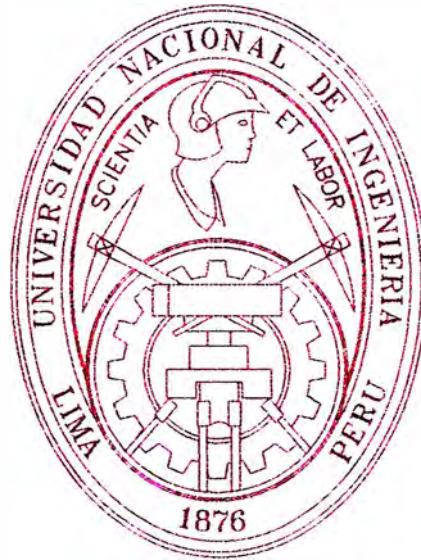


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO  
PREDICTIVO EN UNA PLANTA CONCENTRADORA  
DE COBRE DE 5500TMD**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECANICO**

**JORGE DENIS ALALUNA RIOS**

**PROMOCION 2001-II**

**LIMA-PERU**

**2008**

## INDICE

I.-	INTRODUCCION	Pág. 4
1.1	CARACTERISTICAS GENERALES	Pág. 4
1.1.1	UBICACIÓN DE LA PLANTA	Pág. 4
1.1.2	CARACTERISTICAS DEL MINERAL	Pág. 5
1.1.3	ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	Pág. 6
II.-	DESCRIPCION DE LA PLANTA CONCENTRADORA	Pág. 9
2.1	DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO	Pág. 9
2.2	DESCRIPCION DE LA MAQUINARIA USADA EN EL PROCESO PRODUCTIVO	Pág. 16
2.2.1	PROCESO DE CHANCADO	Pág. 16
2.2.2	PROCESO DE MOLIENDA	Pág. 17
2.2.3	PROCESO DE FLOTACION	Pág. 17
2.2.4	PROCESO DE ESPESAMIENTO Y FILTRADO	Pág. 18
III.-	MARCO TEORICO DEL MANTENIMIENTO	Pág. 20
3.1	DEFINICION DEL MANTENIMIENTO	Pág. 20
3.2	TIPOS DE MANTENIMIENTO	Pág. 21
3.2.1	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	Pág. 22
3.2.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Pág. 22

3.2.3	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	Pág. 23
3.2.4	MANTENIMIENTO PROACTIVO	Pág. 25
IV.-	MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LA PLANTA CONCENTRADORA	Pág. 26
4.1	ANALISIS Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS CRITICOS PARA LA APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO	Pág. 26
4.2	SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS PARA LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE LOS EQUIPOS CRITICOS	Pág. 30
4.2.1	CÁMARA TERMOGRÁFICA UNIVERSAL IRISYS IRI 1011	Pág. 30
4.2.2	ANALIZADOR DE VIBRACIONES  MICROLOG CMVA 65	Pág. 32
4.2.3	EQUIPO DE ANÁLISIS DE  ULTRASONIDO SDT 170S	Pág.34
4.2.4	ESTROBOSCOPIO PCE-OM 15	Pág. 35
4.2.5	TERMÓMETRO INFRARROJO  RAYTEK MT6	Pág. 37
4.3	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	Pág. 38

V.-	COSTOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LA PLANTA CONCENTRADORA	Pág. 42
5.1	DETERMINACION DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO	Pág. 42
5.2	DETERMINACION DE COSTOS DE PERDIDAS DE PRODUCCION POR PARADAS	Pág. 46
5.3	DETERMINACION DE AHORROS POR APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN EL PROCESO PRODUCTIVO	Pág. 49

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

## PROLOGO

El presente informe de suficiencia profesional se trata de una propuesta para implementar un programa de mantenimiento predictivo para una planta concentradora de Cobre de 5500 toneladas métricas secas diarias para reducir en un ochenta por ciento anual el costo total de las pérdidas de la planta concentradora (costos de pérdida de producción por paradas imprevistas de los equipos y reparación de los mismos) y mejorar con ello la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

En el capítulo I, se presenta las características generales de la planta concentradora de cobre, su ubicación y coordenadas geográficas, las características del mineral de cobre y la organización de la empresa, resaltando el organigrama del área de mantenimiento

El capítulo II se realiza la descripción de la planta concentradora; comenzando con la descripción del proceso productivo empezando desde la extracción pasando por los procesos de chancado, molienda, flotación, espesamiento, filtrado y el despacho del mineral de cobre por medio de camiones, luego de ello detallamos la maquinaria usada en cada proceso por el cual pasa el mineral de cobre.

El capítulo III se define el marco teórico del mantenimiento, su importancia, impacto en el sector de la industria, ventajas, filosofías y tipos de mantenimiento. Dentro de los tipos de mantenimientos tenemos lo siguiente: mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y proactivo, en el cual se detalla sus ventajas, limitaciones y requisitos para la implementación

El capítulo IV tenemos el mantenimiento predictivo en la planta concentradora en el cual realizaremos el análisis y selección de los equipos críticos para la implementación del mantenimiento teniendo en cuenta su grado de criticidad que estos tienen en los procesos de la planta concentradora considerando la antigüedad, horas de operación repuestos y historial de trabajo para seleccionar los equipos al cual serán sometidos las tareas de mantenimiento predictivo. Luego de haber seleccionado los equipos esenciales y críticos, veremos las herramientas para realizar las tareas de mantenimiento, sus usos y características como son : la cámara termografica universal, el analizador de vibraciones, el equipo de análisis de ultrasonido, el estroboscopio y el termómetro infrarrojo y por ultimo presentaremos la secuencia del mantenimiento predictivo para cada equipo esencial y critico para la planta concentradora de cobre determinando las tareas predictivas, frecuencias y tiempos.

En el capítulo V se calculara los costos de mantenimiento predictivo en la planta concentradora de cobre, primero determinando el costo anual del mantenimiento predictivo, cuantificando los costos de los equipos ha utilizar como también las tareas de mantenimiento para cada equipo seleccionado en el capítulo anterior. Después determinamos los costos de las perdidas de producción por paradas imprevistas y reparación de los mismos dándonos así la perdida total anual por

mantenimiento de los equipos de la planta concentradora de cobre. Ya teniendo estos datos podemos determinar los ahorros por aplicación del mantenimiento predictivo en el proceso productivo de la planta concentradora de 5500 toneladas métricas diarias , observando que es conveniente implementar el mantenimiento predictivo en la planta concentradora ya que mejoraríamos la disponibilidad y confiabilidad del equipo en el proceso productivo.

Finalmente se presenta las conclusiones del informe de la implementación del mantenimiento predictivo para la planta concentradora.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### 1.1 CARACTERISTICAS GENERALES

##### **1.1.1 Ubicación de la Planta**

La Compañía Minera Condestable se encuentra en una minería mediana debido a su producción anual, respecto a lo que se refiere a sus activos y monto total de sus ventas anuales perteneciendo directamente al sector de la mediana industria.

La planta concentradora de cobre se encuentra ubicada en el distrito de Mala, provincia de Cañete que pertenece al departamento de Lima.

Sus coordenadas Geográficas son:

Longitud Oeste: 76 35'30"

Longitud Sur: 12 42'02"

El acceso a la planta es a través de una carretera afirmada de 5 Km. de longitud, la cual constituye una derivación de la carretera Panamericana Sur a la altura del Km. 90,5



El clima de la zona donde se ubica la planta es típico de la costa peruana, en verano la temperatura oscila entre 20 C y 30 C con una humedad relativa promedio de 75% y en invierno la temperatura se encuentra en un rango de 10 C a 16 C con una humedad relativa promedio de 95%

La mina pertenece al "Grupo Volcánico quilmaza", cuya característica principal es que la masa de mineral se encuentra en forma de capas, constituyendo los llamados terrenos sedimentarios depositado en ámbitos submarinos

El área de ingreso es bastante amplia facilitando el transporte de vehículos de alto tonelaje, dispone de una garita de control y personal de vigilancia permanente.

### **1.1.2 Características del Mineral**

El principal mineral económicamente rentable es la "Chalcopirita", que viene mezclado con otros minerales tales como: pirita, pirrotita, marcosita, calcita, etc., los cuales en conjunto toman el nombre de "ganga"; todos ellos están contenidos en el cobre nativo.

Los estudios geológicos muestran que la ley de formación del cobre en el concentrado varía en un rango de 1,1% a 1,7% dando un promedio de 1,4% de Cu como característica de su ley.

### **1.1.3 Organización de la Empresa**

Su estructura orgánica de esta empresa esta planteada con tres niveles jerárquicos muy marcados dentro de su organigrama que se muestra en la figura 1.1, los cuales se indican a continuación.

**Primer Nivel**

**Gerente General**

**Segundo Nivel**

**Gerente de Operaciones**

**Gerente Administrativo**

**Tercer Nivel**

**Superintendencia de Minas**

**Superintendencia de Geología**

**Superintendencia de Planta**

**Superintendencia de Mantenimiento**

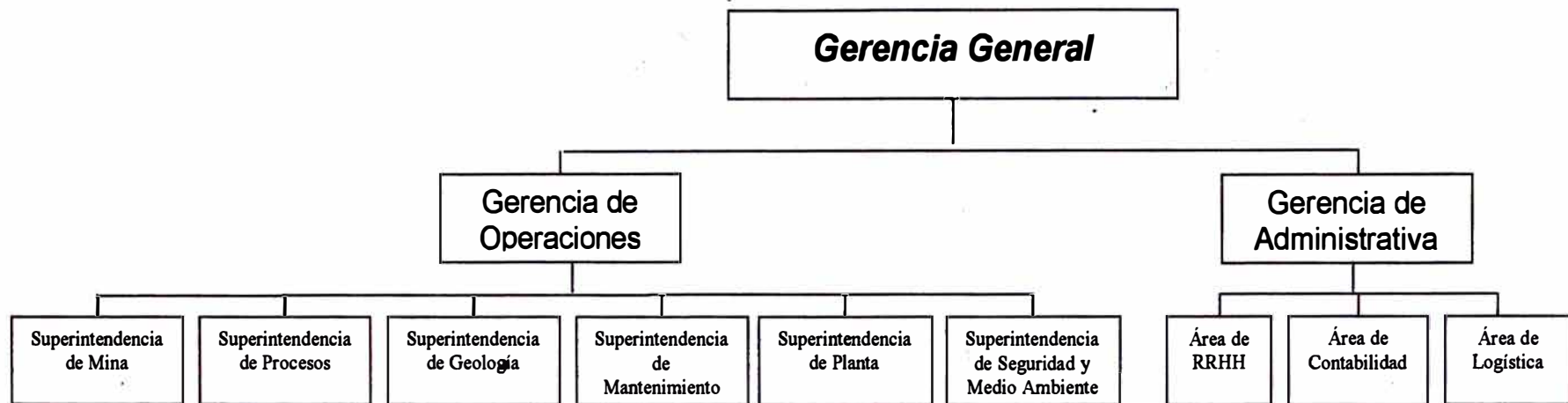
**Superintendencia de Seguridad y Medio Ambiente**

**Superintendencia de Procesos**

**Área de Logística**

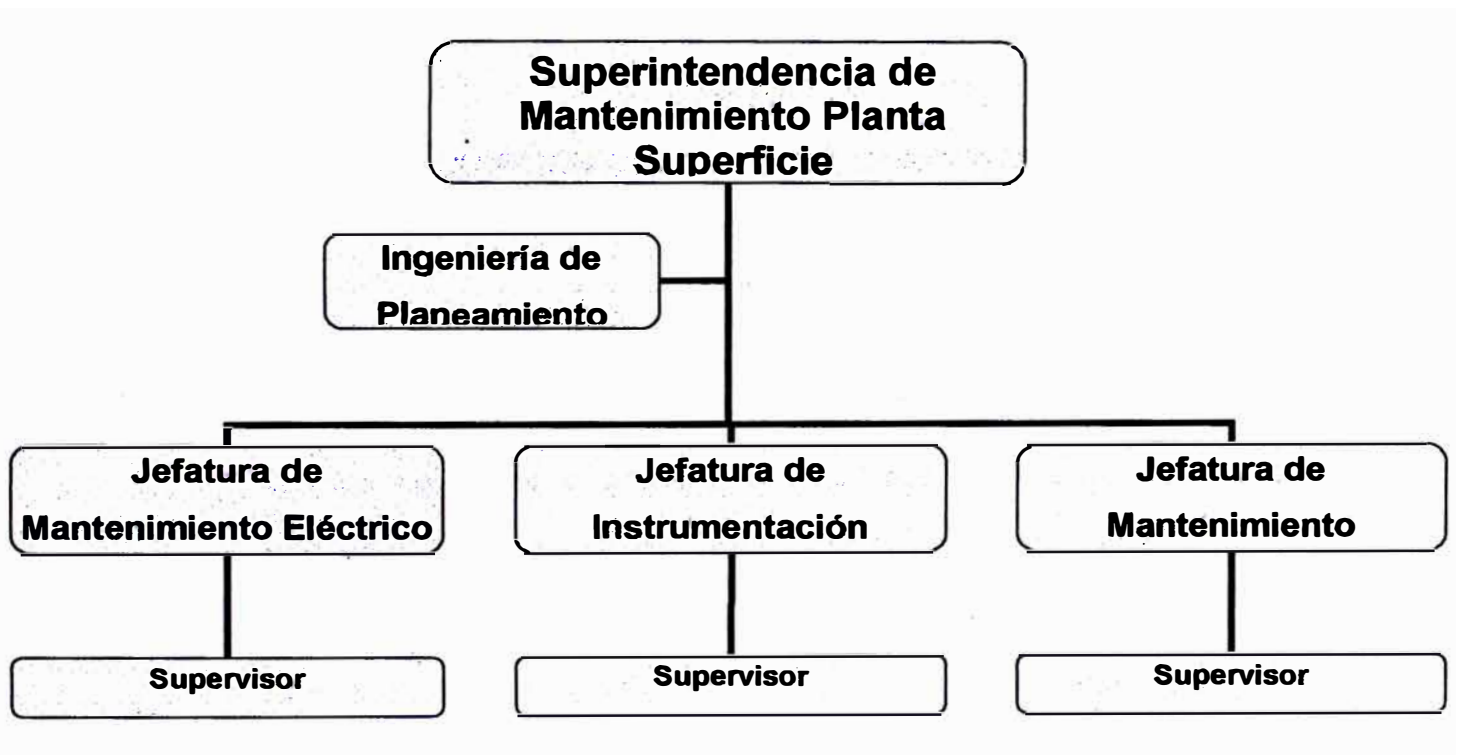
**Área de Contabilidad**

**Área de Recursos Humanos**



**Figura 1.1.- Organigrama de la empresa de la planta concentradora de cobre de 5500 TMSD**

El nivel jerárquico que influye directamente sobre el trabajo planteado es la Superintendencia de mantenimiento, el cual tiene un organigrama estructurado que se muestra a continuación en la figura 1.2.



**Figura 1.2.- Organigrama de la superintendencia de Mantenimiento**

## ***CAPITULO II***

### ***DESCRIPCION DE LA PLANTA CONCENTRADORA***

#### ***2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.***

En el proceso productivo encontramos cuatro procesos bien definidos que son los siguientes: el proceso de Chancado, el proceso de Molienda, el proceso de Flotación y el proceso de Espesamiento y Filtrado.

El mineral (Cu) es extraído del socavón, el cual es llevado por medio de volquetes hacia la planta concentradora.

El mineral cargado en los volquetes es pesado en una balanza y enviado a la chancadora primaria de quijadas NORBERG C-110 y quedando como equipo alterno la chancadora cónica Allis Chalmers de 30" la descarga de la etapa primaria es almacenada en un Stock Pile con capacidad de 6 000 toneladas.

El mineral almacenado es trasladado mediante faja transportadora a la chancadora secundaria NORBERG HP 400 ST que también cuenta con una

chancadora de quijada Kurimoto de 28"x36 como equipo alterno que es alimentado con cadena Ross; el producto es descargado en la faja No 1E de donde se alimenta a la chancadora terciaria de 5 ½' SH.

El producto de este chancado pasa a la faja No 3, No 4 y sigue a la faja No 4A, la cual conduce a la tolva de transferencia No 1, No 2, No 3 y No 4 que alimentan a cuatro zarandas vibratorias Tyler de 8'x20' de dos pisos cada una. El mineral fino (trozos menores a 6 mm) se descarga en la faja No 8 y esta a su vez a la No 9, No 10, No 11, No 12, No 13, No 14y No 15 para luego descargar en las tolvas de finos No 1, No 2, No 3, No 4, No 5, No 6 y No 7 cuyas capacidades son de 750 toneladas las dos primeras, la tercera y quinta de 1 500 toneladas y la cuarta, sexta y séptima de 1 000 toneladas, esto lo podemos observar en el diagrama 2.1

De la tolva de finos se alimenta a la batería de molinos mediante unas fajas transportadoras, en esta etapa se agrega los reactivos AR-1404 y NaS para acondicionar el mineral para el siguiente proceso

La pulpa evacuada del circuito de molienda es clasificada con un hidrociclón, donde el material grueso regresa a molienda y el fino es alimentado al circuito de flotación dividida en bancos rougher scavenger y cleaner donde se adicionan los reactivos siguientes:

- AR – 1238: Colector
- IMP-246: Colector
- Aerophine: Colector
- Xantato Z-11: Colector

- Xantato Z-16: Colector
- Aceite de pino: Espumante
- ER-370: Espumante
- Cal: Regulador de pH y depresor de Fe

Esta pulpa se alimenta por gravedad a la primera etapa del circuito de flotación, que está constituido la batería de 30 celdas Wemco de 300 pies cúbicos cada una, distribuidas en rougher primario, rougher secundario y scavenger.

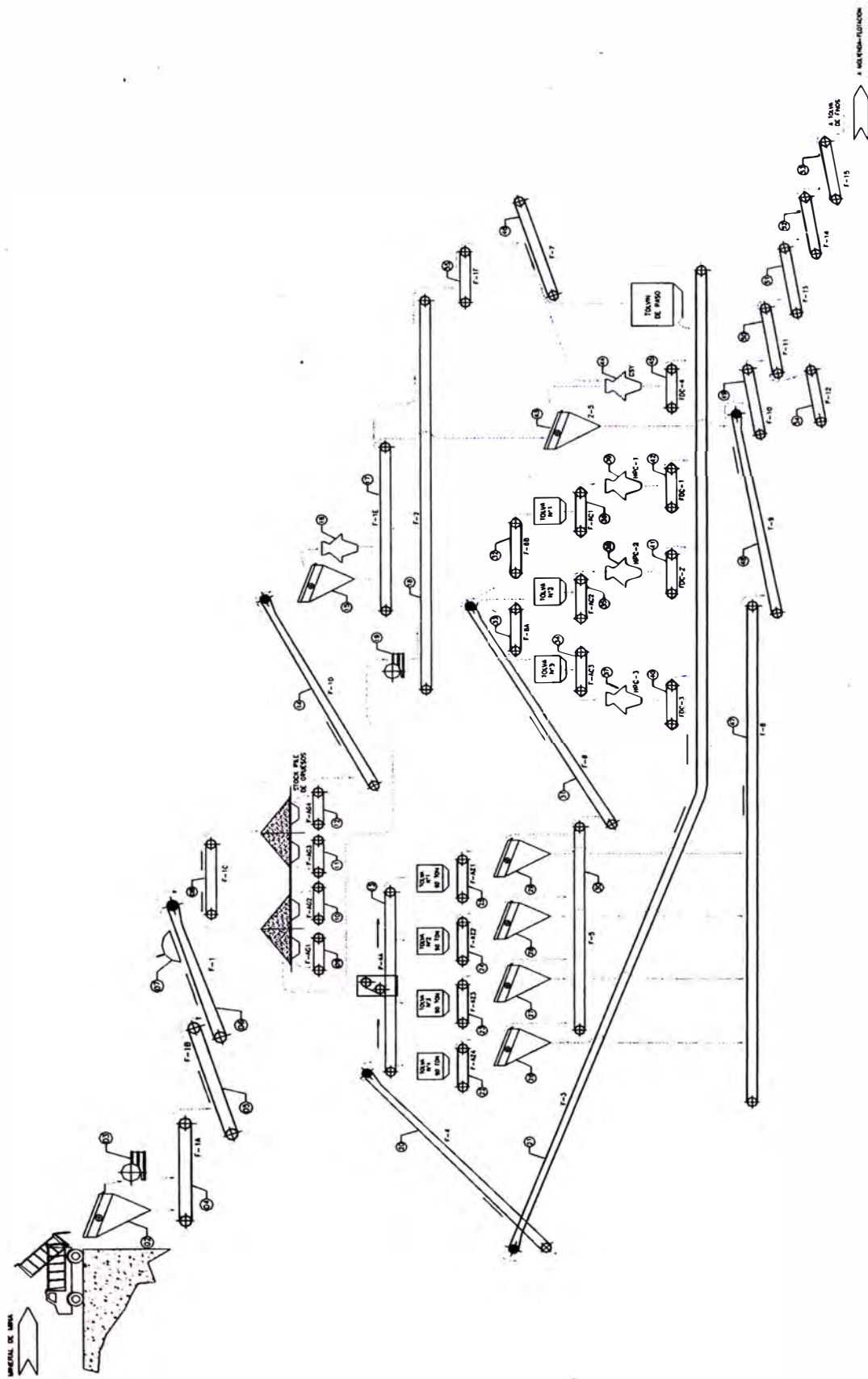


Diagrama 2.1.- Diagrama de flujo del proceso de chancado de la Planta de Sulfuros de 5500 TMSD



Las espumas de las celdas rougher primarias y secundarias son descargadas al circuito de limpieza (cleaner y recleaner), constituidas por el banco de 29 celdas Denver DR-100 distribuidos en 4 etapas de limpieza. La espuma de este circuito constituye el concentrado final, que tiene una ley de 26% Cu.

Las colas de las celdas del banco de limpieza se mezclan con las espumas scavenger de las celdas Wemco, y que son luego descargadas mediante dos bombas verticales a un proceso de clasificación con 4 ciclones y remolienda en el molino FIMA de 6'x6'. El producto clasificado grueso de los ciclones se descarga en el molino para su remolienda y la pulpa remolida se descarga en las Celdas CMC para su recuperación del cobre liberado (en circuito cerrado).

El relave final se descarga de la última celda Wemco.

Las espumas del concentrado de cobre ingresan a 2 espesadores Denver donde se espesa el concentrado de Cu y se bombea mediante una bomba Galigher 3 ½" a 2 filtros de discos FIMA – DENVER de 9' x 7 discos para secar la pulpa obteniéndose un concentrado de 10 a 11% de humedad. El concentrado filtrado se acumula en una cancha especial y se carga mediante una faja a los camiones para su transporte al Callao, esto lo podemos observar en el diagrama 2.2

El relave por su parte, es conducido por un canal y tuberías de 8", con una diferencia de cota de aproximadamente 40 m para su almacenamiento en

los depósitos donde se ciclonea para separar la fracción gruesa de la fina. El agua que contiene el relave se decanta y se recupera una parte por sifoneo, para luego ser bombeada a la planta.

El producto que se obtiene finalmente, es el concentrado de Cu, con las siguientes características:

- - Contenido promedio de Cu nativo: 1,4 %
- - Estado físico: Sólido
- -Tamaño máximo de grano: Malla 200 (74 micrones)
- - Contenido de humedad: 11%
- - Tipo de presentación: granel

## **2.2 DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINARÍA USADA EN EL PROCESO PRODUCTIVO**

En la planta concentradora tenemos alrededor de 63 equipos sin contar con los periféricos de estos, que se encuentran en los diferentes procesos como son: el proceso de chancado, molienda, flotación, espesamiento y filtrado del mineral de concentrado de cobre, los cuales son trasladados por medio de camiones hacia Lima para su proceso de fundición.

A continuación detallaremos los equipos de cada proceso productivo, en el diagrama 2.3 colocamos los procesos en bloques hasta su proceso final de concentrado.

### **2.2.1 Proceso de Chancado**

En este proceso de chancado se recibe el mineral de la mina y es reducido a 6 mm para el siguiente proceso. Para esta reducción debemos pasar el mineral hasta un chancado cuaternario y el traslado se hace por medio de fajas transportadoras. A continuación se citamos los equipos del proceso de chancado:

- 1 Chancadora de Quijada C-110 NORBERG
- 1 Chancadora Cónica ALLIS CHALMERS 30" (Stand by Chancadora Primaria)
- 1 Chancadora HP 400 ST
- 1 Chancadora de Quijada Kurimoto 28"x36" (Stand by Chancadora Secundaria)
- 1 Chancadora de Cónica SYMONS SH 5 ½'
- 3 Chancadoras de HP 400 SH

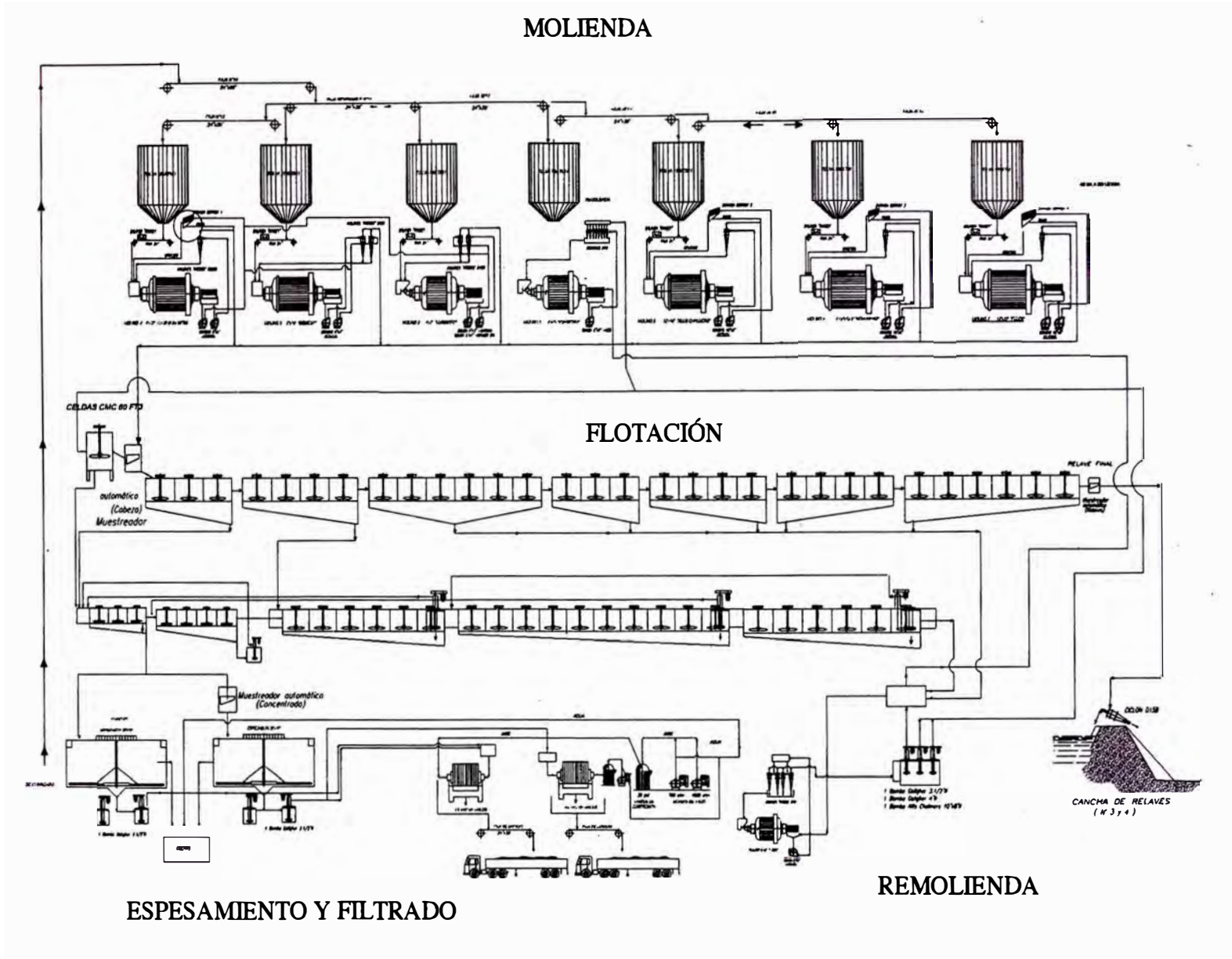


Diagrama 2.2.- Diagrama de flujo del proceso de molienda, flotación, espesamiento y filtrado de la Planta de Sulfuros 5500TMS.

- 4 Zarandas vibratorias TYLER de dos pisos cada una de 8'x20'
- 6 Tolvas de transferencia de mineral
- 1 Alimentador de cadena ROSS
- 1 Grizzli Vibratorio
- 7 Tolvas de almacenamiento (2 de 750 TM, 3 de 1000 TM y 2 de 1500 TM)
- Fajas transportadoras de mineral de diferentes dimensiones

### **2.2.2 Proceso de Molienda**

En este proceso el objetivo es moler el mineral de 6 mm para llegar a una partícula de malla 200 por medio de molinos de bolas y una clasificación de ciclones. A continuación nombramos los equipos de este proceso:

- 1 Molino de bolas MARCY 13' x 17'
- 1 Molino de bolas NORBERG 12.5' x 15.5'
- 1 Molino de bolas ALLIS CHALMERS de 9'x12'
- 1 Molino de bolas ALLIS CHALMERS de 12'x14'
- 1 Molino de bolas COMESA de 8'x10'
- 2 Molinos de bolas KURIMOTO de 8'x7'
- 1 Molino de bolas de Remolienda FIMA de 6'x6'

### **2.2.3 Proceso de Flotación**

En el proceso de flotación, el mineral es separado y purificado de los demás por medio de reacciones químicas para ser llevado al espesamiento. El proceso de flotación consta de los siguientes equipos:

- 30 Celdas WEMCO de 300' ft c/u
- 29 Celdas DENVER de 100' ft c/u
- 2 Celdas CMC de 60 ft

#### **2.2.4 Proceso de Espesamiento y Filtrado**

En este proceso se sedimenta el material y se extrae un grado de humedad para su carguio. En este proceso se presentan los siguientes equipos:

- 2 Espesadores DENVER 25' x 10'
- 2 Filtros de discos FIMA – DENVER de 9' x 7 discos
- 16 ciclones clasificadores (4(D-26), 4(D-20), 4(D-15) y 4(D-10))
- 17 Bombas (horizontal y vertical)
- Balanza plataforma para camiones

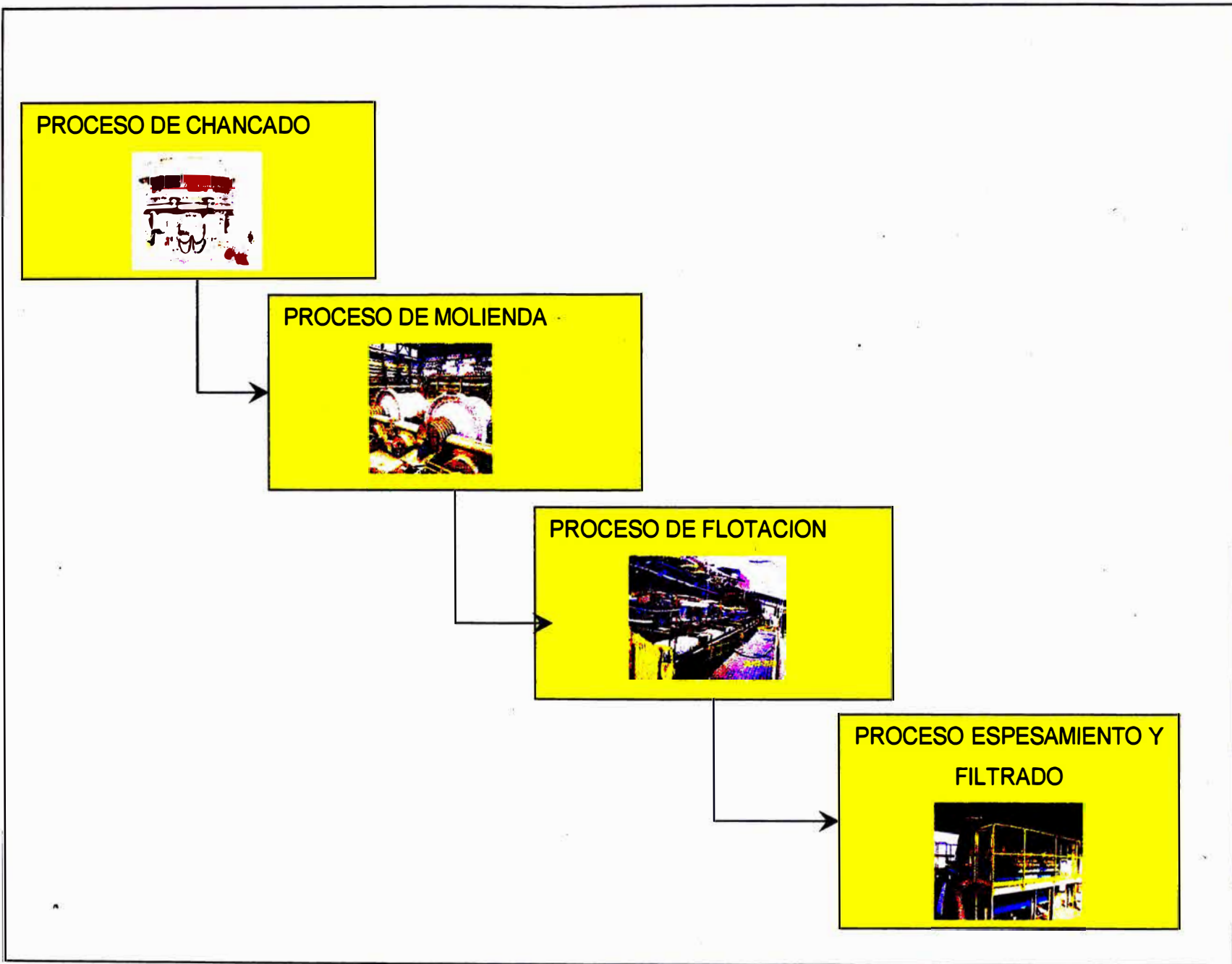


Diagrama 2.3.-Diagrama de Bloques del proceso productivo de la Planta Concentradora de Cobre 5500 TMSD

## **CAPITULO III**

### **MARCO TEORICO DEL MANTENIMIENTO**

#### **3.1 *DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO***

Es el conjunto de actividades y procesos estratégicos realizados para conservar y/o restablecer infraestructuras, sistemas, equipos y dispositivos a una condición que les permita cumplir con las funciones requeridas dentro de un marco económico óptimo y de acuerdo a las normas técnicas y procedimientos de seguridad establecidos.

El Mantenimiento Industrial como parte integral de la producción, tiene como propósito garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos industriales mediante programas de prevención de fallas, reparación de daños y mejoramiento continuo, para el logro de sus tres objetivos fundamentales:

- Disponibilidad de los Activos Fijos
- Conservación de los Activos Fijos
- Administración eficaz de los recursos.



El mantenimiento actual posee un rol muy destacado dentro de la Confiabilidad Operacional por su sólida contribución a la:

- Seguridad
- Respeto por el Ambiente
- Productividad y
- Rentabilidad industrial,

Garantizado la más alta Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad, a fin de asegurar su sobrevivencia.

Las nuevas tendencias del mantenimiento son:

- Mantenimiento Basado en Condición
- Calidad de la Gestión Administrativa
- Prevención de Fallas en vez de Mantenimiento Preventivo
- Aumento de la Disponibilidad y Confiabilidad
- Centralización de Planeación y Programación
- Aplicación de Indicadores de Resultados
- Mantenimiento Eficiente y Oportuno.

### **3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO**

Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, así tenemos:

### **3.2.1 Mantenimiento Correctivo**

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento reactivo", tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.

- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

### **3.2.2 Mantenimiento Preventivo**

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento planificado", tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del

personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se esta produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios "a la mano".
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Esta destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

### **3.2.3 Mantenimiento Predictivo**

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta

se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicación de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo.

Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción.

La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado.

Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

#### **3.2.4 Mantenimiento Proactivo**

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar concientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores

## **CAPITULO IV**

### **MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LA PLANTA CONCENTRADORA**

#### **4.1 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS PARA LA APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

En la planta concentradora contamos con 63 equipos para el proceso productivo de la planta concentradora. En este punto evaluaremos el tipo de criticidad de todos ellos con respecto al tiempo de operación, horas promedio de trabajo diario, nivel de antigüedad y la transcendencia en la producción, para extraer una muestra significativa de los equipos que tienen mayor preponderancia con respecto a la producción. Primero definiremos los siguientes conceptos:

Tiempo de operación; tiempo desde que la maquina fue puesta en operación.

Horas promedio de trabajo diario; es el tiempo que funciona el equipo normalmente para que el proceso cumpla con sus metas.

Nivel de antigüedad; el cual lo dividimos en 3 niveles los cuales son: nuevos (0 a 15000 horas), usados (15000 a 60000 horas) y en obsolescencia (60000 a 150000 horas).

Para la evaluación de los equipos críticos tenemos los siguientes:

**Tipo Esencial;** maquinas o equipos que deben estar funcionando en línea para continuar todos los procesos. La perdida de la maquina afectaría considerablemente la productividad y las ganancias. En esta clase se incluyen las maquinas con altos costos de reparación o que requieren de mucho tiempo para obtener piezas de repuesto. Son los que su posible avería puede generar altos riesgos en la seguridad del personal o las instalaciones.

**Tipo Crítico;** maquinaria o equipo, que limitaría la producción de una línea importante, así como también equipos con altos costos iniciales o de repuesto y también con problemas crónicos de mantenimiento.

**Tipo Importante;** maquinaria o equipo que no son críticos para la producción de la planta, pero requieren vigilancia para asegurar un rendimiento aceptable a la misma.

**Tipo Uso General;** maquinaria o equipo de alta velocidad o de mucha carga proclive a sufrir fallas prematuras como resultado de su exigente modo de funcionamiento pero no se considera crítica para el funcionamiento del proceso productivo.

**Tipo Auxiliares;** maquinarias o equipos complementarios a la producción o que actúan como equipos en stand by, apoyando equipos principales.

A continuación presentamos los 21 equipos críticos de la planta concentradora en la tabla N 4.1, el total de la clasificación de los equipos de la planta se encuentran en la tabla N 4.2 del anexo.

**Tabla N 4.1 Análisis y selección de los equipos críticos de la planta concentradora**

IT	EQUIPO DEL PROCESO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
1	Molino de Bolas de 13' x17'MARCY	ESENCIAL	1 años	23 horas	Molino # 7	A
2	Molino de Bolas de 12.5' x15.5'NORBERG	ESENCIAL	3 años	23 horas	Molino # 6	B
3	Molino de Bolas de 12' x14' ALLIS CHALMERS	ESENCIAL	4 años	23 horas	Molino # 5	B
4	Molino de Bolas de 9' x12'ALLIS CHALMERS	ESENCIAL	8 años	23 horas	Molino # 4	B
5	Molino de Bolas de 8' x10'COMESA	ESENCIAL	15 años	23horas	Molino # 3	B
6	Molino de Bolas de 8' x7'KURIMOTO	CRITICO	25 años	23 horas	Molino # 2	C
7	Molino de Bolas de 8' x7'KURIMOTO	ESENCIAL	25 años	23 horas	Molino # 1	C
8	Chancadora de Quijada C110 marca NORBERG	CRITICO	4 años	18 horas	Chancado Primario	B
9	Chancadora Cónica HP400 ST marca NORBERG	CRITICO	3 años	20horas	Chancado Secundario	B
10	Chancadora Cónica HP400 SH marca NORBERG	CRITICO	8 años	20 horas	Chancado Cuaternario	B
11	Chancadora Cónica HP400 SH marca NORBERG	CRITICO	6 años	20 horas	Chancado Cuaternario	B
12	Chancadora Cónica HP400 SH marca NORBERG	CRITICO	1 año	20 horas	Chancado Cuaternario	A



IT	EQUIPO DEL PROCESO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
13	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	CRITICO	8 años	20 horas	Zona de Zaranda No 1	B
14	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	CRITICO	8 años	20 horas	Zona de Zaranda No 2	B
15	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	CRITICO	6 años	20 horas	Zona de Zaranda No 3	B
16	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	CRITICO	1 año	20 horas	Zona de Zaranda No 4	A
17	Faja Transportadora de 48"x90.5 m	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 3	A
18	Faja Transportadora de 48"x45.5 m	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 4	A
19	Faja Transportadora de 48"x23.5 m	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 4A	A
20	Faja Transportadora de 36"x65.5 m	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 5	A
21	Faja Transportadora de 36"x80.5 m	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 6	A

## **4.2 SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS PARA LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS**

Para realizar las tareas de mantenimiento predictivo se hará uso de algunas herramientas para su monitoreo, como son los siguientes:

### **4.2.1 Cámara Termográfica Universal IRISYS IRI 1011**

El sistema está desarrollado para funcionar con una o dos manos, además de poseer un mango en forma de pistola para una mayor comodidad. En el funcionamiento con una sola mano el visor palmtop, un PDA, y la cámara están perfectamente integrados para formar una unidad integrada muy ligera (figura 4.1). En el funcionamiento con dos manos el visor se puede separar de la cámara físicamente para su uso en espacios confinados o ángulos de difícil visión. Alternativamente, la cámara se puede comunicar con un portátil o un PC vía el cable de comunicación serie RS232 suministrado.

Aplicaciones típicas:

- Mantenimiento predictivo y preventivo.
- Monitorización de procesos.
- Investigación y desarrollo.
- Mantenimiento de vehículos.
- Industria en general.
- Detección de roturas de aislamientos térmicos.
- Instalaciones eléctricas.

Especificaciones:

- Rango de temperatura: -20°C a +350°C
- Respuesta espectral: De 8 hasta 14 micrómetros
- Sensibilidad: 0,5°C @ 30°C
- Tamaño de imagen: 128x128 pixeles
- Detector: Matriz de 16x16 pixeles
- Rango de actualización: 8Hz



Figura 4.1 .- Cámara Termográfica Universal IRISYS IRI 1011

#### **4.2.2 Analizador de vibraciones MICROLOG CMVA 65**

Este tipo de sistemas se emplean en aquellos casos en los que se quiere controlar un número grande de máquinas, en las cuales, los problemas mecánicos van aumentando con el tiempo (figura 4.2).

En estos casos, se emplea un único aparato de medida de vibraciones, con el que se van midiendo las distintas máquinas de forma periódica. Esta periodicidad, dependiendo de la criticidad de la máquina, puede variar entre una semana a algunos meses.

La medida del espectro de vibración permite saber no solo el nivel de vibraciones en la máquina, sino determinar con exactitud el origen de estas vibraciones.

El Análisis de Vibraciones para Mantenimiento Predictivo, permite la detección de los siguientes tipos de problemas, entre otros:

- Desequilibrio
- Desalineación
- Problemas en Rodamientos
- Holguras
- Problemas en Engranajes

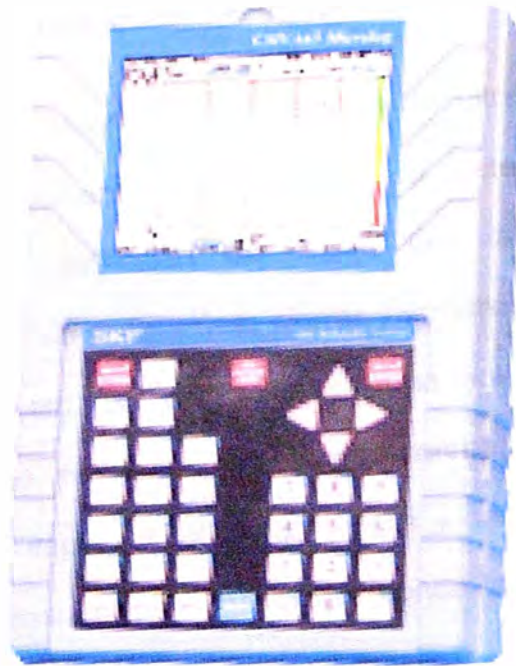


Figura 4.2.- Analizador de vibraciones MICROLOG CMVA 65

### **4.2.3 Equipo de análisis de ultrasonido SDT 170S**

Es un equipo estándar de detección de ultrasonidos con sensor interno. Básicamente se usa para la detección de fugas de compresores, detección de fugas de vacío, verificación de estanqueidad de recipientes, cierres herméticos de coches, trenes, aeroplanos, etc. Su utilización es una solución barata, para la detección de problemas eléctricos (corona, arco), inspección de trampas de vapor, circuitos hidráulicos y neumáticos, cavitación de bombas e inspecciones generales donde la tendencia y los datos recogidos no son críticos (figura 4.3).

Todas las señales recogidas se reflejan en una barra segmentada reflejada en la pantalla. La versión **SDT 170S** está equipada con un sensor ultrasónico interno y puede ser utilizado en combinación con todos nuestros sensores ultrasónicos externos.

#### **Información técnica**

- Función: Detector multifuncional
- Pantalla: Temperatura extendida, grafico de alto contraste LCD
- Tablero: Teclado de 8 funciones
- Rango de medida: -10 dB $\mu$ V to +120 dB $\mu$ V

- Precisión:  $\pm 0,5 \text{ dB}\mu\text{V}$
- Resolución:  $0,1 \text{ dB}\mu\text{V}$



Figura 4.3.- Equipo de análisis de ultrasonido SDT 170S

#### **4.2.4 Estroboscopio PCE-OM 15**

El estroboscopio PCE-OM 15 dispone de la posibilidad de un disparador externo. Además, este estroboscopio trabaja con una bombilla de xenón de 6500 K. Detiene los movimientos y mide la velocidad. Esto le permite ver con el estroboscopio de mano cosas que ópticamente no pudiera detectar. El estroboscopio dirigido por un microprocesador es alimentado por 230 V y es ideal para el control de las revoluciones en transmisiones, motores y en general para el mantenimiento y en la inspección preventiva (figura 4.4). No

hace falta parar las maquinarias e instalaciones para que sean controladas, de este modo podrá ahorrar tiempo y dinero.

Especificaciones Técnicas:

- Rango: 5 - 12.000 rpm. 0,083 ... 208 Hz
- Precisión:  $\pm 0,15\%$  + 1 dígito hasta 4.000 rpm.  $\pm 0,5\%$  + 1 dígito
- Funciones: Ajuste fino, multiplica y divide por dos la frecuencia del flash



Figura 4.4.- Estroboscopio PCE-OM 15



#### **4.2.5 Termómetro Infrarrojo RAYTEK MT6**

Esta herramienta nos ayuda a diagnosticar los problemas de manera más rápida y fácilmente con la Raytek MiniTemp MT6 de infrarrojos (IR) termómetro. Termómetros infrarrojos portátiles se han convertido en una herramienta indispensable para la solución de problemas y de diagnóstico de automóviles (figura 4.5). Spot fallas del sistema de refrigeración, identificar fallos de inyección del motor, para comprobar la correcta A / C ejecución, verificar el funcionamiento del convertidor catalítico y mucho más.

El avistamiento punto láser en la unidad de ayuda a MT6 mediciones directas hacia la meta, y la gran pantalla retroiluminada muestra tanto los actuales como los máximos lecturas simultáneamente Con un arranque de protección para video, galardonado diseño ergonómico y Raytek calidad y precisión, la MT6 modelo es la introducción perfecta para medidas de temperatura por infrarrojos en el diagnóstico de automóviles.

- diseño compacto y duradero
- Fácil de usar
- Láser punto avistamiento
- Las grandes, de fácil lectura pantalla
- Instante actual y máx. Lecturas
- Rango de temperatura: -30 ° a 500 ° C (-20 ° a 932 ° F)

- Tiene una programación fácil para cada material



Figura 4.5.- Termómetro Infrarrojo RAYTEK MT6

#### **4.3 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Con la selección de equipos críticos de todo el proceso productivo, podemos elaborar la tabla N 4.3 el cual lo dividiremos en componentes o sub sistemas que pertenecen al equipo y colocaremos las actividades y/o tareas de mantenimiento, luego evaluaremos la frecuencia y el tiempo que toma dicho trabajo.

Los 21 equipos críticos de la planta concentradora serán evaluados con la tabla N 4.3 para observar la importancia de ellos y realizarlos para minimizar los riesgos a los cuales puede incurrir la operación de estos.

Tabla N 4.3.- Actividades de mantenimiento para los equipos críticos de la planta concentradora

Molino de Bolas				
IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FRECUENCIA	TIEMPO EJEC. (min.)
1	Tablero de Control	a) Medición de Temperatura	Diario	5
2	Motor Eléctrico	a) Medición de temperaturas de las fases	Diario	5
		b) Medición de Temperaturas de las chumaceras del eje del motor	Semanal	15
		c) Medición Vibracional de los apoyos del eje	Semanal	30
3	Sistema de Transmisión: Contraeje	a) Medición Vibracional de apoyo de eje	Quincenal	20
		b) Medición de Temperaturas	Diario	15
		c) Ultrasonido a los rodamientos del contraeje	Quincenal	15
4	Sistema de Transmisión Piñón-Catalinas	a) Medición de Temperaturas	Diario	10
		b) Revisión de la lubricación (estroboscopio)	Semanal	20
5	Chumaceras del Molino.	a) Medición de Temperaturas	Diario	10
		b) Medición Vibracional	Quincenal	20
6	Sistema de Lubricación de los muñones	a) Análisis de aceite	Mensual	20
		b) Medición de temperaturas	Semanal	10
		c) Medición del flujo	Diario	10
7	Sistema de Bombeo	a) Medición de la densidad	Diario	10
		b) Medición del flujo	Diario	10
		c) Ultrasonido a los rodamientos de la botellas de las bombas	Mensual	20

Chancadora				
IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FRECUENCIA	TIEMPO EJE. (min.)
1	Tablero de Control	a) Medición de Temperatura	Semanal	10
2	Motor Eléctrico	a) Medición de temperaturas de las fases	Semanal	10
		b) Medición de temperaturas de las chumaceras del eje del motor	Diario	10
		c) Medición Vibracional de los apoyos del eje	Quincenal	30
		d) Ultrasonido de los rodamientos del motor	Quincenal	20
		e) Medición del amperaje	Semanal	5
3	Sistema de Lubricación	a) Medición de Temperaturas del tanque de aceite	Diario	5
		b) Medición de Temperaturas del radiador	Diario	5
		c) Medición de las presiones del contraeje y de los filtros	Semanal	10
		d) análisis de aceite	Mensual	15
4	Frame de la chancadora	a) Medición Vibracional de los amortiguadores	Quincenal	10
		b) Medición del setting	Diario	5
		c) Velocidad de alimentación de carga	Diario	5
5	Sistema de Levante	a) Revisión de las presiones de los acumuladores de nitrógeno	Mensual	20
		b) Revisión de las electroválvulas	Mensual	20

Zaranda Vibratoria				
IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FRECUENCIA	TIEMPO EJEC. (min.)
1	Tablero de Control	a) Medición de Temperatura	Semanal	10
2	Motor Eléctrico	a) Medición de temperatura del Motor	Semanal	10
		b) Medición del amperaje de la línea de alimentación	Semanal	10
3	Sistema Vibracional (Assembly vibrador)	a) Medición de Temperaturas de los rodamientos del eje	Diario	5
		b) Medición Vibracional de los amortiguadores	Quincenal	10
		c) Ultrasonido de los rodamientos de la excéntrica	Mensual	20
4	Sistema de lubricación	a) Medición temperatura del aceite	Diario	5
		b) análisis del aceite	Mensual	15

Faja Transportadora				
IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FRECUENCIA	TIEMPO EJEC. (min.)
1	Sistema de Transmisión:	a) Medición Vibracional de Motor	quincenal	30
		b) Medición Vibracional de Reductor.	semanal	20
		c) Ultrasonido en Rodamientos del Motor	quincenal	5
		d) Ultrasonido en reductor	quincenal	10
		e) Medición de Temperaturas	quincenal	10
		f) Muestreo y análisis de Aceite en Reductor	quincenal	10
2	Chumaceras en Poleas.	a) Ultrasonido en Chumaceras	quincenal	10
		b) Medición de Temperaturas en chumaceras	mensual	30

## **CAPITULO V**

### **COSTOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LA PLANTA CONCENTRADORA**

#### **5.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Para poder realizar todos los trabajos especificados tenemos que invertir en equipos y mano de obra para poder controlar mas adecuadamente el mantenimiento y reducir así los tiempos de parada de los equipos.

En la tabla N 5.1 presentamos un cuadro de inversiones de equipos, el cual tiene la primera columna que detalla el equipo, el siguiente es el costo en dólares americanos, la vida útil expresada en años, la depreciación anual y por ultimo el costo del equipo por hora. La inversión del costo de mano de obra y de laboratorio.

Los costos de equipos y mano de obra lo anualizados para poder mas adelante evaluar los costos de las tareas de mantenimiento de cada equipo critico de la planta concentradora en todos sus procesos productivos.

Para cuantificar los costos de los trabajos de mantenimiento, tenemos que tomar en cuenta la tabla 4.3, en el cual solo agregaremos costos de mano de obra, material y herramientas para cada actividad de los equipos críticos. A continuación presentamos la tabla 5.2 el cual muestra los costos anuales del molino de bolas 13'x17' MARCY, los demás cuadros de costos los presentamos en la tabla 5.3 del anexo.

Tabla N 5.1.- Cuadro de inversión de equipos e instrumentación

<b>CUADRO DE INVERSIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTACION</b>				
<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO</b>	<b>VIDA UTIL (AÑOS)</b>	<b>DEPRECIACIÓN ANUAL</b>	<b>COSTO/HORA EQUIPO (\$/H)</b>
LA CAMARA TERMOGRAFICA UNIVERSAL IRISYS IRI 1011	\$30000	6	\$5000	\$1,6
ANALIZADOR DE VIBRACIONES MICROLOG CMVA 65	\$24.000	6	\$4.000	\$1,3
EQUIPO DE ANALISIS DE ULTRASONIDO SDT 170S	\$8.500	4	\$2.125	\$0,6
ESTROBOSCOPIO PCE-OM 15	\$2750	2	\$1375	\$0,4
TERMOMETRO INFRAROJO RAYTEK MT6	\$300,00	2	\$150	\$0,04
CAPACITACIÓN			\$800	
<b>COSTO TOTAL DE EQUIPOS (\$USD)</b>	<b>\$65550</b>			
<b>COSTO TOTAL (\$ USD) ANUAL</b>			<b>\$13450</b>	
<b>COSTO TOTAL (\$ USD) MENSUAL</b>			<b>\$1120,83</b>	
<b>Costo por servicio mensual de análisis de aceite LAB Shell</b>			<b>\$308,00</b>	
<b>COSTO DE H-H (ANALISTA DE MONITOREO NIVEL I)</b>		<b>\$10,00</b>		

Tabla N 5.2.- Costos de Mantenimiento de Predictivo de cada Equipo

<b>MOLINO DE BOLAS 13'x17' MARCY</b>											
IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO. (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Tablero de Control	a) Medicion de Temperatura	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
2	Motor Electrico	a) Medicion de temperaturas de las fases	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medicion de Temperaturas de las chumaceras	Semanal	15	0,25	\$0,01	\$2,50	0	\$2,50	\$130,00	\$130,00
		c) Medicion Vibracional de los apoyos del eje	Semanal	30	0,50	\$0,65	\$5,00	0	\$5,00	\$260,00	\$260,00
3	Sistema de Transmisi3n: Contraeje	a) Medici3n Vibracional de apoyo de eje	Quincenal	20	0,33	\$0,43	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		b) Medici3n de Temperaturas	Diario	15	0,25	\$0,01	\$2,50	0	\$2,50	\$900,00	\$900,00
		c) Ultrasonido a los rodamientos del contraeje	Quincenal	15	0,25	\$0,15	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
4	Sistema de Transmisi3n Pi3n-Catalinas	a) Medicion de Temperaturas	Diario	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		b) Revision de la lubricaci3n (estroboscopio)	Semanal	20	0,33	\$0,13	\$3,33	0	\$3,33	\$173,33	\$173,33
5	Chumaceras del Molino.	a) Medicion de Temperaturas	Diario	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		b) Medicion Vibracional	Quincenal	20	0,33	\$0,43	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
6	Sistema de Lubricaci3n de los mu3jones	a) Analisis de aceite	Mensual	20	0,33	\$5,00	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00
		b) Medicion de temperaturas	Semanal	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
		c) Medicion del flujo	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
7	Sistema de Bombeo	a) Medicion de la densidad	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		b) Medicion del flujo	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		c) Ultrasonido a los rodamientos de la botellas d	Mensual	20	0,33	\$0,20	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00
<b>Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo</b>										<b>\$5.468,33</b>	

(\*) El costo de horas de las herramientas no se tomara en cuenta en la suma debido a que ello se tomara aparte como inversi3n de equipos



En la tabla N 5.4 mostramos el resumen de los costos de las tareas de mantenimiento de los equipos críticos del proceso productivo.

Tabla N 5.4.- Costos de las tareas de mantenimiento predictivo de los equipos críticos del proceso productivo

<b>CUADRO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE LOS EQUIPOS</b>		
<b>IT</b>	<b>EQUIPOS</b>	<b>COSTOS (\$)</b>
1	Molino de Bolas de 13'x17' MARCY	\$5.468,33
2	Molino de Bolas de 12.5'x15.5' NORBERG	\$5.468,33
3	Molino de Bolas de 12'x14' ALLIS CHALMERS	\$5.468,33
4	Molino de Bolas de 9'x12' ALLIS CHALMERS	\$5.468,33
5	Molino de Bolas de 8'x10' COMESA	\$3.623,33
6	Molino de Bolas de 8'x7' KURIMOTO	\$2.530,00
7	Molino de Bolas de 8'x7' KURIMOTO	\$2.530,00
8	Chancadora de Quijada C110 marca NORBERG	\$2.473,33
9	Chancadora Conica HP400 ST marca NORBERG	\$3.243,33
10	Chancadora Cônica HP400 SH marca NORBERG	\$3.203,33
11	Chancadora Cônica HP400 SH marca NORBERG	\$3.203,33
12	Chancadora Cônica HP400 SH marca NORBERG	\$3.203,33
13	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	\$1.460,00
14	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	\$1.460,00
15	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	\$1.460,00
16	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	\$1.460,00
17	Faja Transportadora de 48"x90.5 mts	\$545,00
18	Faja Transportadora de 48"x45.5 mts	\$545,00
19	Faja Transportadora de 48"x23.5 mts	\$545,00
20	Faja Transportadora de 36"x65.5 mts	\$545,00
21	Faja Transportadora de 36"x80.5 mts	\$545,00
<b>COSTO TOTAL ANUAL DE LA MANO DE OBRA EN LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b>		<b>\$53.903,30</b>
<b>COSTO TOTAL DE LOS EQUIPOS PARA LA IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO</b>		<b>\$65.550,00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b>		<b>\$119.453,30</b>

## **5.2 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN POR PARADAS**

Para cumplir con los objetivos de tonelaje impuesto por la empresa se debe cumplir con la disponibilidad de chancado debe ser como mínimo de 84% y la disponibilidad en el circuito de molienda de 95%. El costo del mineral es \$ 56,97/tonelada para el mineral del proceso de molienda y para el proceso de chancado se tiene que tomar en cuenta diferentes factores debido a que no es un proceso en línea ya que tiene como fin el almacenaje del material chancado en unas tolvas de finos que alimentan a los molinos y también hay que ver con el acarreo de mineral ya que este no es continuo y permanente debido a la escasez de ello. El material que suministra la mina varia debido a la explotación y ley de este (la mina suministra de 5200 a 6000 toneladas métricas secas) ello no influye directamente debido al stock de las tolvas de finos. Para nuestro cálculo de perdidas tomaremos registros de producción de toneladas secas mensuales reales con respecto a las toneladas secas mensuales programadas. En el año pasado no se tuvo perdidas de producción por falta de mineral.

A continuación presentaremos la tabla N 5.4 en el cual colocaremos una columna de toneladas métricas secas mensuales reales, toneladas métricas secas mensuales reales, déficit de tonelaje y pérdidas que ocasionan estas.

Tabla 5.4.- Costos de Perdida de Producción del 2007

<b>Costos de Produccion del 2007</b>				
<b>Mes</b>	<b>Produccion Real (TMS)</b>	<b>Produccion Programada (TMS)</b>	<b>Perdida de Produccion (TMS)</b>	<b>Costos de la Perdida (\$)</b>
Enero	166910.53	170500	-3589.47	-204492.32
Febrero	155134.74	154000	1134.74	
Marzo	166731.05	170500	-3768.95	-214716.93
Abril	168473.68	165000	3473.68	
Mayo	169782.11	170500	-717.89	-40898.46
Junio	170210.53	165000	5210.53	
Julio	167807.89	170500	-2692.11	-153369.24
Agosto	172294.74	170500	1794.74	
Setiembre	166267.89	165000	1267.89	
Octubre	168525.79	170500	-1974.21	-112470.77
Noviembre	163436.84	165000	-1563.16	-89053.11
Diciembre	171935.79	170500	1435.79	
<b>Tonelaje Anual Total</b>	<b>2007511.58</b>	<b>2007500.00</b>		
<b>Costos Totales Anual</b>			<b>-14305.79</b>	<b>-815000.83</b>

En cuanto a los costos de reparación de los equipos por estas paradas imprevistas se pueden calcular con los costos de las horas hombre, costo de herramientas, energía y repuestos. El costo total de reparación por mes se dará en la tabla 5.5, estos datos son históricos del año 2007

Tabla N 5.5.- Costos mensuales de reparación debido a las paradas imprevistas de los equipos.

<b>Costos de reparación mensual de las paradas imprevistas de los Equipos de Producción</b>	
<b>Mes</b>	<b>Costo (\$)</b>
Enero	36549
Febrero	0
Marzo	21345
Abril	0
Mayo	2000
Junio	0
Julio	18654
Agosto	0
Septiembre	0
Octubre	10204
Noviembre	5620
Diciembre	0
<b>Costo Total Anual</b>	<b>94372</b>

### 5.3 DETERMINACIÓN DE AHORROS POR APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN EL PROCESO PRODUCTIVO

Haciendo las comparaciones correspondientes costo de la pérdida total (Costo de producción y reparación de los equipos de la planta) con respecto a la inversión anual del mantenimiento predictivo se observa la tabla N 5.6

Tabla N 5.6.- Tabla comparativa de Perdidas de Producción versus Inversión de Mantenimiento Predictivo

<b>Cuadro Comparativo</b>		
	<b>Costos (\$)</b>	<b>%</b>
<b>Costo de Perdida Total Anual</b>	909372,83	100,0%
<b>Reduccion de las perdidas en el primer año debido a la implementacion del mantenimiento</b>	727498,26	80,0%
<b>Costo de la Implementacion del Mantenimiento Predictivo</b>	119453,30	13,1%
<b>Ahorro por la implementacion del mantenimiento predictivo</b>	608044,96	

Podemos observar que el costo total anual de las perdidas de la planta concentradora ascienden a \$ 909372,83 y con respecto a la inversión de la implementación del mantenimiento predictivo es de \$ 119453,30, con ello podemos reducir estas perdidas en un 80% anualmente siendo \$ 727498,26. Hay que considerar que en el primer año debido a la inversión de equipos para la implementación del mantenimiento predictivo el flujo de

gastos será en total de \$ 119453,30 y a partir del segundo año el costo del mantenimiento predictivo será de \$53903,30.

El ahorro de la propuesta sería de \$ 608044,96 en el primer año, eliminando el ochenta por ciento anualmente del costo total de las pérdidas así sucesivamente hasta tener controlado las paradas imprevistas de los equipos de la planta concentradora de cobre.

## CONCLUSIONES

El ahorro del primer año debido a la implementación del mantenimiento predictivo de la planta concentradora de cobre de 5500 toneladas métricas secas diarias es de \$ 608044,96 con respecto al costo de la inversión de \$ 119453,30, en el segundo año el costo de la inversión del mantenimiento predictivo de la planta disminuirá a \$ 53903,30 y el ahorro seguirá aumentando debido al mayor control de las paradas imprevistas de los equipos del proceso productivo.

Con el presente trabajo hemos podido evaluar los equipos críticos para poder tomar mayor énfasis en las tareas de mantenimiento y optimizar su trabajo, disminuyendo las paradas no programadas para aumentar la disponibilidad del equipo de una manera sostenida que conlleva a un aumento de producción.

Con las tareas de mantenimiento predictivo aumentaremos la confiabilidad de los equipos de la planta concentradora de cobre y daremos mayor disponibilidad al proceso, debido a que se tendrá un reporte del estado de la maquina a plena carga, lo cual no se hace con el mantenimiento preventivo el cual necesita de una parada para su evaluación.

## **BIBLIOGRAFIA**

- **Separatas del curso de Gestión del Mantenimiento del X Programa de Titulación por actualización de conocimientos año 2007**
- **Manual de Mantenimiento y Operación del Filtro de Discos de 9´ x 7 sectores FIMA año 2006**
- **Manual del Molino de bolas de 8´ x 10´ COMESA año 1980**
- **Manual de Mantenimiento y Operación de la chancadora HP400 SX METSO MINERALS año 2000**
- **Belt Conveyors for Bulk Materials by CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION SIXTH EDITION 2005**
- **Manual de Mantenimiento y Operación de reductores de ejes paralelos marca SEWEURODRIVE año 2005**



# **ANEXOS**

TABLA N 5.2.- análisis y selección de los Equipos críticos de la Planta de Concentradora de Cobre

IT	EQUIPO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
1	Chancadora de Quijada C110 marca NORBERG	CRITICO	4 años	18 horas	Chancadora Primaria	B
2	Chancadora Cónica marca ALLIS CHALMERS de 30"	IMPORTANTE	10 años	24 horas	Chancadora Primaria Stand by	B
3	Chancadora Cónica HP400 ST marca NORBERG	CRITICO	3 años	20horas	Chancadora Secundaria	B
4	Chancadora de Quijada de 28"x36" marca KURIMOTO	IMPORTANT E	30 años	24 horas	Chancadora Secundaria de Stand by	C
5	Chancadora Cônica 5 ½" SH marca SYMONS	IMPORTANT E	10 años	20 horas	Chancadora Terciária	B
6	Chancadora Cônica HP400 SH marca NORBERG	CRITICO	8 años	20 horas	Chancadora Cuatemaria No 1	B

IT	EQUIPO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
7	Chancadora Cônica HP400 SH marca NORBERG	CRITICO	6 años	20 horas	Chancadora Cuatemaria No 2	B
8	Chancadora Cônica HP400 SH marca NORBERG	CRITICO	1 año	20 horas	Chancadora Cuatemaria No 3	A
9	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	CRITICO	8 años	20 horas	Zona de Zarandas No 1	B
10	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	CRITICO	8 años	20 horas	Zona de Zarandas No 2	B
11	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	CRITICO	6 años	20 horas	Zona de Zarandas No 3	B

IT	EQUIPO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
12	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	CRITICO	1 años	20 horas	Zona de Zarandas No 4	A
13	Zaranda Vibratória de 8'x20' marca TYLER	IMPORTANT E	1 años	20 horas	Zona de Chancado Terciário (Zaranda No 5)	A
14	Faja Transportadora de 36"x30 mts	CRITICO	8 años	20 horas	Faja No 1	B
15	Faja Transportadora de 36"x14.7 mts	IMPORTANT E	5 años	20 horas	Faja No 1A	B
16	Faja Transportadora de 36"x10.5 mts	IMPORTANT E	5 años	20 horas	Faja No 1B	B
17	Faja Transportadora de 36"x20.5 mts	CRITICO	5 años	20 horas	Faja No 1C	B

IT	EQUIPO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
18	Faja Transportadora de 36"x42.5 mts	CRITICO	5 años	20 horas	Faja No 1D	B
19	Faja Transportadora de 36"x17.5 mts	CRITICO	5 años	20 horas	Faja No 1E	B
20	Faja Transportadora de 42"x6.35 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 1F	A
21	Faja Transportadora de 36"x14.5 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 7	A
22	Faja Transportadora de 48"x90.5 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 3	A
23	Faja Transportadora de 48"x45.5 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 4	A

IT	EQUIPO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
24	Faja Transportadora de 48"x23.5 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 4A	A
25	Faja Transportadora de 48"x8.45 mts	CRITICO	8 años	20 horas	Faja No Z1	B
26	Faja Transportadora de 48"x8.45 mts	CRITICO	8 años	20 horas	Faja No Z2	B
27	Faja Transportadora de 48"x8.45 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No Z3	A
28	Faja Transportadora de 48"x8.45 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No Z4	A

IT	EQUIPO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
29	Faja Transportadora de 36"x65.5 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 5	A
30	Faja Transportadora de 36"x80.5 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 6	A
31	Faja Transportadora de 36"x11.5 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 6A	A
32	Faja Transportadora de 36"x11.5 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 6B	A
33	Faja Transportadora de 48"x5.35 mts	CRITICO	8 años	20 horas	Faja No HP1	B

IT	EQUIPO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
34	Faja Transportadora de 48"x5.35 mts	CRITICO	6 años	20 horas	Faja No HP2	B
35	Faja Transportadora de 48"x5.35 mts	CRITICO	1 años	20 horas	Faja No HP4	A
36	Faja Transportadora de 36"x6.45 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No FDC1	A
37	Faja Transportadora de 36"x6.45 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No FDC2	A
38	Faja Transportadora de 36"x6.45 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No FDC3	A



IT	EQUIPO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
39	Faja Transportadora de 36"x6.45 mts	CRITICO	1 años	20 horas	Faja No FDC4	A
40	Faja Transportadora de 30"x45.5 mts	CRITICO	1 año	20 horas	Faja No 8	A
41	Faja Transportadora de 30"x30.5 mts	CRITICO	1 año	20 horas	Faja No 9	A
42	Faja Transportadora de 30"x35.5 mts	CRITICO	1 año	20 horas	Faja No 10	A
43	Faja Transportadora de 30"x7.35 mts	CRITICO	1 año	20 horas	Faja No 11	A
44	Faja Transportadora de 30"x9 mts	CRITICO	1 año	20 horas	Faja No 12	A

IT	EQUIPO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
45	Faja Transportadora de 36"x11.5 mts	CRITICO	3 años	20 horas	Faja No 13	B
46	Faja Transportadora de 36"x18.5 mts	CRITICO	2 años	20 horas	Faja No 14	A
47	Faja Transportadora de 36"x20.5 mts	CRITICO	1 año	20 horas	Faja No 15	A
48	Molino de Bolas de 8'x7' KURIMOTO	CRITICO	25 años	23 horas	Molino # 1 (Molino de Remolienda)	C
49	Molino de Bolas de 8'x7' KURIMOTO	ESENCIAL	25 años	23 horas	Molino # 2	C
50	Molino de Bolas de 8'x10' COMESA	ESENCIAL	15 años	23horas	Molino # 3	B

IT	EQUIPO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
51	Molino de Bolas de 9'x12' ALLIS CHALMERS	ESENCIAL	8 años	23 horas	Molino # 4	B
52	Molino de Bolas de 12'x14' ALLIS CHALMERS	ESENCIAL	4 años	23 horas	Molino # 5	B
53	Molino de Bolas de 12.5'x15.5' NORBERG	ESENCIAL	3 años	23 horas	Molino # 6	B
54	Molino de Bolas de 13'x17' MARCY	ESENCIAL	1 años	23 horas	Molino # 7	A
55	Molino de Bolas de 6'x6'FIMA	IMPORTANT E	20 años	23 horas	Molino de Remolienda	C
56	Celdas de Flotacion CMC de 60 ft3	IMPORTANT E	2 años	24 horas	Celdas de Recuperación	A

IT	EQUIPO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
57	Celdas de Flotación WEMCO (30 unid.) de 300ft3 c/u	IMPORTANT E	25 años	24 horas	Celdas de Scavenger y Cleaner	C
58	Celdas de Flotación DENVER (29 unid.) de 100 ft3 c/u	IMPORTANT E	25 años	24 horas	Celdas Cleaner	C
59	Espesador de 25' x10' ALLIS CHALMERS	IMPORTANT E	25 años	24 horas	Espesador # 1	C
60	Espesador de 25' x10' ALLIS CHALMERS	IMPORTANT E	5 años	24 horas	Espesador # 2	B
61	Filtro de Discos FIMA – DENVER de 9' x 7 discos	IMPORTANT E	9 meses	18 horas	Filtro # 1	A

IT	EQUIPO	TIPO DE CRITICIDAD	TIEMPO DE OPERACION	HORAS PROMEDIO DE TRABAJO DIARIO	REFERENCIA	NIVEL DE ANTIGUEDAD
62	Filtro de Discos FIMA – DENVER de 9' x 7 discos	IMPORTANT E	8 meses	18 horas	Filtro # 2	C
63	Faja Transportadora de 24"x10.5 mts	IMPORTANT E	1 años	10 horas	Faja de despacho	A

Tabla 5.3.-Costos de mantenimiento predictivo de los equipos críticos de la planta

<b>MOLINO DE BOLAS 12,5'x15,5' NORBERG</b>											
IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Tablero de Control	a) Medicion de Temperatura	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
2	Motor Electrico	a) Medicion de temperaturas de las fases	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medicion de Temperaturas de las chumaceras	Semanal	15	0,25	\$0,01	\$2,50	0	\$2,50	\$130,00	\$130,00
		c) Medicion Vibracional de los apoyos del eje	Semanal	30	0,50	\$0,65	\$5,00	0	\$5,00	\$260,00	\$260,00
3	Sistema de Transmisión: Contraeje	a) Medición Vibracional de apoyo de eje	Quincenal	20	0,33	\$0,43	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		b) Medición de Temperaturas	Diario	15	0,25	\$0,01	\$2,50	0	\$2,50	\$900,00	\$900,00
		c) Ultrasonido a los rodamientos del contraeje	Quincenal	15	0,25	\$0,15	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
4	Sistema de Transmisión Piñon-Catalinas	a) Medicion de Temperaturas	Diario	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		b) Revision de la lubricación (estroboscopio)	Semanal	20	0,33	\$0,13	\$3,33	0	\$3,33	\$173,33	\$173,33
5	Chumaceras del Molino.	a) Medicion de Temperaturas	Diario	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		b) Medicion Vibracional	Quincenal	20	0,33	\$0,43	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
6	Sistema de Lubricación de los mu;ones	a) Analisis de aceite	Mensual	20	0,33	\$5,00	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00
		b) Medicion de temperaturas	Semanal	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
		c) Medicion del flujo	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
7	Sistema de Bombeo	a) Medicion de la densidad	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		b) Medicion del flujo	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		c) Ultrasonido a los rodamientos de la botellas d	Mensual	20	0,33	\$0,20	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00
<b>Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo</b>										<b>\$5.468,33</b>	

### MOLINO DE BOLAS 12'x14' ALLIS CHALMERS

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO. (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Tablero de Control	a) Medicion de Temperatura	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
2	Motor Electrico	a) Medicion de temperaturas de las fases	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medicion de Temperaturas de las chumaceras	Semanal	15	0,25	\$0,01	\$2,50	0	\$2,50	\$130,00	\$130,00
		c) Medicion Vibracional de los apoyos del eje	Semanal	30	0,50	\$0,65	\$5,00	0	\$5,00	\$260,00	\$260,00
3	Sistema de Transmisión: Contraeje	a) Medición Vibracional de apoyo de eje	Quincenal	20	0,33	\$0,43	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		b) Medición de Temperaturas	Diario	15	0,25	\$0,01	\$2,50	0	\$2,50	\$900,00	\$900,00
		c) Ultrasonido a los rodamientos del contraeje	Quincenal	15	0,25	\$0,15	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
4	Sistema de Transmisión Piñon-Catalinas	a) Medicion de Temperaturas	Diario	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		b) Revision de la lubricación (estroboscopio)	Semanal	20	0,33	\$0,13	\$3,33	0	\$3,33	\$173,33	\$173,33
5	Chumaceras del Molino.	a) Medicion de Temperaturas	Diario	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		b) Medicion Vibracional	Quincenal	20	0,33	\$0,43	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
6	Sistema de Lubricación de los mu:ones	a) Analisis de aceite	Mensual	20	0,33	\$5,00	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00
		b) Medicion de temperaturas	Semanal	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
		c) Medicion del flujo	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
7	Sistema de Bombeo	a) Medicion de la densidad	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		b) Medicion del flujo	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		c) Ultrasonido a los rodamientos de la botellas d	Mensual	20	0,33	\$0,20	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo**

**\$5.468,33**

### MOLINO DE BOLAS 9'x12' ALLIS CHALMERS

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO. (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Tablero de Control	a) Medicion de Temperatura	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
2	Motor Electrico	a) Medicion de temperaturas de las fases	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medicion de Temperaturas de las chumaceras	Semanal	15	0,25	\$0,01	\$2,50	0	\$2,50	\$130,00	\$130,00
		c) Medicion Vibracional de los apoyos del eje	Semanal	30	0,50	\$0,65	\$5,00	0	\$5,00	\$260,00	\$260,00
3	Sistema de Transmisión: Contraeje	a) Medición Vibracional de apoyo de eje	Quincenal	20	0,33	\$0,43	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		b) Medición de Temperaturas	Diario	15	0,25	\$0,01	\$2,50	0	\$2,50	\$900,00	\$900,00
		c) Ultrasonido a los rodamientos del contraeje	Quincenal	15	0,25	\$0,15	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
4	Sistema de Transmisión Piñon-Catalinas	a) Medicion de Temperaturas	Diario	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		b) Revision de la lubricación (estroboscopio)	Semanal	20	0,33	\$0,13	\$3,33	0	\$3,33	\$173,33	\$173,33
5	Chumaceras del Molino.	a) Medicion de Temperaturas	Diario	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		b) Medicion Vibracional	Quincenal	20	0,33	\$0,43	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
6	Sistema de Lubricación de los mu;ones	a) Analisis de aceite	Mensual	20	0,33	\$5,00	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00
		b) Medicion de temperaturas	Semanal	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
		c) Medicion del flujo	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
7	Sistema de Bombeo	a) Medicion de la densidad	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		b) Medicion del flujo	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		c) Ultrasonido a los rodamientos de la botellas d	Mensual	20	0,33	\$0,20	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo**

**\$5.468,33**



## MOLINO DE BOLAS 8'x12' COMESA

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO. (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Tablero de Control	a) Medicion de Temperatura	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
2	Motor Electrico	a) Medicion de temperaturas de las fases	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medicion de Temperaturas de las chumaceras	Semanal	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$43,33	\$43,33
		c) Medicion Vibracional de los apoyos del eje	Semanal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$130,00	\$130,00
3	Sistema de Transmisión: Contraeje	a) Medición Vibracional de apoyo de eje	Quincenal	20	0,33	\$0,43	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		b) Medición de Temperaturas	Diario	15	0,25	\$0,01	\$2,50	0	\$2,50	\$900,00	\$900,00
		c) Ultrasonido a los rodamientos del contraeje	Quincenal	15	0,25	\$0,15	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
4	Sistema de Transmisión Piñon-Catalinas	a) Medicion de Temperaturas	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Revision de la lubricación (estroboscopio)	Semanal	10	0,17	\$0,07	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
5	Chumaceras del Molino.	a) Medicion de Temperaturas	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medicion Vibracional	Quincenal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
6	Sistema de Lubricación de los mu;ones	a) Analisis de aceite	Mensual	15	0,25	\$5,00	\$2,50	0	\$2,50	\$30,00	\$30,00
		b) Medicion de temperaturas	Semanal	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
		c) Medicion del flujo	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
7	Sistema de Bombeo	a) Medicion de la densidad	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medicion del flujo	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		c) Ultrasonido a los rodamientos de la botellas d	Mensual	15	0,25	\$0,15	\$2,50	0	\$2,50	\$30,00	\$30,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo**

**\$3.623,33**

### MOLINO DE BOLAS 8'x7' KURIMOTO

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO. (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Tablero de Control	a) Medicion de Temperatura	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
2	Motor Electrico	a) Medicion de temperaturas de las fases	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medicion de Temperaturas de las chumaceras	Semanal	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$43,33	\$43,33
		c) Medicion Vibracional de los apoyos del eje	Semanal	10	0,17	\$0,22	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
3	Sistema de Transmisión: Contraeje	a) Medición Vibracional de apoyo de eje	Quincenal	10	0,17	\$0,22	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		b) Medición de Temperaturas	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		c) Ultrasonido a los rodamientos del contraeje	Quincenal	10	0,17	\$0,10	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
4	Sistema de Transmisión Piñon-Catalinas	a) Medicion de Temperaturas	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Revision de la lubricación (estroboscopio)	Semanal	10	0,17	\$0,07	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
5	Chumaceras del Molino.	a) Medicion de Temperaturas	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medicion Vibracional	Quincenal	10	0,17	\$0,22	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
6	Sistema de Lubricación de los mu:ones	a) Analisis de aceite	Mensual	10	0,17	\$5,00	\$1,67	0	\$1,67	\$20,00	\$20,00
		b) Medicion de temperaturas	Semanal	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$43,33	\$43,33
		c) Medicion del flujo	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
7	Sistema de Bombeo	b) Medicion del flujo	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		c) Ultrasonido a los rodamientos de la botellas d	Mensual	10	0,17	\$0,10	\$1,67	0	\$1,67	\$20,00	\$20,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo**

**\$2.530,00**

### CHANCADORA DE QUIJADA C110 MARCA NORBERG

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO. (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Tablero de Control	a) Medicion de Temperatura	Semanal	10	0,17	\$0,27	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
2	Motor Electrico	a) Medicion de temperaturas de las fases	Semanal	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
		b) Medicion de temperaturas de las chumaceras	Diario	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		c) Medicion Vibracional de los apoyos del eje	Quincenal	30	0,50	\$0,65	\$5,00	0	\$5,00	\$130,00	\$130,00
		d) Ultrasonido de los rodamientos del motor	Quincenal	20	0,33	\$0,20	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		e) Medicion del amperaje	Semanal	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$43,33	\$43,33
3	Sistema de Lubricacion	a) Medicion de Temperaturas del tanque de acei	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medicion de Temperaturas del radiador	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		c) Medicion de las presiones del contraeje y de los filtros	Semanal	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
		d) Analisis de aceite	Mensual	15	0,25	\$5,00	\$2,50	0	\$2,50	\$30,00	\$30,00
4	Frame de la Chancadora	a) Medicion Vibracional de los amortiguadores	Quincenal	10	0,17	\$0,22	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		b) Medicion del setting	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		c) Velocidad de alimentacion de carga	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
5	Sistema de Levante	a) Revision de las presiones de los acumuladore	Mensual	20	0,33	\$0,00	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00
		b) Revision de las electrovalvulas	Mensual	20	0,33	\$0,43	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo**

**\$2.473,33**

### CHANCADORA DE CONICA HP400 ST

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO. (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Tablero de Control	a) Medicion de Temperatura	Semanal	10	0,17	\$0,27	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
2	Motor Electrico	a) Medicion de temperaturas de las fases	Semanal	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
		b) Medicion de temperaturas de las chumaceras	Diario	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		c) Medicion Vibracional de los apoyos del eje	Quincenal	30	0,50	\$0,65	\$5,00	0	\$5,00	\$130,00	\$130,00
		d) Ultrasonido de los rodamientos del motor	Quincenal	20	0,33	\$0,20	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		e) Medicion del amperaje	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
3	Sistema de Lubricacion	a) Medición de Temperaturas del tanque de aceite	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medición de Temperaturas del radiador	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		c) Medicion de las presiones del contraeje y de los filtros	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		d) Analisis de aceite	Mensual	15	0,25	\$5,00	\$2,50	0	\$2,50	\$30,00	\$30,00
4	Frame de la Chancadora	a) Medicion Vibracional de los amortiguadores	Quincenal	10	0,17	\$0,22	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		b) Medicion del setting	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		c) Velocidad de alimentación de carga	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
5	Sistema de Levante	a) Revision de las presiones de los acumuladores	Mensual	20	0,33	\$0,00	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00
		b) Revision de las electrovalvulas	Mensual	20	0,33	\$0,43	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo**

**\$3.243,33**

### CHANCADORA DE CONICA HP400 SH

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO. (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Tablero de Control	a) Medicion de Temperatura	Semanal	10	0,17	\$0,27	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
2	Motor Electrico	a) Medicion de temperaturas de las fases	Semanal	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$86,67	\$86,67
		b) Medicion de temperaturas de las chumaceras	Diario	10	0,17	\$0,01	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		c) Medicion Vibracional de los apoyos del eje	Quincenal	30	0,50	\$0,65	\$5,00	0	\$5,00	\$130,00	\$130,00
		d) Ultrasonido de los rodamientos del motor	Quincenal	20	0,33	\$0,20	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		e) Medicion del amperaje	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
3	Sistema de Lubricacion	a) Medición de Temperaturas del tanque de ace	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medición de Temperaturas del radiador	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		c) Medicion de las presiones del contraeje y de los filtros	Diario	10	0,17	\$0,00	\$1,67	0	\$1,67	\$600,00	\$600,00
		d) Analisis de aceite	Mensual	15	0,25	\$5,00	\$2,50	0	\$2,50	\$30,00	\$30,00
4	Frame de la Chancadora	a) Medicion Vibracional de los amortiguadores	Quincenal	10	0,17	\$0,22	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		b) Medicion del setting	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		c) Velocidad de alimentación de carga	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
5	Sistema de Levante	a) Revision de las presiones de los acumuladore	Mensual	20	0,33	\$0,00	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00
		b) Revision de las electrovalvulas	Mensual	20	0,33	\$0,43	\$3,33	0	\$3,33	\$40,00	\$40,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo** \$3.203,33

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo x 3 Chancadoras** \$9.610,00

### ZARANDA VIBRATORIA DE 8' x 20' TYLER

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO. (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Tablero de Control	a) Medicion de Temperatura	Semanal	15	0,25	\$0,40	\$2,50	0	\$2,50	\$130,00	\$130,00
2	Motor Electrico	a) Medicion de temperatura del Motor	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medicion del amperaje de la linea de alimenta	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
3	Sistema Vibracional (Assembly vibrador)	a) Medición de Temperaturas de los rodamientos	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Medición Vibracional de los amortiguadores	Quincenal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
		c) Ultrasonido de los rodamientos de la excentrica	Quincenal	15	0,25	\$0,15	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
4	Sistema de Lubricacion	a) Medicion temperatura del aceite	Diario	5	0,08	\$0,00	\$0,83	0	\$0,83	\$300,00	\$300,00
		b) Analisis del aceite	Mensu		0,25	\$5,00	\$2,50	0	\$2,50	\$30,00	\$30,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo** \$1.460,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo x 4 Zarandas** \$5.840,00

### FAJA TRANSPORTADORA DE 48" x 90,5 mts

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO. (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Sistema de Transmision	a) Medición Vibracional de Motor	Quincenal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
		b) Medición Vibracional de Reductor.	Semanal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$130,00	\$130,00
		c) Ultrasonido en Rodamientos del Motor	Quincenal	10	0,17	\$0,10	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		d) Ultrasonido en reductor	Quincenal	20	0,33	\$0,20	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		e) Medición de Temperaturas	Quincenal	20	0,33	\$0,01	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		f) Muestreo y analisis de Aceite en Reductor	Mensual	15	0,25	\$5,00	\$2,50	0	\$2,50	\$30,00	\$30,00
2	Chumaceras en Poleas	a) Ultrasonido en Chumaceras	Quincenal	10	0,17	\$0,10	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		b) Medición de Temperaturas en chumaceras	Mensual	30	0,50	\$0,02	\$5,00	0	\$5,00	\$60,00	\$60,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo** \$545,00

### FAJA TRANSPORTADORA DE 48" x 45,5 mts

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Sistema de Transmision	a) Medición Vibracional de Motor	Quincenal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
		b) Medición Vibracional de Reductor.	Semanal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$130,00	\$130,00
		c) Ultrasonido en Rodamientos del Motor	Quincenal	10	0,17	\$0,10	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		d) Ultrasonido en reductor	Quincenal	20	0,33	\$0,20	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		e) Medición de Temperaturas	Quincenal	20	0,33	\$0,01	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		f) Muestreo y analisis de Aceite en Reductor	Men:	5	0,25	\$5,00	\$2,50	0	\$2,50	\$30,00	\$30,00
2	Chumaceras en Poleas	a) Ultrasonido en Chumaceras	Quincenal	10	0,17	\$0,10	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		b) Medición de Temperaturas en chumaceras	Mensual	30	0,50	\$0,02	\$5,00	0	\$5,00	\$60,00	\$60,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo**

**\$545,00**

### FAJA TRANSPORTADORA DE 48" x 23,5 mts

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Sistema de Transmision	a) Medición Vibracional de Motor	Quincenal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
		b) Medición Vibracional de Reductor.	Semanal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$130,00	\$130,00
		c) Ultrasonido en Rodamientos del Motor	Quincenal	10	0,17	\$0,10	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		d) Ultrasonido en reductor	Quincenal	20	0,33	\$0,20	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		e) Medición de Temperaturas	Quincenal	20	0,33	\$0,01	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		f) Muestreo y analisis de Aceite en Reductor	Mensual	15	0,25	\$5,00	\$2,50	0	\$2,50	\$30,00	\$30,00
2	Chumaceras en Poleas	a) Ultrasonido en Chumaceras	Quincenal	10	0,17	\$0,10	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		b) Medición de Temperaturas en chumaceras	Mensual	30	0,50	\$0,02	\$5,00	0	\$5,00	\$60,00	\$60,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo**

**\$545,00**

**FAJA TRANSPORTADORA DE 36" x 80,5 mts**

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO. (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Sistema de Transmision	a) Medición Vibracional de Motor	Quincenal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
		b) Medición Vibracional de Reductor.	Semanal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$130,00	\$130,00
		c) Ultrasonido en Rodamientos del Motor	Quincenal	10	0,17	\$0,10	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		d) Ultrasonido en reductor	Quincenal	20	0,33	\$0,20	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		e) Medición de Temperaturas	Quincenal	20	0,33	\$0,01	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		f) Muestreo y analisis de Aceite en Reductor	Mensu		0,25	\$5,00	\$2,50	0	\$2,50	\$30,00	\$30,00
2	Chumaceras en Poleas	a) Ultrasonido en Chumaceras	Quince.....		0,17	\$0,10	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		b) Medición de Temperaturas en chumaceras	Mensual	30	0,50	\$0,02	\$5,00	0	\$5,00	\$60,00	\$60,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo**

\$545,00

**FAJA TRANSPORTADORA DE 36" x 65,5 mts**

IT	COMPONENTES O SUBSISTEMAS	ACTIVIDADES	FREC.	TIEMPO. (min)	H-H	COSTO (US \$)					TOTAL X AÑO (MPd)
						Material *	M.O.	Hs. Prod.	Sub Total	Annual	
1	Sistema de Transmision	a) Medición Vibracional de Motor	Quincenal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$65,00	\$65,00
		b) Medición Vibracional de Reductor.	Semanal	15	0,25	\$0,33	\$2,50	0	\$2,50	\$130,00	\$130,00
		c) Ultrasonido en Rodamientos del Motor	Quincenal	10	0,17	\$0,10	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		d) Ultrasonido en reductor	Quincenal	20	0,33	\$0,20	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		e) Medición de Temperaturas	Quincenal	20	0,33	\$0,01	\$3,33	0	\$3,33	\$86,67	\$86,67
		f) Muestreo y analisis de Aceite en Reductor	Mensual	15	0,25	\$5,00	\$2,50	0	\$2,50	\$30,00	\$30,00
2	Chumaceras en Poleas	a) Ultrasonido en Chumaceras	Quincenal	10	0,17	\$0,10	\$1,67	0	\$1,67	\$43,33	\$43,33
		b) Medición de Temperaturas en chumaceras	Mensual	30	0,50	\$0,02	\$5,00	0	\$5,00	\$60,00	\$60,00

**Costo total del Mantenimiento Predictivo Anual del Equipo**

\$545,00