones efectuadas por empresas exteriores.
9. Coste de una orden de trabajo.
10. Coste de mantenimiento de un equipo, en un periodo concreto
11. Repuesto consumido en una O.T.
12. Trabajos realizados por cada operario en un periodo de tiempo determinado.
13. Trabajos realizados por un equipo de operarios determinados (por ejemplo por turnos, sección mecánica, eléctrica, etc).

7.2.3 Errores habituales al implantar un GMAO

- Coste del sistema mucho mayor de lo esperado.
- Aumento del personal indirecto
- Aumento del volumen de información en soporte papel.
- El sistema proporciona datos, pero no información.
- La información no es fiable.

7.2.4 Proceso de implantación

Las etapas de un proceso de implantación son:

- Codificación de los equipos
- Introducción de los equipos en el sistema.
- Introducción del personal en el sistema.
- Codificación de tareas.
- Introducción de las tareas en el sistema.
- Codificación del repuesto.
- Introducción del inventario de repuesto en el sistema.
- Definición del plan de mantenimiento programado. Es la parte que debe ser anterior a la puesta en marcha del GMAO.
- Introducción del plan en el sistema.
- Definición de determinadas formas de funcionamiento:
 - Apertura y cierre de órdenes de trabajo
 - Entradas y salidas de almacén
 - Gestión de compras
- Creación de documentos personalizados:
 - Orden de trabajo
 - Formato de gama de mantenimiento programado
 - Formato de informe de intervención
 - Formato de propuesta de mejora
- Diseño de informes que debe generar el sistema.

La lista de tareas que es conveniente preparar en paralelo a la implantación del programa para que estén listos en el momento preciso en que se necesiten sea la siguiente:

- Definir el plan de mantenimiento preventivo
- Tener inventario del repuesto
- Lista del personal y su organigrama
- Tener el flujo de una orden de trabajo

- Definir el sistema de entradas y salidas del almacén
- Definir el sistema a seguir para realizar las compras
- Definir los informes que se necesitarán.



Figura 41: Pantallazo de un GMAO



Figura 42: Esquema de las interrelaciones del GMAO

8. Implantación del mantenimiento

8.1 Fases

El plan de mantenimiento consta de varias fases:

Fase 1: listado y codificación de equipos

Fase 2: listado de funciones y sus especificaciones

Fase 3: determinación de fallos funcionales y fallos técnicos

Fase 4: determinación del modo de fallo

Fase 5: estudio de las consecuencias de los fallos. Criticidad

Fase 6: determinación de las medidas preventivas

Fase 7: agrupación de las medidas preventivas

Fase 8: puesta en marcha de las medidas preventivas

Este plan está íntimamente ligado a la formación del personal de mantenimiento, así como a un sistema de gestión asistido por ordenador

Estas fases las implantaremos planta a planta, dentro de la planta área a área, dentro de las áreas equipo a equipo, dentro del equipo sistema a sistema, dentro del sistema elemento a elemento y dentro del elemento el componente:

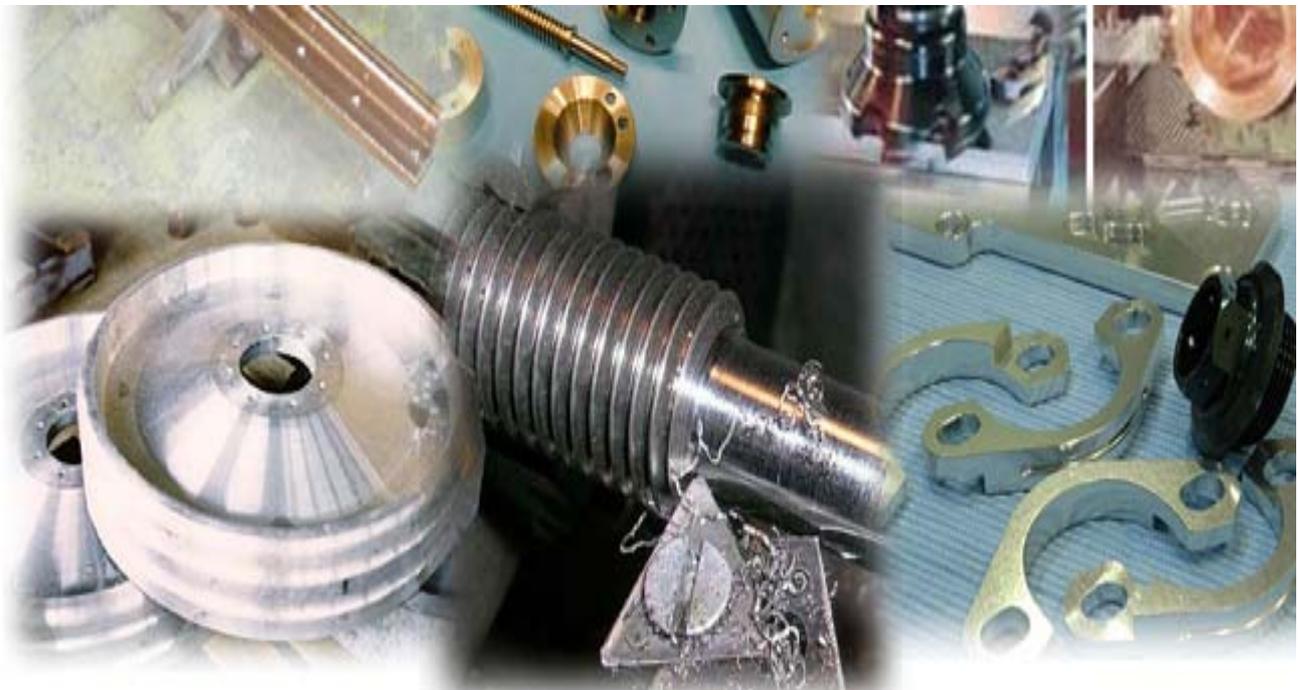


Figura 43: Detalle de piezas fabricadas en nuestras instalaciones

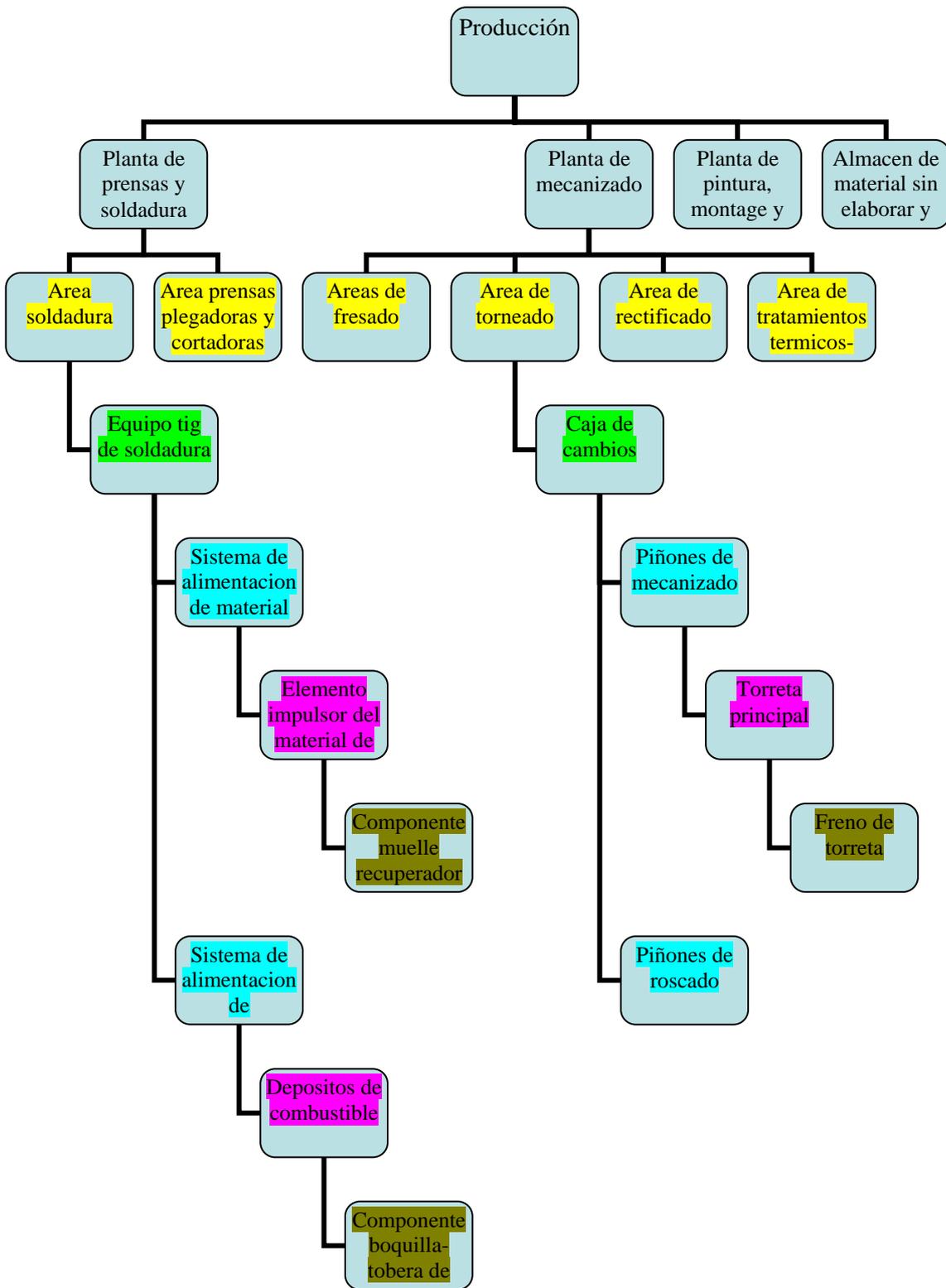


Figura 44: Esquema de desagregación de áreas hasta llegar al componente.

En el arbol de arriba queda claro como desarroyamos la estructura de nuestro plan de mantenimiento.

El sistema de gestión asistido por ordenador tambien tiene en cuenta este organigrama, tanto para las tareas a realizar, como para los materiales en stock.



Figura 45: Detalle de un torno con herramienta motorizada.



Figura 46: Rectificadora de ejes

9.Presupuesto de implantación y ejecución anual

9.1 Implantación, costes

Los costes por no tener un plan de mantenimiento son:

9.1.1. Costes de parada: (obtenidos con los datos del año anterior)

TIPO DE MAQUINA	HORAS DE PARADA	COSTE/HORA	COSTE TOTAL
Tornos	536	30	16080
Fresadoras	317	37	11729
Rectificadoras	37	50	1850
Prensa /punzonadora/plegadora	471	24	11304
Soldadura	89	28	2492
Baños de tratamiento químico	189	20	3780
Horno cementación	21	55	1155
Naves&RC&A	24	155	3720
Tren de pintura - otros	654	25	16350
Montaje	174	20	3480
TOTAL	2512		71940 €

9.1.2. Costes de reparación: (obtenidos con los datos del año anterior)

Costes de reparación año anterior	82316.54 €
Costes de repuesto año anterior	37965.13
Costes por mal servicio año anterior	7915.27
Total de costes	128196.94

Justificación de estos costes:

Costes de reparación: la empresa externa que reparo las maquinas facturo el año pasado **82316.54 €**

Costes de repuestos en el año pasado: **37965.13 €**

Costes por mal servicio: el año pasado se perdieron dos clientes por no dar buen servicio, a los que facturabamos un total de 52784.53 € con un beneficio de: **7915.27 €**

Otros costes derivados de mal servicio es que ha bajado el numero de pedidos de alguno de nuestros clientes, aunque este punto es muy dificil de valorar

Los costes de reparación son un mínimo de 128196.94 €

9.2.Los costes del plan de mantenimiento:

1. Coste de mano de obra directa: $2 \times 25000 = 50000$ €

Se contratan dos operarios para realizar las operaciones de Mantenimiento

2. Coste de inversión en herramientas, para su realización:

• Amperimetro	72 €
• Acelrometro	780 €
• Potenciometro	90 €
• Manometro	65 €
• Termometro	25 €
• Tacometro	125 €
• Camara termografica infrarrojos	1720 €
• Sonometro	3000 €
• Opacimetro	4500 €
• Tensor dinamometrico	110 €
• Medidor de gases	2450 €
• Densimetro	102 €
• Comprobador de interferencias tera II	1350 €

Total en inversion de herramientas: 14389 €. Estos costes, los debemos de dividir entre 4 años de vida media por aparato quedandonos: 4098 €

3. Costes de mano de obra indirecta: Incremento salarial del responsable del Mantenimiento, por diseño, puesta en marcha, seguimiento, mejora continua y ejecución: 6000 €

4. Incremento de los gastos indirectos estimados: 3500 €
Este incremento se debe a gastos de almacen y de gestion de almacen.

5. Inmovilizado en almacen de piezas de recambio se estima en: 15000 €

Los costes por tener mantenimiento son: 78098 €

9.3 Comparación de costes con y sin mantenimiento predictivo.

Estos datos se han realizado teniendo presente el historico del año anterior.

Tenemos una diferencia a favor de poner un plan mantenimiento de **49307.94 €**. De este dinero habria que restar el valor de las piezas de recambio utilizadas durante el mantenimiento, y preveer que tambien seguira existiendo mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo, como las piezas de recambio utilizadas, asi como el valor de los analisis precisos se valora en **40000 €**

El coste de la subcontratacion del mantenimiento electrónico es de **10000 € al año**

Quedando un saldo neto de 33574 €/año

Tabla resumen

Coste actual	En €	Coste propuesto	En €	Beneficio/año
Horas improductivas	71940	Mano de obra	56000	15940
Reparaciones	90232	Inmovilizado+ gestión inmovilizado	18500	71732
		Reparaciones	40000	-40000
		Amortización equipamiento	4098	-4098
		Subcontratacion mantenimiento electronico	10000	-10000
Total	162172		78098	+33574

A la ventaja adicional de dar más esperanza de vida al parque de maquinaria, tener dos empleados cualificados más, es que al monitorizar nuestro parque de maquinaria, podemos predecir que tipo de inversión tendra más tiempo de retorno de capital en su vida util.

Esta última ventaja cada día es más requerida, ya que en un mercado tan cambiante como el que se mueve la pequeña y mediana empresa, es muy importante acertar en la inversión de maquinaria, pues la mayor inversión que realiza el empresario.



Figura 47: Detalle de una operación de mantenimiento

10.Conclusiones

La puesta en marcha de un plan de mantenimiento requiere de varias facetas, en la que la más importante es la voluntad de hacer las cosas bien y de forma rentable.

El mantenimiento es rentable, también en la pequeña y mediana empresa. Requiere de una buena **disciplina**, y de gente con cierta **formación**, pero garantizamos una **mayor vida** del parque de maquinaria y por tanto un **mejor servicio** a nuestros clientes.

La mayoría de las paradas serán programadas y nuestra maquinaria tendrá más disponibilidad para producir beneficios. Otra ventaja adicional, es que el inventario de las piezas de recambio se racionaliza.

Las desventajas de no hacer un buen mantenimiento suelen ser catastróficas, pues un mal servicio, antes o después nos saca del mercado.

Un buen plan de mantenimiento siempre es **algo vivo**, y por tanto debe de revisarse de forma continua, con el fin de mejorarlo. El objetivo último del plan de mantenimiento es que todas las paradas sean programadas.

Los **cursos de formación** del personal son un valor seguro para la empresa pequeña.

En este tipo de empresas, su propio producto tiene un mercado minoritario, y la mayor parte de sus ventas son debidas a trabajos para otras empresas. Aquí el servicio, **la calidad y el precio son fundamentales**.

Una de las tentaciones que más se producen es que una vez que se han resuelto los problemas existentes, con un buen mantenimiento, nos olvidemos que es el mantenimiento el que hace que funcione todo, y lo volvamos a considerar un gasto en vez de un ahorro.

Si se hace esto, más bien antes que después, volveremos a la situación inicial, ó a un punto aún peor.

Para evitar este tipo de acciones, es recomendable poner actualizado con I.P.C. todos los años el coste del mantenimiento de partida.

La pequeña y mediana empresa, tradicionalmente, solo ha hecho mantenimiento correctivo, y su parque de maquinaria es variado y de distinta procedencia, lo que dificulta aún más las labores de mantenimiento.

Si somos capaces de establecer un buen método de mantenimiento y además demostrar su rentabilidad, habremos ganado una batalla que hoy en día ni siquiera

se plantea. Por un lado mantendremos en buen estado de uso el parque de maquinaria, aumentando considerablemente nuestra capacidad de producción, y por otro lado los recursos financieros, siempre escasos, se podran dedicar a nuevas inversiones, y no solo a mantener el parque de maquinaria actual.

Con este estudio queremos cambiar la idea de que el mantenimiento es solo cosa de las grandes empresas. Como hemos podido comprobar en nuestra experiencia, las maquinas solo se rompen cuando las necesitas, si no se hace un adecuado mantenimiento preventivo y predictivo. Pero si hacemos un buen plan de mantenimiento y lo llevamos a la practica, nuestras horas productivas aumentaran considerablemente, y lo que es más importante, nuestra fiabilidad frente a nuestros clientes sera mayor.

