



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

**Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecánica**

# Plan de Mantenimiento de un Secador Rotatorio para el Proceso de Secado de Harina de Pescado.

**Seminario de Título presentado en  
conformidad a los requisitos para  
obtener el título de Ingeniero de  
Ejecución en Mecánica.**

**Profesor Guía:  
Sr. Víctor Duran Sáez.  
Ingeniero Supervisor:  
Sr. Blass Rodriguez**

**José Luis Vivallos Obreque  
Cristian Eduardo Recabal Alarcón**

2013

A mis padres José y Estela, quienes con su esfuerzo y cariño me apoyaron a lograr este anhelado objetivo.

A Yasnina, quien con su amor y paciencia, me brindó energía y ánimo a través de estos años.

A mi hijo Martín, mi mayor fuente de inspiración y alegría.

Los amo...

José Luis.

## **RESUMEN**

En la actualidad es necesario que los equipos pertenecientes a una línea de producción operen sin contratiempos, evitando en lo posible las fallas y en el caso de presentarse desperfectos puedan ser solucionados en forma rápida, evitando detenciones prolongadas y además resguardar la integridad de los operarios involucrados.

El presente trabajo desarrollado para la empresa BLUMAR S.A. tiene como finalidad la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo-correctivo con sus procedimientos de trabajos y su debida programación, para el secador rotatorio que forma parte del proceso de elaboración de harina de pescado que realiza la empresa.

En síntesis, para llevar a cabo el tema se debió describir el equipo y su método de funcionamiento para luego identificar sus partes y equipos críticos. Luego de esto fue necesario definir los tipos de fallas, su método de generación y con esto confeccionar los procedimientos para la aplicación de ensayos no destructivos, los cuales identificaron defectos tanto como superficiales, defectos de la subcapa e internos, presentes en el equipo y accesorios.

Para realizar el plan de mantenimiento del secador se consideró, los documentos necesarios en la seguridad operador-máquina, duración y procedimientos de los trabajos de mantención en el desmontaje y montaje del domo de alimentación de vapor y de su parte posterior

La duración de cada una de las actividades a realizar descritas en el plan de mantenimiento se proyectaran en el software Ms-Project. El cual generará una carta Gantt con la duración total para el mantenimiento del equipo

Finalmente se propone un programa de lubricación, estimando la frecuencia con la cual se debe realizar ésta, además se especifica qué tipo de aceite o grasa seleccionar y se agrega las fallas más comunes y su método de solución

Con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo-correctivo la empresa logrará evitar las detenciones inesperadas de la producción por fallas del equipo.

Y a su vez dará una mayor seguridad a los trabajadores que lo operan.

## **CONTENIDOS**

### **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

1.1 Generalidades .....	1
1.2 Origen del tema .....	3
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo general .....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3

### **CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE PROCESO DE ELABORACION**

2.1 Proceso productivo de harina de pescado .....	4
2.2.1 Descarga y almacenamiento de la pesca.....	4
2.2.2 Cocción .....	4
2.2.3 Proceso en Estrujadores .....	5
2.2.4 Prensado .....	5
2.2.5 Separación de fases.....	6
2.2.6 Secado .....	7
2.2.7 Post- Secado.....	7
2.2.8 Enfriado .....	8
2.2.9 Molienda.....	8
2.2.10 Ensacada .....	8

### **CAPÍTULO 3. ESTUDIO Y ANALISIS DEL SECADOR ROTATORIO**

3.1 Teoría del secado.....	10
3.1.1 Descripción de tipos de flujos.....	12
3.2 Transmisión de calor en secadores.....	12

## **CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SECADOR ROTATORIO**

4.1 Descripción general del equipo .....	13
4.2 Características técnicas del equipo .....	14
4.3 Funciones .....	14
4.3.1 Ingreso del producto .....	14
4.3.2 Secado .....	15
4.3.3 Salida del producto .....	15
4.3.4 Salida de Vahos .....	15
4.3.5 Sistema de rodadura .....	16
4.3.6 Sistema Motriz .....	16
4.3.7 Alimentación de vapor y salida condensado .....	17
4.4 Operación del equipo. ....	17
4.4.1 Montaje del equipo .....	17

## **CAPÍTULO 5. TEORIA DE LA MANTENCION**

5.1 Definición de mantención .....	18
5.2 Aspectos considerados para el mantenimiento .....	19
5.3 Factores de la mantención .....	19
5.4 Estrategias de la mantención .....	20
5.4.1 Mantención correctiva .....	20
5.4.2 Mantención preventiva .....	21
5.4.3 Mantención predictiva .....	22
5.5 Comparación entre los mantenimientos .....	24

## **CAPÍTULO 6. MANTENCION CORRECTIVA**

6.1 Fallas.....	25
6.1.1 Fallas y su mecánica de generación .....	26
6.1.2 Falla origen.....	26
6.2 Tipos de falla .....	27
6.2.1 Nombre de la falla .....	28
6.2.2 Ubicación de la falla .....	28
6.2.3 Tiempo de ocurrencia de la falla .....	29
6.2.4 Grado o magnitud de la falla .....	29
6.2.5 Causas de la falla.....	29

## **CAPÍTULO 7. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)**

7.1 Principales métodos de ensayo no destructivos .....	30
7.1.1 Elementos esenciales de END .....	31
7.1.2 Etapas básicas de END.....	31
7.1.3 Criterios generales de inspección .....	31
7.1.4 Criterios generales de clasificación .....	32
7.2 Inspección visual .....	32
7.3 Inspección mecánica.....	32
7.3.1 Rodamientos .....	33
7.3.2 Lubricación de los equipos.....	33
7.3.3 Cojinetes .....	34
7.3.4 Engranajes .....	34
7.3.5 Acoplamientos.....	35

## **CAPÍTULO 8. PLANIFICACION Y PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO**

8.1 Planificación de los trabajos.....	36
8.2 Criterios preparación del mantenimiento.....	37
8.3 Procedimiento de los trabajos .....	37
8.4 Subcontrato de equipos mayores.....	37

## **CAPÍTULO 9. DESARROLLO PLAN DE MANTENIMIENTO SECADOR**

9.1 Elaboración de procedimiento para condiciones de seguridad .....	38
9.1.1 Riesgos personal/máquina para trabajos en secador .....	39
9.1.2 Detención del equipo.....	40
9.2 Especialización de la mano de obra.....	41
9.3 Planificación de trabajos críticos a realizar .....	42
9.3.1 Equipos críticos .....	42
9.3.2 Elaboración de formatos END .....	44
9.4 Planificación de trabajos de gran envergadura .....	51
9.4.1 Recuperación de tornillo alimentador .....	51
9.4.2 Recuperación de caja reductora.....	51
9.5 Acopio de materiales y repuestos para taller.....	52
9.6 Trabajos generales a realizar .....	53
9.6.1 Mantenimiento general del secador .....	53
9.7 Manejo de falla en equipos críticos .....	54
9.7.1 Responsabilidad.....	54
9.7.2 Procedimiento .....	55
9.8 Descripción de trabajos a realizar .....	58
9.8.1 Desmontar domo de alimentación.....	58
9.8.2 Mantenimiento Buggies .....	59
9.8.3 Mantenimiento haz de tubos .....	59
9.8.4 Desboquillar y esmerilar .....	59
9.8.5 Montaje de cañerías.....	59
9.8.6 Calar placa domo trasero y soldar cañerías .....	59
9.8.7 Mantenimiento motor reductor auxiliar tornillo.....	60
9.8.8 Mantenimiento axial .....	60
9.9 Programa de mantenimiento en software MS- Project.....	62
9.10 Elaboración de dossier para trabajos ejecutados.....	63
9.10.1 Precauciones y recomendaciones.....	63
9.10.2 Lubricación .....	64
9.10.3 Desgaste por corrosión .....	67

<b>CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS</b>	
A Norma ASME definición .....	71
B Norma ASME VIII localización soldadura.....	72
C Programa mantención secador en Ms Project.....	73
D Procedimiento END liquido penetrantes .....	75
E Procedimiento de inspección de un motor eléctrico.....	76
F Diagrama de procedimiento de una orden de mantenimiento.....	77
G Orden de trabajo.....	78
H Formato formulación de lesiones.....	79
I Formato prueba de presión. ....	81
J Grasas SKF. ....	82





## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Generalidades**

La supervivencia del hombre desde sus comienzos se ha debido a su ingenio y al aprovechamiento de los recursos naturales que lo rodean. Para explotar dichos recursos una de las primeras actividades que realizó fue satisfacer sus necesidades alimenticias mediante la pesca.

Actualmente la pesca es llevada a cabo por varias industrias pesqueras de nuestra región, las cuales forman un importante aporte al país en empleo y procesamiento de productos marinos.

Estas industrias se dedican a procesar la pesca para convertirla en harina de pescado principalmente.

La harina de pescado se obtiene a través de un proceso de calor que coagula las proteínas del pescado, y separa el agua fisiológicamente; luego pasa al prensado, que mediante presión elimina una gran parte de los líquidos de la masa; la desecación o decanter, que suprime la cantidad adecuada de agua y lípidos de la materia húmeda y forma una llamada torta prensada, la que luego pasa por el secador que elimina la alta humedad en el producto, obteniendo una harina con 10% de humedad.

Es en el secado de harina en donde estará centrado el presente trabajo, específicamente en el secador rotatorio, debido a que estas industrias deben cumplir con una cierta cantidad de producción en el menor tiempo posible, puesto que el mercado se va tornando altamente competitivo e involucra una serie de objetivos que son: la capacidad de producir con calidad, la seguridad y la rentabilidad. Para obtener los productos se necesita que las máquinas se encuentren en óptimas condiciones y para esto es imperioso que tanto las instalaciones como las máquinas tengan sus adecuadas mantenciones, las cuales implicaran todo conjunto de técnicas y procedimientos orientados a preservar las funciones de los activos industriales, de forma segura, eficiente y confiable.

El secador rotatorio se compone de un cilindro de acero calefaccionado con vapor. Contiene dos tapas en los extremos, además por el interior del cilindro van unos conjuntos de tubos de acero que son calefaccionados con vapor. El secador rota gracias a un motor eléctrico y a su vez por transmisión de cadena. La alimentación de la harina de pescado se hace a través de un tornillo sinfín de acero inoxidable. La inclinación respecto a la horizontal que el tambor posee, permite el transporte del producto, por deslizamiento sobre la superficie interior de éste.

Para tener en óptimas condiciones el equipo secador rotatorio es necesario conocer el plan de mantenimiento que se debe aplicar en caso de una eventual falla de éste, como también tener en cuenta el stock de repuestos críticos necesarios para este equipo que podrían ser reemplazados.

La empresa a la que se hará referencia en el presente trabajo, corresponde a la Pesquera BLUMAR S.A. ubicada en la Av. Carlos Prat 60, Coronel, VIII Región. Ésta genera, a partir de la materia prima y de una serie de procesos controlados y monitoreados que aseguran un delicado tratamiento de cocción, prensado, separación, evaporación y secado a baja temperatura, que finalmente darán como resultado dos productos de alta calidad:

- Harina de pescado: como una fuente proteica de alta digestibilidad, con un contenido estable de aminoácidos esenciales.
- Aceite de pescado: como una fuente de ácidos grasos esenciales.

Ambos productos tienen un elevado contenido de ácidos grasos polisaturados de la familia Omega 3 (DHA, EPA, DPA) que pueden ser usados en alimentos de acuicultura.

## **1.2 Origen del Tema**

El tema fue propuesto por la pesquera BLUMAR S.A durante la búsqueda de un problema a solucionar en la realidad industrial, como parte de desarrollo de un seminario de título.

La empresa dispone de un secador rotatorio, donde se realiza el proceso de secado para productos de interés y disponibles a lo largo del año, y de esa forma dar continuidad de uso al secador.

El secador funciona con vapor que pasa a través de unos tubos que secan la harina por convección. Este equipo ha sido intervenido muchas veces por lo que se requiere investigar la causa de esta situación.

El secador es un equipo importante dentro de la línea de producción de harina de pescado de manera que el estudio busca aunar teoría y experiencia de terreno para planificar en forma óptima una mantención

## **1.3 Objetivo**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo- correctivo para un secador rotatorio de harina de pescado para Pesquera BLUMAR S.A.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Identificar las actividades críticas en el secador.
2. Seleccionar las herramientas de mantenimiento preventivo, del equipo que más se adapten.
3. Diseñar el programa de mantenimiento preventivo, del equipo enfocado a la mejora del secador.
4. Proponer soluciones y recomendaciones técnicas.
5. Diseñar un sistema de información para llevar adelante la mantención.

## **CAPÍTULO 2. DESCRIPCION DE PROCESOS Y EQUIPOS**

### **2.1 Proceso Productivo de Harina de Pescado**

#### **2.1.1 Descarga y almacenamiento**

La materia prima para la fabricación de harina de pescado es: jurel, anchoveta y sardinas. La cual es obtenida de la captura de la propia flota industrial con la que cuenta la empresa y de la flota artesanal.

Llega mediante bombas desde el buque pesquero a las tolvas, posteriormente es trasladada por correas a los pozos de almacenamiento. A la pesca se le mide su frescura a través de la determinación de su TVN (nitrógeno total volátil).

#### **2.1.2 Cocción**

La cocción es un proceso que permite coagular las proteínas contenidas en la carne del pescado, lo que facilita la liberación del aceite que contiene; la temperatura de cocción es del orden de 90- 130°C. A medida que se realiza la cocción se libera agua líquida (licor de cocedores), la que es tratada en los estrujadores.

La capacidad del cocedor es alrededor de 35 Ton/h y trabaja a una presión de 6 kg/cm<sup>2</sup> los cuales son calefaccionados por vapor saturado.



Figura 2.1 Cocedor



Figura 2.2 Tornillo Sin Fin

### 2.1.3 Proceso en “Drum Drainers” (Estrujadores).

Los drum-drainers están compuestos por uno o dos cilindros fabricados con mallas perforadas en su interior y contienen una hélice de avance. A medida que avanza la torta a través de los cilindros, los líquidos (o licores de cocedores) se van drenando. Los sólidos son descargados por el extremo de las mallas hacia la siguiente etapa del proceso y los licores son recolectados por una tolva para ser enviados a un estanque que facilita la separación del aceite del líquido en los decanter.

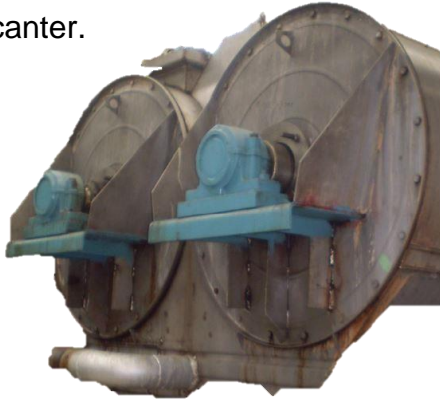


Figura 2.3 Drainers a la salida del cocedor

### 2.1.4 Prensado

Posterior al proceso de cocción, el producto es transportado mediante tornillos sin fin hacia prensas tornillo (de accionamiento hidráulico) por medio de compresión mecánica, se obtiene un sólido en baja humedad, el líquido sale por pequeños orificios ubicados en el manto. El sólido recibe el nombre de torta de prensa, y el líquido con bajo contenido de sólidos se denomina licor de prensa.

Las variables presentes en el proceso de prensado son: presión, velocidad y temperatura.

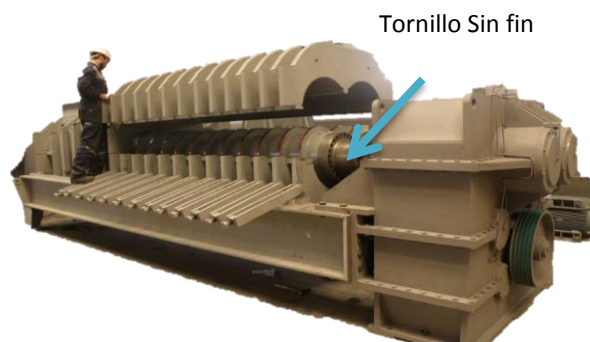


Figura 2.4 Prensa para harina de pescado.

### 2.1.5 Separación de fases

Para el proceso de elaboración de aceite de pescado el licor de prensa debe pasar por tres procesos adicionales.

a) **Proceso en Decanter:** El objetivo de este proceso es separar el máximo de sólidos del licor, para agregar los sólidos a la torta prensa y así aumentar el rendimiento en la planta de aceite. Los sólidos del decanter o torta decanter se unen al flujo de torta prensa y se dirigen a los secadores, el líquido del decanter, compuesto de aceite y agua de pescado cocido va a la centrifuga. Las variables presente en el proceso de decanter son el nivel de llenado, la velocidad de rotación y el flujo del líquido.

b) **Proceso en Centrifugas:** aquí se produce la separación del aceite y el agua de cola, el aceite pasa a almacenaje y los sólidos a torta de prensa. Además de agua y aceite también quedan restos de solidos los que forman sedimento en el manto, el que debe ser retirado por medio de un lavado automático con agua caliente, soda al 13% y ácido nítrico al 6%.



Figura 2.5 Centrifuga

c) **Proceso en plata evaporadora:** el objetivo es concentrar el líquido que contiene aproximadamente 9% de sólidos y llevarlo a un 40% de sólidos. Gracias a este proceso se puede evaporar el agua, quedando los sólidos y el material soluble en el concentrado. El concentrado se agrega a la torta de prensado pero solo en un 16 a 20% porque contiene toxina producto de la descomposición del pescado desde su captura. Las variables de los evaporadores son los vahos que actúan como medio de calefacción de los evaporadores; los vahos son generados en los secadores de vapor, los que tienen una temperatura promedio de 97°C

### **2.1.6 Secado**

Luego de mezclar la torta de prensa, los sólidos entran a los secadores para reducir el contenido de humedad de la mezcla. Los secadores con que cuenta la empresa son Rotatubos de secado indirecto, que trabajan con vapor saturado seco a la presión manométrica de 6kg/cm<sup>2</sup>. (Las variables del proceso de secado se especifican más adelante)

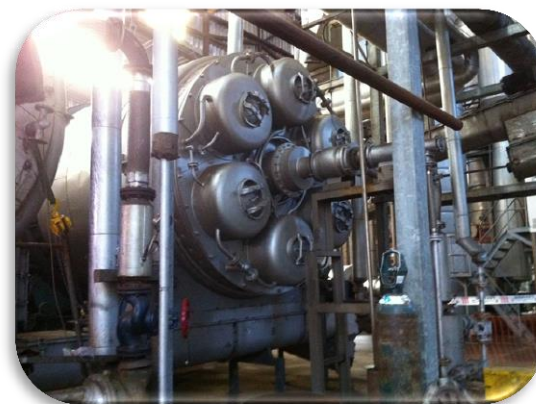


Figura 2.6 Secador

### **2.1.7 Post-secado**

Terminado el proceso de secado, el producto se dirige mediante tornillo sin fin hasta un post-secador de secado convectivo con aire caliente a unos 120°C. Este equipo funciona de manera intermitente, cuando la harina que sale de los secadores aún posee humedad, el equipo la procesa nuevamente y así se logra una mayor calidad de harina.



### **2.1.8 Enfriado**

Después del secado, la harina sale con una humedad del orden del 6% y a una alta temperatura, debido a esto la harina debe ingresar a un enfriador, ésta se enfría con un gran flujo de aire que circula a contra corriente, además se usa un sistema de refrigeración que enfría el aire lo que produce que la harina baje su temperatura a 25°C.

### **2.1.9 Molienda**

El producto es llevado a los molinos de martillo, los cuales trabajan por impacto y fricciones entre el material a moler. Un valor aceptable de granulometría es de 3% sobre 2 mm y de 100% bajo 1 mm, la harina es trasladada a un sistema de dosificación de antioxidante.

### **2.1.10 Ensacado.**

Finalmente la harina es transportada hacia los procesos de ensacado donde la capacidad es de 7 sacos/min, luego son envasados y almacenados para su posterior traslado a las bodegas.



Figura 2.7 Ensacado

### Esquema Resumen del Proceso Productivo de Harina Pescado

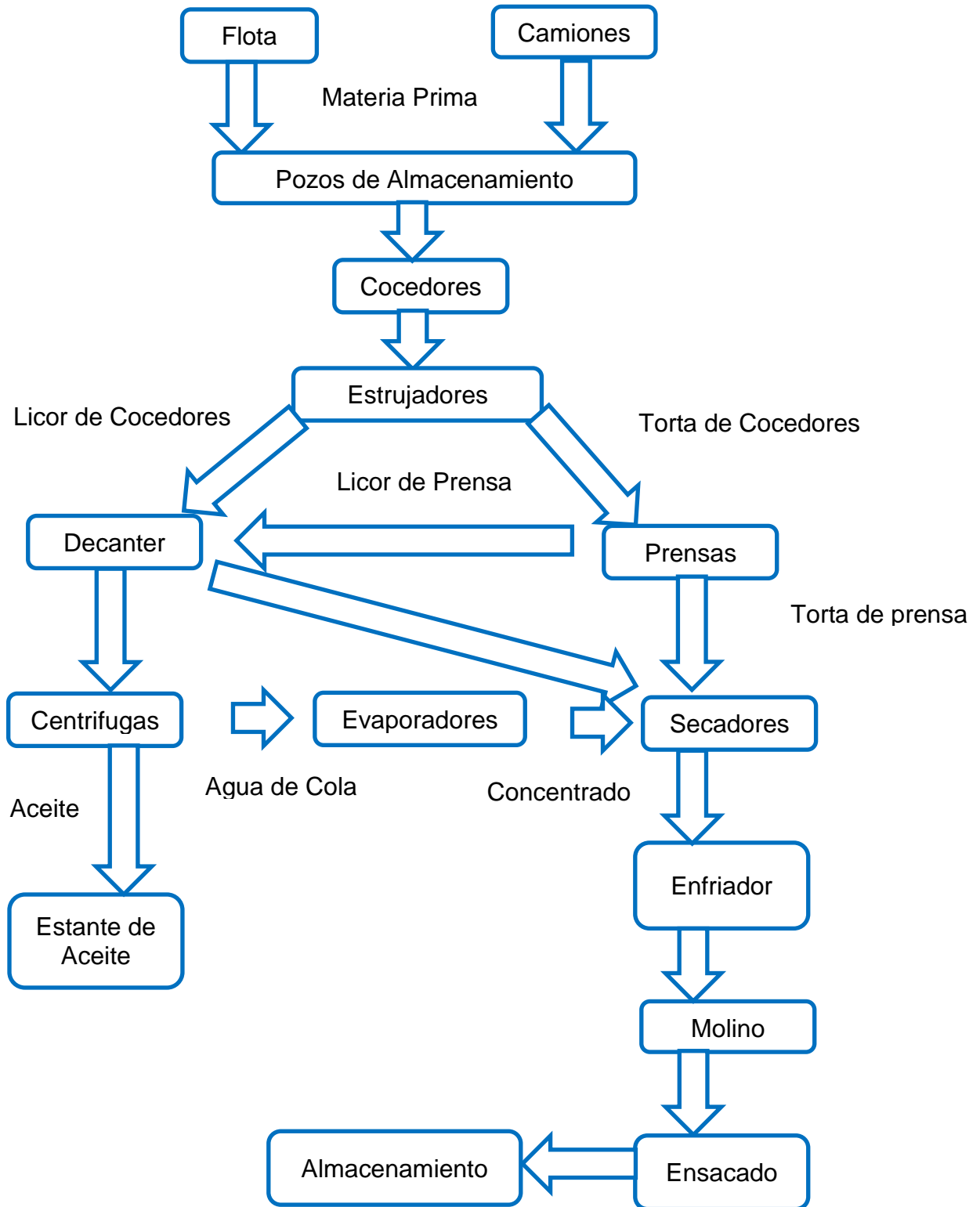


Figura 2.8 Proceso productivo

### **CAPÍTULO 3. ESTUDIO Y ANALISIS DEL SECADOR ROTATORIO**

#### **3.1 Teoría de Secado**

El secado es una operación en la que el agua, en su totalidad o parte de ella, contenida en un sólido es transferida desde el interior de éste a la superficie del mismo, siendo así el agua evaporizada finalmente. Dicha operación se encuentra regida por los principios de transferencia de calor y de masa. Existen por lo tanto dos fases en el sistema, sólido y gas, separadas por una interface

Consiste en deshidratar las tortas de prensa, decanter y solubles concentrados, unidos y homogenizados previamente, de tal forma que el contenido de humedad sea menor al 10%, el cual generalmente puede considerarse bajo como para que haya existencia de microorganismos.

Existen distintos tipos de secado, en donde las diferencias se encuentran en la forma en que se mueven los sólidos a deshidratar a través de la zona de secado y en cómo se transfiere el calor. Esto se puede diferenciar o clasificar de la siguiente forma:

1. Secadores Rotatorios Directos o Adiabáticos
2. Secadores Rotatorios Indirectos o No Adiabáticos

Tabla 3.1 Diferencia entre secador directo versus indirecto

<u>Rotatorios Directos o Adiabáticos</u>	<u>Rotatorios Indirectos o No Adiabáticos</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía térmica transmitida por convección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía térmica transmitida por convección</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El calor pasa directamente del aire caliente al material húmedo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El calor pasa del aire caliente a los tubos y de los tubos al material húmedo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El aire pasa sobre la carga y en su misma dirección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El aire pasa por elementos metálicos calefaccionados (tubos, discos, serpentines, etc.) dentro del equipo separados de la carga</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El material es elevado continuamente mediante alzadores o aletas en la estructura interna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El material es elevado por la misma rotación</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe posibilidad de contaminar el producto dado al contacto directo con el aire de secado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se contamina por lo que se obtiene un producto sin sustancias nocivas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicables a materiales en formas granulares, comprimidas o de extrusión por su baja sensibilidad al calor y que no les afecta el contacto directo con gases de combustión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este tipo de secadores son más aplicables a materiales que son sensibles al calor y también son afectados por el contacto directo con gases de combustión.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja Eficiencia Térmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta Eficiencia Térmica</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta Velocidad de transferencia de Calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja Velocidad de transferencia de Calor</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secado en menor tiempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secado en mayor tiempo</li> </ul>

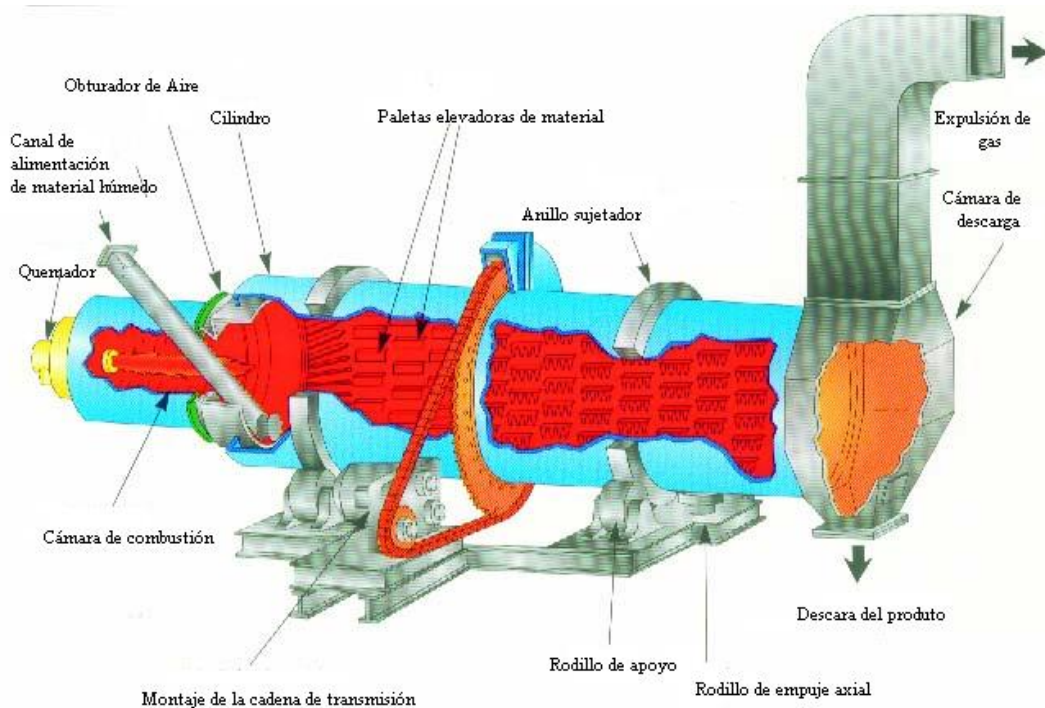


Figura 3.1 Secador Rotatorio Directo

### **3.1.1 Descripción de tipos de flujos**

Flujo en Contracorriente: La dirección del flujo de gas es exactamente opuesta a la que sigue el movimiento de los sólidos. Este tipo de flujo tiene un excesivo calentamiento al inicio, lo que puede dañar el producto. El aire que transporta la humedad eliminada del sólido puede llegar a saturarse en la zona intermedia del cilindro con el producto que aún está ingresando húmedo y frío a la entrada, esto puede provocar condensaciones dentro del cilindro, lo que incide que la eficiencia del secador rotatorio sea menor.

### **3.2 Transmisión de Calor en Secadores**

Como el secado es un proceso térmico el cual está basado en los principios de transferencia de calor, es necesario explicar ciertos fenómenos que ocurren.

La transferencia de calor se puede establecer como el intercambio de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura.

Tal como se muestra en la figura 3.1 existen tres modos de transferir energía térmica:

- a) **Conducción:** esta forma de transferencia se produce a través de cuerpos sólidos cuando existe un gradiente o diferencia de temperatura de tal manera que la energía es traspasada por contacto directo.
- b) **Convección:** transferencia de calor que ocurrirá mediante un fluido en movimiento, líquido o gas, que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas.
- c) **Radiación:** Esta última presenta una gran diferencia con respecto a la conducción y la convección, ya que aquí las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío.

## **CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SECADOR ROTATORIO**

### ***4.1 Descripción General del Equipo***

El equipo consiste en un secador de vapor indirecto para harina de pescado, tipo Rotatubos. Está constituido por un cilindro de acero de doble pared calefaccionado con vapor. El cilindro va provisto de dos tapas en ambos extremos, las cuales van apernadas y cerradas a la atmosfera. En el interior del cilindro van ubicados 6 conjuntos independientes de tubos de acero, para los cuales el elemento calefactor es también el vapor. El cilindro va montado sobre dos llantas de rodado las que va apoyadas sobre polines autoalineantes. La corona dentada del extremo de alimentación esta sostenida axialmente por un soporte con dos polines regulables.

Un conjunto motriz mediante una transmisión de cadena es el encargado de hacer girar el secador. El cilindro y los conjuntos de tubos rotan al mismo tiempo, a una velocidad de 8.6 rpm. Los vapores producidos por el secado de la harina (vahos), fluyen en sentido contrario al flujo de la harina de pescado (contracorriente).

Para la alimentación de la harina al secador se utiliza un tornillo sinfín fabricado en acero inoxidable.

Para la salida del vapor producido durante el proceso de secado de la harina y para la descarga de la harina ya procesada se utilizan dos cajas fabricadas en acero inoxidable. La primera, posee dos aberturas, una para la tapa de registro y la otra para conectar el ducto de succión de vahos del ventilador.

Un ventilador, es el encargado de extraer el vapor producido en el secado de la harina de pescado.

#### 4.2 Características técnicas del equipo.

Las condiciones de trabajo del equipo se describen en la siguiente tabla.

Modelo: Secador SVT 2520 RTR8

Tabla 4.1 Condiciones de trabajo

<b>Humedad al ingreso</b>	55%
<b>Humedad a la salida</b>	10%
<b>Consumo de vapor</b>	4.800 Kg/h
<b>Presión de vapor</b>	5.5- 6 bar
<b>Diámetro interior secador</b>	2500 mm
<b>Longitud de secador</b>	18.000 mm
<b>Alimentación de vapor</b>	Junta rotatoria
<b>Evacuación condensados</b>	Junta rotatoria
<b>Consumo eléctrico total</b>	72 kW
<b>Peso total</b>	65 Ton

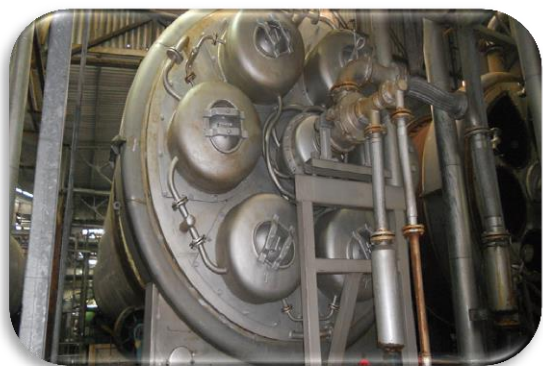


Figura 4.1 Frente Junta Rotatoria



Figura 4.2 Interior Secador

### **4.3 Funciones del Equipo**

#### **4.3.1 Ingreso del producto**

La harina ingresa a través del tornillo transportador, pasando al comienzo por aletas y helicoides. Posteriormente esta se transporta gracias a la inclinación del equipo cuya pendiente descendente es de 2%.

#### **4.3.2 Secado**

Se logra mediante el conjunto de tubos y la chaqueta calefaccionada, por dentro de los cuales circula vapor saturado. Este vapor entrega energía calórica a la harina al condensarse.

Debido a que el producto al ingreso es muy adherente, existen tres metros libres de tubos, que acondicionan la mezcla. De esta forma, el producto presenta mejores características de fluencia. Estos equipos están diseñados para tener una gran área de transferencia de calor por unidad de volumen.



Figura 4.3 Paquete de Tubos

#### **4.3.3 Salida del producto**

La harina se extrae en el extremo inferior del secador mediante la caja de descarga y las aberturas que permiten desalojar la harina en ella para posteriormente ser descargada en un tornillo.

#### **4.3.4 Salida de vahos**

Son retirados por el lado de ingreso de la torta mediante el ventilador centrífugo. Estos son enviados a los ductos de vahos de la planta evaporadora, cuya energía es aprovechada para la evaporación de agua cola.



#### 4.3.5 Sistema de rodadura

El cilindro va provisto de pistas de rodadura donde gira sobre 8 polines radiales autoalineantes. El movimiento axial está limitado por polines axiales que actúan sobre una de las pistas de rodadura y permiten mantener la alineación del secador con respecto a su sistema motriz

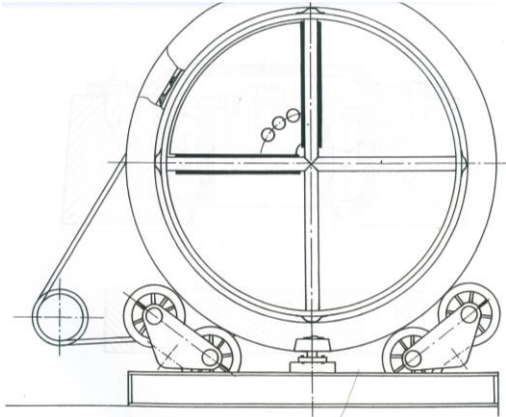


Figura 4.5 Sistema de rodadura

#### 4.3.6 Sistema motriz

Un motor eléctrico conectado a través de un acoplamiento hidráulico a un reductor de velocidad, asegura un arranque suave. La transmisión al cilindro se realiza mediante cadena, piñón y corona, los cuales deben tener una tensión y una alineación adecuada para mejor funcionamiento del equipo.



Figura 4.6 Piñón Z=12, Acoplamiento rígido, caja reductora.-

#### **4.3.7 Alimentación de vapor y salida de condensado**

El vapor se transmite a través de los conjuntos de tubos y la chaqueta de calefacción entregando energía térmica. Luego se condensa y fluye por gravedad hacia los manifolds y de éste al colector.

En la línea de retorno de condensado se incorpora un filtro, una trampa de vapor tipo flotador y una mirilla. Se anexa también, en la línea de alimentación de vapor, un manómetro y una válvula de globo para regular la alimentación de este. La conexión de las líneas de vapor y condensado con junta rotativa se hace mediante cañerías flexibles de acero inoxidable para absorber vibraciones y posibles oscilaciones de la junta al girar.

### **4.4 Operación del Equipo**

#### **4.4.1 Montaje del equipo**

El equipo está montado con bases de apoyo sobre fundaciones de hormigón armado. Para un óptimo funcionamiento está instalado con una inclinación de 2% hacia el lado de descarga.

Debe existir un correcto sello entre el secador y las cajas de alimentación y descarga. En la salida de los vahos y en la descarga de la harina, la caja debe quedar centrada con el cilindro del secador. De lo contrario, podría existir un ingreso de aire frío desde el exterior, el cual produce problemas en la utilización de los vahos en evaporación.

A continuación las juntas rotatorias, la válvula de regulación del ingreso de vapor, el filtro y la trampa de vapor. Todo está conectado con conexiones de cañería correspondientes.

El tornillo de alimentación está instalado a 1.5 m del suelo introducido dentro de la caja de salida de los vahos. El tornillo de descarga está bajo la caja de descarga de harina. Todos los tornillos están suministrados con tapas, que sellan el transporte de la harina e impiden el ingreso de aire al secador.

Por último están instalados los elementos del sistema motriz, motor, reductor, piñón, cadena, etc...

## **CAPÍTULO 5. TEORIA DE LA MANTENCION**

### **5.1 Definición de la Mantenición**

Se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener máquinas y equipos en un estado de operación aceptable y confiable, lo que incluye pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazos, calibraciones y reconstrucciones. Conjunto de Inspecciones mecánicas e inspecciones metalúrgicas que principalmente se basan en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para asegurar la disponibilidad y confiabilidad, dentro de parámetros aceptables, de los activos existentes en planta. Basado en normas

Para lograr el buen funcionamiento y adecuado estado de conservación de la industria o particularmente de algún equipo es necesario efectuar mantención.

Es imposible el mantener o tener un equipo de producción sin mantención durante el tiempo y asegurándose de que no ocurrirá una falla.

La mantención se justifica fundamentalmente por la necesidad de mantener utilizables los recursos de la empresa, incurriendo en un costo razonable, de aquí las principales variables del problema de mantención son:

- Calidad del mantenimiento
- Mínimo plazo
- Costo razonable

Con sub divisiones como: garantía en el tiempo de las soluciones, tiempo de paralización involucrado, costo de mano de obra, costo por paralizaciones. Costos de materiales. Etc...

## **5.2 Aspectos Considerados para el Mantenimiento**

Para la solución del problema de mantención existen ciertas condiciones básicas a partir de las cuales hay que gestar la solución, por ejemplo:

- a) Recursos limitados (económicos, físicos, humanos)
- b) La mantención no es el objetivo final de la empresa, sino que, un medio de apoyo a la producción.
- c) La mantención es parte integral e indispensable de la empresa y no una actividad aislada.

## **5.3 Factores de la Mantención**

El problema de la mantención se soluciona considerando los siguientes factores:

1. Organización de la mantención y ubicación de la función de mantención dentro de la empresa
2. Recursos humanos idóneos
3. Recursos materiales
4. Recursos financieros
5. Planificación de la mantención
6. Aplicación de métodos
7. Control de la mantención y bitácoras
8. Tecnología

La buena administración de la mantención significa una combinación perfecta de estos factores para solucionar el problema del mantenimiento logrando asegurar la disponibilidad de máquinas, edificios y equipos oportunamente y para una buena producción, con una calidad óptima a un bajo costo.

Algunos de los deberes que se deben tener presentes en un servicio de mantención son:

Mantener equipos e instalaciones en buenas condiciones de funcionamiento para posibilitar la máxima producción con un alto grado de calidad y al menor costo.

Asegurar que los periodos de intervención de equipos sean mínimos y poder lograr una rápida puesta en marcha del proceso productivo.

## **5.4 Estrategias de Mantenición**

Definido el problema de la mantención y las variables que involucran se puede desarrollar un plan de trabajo para encontrar la solución al problema de la mantención. Existen tres métodos clásicos para efectuar mantención, los cuales se pueden utilizar en forma separada o integrada dependiendo de las características de cada empresa.

- a) Mantención correctiva
- b) Mantención preventiva
- c) Mantención predictiva o sistemática

### **5.4.1 Mantenimiento correctivo**

Llamado antiguamente mantenimiento reactivo o a la falla. En esta estrategia se permite a la máquina funcionar hasta la falla. En este instante se realiza la reparación o reemplazo de ella.

Este sistema está constituido, por un conjunto de actividades destinadas a corregir una falla, sustituir partes desgastadas y reconstrucción de maquinarias una vez que han provocado una detención del proceso productivo. El mantenimiento correctivo se aplica en las siguientes condiciones:

- En equipos de bajo costo y que no sea parte de un equipo mayor
- En máquinas antiguas o equipos que no comprometan la producción.
- Cuando no se puede aplicar mantención preventiva, debido a un largo periodo de detención de la producción.

La principal limitación que este sistema presenta es “no poder evitar las fallas costosas que además son muy inoportunas y con riesgo para el personal” por lo tanto, para reparar hay que esperar que ocurra la falla.

#### **5.4.2 Mantenimiento preventivo**

Es un conjunto de acciones tendientes a corregir defectos antes que estos sean de alto costo; por lo tanto, su objetivo es minimizar fallas en el proceso productivo de una empresa.

Normalmente a este tipo de mantención se le llama mantención periódica, sin embargo, solo es una etapa de la mantención correctiva y la mantención preventiva propiamente tal. Su definición es la de un conjunto de actividades que tienen como objetivo reducir el desgaste de los elementos mecánicos interconectados, conservar la maquinaria en buenas condiciones de funcionamiento y evitar detenciones imprevistas por causas de averías. La mantención preventiva incluye dos actividades fundamentales:

- a) inspecciones periódicas de máquinas e instalaciones, edificios y equipos para revelar las condiciones que puedan causar paros de producción o deterioros.
- b) Mantener las instalaciones evitando que se generen deterioros o condiciones que puedan causar paros en la producción

Estas dos actividades fundamentales se pueden subdividir en:

- Limpieza
- Lubricación
- Inspección
- Control de calidad
- Programación
- Corrección de defectos y errores

### 5.2.3 Mantenimiento predictivo

Se define como el conjunto de actividades que evitan la necesidad de mantenimiento y que el mantenimiento inevitable sea fácil y ocupe el menor tiempo posible. El mantenimiento predictivo comienza en la etapa de diseño y fabricación de maquinarias y equipos, pero para lograr los mejores resultados debe aplicarse también la instalación de maquinarias nuevas y reconstruidas, en mantenimiento correctivo y en todas las instrucciones para el funcionamiento de máquinas y su mantenimiento. Se efectúan mediciones periódicas con instrumentos especiales para reconocer las fallas en sus etapas iniciales. Algunas fases del mantenimiento predictivo son:

- Uso de piezas normalizadas
- Cálculo más preciso de la carga y duración de las piezas
- Mejores protecciones contra la suciedad, arenilla, agua, etc...
- Mejorar sistemas de lubricación
- Diseños que permitan fácil acceso para inspecciones y reparaciones
- Mejores instrucciones para el operario, etc...

A modo de resumen de los mantenimientos mencionados se presenta la siguiente figura.-

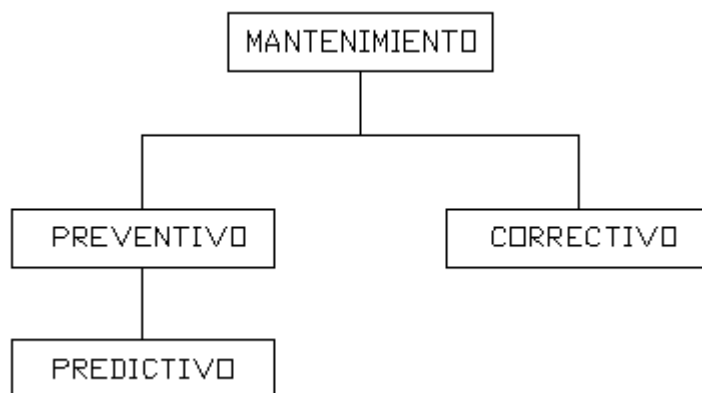


Figura 5.1 resumen mantenimientos mencionados

Diagrama de decisión sobre el tipo de mantenimiento a aplicar, según el caso.

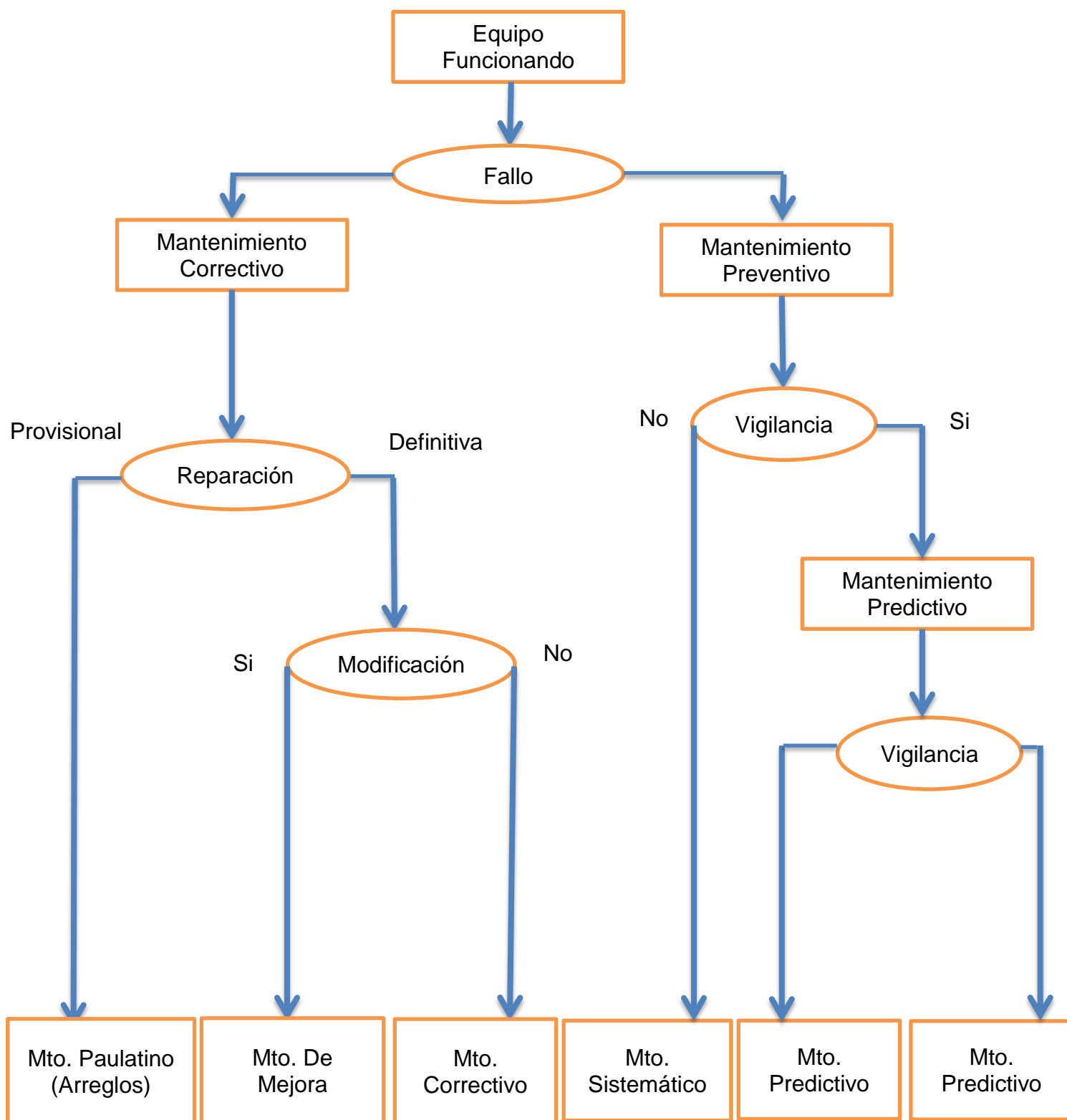


Figura 5.2 Diagrama decisión sobre el tipo de mantenimiento.-



### 5.5 Comparación entre los mantenimientos

Tabla 5.1 Cuadro comparativo de los tipos de mantenimientos

Mantenimiento	Filosofía	Objetivos	Aplicación
<b>Correctivo</b>	“cuando ocurre la falla en un equipo se repara”	Reparación	<b>Total.</b> (Se espera que se produzca la falla y se repara).
<b>Preventivo</b>	“maquinas iguales deben presentar fallas y desgastes idénticos en tiempo iguales”	Evitar la falla	<b>Muy generalizadas</b> (Mide evalúa y cuantifica algunas variables)
<b>Predictivo</b>	Las fallas, desgastes y problemas de operación que afectan o producen en operación una alteración en ciertas variables	Analizar el equipo, a través de los síntomas y predecir la aparición de la falla	Aquellos elementos que su costo o criticidad lo justifiquen (Mide evalúa y cuantifica algunas variables)

Tabla 5.2 Ventajas y desventajas

	correctivo	preventivo	predictivo
<b>Costo total (mantenimiento+ producción)</b>	Alto	Mediano- Alto	Mediano- Bajo
<b>Necesidad de personal</b>	Alto	Mediano	Mediano- Bajo
<b>Personal especializado</b>	Mediano	Mediano	Alto
<b>Consumo de materiales</b>	Alto	Mediano- Alto	Mediano- Bajo
<b>Necesidad de stock de materiales</b>	Alto	Mediano- Alto	Mediano- Bajo
<b>Fallas imprevistas</b>	Alto	Mediano	Bajo
<b>Disponibilidad de equipos</b>	Bajo	Mediano	Alto
<b>Nivel de confiabilidad</b>	Bajo	Mediano	Alto
<b>Necesidad de planificación</b>	Bajo	Mediano	Alto
<b>Necesidad de manejo de información</b>	Bajo	Mediano- Bajo	Alto
<b>Anticipación de la programación</b>	Bajo	Mediano	Mediano

## **CAPÍTULO 6. MANTENCION CORRECTIVA**

El mantenimiento correctivo está constituido por el conjunto de actividades destinadas a corregir la falla, sustituir partes gastadas (por consecuencia de una avería) y la reconstrucción de la máquina para ponerlas nuevamente en condiciones de funcionamiento devolviendo su precisión. Es factible de cierto nivel de programación y está siempre presente en todo plan de mantenimiento.

Un inconveniente a considerar en este tipo de mantención es:

- Se denuncia la falla del equipo cuando ha dejado de funcionar, lo que en ciertas ocasiones implica, que el equipo ha sufrido un deterioro importante, situación que se habría evitado en gran parte si la intervención hubiese sido oportuna por parte de mantención.

Los factores que influyen en el deterioro imprevisto de los equipos se deben a lo siguiente:

- a) Falta de existencia de un programa de mantención
- b) Mantención preventiva mal ejecutada o no se realiza
- c) Desajustes o desgastes prematuros de componentes
- d) Destrucción parcial de componentes por casos fortuitos
- e) Operación indebida de los equipos
- f) Diferencias en lubricación o mal uso de lubricantes
- g) Indiferencia ante modernas técnicas de programación
- h) Mal aseo de los equipos.

Además el gran inconveniente que presenta la mantención correctiva es su elevado costo el cual se debe principalmente a:

- 1) Elevadas pérdidas de producción, provocadas por el tiempo de detención.
- 2) Riesgos mayores de seguridad del personal y de las instalaciones
- 3) Mayor requerimiento de recursos humanos, material y económico.

## **6.1 Fallas**

Las fallas o averías en los equipos no son sucesos inevitables, por lo contrario, es posible evitarlas, minimizar su acción destructiva y principalmente prevenir su ocurrencia.

### **6.1.1 Falla y su mecánica de generación**

Todas las fallas que ocurren en los equipos, naturalmente tienen una causa, en este sentido las fallas presentan tres posibles causas:

- Causa conocida
- Causa sospechada
- Causa desconocida

Cada una de las fallas debido a alguna causa, puede ocurrir en forma imprevista esperada en función del tiempo de equipo en servicio.

Los equipos están compuestos por sistemas, conjuntos, subconjuntos y elementos como unidades, desde este punto de vista se puede afirmar que:

- Si un elemento componente falla, la máquina falla.
- Si “n” elementos son de mala calidad, la maquina también heredará esta condición.

De lo anterior se puede afirmar que las fallas se encuentran interrelacionadas, de tal forma que la secuencia de su generación comienza por una falla origen, continua con falla consecencial, para terminar con fallas catastróficas, lo que produce pérdidas de producción y costos de mantenimiento.

### **6.1.2 Falla origen**

La falla origen es aquella que desencadena todo el proceso de situación anormal o avería de un equipo en servicio, siempre se inicia en algún componente débil de la máquina o en una zona crítica de un componente. La falla origen genera una serie de fenómenos consecuenciales puesto que en la mecánica todos los elementos sean estáticos o dinámicos forman una cadena entre si y por lo tanto sus fallas también están en esta relación.

La falla origen, toma tres formas principales en su generación.

**a) Falla por accidente:** se genera cuando el esfuerzo de trabajo es mayor que el esfuerzo de diseño de los elementos componentes o del equipo, condición típica de las roturas por sobrecarga, debido a deficiencias de fallas de operación.

**Responsable:** usuario o dueño del equipo que hace trabajar al equipo fuera de las condiciones indicadas por el fabricante.

**b) Fallas de nacimiento:** se genera cuando la resistencia del material o elemento es menor que la resistencia mínima necesaria para su condición normal de servicio. Esta se puede deber a error de especificación del material, errores de diseño, errores de manufactura y control de calidad deficientes.

**Responsables:** el fabricante y el personal de mantención, debido a deficiencias en fabricación, reparaciones mal hechas o montajes mal ejecutados de los equipos.

**c) Fallas por enfermedad:** esta falla ocurre durante o al final de la vida útil de los equipos en servicio, se genera por la acción sumativa de las solicitaciones, que degradan la resistencia de los materiales de acuerdo a la ley de entropía, este fenómeno se presenta como fatiga de material.

**Responsable:** el usuario, que somete a los equipos a condiciones de servicio anormales, como exceso de cargas, condiciones de vibraciones, desalineación, etc. El diseñador, quien no estableció en forma clara las condiciones en que el equipo debía operar.

## **6.2. Tipos de Fallas**

Se dice que las fallas en los elementos componentes de las máquinas y en la máquina misma como unidad productiva, tiene su propia identidad, esto significa que cada falla tiene:

### **6.2.1 Nombre de falla**

Existen cuatro tipos de fallas típicas que ocurren en las máquinas y equipos:

- **Fallas por deformaciones:** se generan por efecto de sobrecarga, tensiones térmicas, iones internas, fatiga del material, etc...
- **Fallas por fracturas:** pueden deberse a fracturas por sobrecarga en tracción, tensión, cizalle, fenómeno de fragilización de materiales, fracturas por fatiga, fracturas por defectos tecnológicos y de fabricación, etc.
- **Fallas por desgaste mecánico:** puede deberse a desgastes de tipo adhesivo, degaste abrasivo, degaste por fricción deslizante, degaste por erosión, degaste por fenómenos de cavitación, etc.
- **Fallas por desgaste por corrosión:** puede generarse por corrosión atmosférica, corrosión química, corrosión electroquímica, corrosión biológica, etc.

### **6.2.2 Ubicación de la falla**

Todas las fallas tienen un lugar característico de generación, en el caso de las maquinas este lugar son los componentes débiles. En las piezas que componen cada una de estas máquinas las fallas se encuentran ubicadas en las siguientes zonas:

- **Zonas de concentración:** de tensiones, zonas roscadas, uniones soldadas y zonas de chavetas y estrías, etc.
- **Zona con defectos tecnológicos de fabricación:** grietas, rechupes, inclusiones gaseosas, inclusiones de escorias, discontinuidades en general de tipo superficial o sub- superficiales.
- **Zonas expuestas a solicitaciones físicas de:** desgastes, corrosión, fragilización, temperaturas, etc.

### **6.2.3 Tiempo de ocurrencia de una falla**

Las fallas pueden presentarse de dos formas:

- **Forma prematura:** esto es en la puesta en marcha, en el periodo de rodaje, cuando la maquina es relativamente nueva, o después de una intervención por mantención, etc.
- **Forma esperada normal:** esto es, ocurrencia establecida por el fabricante o experiencia ganada por los propios usuarios de los equipos que programan las reparaciones, puesto que se prevén cierto tipo de fallas que es necesario ponerlas bajo control.

### **6.2.4 Grado o magnitud de las fallas**

Una clasificación primaria de las fallas, separa a estas en fallas parciales y fallas totales en función de la magnitud de los daños causados a los equipos o grado de interrupción de la operación.

- **Fallas parciales:** alteran en forma parcial el funcionamiento de los equipos en servicio.
- **Fallas totales:** todas las que interrumpe bruscamente un proceso.

### **6.2.5 Causas de las fallas**

Si una maquina interrumpe su funcionamiento se debe tomar en cuenta:

**\*Dónde se encuentra la falla**

**\*Qué causa el problema.**

De lo anterior se establece la relación causa- efecto, se debe entender entonces que a cada falla le corresponde una causa, la forma de enfrentar esto es a través del análisis de fallas.

## **CAPÍTULO 7. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (E.N.D)**

Son métodos de ensayo que permiten detectar y evaluar discontinuidades en estructuras o propiedades de materiales, componentes o piezas sin modificar sus condiciones de uso o aptitud de servicio.

### **7.1. Principales Métodos de E.N.D**

Un método de E.N.D consiste en aplicar un campo de energía o un medio de prueba a la pieza o material bajo ensayo. Detectar las modificaciones sufridas en el campo de energía o medio de prueba y en su interacción con la pieza, evaluar el significado de dichas modificaciones y finalmente relacionarlas con la presencia de discontinuidades, variaciones de composición estructural y/o propiedades.

Tabla 7.1 Método de E.N.D

Basado en	Aplicación de	Tipo de ensayo
Transporte de materia	Fenómeno físico- químico	- Líquidos penetrantes
Energía mecánica	Propiedades mecánicas	- Dureza mecánica - Rugo simetría
Electricidad y magnetismo	Fenómenos electromagnéticos	- Potencial eléctrico - Partículas magnéticas
Óptica	Luz visible	- Examen visual -Réplicas Metalográficas
Energía térmica	Evaluación de gradiente de temperaturas	- Termografía - Radiación metalográficas
Vibraciones mecánicas	Propagación de ondas elásticas	- Ultrasonidos - Ensayos sónicos - Emisión acústica - Análisis de vibraciones
Radiaciones penetrantes	Energía de las radiaciones electromagnéticas o corpusculares	- Gama grafía

### **7.1.1 Elementos esenciales de un E.N.D**

- Fuente de energía o algún tipo de medio de prueba.
- Las discontinuidades deben provocar cambios o alteraciones del medio de prueba.
- Algún medio para detectar estos cambios.
- Algún medio de observación y/o registro de las indicaciones de tal manera que se pueda hacer interpretación.

### **7.1.2 Etapas básicas de un E.N.D**

Los E.N.D están caracterizados por una metodología de aplicación que puede ser descrita en los siguientes términos:

- a) Elección del método y técnica de operación.
- b) Aplicación de un campo de energía o de un medio de prueba a la pieza o material bajo un ensayo.
- c) Detección de las modificaciones producidas en el campo de energía aplicado o medio de prueba en su interacción con la pieza o material de ensayo.
- d) Procesamiento de la información: Producida la modificación es preciso interpretarla es decir, hacer dictamen sobre qué es lo que da motivo a una indicación. La naturaleza, morfología, orientación y tamaño de la discontinuidad que lo provoca.
- e) Evaluar el significado de las modificaciones o indicaciones.

### **7.1.3 Criterios generales de inspección**

El grado de severidad de inspección de un elemento de máquina viene dado con la seguridad tanto humana como del equipamiento de una planta industrial, de ahí que aparece el criterio más real de necesidad de E.N.D



#### **7.1.4 Criterios generales de clasificación**

**Clase A:** elemento mecánico, pieza, sistema de producción o equipo crítico que al sufrir un deterioro afecta gravemente a vidas humanas y causa graves problemas a la productividad de la industria.

**Clase B:** elemento mecánico, pieza, sistema de producción o equipo que al sufrir un deterioro afecta notoriamente a la productividad, sin embargo, existe un sistema auxiliar que puede reemplazarlo o permite un tiempo de reparación sin detecten la industria.

**Clase C:** elemento mecánico, pieza, sistema auxiliar de producción o equipo que al sufrir deterioro no afecta la productividad y puede esperar su reparación o reemplazo.

#### **7.2 Inspección Visual**

Se realiza mediante ensayos no destructivos como por ejemplo líquidos penetrantes, partículas magnéticas y por equipos de observación como pueden ser microscopios, endoscopios. Se pueden detectar fallos como grietas, fisuras, desgaste, solturas de elementos de fijación, etc. Se aplican a zonas que se pueden observar directamente.

Se efectúan inspecciones visuales en terreno a los elementos principales del secador Rotatorio.

#### **7.3 Inspección Mecánica**

Consiste en detectar por medio de equipos el funcionamiento actual de las máquinas, y de sus elementos mecánicos. De las máquinas de procesos se ha seleccionado aquellos componentes más expuestos a averías y que suelen estar implicados en la mayoría de los fallos de los equipos.

**7.3.1 Rodamientos:** los rodamientos son unos de los componentes más importantes de las máquinas, por lo tanto se debe tener en consideración que en condiciones normales el fallo de un rodamiento sobreviene por fatiga del material, resultado de los esfuerzos de cortadura que surgen cíclicamente debajo de la superficie que soporta la carga. Después de algún tiempo, estos esfuerzos causan grietas que se extienden hasta la superficie. (Conforme los elementos rodantes alcanzan las grietas) provocando roturas del material (desconchado) y finalmente dejando el rodamiento inservible. Sin embargo la mayor parte de los fallos en rodamientos tienen una causa raíz distinta que provoca el fallo prematuro.

Es el caso del desgaste apreciable por presencia de partículas extrañas o lubricación insuficiente, vibraciones excesivas del equipo y acanalado por paso de corriente eléctrica. La mayor parte de los fallos prematuros son debido a defectos de montaje:

- Golpes
- Sobrecargas
- Apriete excesivo
- Falta de limpieza
- Desalineación
- Ajuste inadecuado

**7.3.2 Lubricación en los equipos:** el propósito de la lubricación de rodamientos, es prevenir el contacto metálico directo entre los elementos rodantes y pistas. Esto se logra a través de la formación de una delgada capa de aceite o grasa sobre las superficies de contacto. Sin embargo, para los rodamientos, la lubricación tiene las siguientes ventajas:

- Reducción de fricción y del desgaste
- Disipación de calor por fricción
- Vida prolongada del rodamiento
- Prevención a la oxidación

**Los efectos mencionados se logran mediante:**

- Un método de lubricación más efectivo para las condiciones de operación, el que debe de ser seleccionado adicionalmente, un lubricante confiable y de buena calidad, debe ser escogido.
- Otro requerimiento es el diseño efectivo de la estructura sellante que prevenga la invasión de elementos dañinos (polvo, agua, etc.) al interior del rodamiento, que remueva polvos y otras impurezas del lubricante, y que prevenga la fuga del lubricante al exterior. Casi todos los rodamientos usan el método de lubricación por grasa o por aceite.

**7.3.3 Cojinetes:** los modos de fallos típicos en este tipo de elementos son.

- Desgaste mecánico, deformación, roturas y separación por roce mecánico.
- Desgaste por corrosión
- Agentes abrasivos

Las causas están relacionadas con los siguientes aspectos:

- Montaje
- Condiciones de trabajo
- Sellado
- Lubricación

**7.3.4 Engranajes:** los engranajes presentan fenómenos de rodadura y deslizamiento simultáneamente. Como consecuencia de ello, si la lubricación es mala, se presentan fenómenos de desgaste, deformación, corrosión y fractura o separación. Las causas están relacionadas con las condiciones de diseño, fabricación y operación así como con la efectividad de la lubricación.

**7.3.5 Acoplamientos:** el 75% de los fallos son debidos a una lubricación inadecuada. Los modos de fallos básicamente son desgaste, deformación y rotura. Las causas están ligadas a problemas de diseño, montaje, condiciones de operación y lubricación inadecuada.

El diagnóstico de averías no se debe limitar a los casos en que el equipo ha fallado, por el contrario, los mayores esfuerzos se deben dedicar al diagnóstico antes de que el fallo se presente. Lo que se definió como mantención preventiva, fundamenta que el 99% de los fallos de maquinaria son predecibles por algún síntoma de alarma antes de que el fallo total se presente. Para el fallo en cuestión, se tendrá más o menos tiempo para analizar los síntomas y decidir el plan de acción.

**En cualquier caso se debe aplicar una metodología o procedimiento sistemático:**

- Señales o síntomas de observación directa
- Sobre calentamiento
- Vibración
- Ruido
- Alta temperatura en cojinete
- Fugas, humo, etc.

**Síntomas de observación indirecta:**

- Presión
- Caudal
- Posición
- Velocidad
- Vibración

## **CAPÍTULO 8. PLANIFICACION Y PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO.**

La optimización de los recursos disponibles es imprescindible para planificar y programar los trabajos, como en cualquier otra actividad Industrial.

El mantenimiento tiene una dificultad mayor ya que la mantención debe considerar la planificación y programación de la producción.

La planificación de los trabajos consiste en poner al ejecutor en disposición de realizar el trabajo dentro del tiempo previsto, con buena eficiencia y según un método optimizado; es lo que también se denomina proceso de preparación de trabajos. La programación, una vez planificados los trabajos, establece el día y el orden de la ejecución de los mismos. Supone, por tanto, un trabajo de ingeniería previo a la ejecución de los trabajos para determinar:

- Localización del fallo, avería
- Diagnóstico del fallo.
- Prescribir la acción correctiva.
- Decidir la prioridad correcta del trabajo.
- Planificar y programar la actividad.

### **8.1 Planificación de los Trabajos**

Para que los trabajos se puedan realizar con eficiencia deseada es preciso:

- Concretar el trabajo a realizar
- Estimar los medios necesarios (mano de obra, materiales)
- Definir las normas de seguridad y procedimientos aplicables.
- Obtener el permiso de trabajo.

Se trata, por lo tanto, de hacer la preparación tanto de la mano de obra como de los materiales y equipos (repuestos, grúas, andamios, máquinas- herramientas, etc...) y por ello podemos decir que es una actividad imprescindible para una adecuada programación. Esto nadie lo duda, la única cuestión opinable es si debe ser realizado por un órgano staff o por el contrario, que sean realizados por los propios responsables de ejecución.

**a) Preparación de mano de obra:** Normas, procedimientos, Guías de trabajo aplicables. Sobre todo debe estar detallado en trabajos muy repetitivos (procedimientos y Normas-Guías). Calificación y formación de los ejecutores. Horas de trabajo necesarias. Permisos de trabajo a obtener. Condiciones a reunir por la instalación para obtener el permiso de trabajos.

**b) Preparación de materiales y equipos:** repuestos necesarios, su disponibilidad. Materiales de consumo y otros no almacenados. Transporte, grúas, carretillas necesarias. Andamios y otras actividades auxiliares de apoyo

### **8.2. Criterio de Preparación del Mantenimiento:**

Evidentemente no todos los trabajos requieren igual preparación, se aceptan los siguientes grados de preparación en mantenimiento, para justificarlo económicamente:

- **Mantenimiento Menor:** 10% de los trabajos no requieren ninguna preparación (pequeña, no repetitiva)
- **Mantenimiento Normal:** 60% de los trabajos se hará con la preparación general, incidiendo más en los materiales que en la mano de obra (trabajos normales)
- **Mantenimiento Mayor:** 30% de los trabajos se hará una preparación exhaustiva (grandes reparaciones, larga duración, parada de instalaciones).

### **8.3. Procedimientos de Trabajos**

Deben ser útiles y fáciles de manejar por los interesados (no son manuales para técnicos sino para operarios.) deben contener:

- Las operaciones necesarias y su orden de ejecución.
- Los instrumentos, útiles y herramientas especiales necesarias.
- El número de personas necesarias para cada operación.

### **8.4. Sub Contrato de Equipos Mayores**

Grúas plumas, equipos tratamientos térmicos etc. solicitar con toda la anticipación posible y tiempo mínimo necesario a emplear en la planta y cotizaciones para tener presente sus costos.

## **CAPÍTULO 9. DESARROLLO PLAN DE MANTENIMIENTO SECADOR ROTATORIO SVT 2520 RTR8**

### **Introducción.**

Se propone el siguiente plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de disminuir y/o evitar las fallas que ocurren en el secador rotatorio, ya que la empresa sólo trabaja con mantenimiento correctivo, lo que implica tiempos de detención más prolongados, esto porque no se cuenta con las herramientas necesarias para solucionar el problema, como son:

Repuestos, capacitación de personal, etc.

La intervención tardía en la corrección de fallas pequeñas traerá un impacto mayor en los equipos produciendo fallas de mayor importancia o catastróficas.

### **PLANIFICACIÓN GENERAL PARA SECADOR ROTATORIO SVT 2520 RTR8**

- 9.1. Elaboración de procedimiento para condiciones de seguridad personal/máquina
- 9.2. Especificación de especialización de la mano de obra para trabajos, mecánicos, eléctricos, inspectores de ensayo no destructivos, Ing. de terreno.-
- 9.3. Planificación de trabajos críticos a realizar en el secador, según equipos críticos, elaboración de formatos para inspecciones END.
- 9.4. Planificación de trabajos típicos de gran envergadura:  
Recuperación de tornillo alimentador, recuperación de caja de reducción.
- 9.5. Acopio de materiales y repuestos para taller.
- 9.6. Descripción de trabajos generales en base a inspecciones periódicas y fallas de operación.
- 9.7. Elaboración de especificaciones técnicas para efectuar trabajos a realizar en equipos críticos.
- 9.8. Descripción de trabajos a realizar: Recuperación haz de tubos, recuperación carcasa, recuperación corona etc.
- 9.9. Fabricación de Carta Gantt para trabajos a realizar en MS- Project.
- 9.10. Elaboración de Dossier para trabajos ejecutados (informe final).

**9.1.1. Posibles riesgos de seguridad personal/máquina para trabajos en secador rotario.**

**a) Objetivos:** este instructivo contiene los equipos de protección básica para realizar actividades y enfrentar los peligros inherentes potenciales que estarán presentes en la ejecución de las actividades para el secador rotario.-

**b) Desarrollo:** se nominan los riesgos en conformidad a las actividades de sectores a inspeccionar y reparar en terreno para el secador (Anexo H).

**c) Documentos necesarios para realización de trabajos:**

Tabla 9.1 Procedimiento ATS, PTS v/s descripción

PROCEDIMIENTO	DESCRIPCION
<b>ATS: ANALISIS DE TRABAJO SEGURO</b>	Actividades y análisis de riesgo versus acciones preventivas. Supervisor.
<b>PTS: PERMISO DE TRABAJO SEGURO</b>	Mantención: BLUMAR S.A Jefe turno: Supervisor:

**d) Área de trabajo secador**

Tabla 9.2 Riesgo, daños y medidas de control

Riesgo	Daños	Medidas de control eficaz
<b>Caída al mismo nivel</b>	Contusión	Verificar orden del lugar
<b>Caída a distinto nivel</b>	Fractura, contusión	Uso arnés cinturón seguridad, sobre 1,5 metros de altura
<b>Exposición a material particulado</b>	Lesión ocular	Uso elementos de seguridad lentes antiparras
<b>Contacto con objetos cortantes</b>	Herida cortante	Uso elementos de seguridad guantes anticorte.
<b>Partículas en suspensión</b>	Aparato respiratorio	Uso mascarillas 3M para partículas
<b>Exposición arco eléctrico</b>	Lesión ocular	Lentes seguridad obscuro



### **9.1.2. Forma de parada del equipo para mantención y trabajo seguro**

#### **a) Detención del equipo.**

- Detener el tornillo de alimentación del secador
- Dejar el secador operando hasta evacuar toda la carga
- Cerrar paulatinamente el “*damp*er”, para evitar que la harina remanente en el secador sea arrastrada por el ventilador.
- Disminuir gradualmente la presión de vapor.
- Realizar la total evacuación del condensado del equipo.
- Detener el sistema motriz.

#### **b) Detención del equipo por más de 24 horas**

- Limpiarlo interiormente, sacando la harina.
- Hacerlo funcionar introduciendo vapor por 6 horas sin agregarle carga, con el propósito de sacar cualquier resto que quedara en su interior. Es necesario hacerlo con vapor, ya que de lo contrario, los tubos se corroerían con facilidad, disminuyendo su vida útil.
- Se debe tomar en consideración el manejo del *damp*er. Si está excesivamente abierto produce retención de harina en la zona de descarga.
- Después de haber procesado harina de pescado, se debe confirmar de que no existe ningún residuo de harina en el secador. Hay que limpiar todos los bordes de la cámara calefaccionada, interior y exterior, así como perfiles o canales interiores que sujetan los bancos de tubos.
- La composición química de la harina de pescado contiene partículas que al quedar húmedas se descomponen y corroen el acero. Esta corrosión puede ocasionar graves problemas al momento de ponerlo nuevamente en marcha.

## 9.2. Especialización de la Mano de Obra.

Para realizar trabajos típicos del secador es necesario contar con personal calificado como; soldadores, mecánicos, eléctricos, supervisor e ingeniero de terreno. Se define en la siguiente tabla la especialización de estos y la estimación de trabajo a realizar.-

Tabla 9.3 Personal calificado necesario

Personal	Trabajos
Inspector nivel II	Inspección de END - Líquidos penetrantes - Partículas Magnéticas - Ultrasonido
Soldador calificado	Procesos de Soldadura: Técnicas - MIG - TIG
Técnico mecánico	Realizar las reparaciones y soluciones que se producen en terreno de carácter mecánico. (cortar, montar, desmontar )
Técnico eléctrico	Realizar reparaciones y soluciones carácter eléctrico. (verificación motor) (Anexo E)
Ayudantes	Personal no calificado que presta ayuda a los maestros, etc.
Ing. de terreno (supervisor)	Supervisa, controla y dirige los trabajos, evaluando fallas y evita futuras complicaciones. Lleva un registro de las actividades realizadas diariamente.
Ing. de planta	Planifica los trabajos a realizar por el personal de mantención, considerando especialidad, los costos, tiempos, y recursos a implementar en los trabajos.

### 9.3. Planificación de Trabajos Críticos a Realizar en el Secador.

#### 9.3.1. Equipos críticos.

Según criterio general de clasificación definido en capítulo 7, punto 7.1.4 Se definen como equipos críticos los siguientes.

##### Tornillo alimentador.



El cual pertenece a la línea de alimentación de harina de pescado, además los siguientes equipos completan el conjunto.

Motor reductor: 5.5 HP

Piñón eje Z=38 P= 1" Piñón motor Z=19 P=1"

Caja de rodamiento: serie 22219

Figura 9.1 Tornillo alimentador

##### Sistema de rodadura.

Pista de rodadura

8 Buggies Axiales y 2 Buggies Radial



Figura 9.2 Polines axiales y radial

##### Línea de alimentación de vapor.

Válvula de globo 4" principal de alimentación

Filtro 1" y filtro decantador

Trampa vapor Armstrong

Flexible. 2 ½ " 2" y 4" manómetro



Figura 9.3 Alimentación de vapor

### **Sistema motriz.**

Motor: 20 HP

Piñón: Z=12

Cadena transmisión: simple

Corona Z= 160

Reductor: 1750-56 rpm

Acoplamiento: mecánico/hidráulico



Figura 9.4 Conjunto sistema motriz

### **Línea de descarga del producto.-**

Tornillo de salida

Motor reductor: 7.5 HP

Piñón eje Z=38 P= 1" Piñón motor Z=19 P=1"

Caja de rodamiento: serie 22219

(Rodillo a rotula)



Figura 9.5 Tornillo salida de producto

### **Salida de condensado.**

Ventilador centrifugo

Válvula de seguridad 1 ½ "

Válvula Check 2".

Filtro 2" y filtro decantador

Trampa vapor 2" Armstrong 216

Visor 2"



Figura 9.6 Ventilador centrifugo

### **9.3.2. Elaboración de formatos para inspección END**

Para la inspección de END en el secador rotatorio se dividirán las inspecciones en parte externa y parte interna del secador.-

Las inspecciones de END se definirán según norma ASME (anexo A).-

#### **a) Parte externa contempla**

- Casquete y domo
- Tornillo alimentador
- Tornillo descarga del producto
- Corona dentada
- Bases
- Accesorios: caja reductora,
- Válvula de seguridad
- Línea de alimentación vapor.
- Línea salida de condensado


#### **b) Parte interna**

- Domos
- Haz de tubos
- Espejos
- Buzón salida de vahos

Para inspecciones uniones soldadas ver (Anexo B)

A continuación se describirá el formato END para las piezas mencionadas, el formato es de una empresa ficticia.-

Solo se expondrán de ejemplo tres elementos de la parte externa y dos de la parte interna.-

	ASESORIA INGENIERIA JLVO	END: 1001/2013
	FONO:67428299	Nº: 1001
	CONCEPCION	

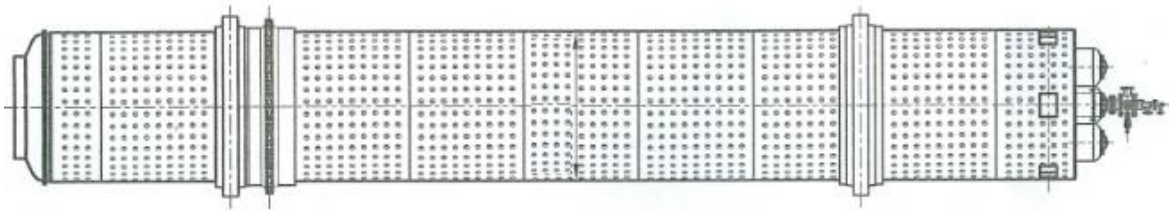
**END a Secador Rotatorio SVT 2520 RTR8 Superficie Exterior**

Métodos de END Según norma ASME V

I A) Casquete y Domo

a1) Uniones soldadas longitudinales y transversales.

a2) Ensayo espesores casquete (según tabla)



Zona	Ubicación	IV	LP	PM	US	OBS
Casquete y domo	Superficie	X	X	X	X	Ensaye espesor
	Unión soldada	X	X	X	---	

**Objetivos.-**

(IV) inspección visual: Inspección mecánica y metalúrgica visual permitirá detectar distorsión del diámetro de la estructura cilíndrica y defectos superficiales.

(LP) liquido penetrante: determinar defectos superficiales abiertos de los cordones de soldadura de zonas críticas del secador. (anexo D)

(PM) partículas magnéticas: detectar defectos de la subcapa de los cordones de soldadura del secador.

(US) ultrasonido: determinar defectos o discontinuidades internas de los cordones de soldadura de la zona crítica del secador.

Inspector END

VºBº Ingeniero Terreno



ASESORIA INGENIERIA JLVO.-

END: 1002/2013

FONO:67428299

Nº: 1002

CONCEPCION

I B) Tornillo alimentador

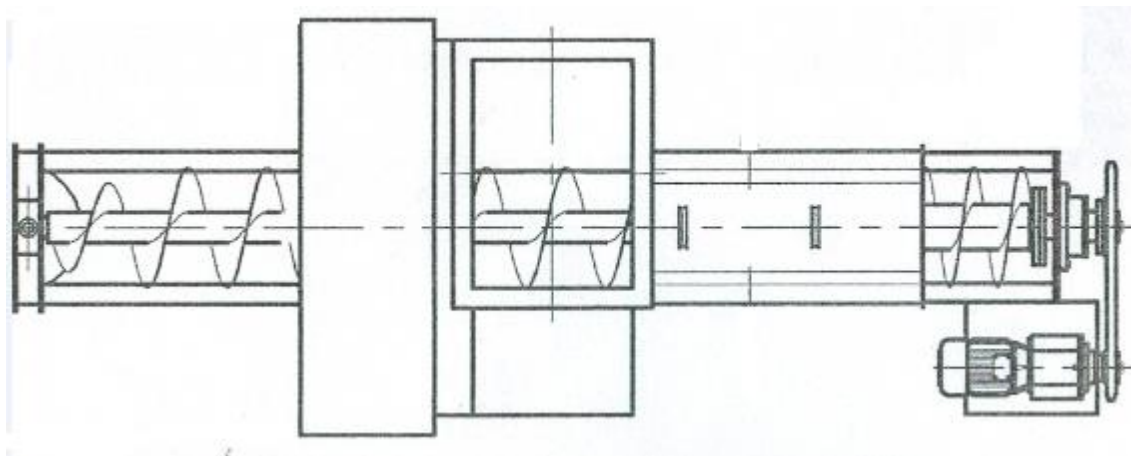
b1) Inspección metalurgia: END.

b2) Inspección mecánica: Dimensional, radial(excentricidad) y axial(deflexión), análisis vibracional (zona de descansos del eje) .

END a Secador Rotatorio SVT 2520 RTR8

Superficie Exterior


Métodos Según norma ASME V



Zona	Ubicación	IV	LP	PM	US	OBS
Alabes	Bordes	X	X	X	----	
Cuerpo y alabes	Unión soldada	X	X	X	----	
Unión mecánicas	Uniones	X	---	---	---	Análisis
	Descansos	X				Vibracional

Inspector END

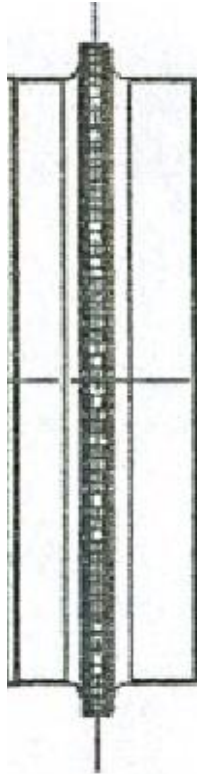
Ing. Terreno

	ASESORIA INGENIERIA JLVO.- FONO:67428299 CONCEPCION	END: 1003/2013 Nº: 1003
---	---	----------------------------

I C) Corona dentada

c1) Inspección metalurgia: END.

c2) Inspección mecánica: lubricación, chequeo dimensional y distorsional (axial y radial).



END a Secador Rotatorio SVT 2520 RTR8

Superficie Exterior

Según norma ASME V

Zona	Insp metalúrgica	Insp. mecánica
Cuerpo corona	X	X
Dientes engrane	X	X

Inspector

Ingeniero Terreno





ASESORIA INGENIERIA JLVO.-

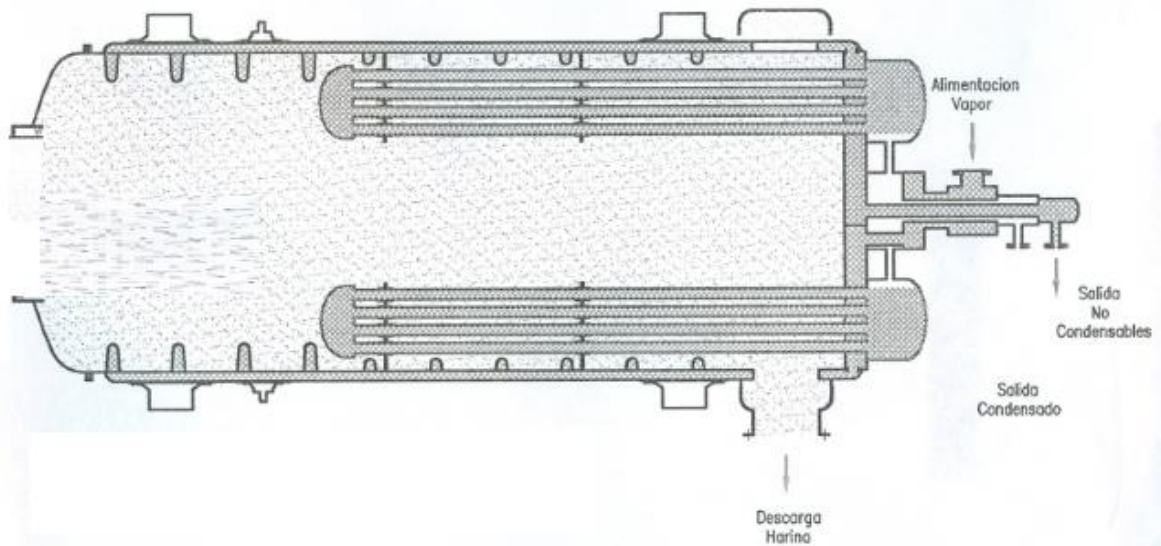
FONO:67428299

CONCEPCION

END: 1004/2013

Nº: 1004

II) Parte interior



IIa) Espejo (soportación de tubos)

a1) Uniones soldadas a la carcaza

a2) Inspecciones uniones soldadas de la superficie espejo.

IIb) Domos y tuberías


b1) Haz de tubo, uniones soldadas

b2) prueba de presión 1,5 veces presión de trabajo

IIc) Buzón salida de vapor condensado

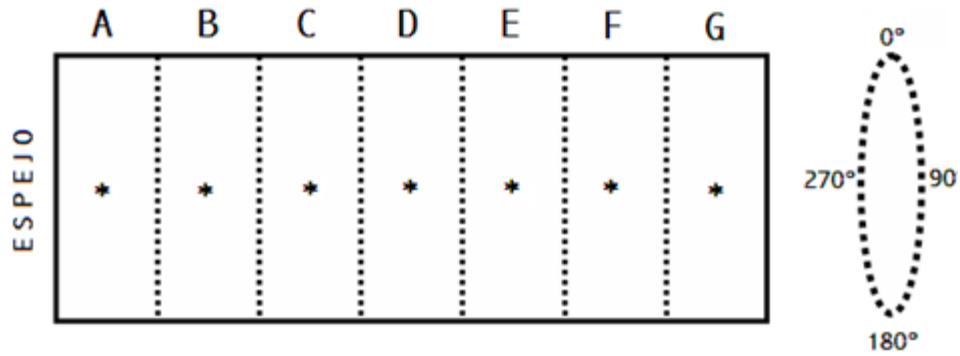
c1) Inspección visual

c2) verificación que no exista filtro.-

	ASESORIA INGENIERIA JLVO.-	END: 1001/2013
	FONO:67428299	Nº: 1002
	CONCEPCION	

II) Parte interior

Cotas separación de acuerdo a dimensiones del casquete



A:1700 B:2000 C:2000 D: 2000 E: 2000 F: 2000 G: 2000

Ila) Espejo (soporte de tubos)

a1) Uniones soldadas a la carcaza

a2) Inspecciones uniones soldadas de la superficie espejo.

Tabla Toma Espesores en mm

	A	B	C	D	E	F	G
0°							
90°							
180°							
270°							

- Inspección con LP el 100% de los cordones de raíz.
- Inspección con PM al 10%

SEGÚN NORMA FORMATO END SE DEBE SEPARAR EN:

1. EXCLUSIVO IV, LP Y PM
2. EXCLUSIVO ENSAYE ESPESORES

**Fotografías de END a equipos mencionados (experiencias anteriores).**



Figura 9.7 Insp. partículas magnéticas



Figura 9.8 Insp. líquidos penetrantes



Figura 9.9 Insp. ultra sonido



Figura 9.10 Insp. líquidos penetrantes

#### **9.4. Planificación de Trabajos de Gran Envergadura:**

A continuación se describen dos procedimientos de trabajos para la recuperación de tornillo alimentador y una caja reductora. Forma de enfrentar el problema y la planificación adecuada.-

##### **9.4.1. Recuperación de tornillo alimentador**

###### **Secuencia de actividades.**

- 1.- Reunión técnica para la Inspección.
- 2.1 Verificación de sistemas de calidad.
  - 2.1.2 Verificación de materiales.
  - 2.1.3 Verificación memoria de cálculo
- 2.- Inspección metalúrgica inicial
- 3.- Marcación de defectos y zonas a reparar.
- 4.- Inspección y asesoría durante reparación.
- 5.- Reparación de defectos encontrados
- 6.- Proceso de soldadura PTS
- 7.- Inspección final

##### **9.4.2. Recuperación caja reductora.**

###### **Secuencia de actividades.**

- 1.- Reunión técnica para la Inspección.
- 2.1 Verificación de sistemas de calidad.
  - 2.1.2 Verificación de materiales.
  - 2.1.3 Verificación mantención anteriores
- 2.- Inspección mecánica y metalúrgica inicial
- 3.- Marcación de defectos y zonas a reparar.
- 4.- Desarmar reductor e identificar condiciones de rodamientos
- 5.- Revisar e identificar condiciones de retén
- 6.- Verificar condiciones de empaquetadura junta motora y reductora, cambiar.
- 7.- Armar conjunto y lubricar con aceite.-
- 8.- Inspección final

### 9.5. Acopio de Materiales y Repuestos para Bodega.

**a.- Piezas sometidas a desgaste:** cojinetes, casquillos, retenes, juntas.

Además se puede incluir juntas, retenes, rodetes y tuberías sujetas a fatiga, corrosión y cavitación.

**b.- Consumibles:** Elementos de duración inferior a un año, de bajo costo, se sustituyen sin esperar a que den síntomas de mal estado. Filtros y lubricantes.

**c.- Elementos de regulación y mando:** válvulas, muelles, cigüeñales, etc.

Su fallo frecuente es por fatiga

**d.- Piezas móviles:** engranajes, ejes, correas, cadenas, reductores, etc.

Su fallo habitual es por fatiga

**e.- Piezas estructurales:** Difícilmente fallan, al estar trabajando en condiciones muy por debajo de sus capacidades. Son bastidores, soportes, basamentos, etc.

A continuación se describe una tabla con materiales a utilizar en un mantenimiento estándar del secador.-

Tabla 9.4 Cotización de materiales

Descripción de material.-	unidad	cantidad	Precio unit.	Valor (\$)
Disco de corte 7" diámetro	c/u	170	\$9000	105.400
Disco de desbaste 7" diámetro	c/u	50	\$2000	36.250
Disco de corte 4,5" diámetro	c/u	50	\$2000	22.500
Disco desbaste 4,5" diámetro	c/u	120	\$2500	60.000
Soldadura mig y arco manual	Kg	1	\$215.400	215.400
Gas propano	m <sup>3</sup>	3	\$42.000	126.000
Oxígeno	m <sup>3</sup>	300	\$2.523	756.900
Mezcla argón	m <sup>3</sup>	63	\$6.600	415.800

## **9.6. Trabajos Generales a Realizar**

Según las inspecciones realizadas en los equipos y el historial de fallas más comunes en el secador, se elabora el siguiente listado de trabajos típicos con los cuales se podría encontrar.

Es necesario señalar que solo con la realización de los END se puede determinar que trabajos se harán.

### **9.6.1. *Mantenimiento general del secador***

- Domo alimentación de vapor
- Domo trasero
- Desmontar cañerías secador
- Desboquillar y esmerilar
- Montaje de cañerías
- Calar placa domo trasero y soldar cañerías
- Armado domo alimentación de vapor y soldar puntas cañerías

**Recuperación haz de tubos.**

**Mantenimiento de buggies**

**Mantenimiento motor reductor auxiliar tornillo.**

**Mantenimiento axial.**

**Mantenimiento tornillo alimentador.**

**Mantenimiento descanso rodamientos.**

**Mantenimiento corona dentada.**

## **9.7. Manejo Falla Equipo Crítico**

Elaboración de especificaciones técnicas para efectuar trabajos a realizar en equipos críticos.

### **Objetivo:**

- Establecer una secuencia de actividades técnicas, para controlar y minimizar el tiempo de parada de la línea de producción debido a falla de equipo crítico.
- Determinar las acciones resolutivas a seguir para actuar, reparar, recuperar o reemplazar un equipo crítico fallado.

### **9.7.1. Responsabilidad:**

#### **a) Falla de equipo crítico horario administrativo:**

- Control operativo de la planta, le compete al jefe de turno de producción, operar sala de control y operador de terreno.
- Control de equipo crítico fallado le compete al jefe del departamento de mantención, jefe de división eléctrica, jefe del área mecánica.

#### **b) Falla de equipo crítico fuera de horario administrativo:**

- Control operativo de la planta, le compete a jefe de turno producción, operador sala de control y operador de terreno.
- Control de equipo crítico fallado le compete a director de operaciones, ingeniero mantención turno fin de semana.

#### **c) fallas de mayor envergadura:**

- Aplicar procedimiento

### **9.7.2 Procedimiento:**

#### **a) Falla de un equipo crítico.**

- Verificar envergadura de la falla del equipo: operador de terreno, mecánico turno, electricista de turno, operador sala de control.
- Sectorizar línea con equipo crítico con falla: jefe turno producción, operador.
- Discriminar sobre la necesidad de detener la línea.
- Parada de línea de producción en forma inmediata.
- Parada de línea de producción programada.
- Efectuar operaciones primarias: preparar material, organizar, planificar operación. Jefe dpto. Mantenimiento, jefe división electricidad, jefe área mecánica.
- Detención de la línea con falla de equipo crítico.
- Verificación del equipo con falla
- Efectuar inspecciones básicas visual y con instrumentos: mecánico de turno
  
- Reparación de emergencia:
  - a1) IN SITU: Desmontar elementos fallados y trasladar a maestranza
  - a2) MAESTRANZA: Desmontar el equipo y elemento fallado. Posteriormente trasladar a maestranza.
- Citar a la planta personal de maestranza.
- Determinar grado de la reparación: la decisión la debe tomar a la persona que corresponda según horario de trabajo.



## **b) Reparación menor.**

- Reparación en maestranza:
  - b1) Reemplazar repuesto en bodega
  - b2) Soldar elemento del equipo
  - b3) Fabricar elemento del equipo en maestranza
- Determinar confiabilidad técnica para realizar reparación
- Montar equipo o elemento reparado
- Efectuar pruebas básicas
- Planificar reparación definitiva en fecha próxima.

## **c) Reparación mayor**

- Reparación con o sin apoyo de maestranza.
  - c1) Reemplazar repuesto en bodega
  - c2) Adaptar elementos mecánicos similares
  - c3) Fabricar en maestranza elementos mecánicos
  - c4) Comprar urgente elemento o repuesto en mercado nacional.
- Determinar confiabilidad técnica para realizar reparación
- Según tiempo de reparación efectuar planes paralelos: reparar o verificar otros equipos según listado de fallas menores, efectuar plan limpieza menor.
- Montar equipo o elemento reparado
- Efectuar prueba básica.
- Planificar reparación definitiva en fecha próxima.

**d) Reparación de envergadura:**

- Reunión técnica para definir, programar y planificar la reparación del equipo fallado.
- Determinar confiabilidad técnica y plazos para definir alternativa de reparación
  - d1) Mercado nacional: capacidad técnica, capacidad equipamiento, plazos.
  - d2) Mercado extranjero: plazos y costos.
  - d3) Otras alternativas: modificar línea de producción, adaptar equipos similares.
- Según tiempo de reparación efectuar planes paralelos: realizar modificaciones o proyectos menores del departamento, efectuar mantención a otros equipos según programa periódicos de mantención, efectuar plan de limpieza.
- Montar equipo reparado
- Efectuar pruebas básicas
- Acondicionar línea de producción para la puesta en marcha
- Efectuar informe de análisis de falla de equipo.
- Programar, chequear acciones correctivas o equipo similar.

**e) Falla desconocida de un equipo crítico.**

- Equipos más propensos a fallas desconocidas en orden de dificultad
  - e1) equipo electrónico
  - e2) equipos neumáticos- hidráulicos
  - e3) equipos eléctricos
  - e4) equipos mecánicos
- Análisis de la situación actual del equipo fallado: identificar equipo fallado, verificar parámetros de operación actual, comparar parámetros medidos en equipo similar, inspeccionar visualmente elementos mecánicos- eléctricos.
- Revisar historial de mantención: fallas anteriores, repuestos reemplazados, repuestos no reemplazados, repuestos reacondicionados.

- Analizar último cambio programa de fabricación.
- Análisis de origen probable de la falla del equipo.
- Acciones primarias de prueba

### **9.8. Descripción de Trabajos a Realizar:**

Procedimiento de trabajos a realizar, además se estima cotización de acuerdo a valores de mercado.

#### **9.8.1. Desmontar domo de alimentación.**

- 1.- Autorización de trabajo seguro (PTS)
- 2.- Efectuar control de recepción mediante: visual, fotos, dimensionar marcas si es necesario.
- 3.- Desmontar domo trasero
  - 3.1. Marcar posiciones referenciales
  - 3.2. Soltar tuercas en pernos de amarre
  - 3.3. Colocar tecla en posición con objeto de levantar domo
  - 3.4. Trasladar a maestranza
  - 3.5. Mediante ensayos no destructivos efectuar inspección con líquidos penetrantes y partículas magnéticas zonas expuestas a mayor trabajo y soldadura.
  - 3.6. Una vez inspeccionadas el estado de las piezas, solicitar cambio de pieza si es necesario.
    - Cambio de pernos de amarre y tuercas.
    - Estado de flanges y cañerías.
    - Corregir detalles de soldadura y superficies de trabajo.

**Una vez cambiadas las piezas en mal estado se procede a armar:**

- Cambiar empaquetaduras
- Cambiar pernos de amarre y tuercas
- Trasladar a lugar de origen y montar
- Verificar posición de domo
- Ajustar y proceder a apretar tuercas según presión solicitada
- Alinear y montar flanges y cañerías en sus calzos en domo.
- Verificar mediante presión sellado de domo con el secador.

**9.8.2 *Mantenición de buggies***

- Desmontar Buggies de soportación guía.
- Revisar Buggies, verificación de estado para retenes y rodamientos.
- Revisar cajas porta rodamientos y verificar en qué estado se encuentran.
- Enviar a maestranza para rectificar en caso de encontrarse en mal estado
- Cambiar rodamientos (22318- E1) y retenes (100-130-13) en caso de encontrarse en mal estado.
- Lubricar rodamientos con grasa EP-2
- Armar Buggies e instalar Buggies en soportación guía.

**9.8.3 *Mantenición haz de tubos.***

- Desmontar las 222 cañerías desde lado copa domo alimentación de vapor.
- Usar tecles para su desmontaje
- Cortar cañerías según requerimiento y estado de estas.-
- Las cañerías son soportadas por 9 placas bases (espejo), largo cañería 16mt/l.

**9.8.4 *Desboquillar y esmerilar.***

- Desboquillar con oxicorte 1998 bujes guías.
- Quitar soldadura ambos lados de placa soporte cañerías
- 6 haz de tubos, cada haz consta de 9 espejos y cada soporte 37 bujes soldados ambas caras.
- Esmerilar soportes desboquillados ambas cara e interior paso cañería.

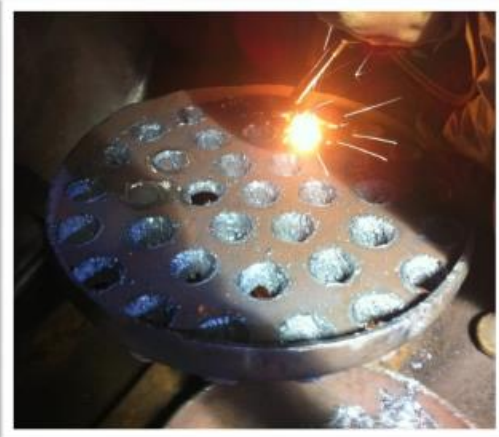


Figura 9.11 Antes del desboquillado      Figura 9.12 Desboquillado soporte

### **9.8.5 Montaje de cañerías.**

- Seleccionar cañerías de desmontaje, unir a cañerías nuevas y dar largo 16 mt/l
- Instalar medias cañas envolventes según posición de soportes
- Fabricar 3996 medias cañas de 120 mm de largo, utilizando cañerías reutilizables.

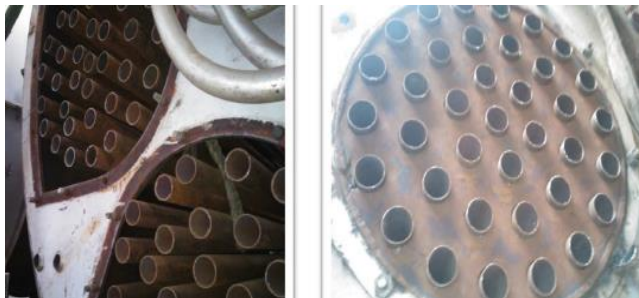


Figura 9.12, 9.13 Montaje cañería, Soldadura en punta de cañerías.

### **9.8.6 Calar placa domo trasero y soldar cañerías.-**

- Calar punta de cañerías 222 c/u en 6 placas bases domo trasero
- Alinear placas bases por posición de cañerías
- Soldar 222 punta de cañería a placas bases
- Soldar cama a placa base domo 6 c/u

Nota: Utilizar soldadura Mig y Arco manual según requerimiento

### **9.8.7 *Mantenimiento motor reductor auxiliar tornillo.***

- Realizar mantenimiento preventivo motor reductor auxiliar
- Desarmar reductor y verificar estado de rodamiento
- Revisar e identificar estado de reten
- Cambiar empaquetadura junta motor eléctrico y reductor.
- Armar conjunto motor- Reductor
- Lubricar con aceite Omala 150 cant 1.5 lts aprox.
- Cambiar sproket de 19 dientes y paso 1" 1/2
- Verificar que quede operativo.

### **9.8.8 *Mantenimiento axial.***

- Realizar mantenimiento correctiva a axial para dejarlo de repuesto
- Desarmar axial
- Revisar axial y verificar estado de rodamientos (Serie 23316)
- Lubricar con grasa EP-2
- Enviar a maestranza para rectificar cara perimetral de axial

### 9.9. Fabricación de Carta Gantt para Trabajos a Realizar (MS-Project.)

Solo de muestra en anexo C se especifica y se adjunta el archivo del programa

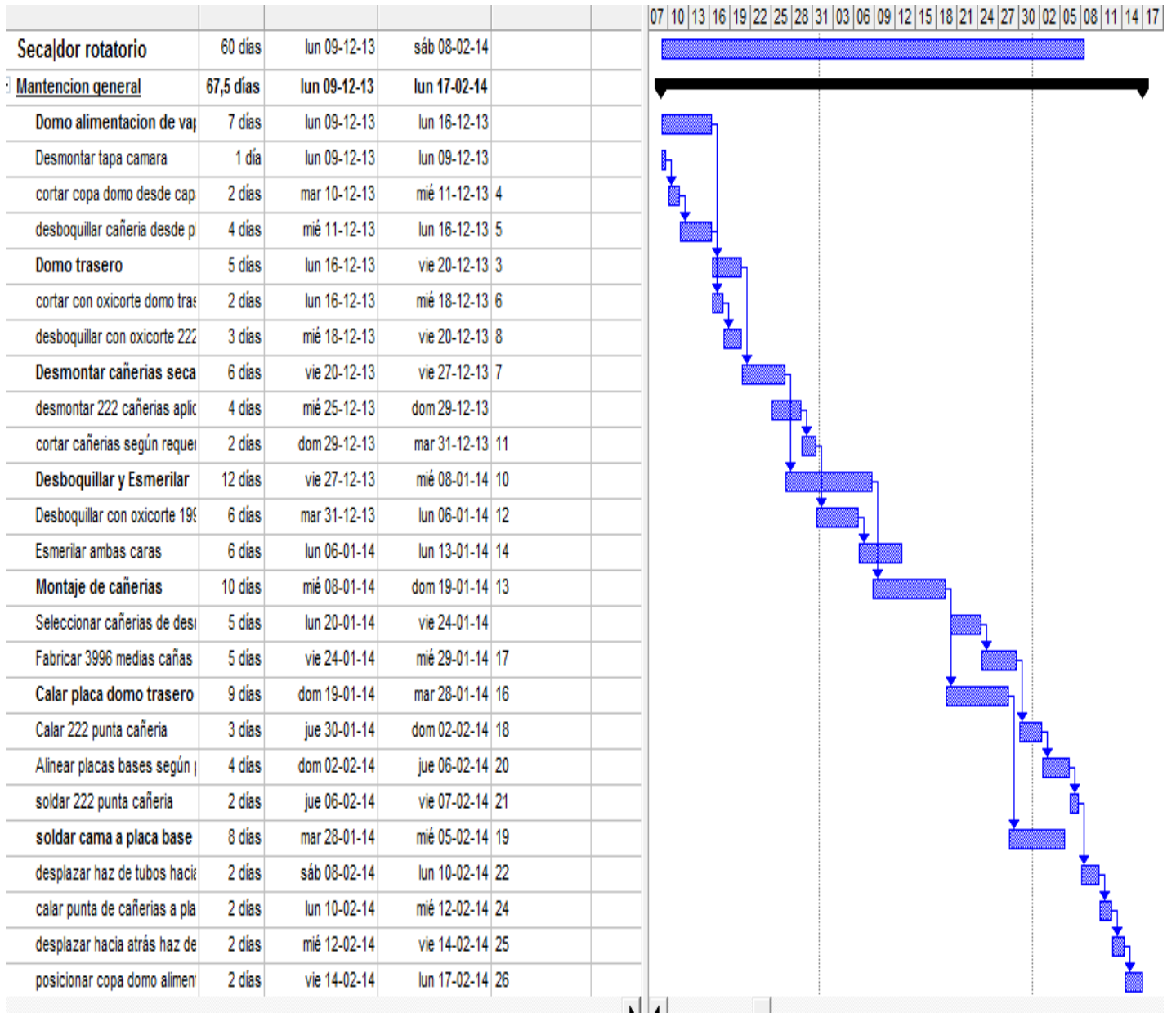


Figura 9.9.1 Carta gantt

## 9.10 Elaboración de Dossier para Trabajos Ejecutados

### 9.10.1 Precauciones y recomendaciones

Se debe tener en cuenta que para un correcto funcionamiento del equipo se ha de inspeccionar los siguientes tipos de fallas más comunes:

Tabla 9.5 Falla y solución en terreno

<u>Tipo de Falla</u>	<u>Solución</u>	
<b>Sobrecarga en la Partida</b>	<b>Causa</b> Acumulación de condensado en el equipo	Purgar el condensado por válvula de drenaje
	<b>Causa</b> Equipo cargado con harina	Cortar alimentación de harina, alimentar con vapor y evacuar la harina del secador.
<b>Falta de Torque o Calentamiento del Acoplamiento Hidráulico</b>	Verificar nivel de llenado de aceite del acoplamiento	
<b>Cadena Ruidosa</b>	Verificar nivel de aceite en caja reductora.	
<b>Perdida de Presión</b>	Verificar lubricación de cadena	
<b>Desalineamiento del Equipo</b>	Verificar que el equipo no este sobrecargado	
	Revisar empaquetadura del equipo, y reemplazar en el caso que estuvieran dañadas.	
<b>Perdida de Presión</b>	Verificar el apriete de los perros.	
<b>Desalineamiento del Equipo</b>	Verificar que no estén deteriorados los rodamientos axiales de polines autoalineantes	
<b>Desalineamiento del Equipo</b>	Verificar la posición de los polines axiales y reapretar si fuera necesario.	



### 9.10.2 Lubricación

Por ser el secador un equipo giratorio pesado, es necesario cumplir con todas las exigencias de lubricación y utilizar los lubricantes recomendados por los fabricantes de los diversos elementos que componen el secador (motores, reductores, etc.).

Tabla 9.6 Programa de mantenimiento sugerido

<b>Parte/Pieza</b>	<b>Frecuencia de lubricación o cambio</b>
<b>Sistema de Rodado</b>	
<b>Rodamiento de los polines</b>	Lubricación: Semanal Verificación Superficie: Mensual
<b>Superficie de polines autoalineantes</b>	Lubricación: Diaria
<b>Caja de polines</b>	Lubricación: Semanal
<b>Superficie de llantas</b>	Lubricación: Diaria
<b>Rodamientos y sus descansos</b>	Lubricación: Semanal
<b>Cadena de transmisión, corona y piñón</b>	Lubricación: Semanal
<b>Sistema de Juntas Rotatorias</b>	
<b>Juntas de Alimentación de vapor</b>	Lubricación: Cada 8 horas
<b>Sistema Motriz</b>	
<b>Reductor</b>	Cambio: Semestral
<b>Acoplamiento Hidráulico</b>	Cambio: 10.000 horas

### **Consideraciones:**

- La lubricación de las juntas rotatorias se debe realizar con un lubricante que resista temperaturas sobre los 150°C.
- Los polines de rodado, al ser autoalineantes, necesitan buena lubricación para un buen funcionamiento. Los rodamientos, además de la lubricación que indica la tabla deben tener un relleno semanal por intermedio de su grasera.
- El reductor debe tener el primer cambio de aceite al primer mes de funcionamiento. Luego, realizar los cambios como indica la tabla.
- Para las juntas de alimentación de vapor se recomienda utilizar grasa que resista temperaturas mayores a 120°.

***Nota: A continuación se muestra el “Programa de Lubricación” diseñado.***

**Tabla 9.8 : Programa de Lubricacion**

EQUIPOS	SECTOR	ACEITES	GRASAS	FRECUENCIA
<b><u>Sistema Motriz</u></b>				
<b>Acoplamiento Hidráulico</b>	Engranaje		Marfax- Multipurpose N°2 (Texaco) Novatep (Molypac)	Un Año
	Fluido Hidráulico	Dte Oil Medium (Mobil) Tellus -46 (Shell) Rando -46 (Texaco)		
<b>Contraeje</b>	Rodamientos		Molytex (Texaco) Alvania EP2 (Shell)	Cada Semana
<b>Transmisión</b>	Cadena	Rocol Dte BB	Crater (Texaco) Surtac 2000 (Molypac)	Cada Semana
<b><u>Tornillo Alimentación</u></b>				
<b>Motor Reductor</b>	Rodamientos		Alvania EP2(Shell) Multifax (Texaco)	Según Fabricante
	Reductor	Mobil Plax 44 Simnia 0(Shell) Marfax 0 (Texaco)		Seis Meses
<b>Descansos</b>	Rodamientos		Multifax (Texaco) Alvania EP2 (Shell)	Todos los Dias
<b><u>Ventilador</u></b>				
<b>Motor</b>	Rodamientos		Unova Moly (Molypac)	Cada Semana
<b>Descansos</b>	Rodamientos		Alvania EP2(Shell) Multifax (Texaco)	Revisar Todos Los Dias
<b><u>Alineación</u></b>				
<b>Polines Autoalineantes</b>	Rodamientos		Unova Moly (Molypac) Molytex (Texaco)	Cada Semana
<b>Llantas</b>	Superficie de Contacto		Crater (Texaco) Enviroluve(Texaco)	Todos los Dias
<b>Polines Axiales</b>	Rodamientos		Unova Moly (Molypac) Molytex (Texaco)	Cada Semana
<b><u>Ingreso Vapor/Salida Condensado</u></b>				
<b>Juntas Rotatorias</b>	Anillos Linterna		Thermatex(Texaco) Compuesto D-111 (Molypac)	Cada 8 Horas

### **9.10.3 Desgaste por Corrosión**

#### **9.10.3.1 Protección interior de las áreas de transferencia de calor**

A causa de las grandes presiones y del contacto con el vapor, si no es tratado adecuadamente se provocará graves problemas de corrosión en su interior.

Esta protección debe venir desde la caldera, es decir, el vapor debió ser tratado con compuestos químicos (inhibidores para tratar aguas de la caldera), que protegerán al equipo de algunos elementos corrosivos en su interior, que actúan eliminando el oxígeno.

Esta corrosión puede presentarse en el equipo por dos causas evitables:

- a) Corrosión por oxígeno
- b) Corrosión por formación de ácido carbónico

#### **a) Corrosión por oxígeno**

Se produce por el ingreso de aire desde el exterior al circuito de vapor.

Para evitarla:

- Controlar el funcionamiento del desgacificador de la sala de caldera (el líquido debe estar a 105°C)
- Evitar esta corrosión, mediante productos químicos agregados al vapor de caldera.

#### **b) Corrosión por formación de ácido carbónico**

Esta se produce en momentos en que el vapor comienza a condensar. Se soluciona mediante productos químicos, que entrega al vapor aminas neutralizantes que evitan la corrosión.

## **CAPÍTULO 10. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES**

Para lograr el objetivo de este plan de mantenimiento preventivo- correctivo, es necesario que el personal a cargo de esta tarea se comprometa a desarrollarlo en forma eficiente. Además la supervisión es un factor relevante, que depende directamente de la actitud que asuman, tanto los niveles de jefatura y supervisores como el personal ejecutor de los trabajos.

Una adecuada estrategia y una eficiente planificación del mantenimiento permiten una mejor coordinación con otras actividades realizadas en la planta, una utilización más eficiente de los recursos humanos y materiales, asociados con el mantenimiento del proceso productivo, y un nivel menor de inventario de repuestos necesarios para reparar fallas imprevistas.

La calidad del producto final se ve directamente influenciada por el funcionamiento del equipo, el proceso de secado ideal solo se logrará con el secador funcionando en óptimas condiciones, para ello es de vital importancia aplicar el plan de mantenimiento diseñado.

Es recomendable que las personas tomen conciencia de la importancia que tiene un programa de mantención, tanto para la empresa o en este caso para la línea de secado, como el personal encargado de la mantención. Ya que les permite contar con máquinas confiables, efectivas y mejoras en la calidad del producto final.

Para ello se debe implementar un sistema de capacitación por equipo a cada operario y ayudante, es vital enseñar los puntos críticos del secador, tanto en el aspecto de seguridad como de operación.

- Enseñar a poner a punto el equipo (dar las pautas y enseñarles a reaccionar en situaciones de problema en el equipo)
- Como regular el equipo para que funcione en forma óptima.

**Para el funcionamiento del secador se debe realizar las siguientes consideraciones:**

- Asegurar que no haya agua en las líneas de vapor, revisando el funcionamiento de válvulas o trampas de drenaje de condensado.
- Comprobar la lubricación de partes o piezas del equipo, según programa de lubricación diseñado.
- El ingreso del vapor al secador debe efectuarse en forma gradual, al comienzo debe ser lento, hasta que el equipo llegue a la presión de trabajo para la operación de secado.
- Cuando comienza a salir vapor por el extremo de descarga se debe poner en marcha el ventilador para extraerlos.
- Estar siempre atento a cualquier ruido extraño que pudiera presentarse en cualquier parte del equipo, y ante esto, dar aviso al personal indicado.

Con el desarrollo del plan de mantenimiento se logró cumplir los objetivos propuestos:

- Definir los equipos críticos involucrados en el secador y así establecer los procedimientos a realizar en ellos.
- Aplicación de las herramientas de mantenimiento como elaboración de los ensayos no destructivos, programa de mantención y plan de lubricación.
- Desarrollo del programa de mantenimiento en el software Ms-Project con una estimación de 68 días para la mantención general del equipo.
- Se entregan soluciones y recomendaciones técnicas para el secador en el dossier.
- Además se logró realizar un registro de información para llevar adelante la mantención especificando los procedimientos de trabajos.

Con el plan de mantenimiento propuesto, se logra evitar gradualmente paradas o detenciones imprevistas, de existir mantención será más rápida al contar con la información, además se asegura un mayor rendimiento del equipo y calidad del producto.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Burgos Núñez, Roberto “Diseño de un plan de mantenimiento correctivo-preventivo de la planta de remanufactura; exportadora de maderas Llaima S.A.” Universidad del Bio Bio 1999.
2. Crespo Márquez, Moreu de León y Sánchez Herguedas. “Técnicas y métodos de aplicación en la fase operativa de los equipos”. Editorial AENOR. Año 2004.
3. Cengel, Yunus A. “Transferencia de Calor y Masa”, Editorial Mc Grow Hill, Año 2007
4. García Garrido, Santiago. “Organización y Gestión del Mantenimiento: manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial”. Editorial Díaz de Santos.  
Año 2003
5. Reyes Rodríguez, Pedro “*Laboratorio de procesos de separación secador Rotatorio*”. Universidad Iberoamericana, 2004  
<<http://200.13.98.241/~rene/separacion/manuales/psrota.pdf>>  
[consulta: 11 octubre 2013].
6. Trocel, David. “Implementando un efectivo Programa de Mantenimiento Basado en Condición”. MECANÁLISIS Edición Universitaria. Abril 2007.
7. Vilaboa Blome, Marcelo, “Detención y análisis de falla en equipos industriales”.  
Noviembre 1998

## ANEXO A. NORMA ASME

Definición de norma ASME para recipientes que trabajen a presión  
 Secador rotatorio trabaja a 5-6 Bar

### FUNDAMENTALS

#### C1.100 STEAM GENERATION

The primary function of a boiler is to generate steam. This is done by applying heat to the water in the boiler. This can be done electrically or by burning fuel in a furnace, allowing the heat of combustion to be conducted through the metal to the water.

In the electric boiler, steam is generated by resistance heaters immersed in the boiler water or by passing current between electrodes immersed in the boiler water. The resistance heater method is typically used by small capacity heating boilers operating at low pressures. The electrode method is used with capacities exceeding 100,000 lb/hr and pressures up to 125 psig.

In the fuel burning method, the heat generated by the burning of fuel is conducted through the metal of the boiler or boiler tubes to the water on the other side.

#### C1.200 BOILER TYPES

There are three basic types of boilers: firetube, watertube, and electric.

#### C1.210 Firetube Boilers

In the firetube boiler, gases of combustion pass through the inside of the tubes with water surrounding the outside of the tubes. The advantages of a firetube boiler are its simple construction and less rigid water treatment requirements. The disadvantages are the excessive weight per pound of steam generated, excessive time required to raise steam pressure because of the relatively large volume of water, and the inability of the firetube boiler to respond quickly to load changes, again due to the large water volume. These boilers are commonly used for small capacity, low pressure applications in industrial process plants. Steam capacity ranges up to 200,000 lb/hr and design pressures usually fall below 1000 psig.

Circulation in a firetube boiler is established when steam bubbles are formed on the outside of the tubes and break away from the hot metal to rise to the surface. Water replaces these bubbles and circulation begins.

#### C1.220 Watertube Boilers

In the watertube boiler, the water is inside the tubes and gases of combustion pass around the outside of the tubes. The advantages of a watertube boiler are a lower unit weight per pound of steam generated, less time required to raise steam pressure, a greater flexibility for responding to load changes, and a greater ability to operate at high rates of steam generation. (This is due to the better circulation of water that carries heat away from the heating surfaces.)

Steam bubbles that are lighter than the water are formed inside the tubes. Breaking away from the hot metal, they rise to the surface. This is the same principle as in the firetube boiler, except that the tubes in a watertube boiler provide a path that accommodates this natural tendency.

The natural circulation of water through a watertube boiler depends solely on the difference in weight of the steam and water mixture in the generating or heated tubes, compared to the weight of water in the downcomers. As the water is heated in the generating tubes, steam bubbles are formed and the heated mixture of steam and water rises as the weight of the denser water in the downcomers forces the heated mixture up the tubes, establishing circulation. To ensure that this circulation continues unimpaired, it is essential that the required level of water be maintained in the steam drum at all times.

In operation, the function of the steam drum is to separate the steam from the mixture of water and steam entering the drum (see Figs. C1.2-1 and C1.2-2). A considerable variety of drum internals (baffles, moisture separators, screens, dryers) may be used to aid this separation. In a baffle-type drum (Fig. C1.2-3a) the



## ANEXO B. NORMA ASME VIII PART UW- 3

A continuación se ilustra localización de soldadura en categorías típicas Para inspección con END.

UW-3

PART UW — WELDED VESSELS

UW-3

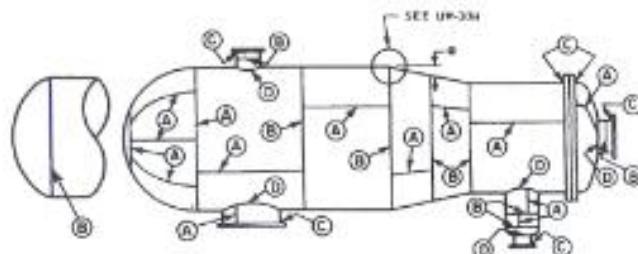


FIG. UW-3 ILLUSTRATION OF WELDED JOINT LOCATIONS TYPICAL OF CATEGORIES A, B, C, AND D

end; circumferential welded joints connecting formed heads other than hemispherical to main shells, to transitions in diameter, to nozzles, or to communicating chambers.<sup>2</sup>

(3) *Category C.* Welded joints connecting flanges, Van Stone laps, tubesheets, or flat heads to main shell, to formed heads, to transitions in diameter, to nozzles, or to communicating chambers;<sup>2</sup> any welded joint connecting one side plate<sup>3</sup> to another side plate of a flat-sided vessel.

(4) *Category D.* Welded joints connecting communicating chambers<sup>3</sup> or nozzles to main shells, to spheres, to transitions in diameter, to heads, or to flat-sided vessels, and those joints connecting nozzles to communicating chambers<sup>2</sup> (for nozzles at the small end of a transition in diameter, see Category B).

(b) When butt welded joints are required elsewhere in this Division for Category B, an angle joint connecting a transition in diameter to a cylinder shall be considered as meeting this requirement provided the angle  $\alpha$  (see Fig. UW-3) does not exceed 30 deg. All requirements pertaining to the butt welded joint shall apply to the angle joint.

### MATERIALS

#### UW-5 GENERAL

(a) *Pressure Parts.* Materials used in the construction of welded pressure vessels shall comply with the requirements for materials given in UG-4 through UG-15, and shall be proven of weldable quality. Satisfactory qualification of the welding procedure under Section IX is considered as proof.

(b) *Nonpressure Parts.* Materials used for nonpressure parts which are welded to the pressure vessel shall be proven of weldable quality as described below.

(1) For material identified in accordance with UG-10, UG-11, UG-15, or UG-93, satisfactory qualification of the welding procedure under Section IX is considered as proof of weldable quality.

(2) For materials not identifiable in accordance with UG-10, UG-11, UG-15, or UG-93, but identifiable as to nominal chemical analysis and mechanical properties, S-Number under Section IX, Appendix C, or to a material specification not permitted in this Division, satisfactory qualification of the welding procedure under Section IX is considered as proof of weldable quality. For materials identified by S-Numbers, the provisions of Section IX, Appendix C may be followed for welding procedure qualification. The welding procedure need only be qualified once for a given nominal chemical analysis and mechanical properties or material specification not permitted in this Division.

(3) Material which cannot be identified may be proved to be of weldable quality by preparing a butt-joint test coupon from each piece of nonidentified material to be used. Guided bend test specimens made from the test coupon shall pass the tests specified in QW-451 of Section IX.

(c) Two materials of different specifications may be joined by welding provided the requirements of Section IX, QW-250, are met.

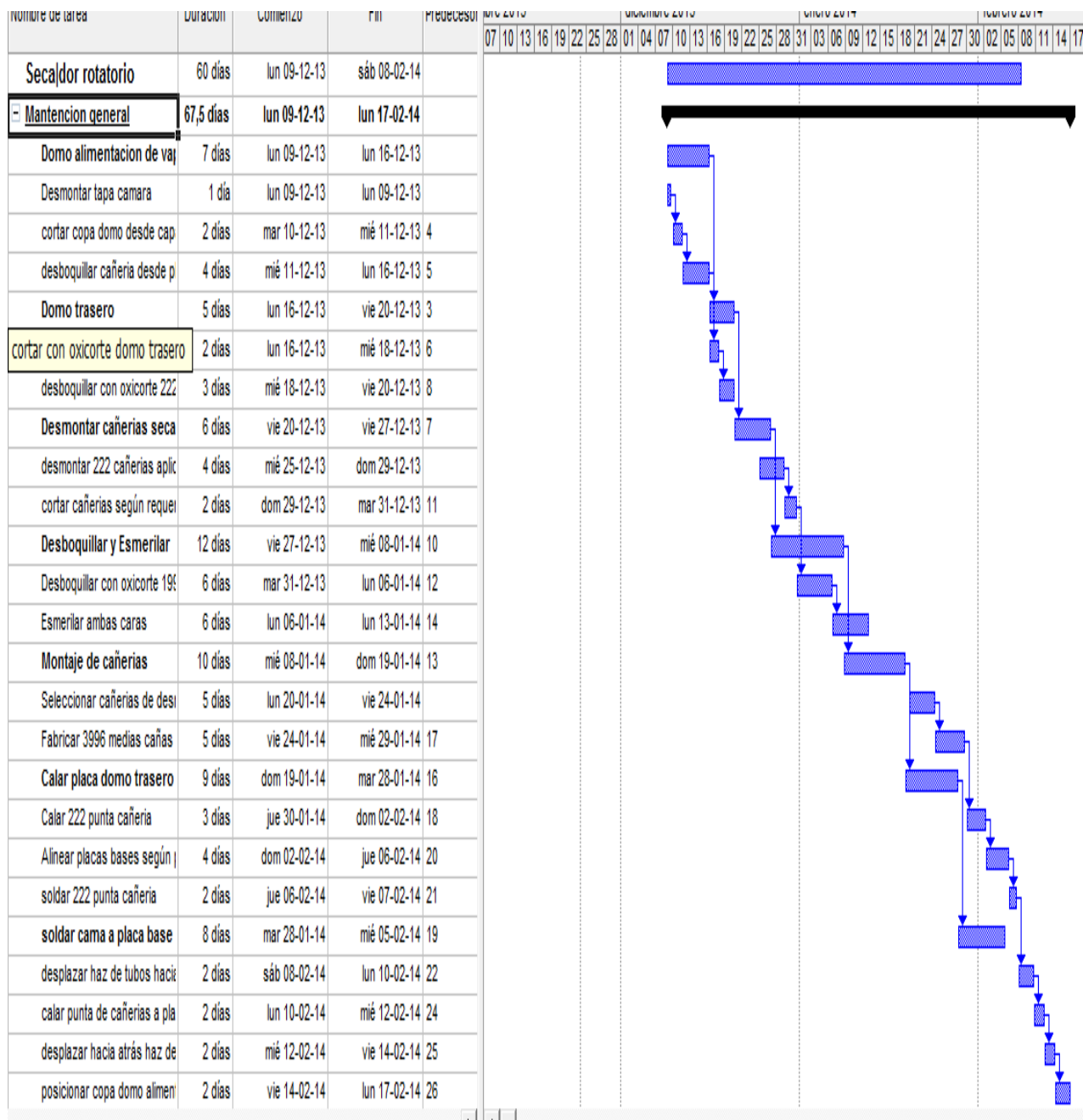
(d) Materials joined by the electroslag and electrogas welding processes shall be limited to ferritic steels and the following austenitic steels which are welded to produce a ferrite containing weld metal: SA-240 Types 304, 304L, 316, and 316L; SA-182 F304, F304L, F316, and F316L; SA-351 CF3, CF3A, CF3M, CF8, CF8A, and CF8M.

(e) Materials joined by the inertia and continuous drive friction welding processes shall be limited to materials assigned P-Numbers in Section IX and shall not include rimmed or semikilled steel.

A95

### ANEXO C. PROGRAMA SECADOR ROTATORIO EN MS PROJECT

A continuación se muestra imagen de la programación realizada en el software Ms Project.-





## ANEXO D. PROCEDIMIENTO END LÍQUIDO PENETRANTES

Fecha	
Procedimiento de ensayo	
Solicitante	
Solicitud de Trabajo	
Componente a ensayar;;	
Plano referencia	
Material	
Condición de la superficie	
Zona de ensayo:	

**TIPO TECNICA DE ENSAYO (IRAM-CNEA Y 500-1001): IRAM B3-IIIB**

### A.- Limpieza inicial

Temperatura de ensayo: Temperatura Ambiente

Limpieza inicial: Escobillado lijado y solvente

Limpieza con: solvente Modo aplicación: spray

Remoción: paños Secado. Natural

### Iluminación requerida

Iluminación: Natural

### B.- Penetración:

Penetrante. Coloreado SKL-SPL Técnica: IRAM B3-IIIB Marca: MAGNAFLUX

Modo de aplicación: Mediante brocha

Tiempo de penetración: 15 min.

### Remoción del penetrante

Remoción con: solvente limpiador Marca: MAGNAFLUX

Modo aplicación: spray Papel/ trapos: uso paños

Control de remoción: (luz visible) Secado: Natural

Tiempo de secado: 15min. Secado total

### C.-Revelado:

**Revelador:** Revelador no acuoso inflamable SKD-S2 Marca: MAGNAFLUX

Modo aplicación: Spray

### Observación

Tiempo de observación: 0 – 1 hrs.

Iluminación: Natural

### D.-Registro de indicaciones:

**Norma aceptación:** API-5L

Croquis; fotos, etc.

### E.- Limpieza final:

Trapo humedecido con disolvente

## **ANEXO E PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE UN MOTOR ELÉCTRICO.**

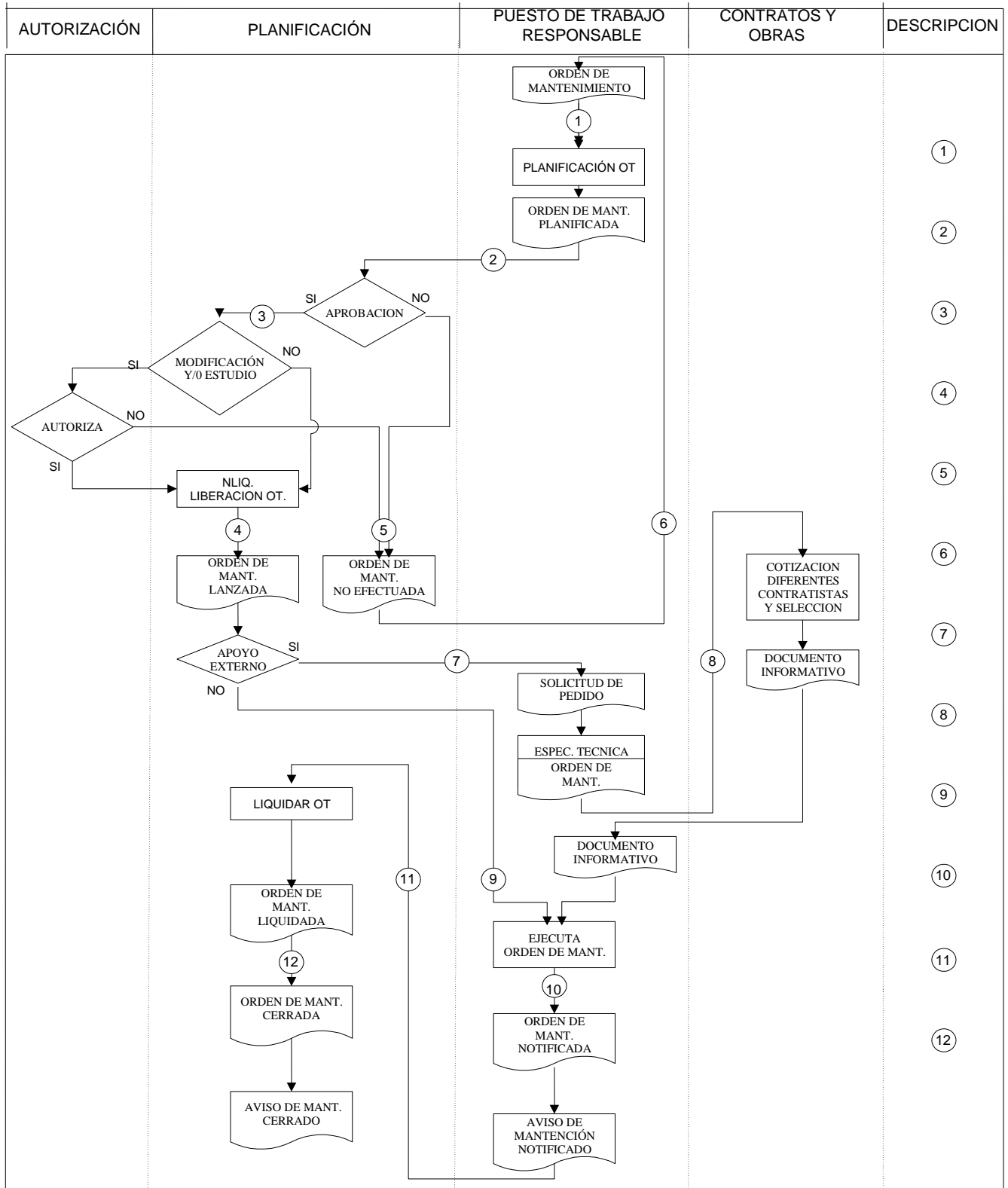
### **MATERIALES Y EQUIPOS**

- Caja de herramientas.
- Paño de limpieza.
- Solvente.
- Amperímetro.

### **PROCEDIMIENTO.**

- Verifique que el lugar de trabajo se encuentre limpio.
- Desacoplar el motor del equipo.
- Poner en servicio motor y medir el amperaje.
- Chequear temperatura en las zonas de rodamientos.
- Desconectar eléctricamente el equipo y colocar la tarjeta de no operar.
- Desconectar el cable de conexión hacia el motor y cada uno de los cables de las bobinas.
- Medir su correspondiente aislamiento.
- Conectar las bobinas.
- Conectar el cable eléctrico al motor.
- Acoplar el motor al equipo.
- Limpiar la zona de trabajo.
- Retire la tarjeta de no operar.
- Entregar el equipo a producción.
- Emitir informe sobre el trabajo realizado.

**ANEXO F. Diagrama de procedimiento de una orden de mantenimiento.**



**ANEXO G. ORDEN DE TRABAJO**

**ORDEN DE TRABAJO**

**FECHA:**

**ORDEN DE TRABAJO N°:**

Equipo

Prioridad:

Código:

Código de falla:

Localización:

Código de Acción:

Seguridad:

Fecha de origen:

Solicitado por:

Fecha programada:

Planeado por:

Fecha de término:

Aprobado por:

Horas utilizadas en el trabajo:

Trabajo Requerido: \_\_\_\_\_

Recursos Necesarios: \_\_\_\_\_

Horas/días de funcionamiento: \_\_\_\_\_

Acciones Correctivas Realizadas: \_\_\_\_\_

Realizado Por: \_\_\_\_\_ Fecha de término: \_\_\_\_\_

Estado o situación de la O.T.C.:

Detalle de Recursos:

Mano de Obra			Materiales solicitados			
Operario	Actividad	Tiempo	Repuesto	Código	Cantidad	Costo

\_\_\_\_\_  
Firma Producción

\_\_\_\_\_  
Firma Mantenimiento

## ANEXO H. FORMATO FORMULACION DE LESIONES

TIPO DE ACCIDENTE Y PARTE DEL CUERPO AFECTADA													
TIPO DE ACCIDENTES							PARTE DEL CUERPO AFECTADA						
Identifica el evento que directamente dio como resultado la lesión													
TIPO DE ACCIDENTES	N° lesionados			Días perdidos			PARTE DEL CUERPO LESIONADO	N° lesionados			Días perdidos		
	Fatal	CTP	STP	Mes	Anterior sin contabilizar	Cargo		Fatal	CTP	STP	Mes	Anterior sin contabilizar	Cargo
Caída de personas en el mismo nivel.	--	--	--	--	--	--	Cráneo	--	--	--	--	--	--
							Ojos	--	--	--	--	--	--
Caída de personas de diferente nivel.	--	--	--	--	--	--	Cara y cuello	--	--	--	--	--	--
Proyección de partículas.	--	--	--	--	--	--	Tronco	--	--	--	--	--	--
Sobreesfuerzo.	--	--	--	--	--	--	Brazos	--	--	--	--	--	--
Contacto con corriente eléctrica.	--	--	--	--	--	--	Manos	--	--	--	--	--	--
Contacto con extremo de temperatura.	--	--	--	--	--	--	Dedos	--	--	--	--	--	--
Contacto con radiaciones, sustancias tóxicas y venenosas.	--	--	--	--	--	--	Piernas	--	--	--	--	--	--
							pies	--	--	--	--	--	--
Apretada en, bajo y entre.	--	--	--	--	--	--	Ortejos	--	--	--	--	--	--
Golpeado por o contra.	--	--	--	--	--	--	Partes múltiples	--	--	--	--	--	--
Otros	--	--	--	--	--	--	Otros	--	--	--	--	--	--
(especificar)	--	--	--	--	--	--	(especificar)	--	--	--	--	--	--
Total	--	--	--	--	--	--	Total	--	--	--	--	--	--

### 6.3.- CAUSAS DE LOS ACCIDENTES.

**Acto inseguro:** Identificar la violación de un procedimiento seguro generalmente aceptado, que directamente permitió la ocurrencia del tipo de accidente.

**Condición peligrosa:** Es la condición que pudo haberse controlado para evitar la ocurrencia del accidente.

ACTOS INSEGUROS	Número accidentes			CONDICIÓN PELIGROA	Número accidentes		
	Fatal	CTP	STP		Fatal	CTP	STP
Limpiar, aceitar, ajustar o reparar equipo en movimiento.	--	--	--	Defecto de las herramientas	--	--	--
No usar equipo de protección disponible	--	--	--	Defecto de equipo	--	--	--



Usar vestuario personal inseguro	--	--	--	Defecto de materiales	--	--	--				
No asegurar ni advertir el peligro	--	--	--	Riesgos por la vestimenta	--	--	--				
Bromas, jugarretas	--	--	--	Iluminación deficiente	--	--	--				
Uso inadecuado de equipo	--	--	--	Atmósfera contaminante	--	--	--				
Empleo inadecuado de las manos o de las partes del cuerpo	--	--	--	Temperatura extrema	--	--	--				
Neutralizar la operación de dispositivos de seguridad	--	--	--	Ruidos molestos	--	--	--				
Falta de atención a superficies de apoyo o alrededores	--	--	--	Radiación	--	--	--				
Operar o trabajar a velocidades inseguras	--	--	--	Sustancias tóxicas	--	--	--				
Colocarse en posición o postura peligrosa	--	--	--	Agentes biológicos	--	--	--				
Error en la conducción	--	--	--	Métodos o procedimientos peligrosos	--	--	--				
Colocar, mezclar o combinar , etc en forma insegura	--	--	--	Riesgos de colocación	--	--	--				
Usar equipo inseguro	--	--	--	Falta de resguardo o defensa inadecuada	--	--	--				
Actuar sin orden o desobedecer a éstas	--	--	--	Falta o fortificación inadecuada	--	--	--				
	--	--	--	Falta o insuficiencia de entrenamiento	--	--	--				
	--	--	--	Limpieza y orden deficiente	--	--	--				
Otros		--	--	--	Otros		--	--	--		
	(especificar)	--	--	--		(especificar)	--	--	--		
Total				--	Total				--	--	--

<b>7.- EXPERTO SEGURIDAD MINERA</b>					<b>11.- OTRAS INFORMACIONES IMPORTANTES</b>				
<b>RUN</b>			<b>Registro SNGM</b>		<p>Este documento debe ser enviado por sistema computación de la Empresa Mandante o de la Empresa Contratista.</p> <p>En caso de no disponer de sistema computacional el documento debe ser enviado a la Dirección Regional del Servicio que le corresponda, informando del hecho a la Empresa Mandante.</p> <p>El documento debe ser completado con letra clara y sin enmiendas u errores.</p>				
Nombre:									
Cargo:									
Fecha:									
Firma y timbre de Empresa									

## ANEXO I FORMATRO PRUEBA DE PRESION

Se presenta formato para la prueba de presión (1,5 VECES PRESION DE TRABAJO) a domo y tubería según norma ASME

<b>Empresa</b>	
----------------	--

<b>CERTIFICADO</b> Prueba de Presión Hidrostática		Nº:            /2013
		Fecha:     /     /2013
Fabricante:		
Dirección:		
Elemento:	Tipo:	
Plano:	Serie:	
Presión de Diseño:	psi	
MAWP:	psi	
Presión de Prueba:	psi	
Equipos para la Prueba		
Inspector:	Responsable técnico:	VºBº Ing. cliente:
Fecha: Dia /Mes/2013	Fecha:     /     /2013	

## ANEXO F ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CON GRASAS SKF

Tipo de grasa	Consistencia NLGI	Temperatura de utilización	Temperatura máxima adm. periodos cortos	Agente espesante/aceite base	Viscosidad del aceite base*	Propiedades antioxidantes	Resistencia Al agua	Envase
LGMT2	2	-30°/120°C	140°C	Jabón lítico/aceite mineral	91.5	Muy buenas	Exelente	Tubo 200g Cartucho 400g 1-5-15-50-180 kg
LGMT3	3	-30°/120°C	140°C	Jabón lítico/aceite mineral	120	Exelente	Exelente	Cartucho 400.g 1-5-15-180 kg
LGEP2	2	-30°/110°C	120°C	Jabón lítico/aceite mineral	195	Muy buenas	Exelente	Cartucho 400.g 1-5-180 kg
LGEM2 Molibdeno	2	-20°/120°C	140°C	Jabón lítico/aceite mineral	510	Muy buenas	Muy buena	Cartucho 400.g 1-5-15-180 kg
LGLT2	2	-55°/110°C	130°C	Jabón lítico/aceite diester	16	Buenas	Exelente	Tubo 200.g 1-180 kg
LGHT3	3	-30°/150°C	175°C	Jabón lítico complejo/aceite mineral	110	Muy buenas	Exelente	Cartucho 400.g 1-180 kg

## TABLA DE SELECCIÓN DE GRASAS SKF

Factores de selección	LGMT 2	LGMT 3	LGEP 2	LGEM 2	LGLT 2	LGHT 3
Temperaturas (+)	120°C	120°C	110°C	120°C	110°C	150°C
Temperaturas (-)	-30°C	-30°C	-30°C	-20°C	-55°C	-30°C
Velocidades altas	Buena	Buena	Regular	No adecuada	Optima	Buena
Velocidades bajas	Regular	Regular	Buena	Optima	No rec.	Regular
Cargas pesadas	Buena	Buena	Optima	Optima	No rec.	Regular
Vibraciones	Optima	Optima	Optima	Optima	No rec.	Optima
Resistencia al agua	Optima	Optima	Optima	Buena	Optima	Optima
Inhib. corrosión	Buena	Buena	Optima	Buena	regular	Optima