

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN  
UNA ESTACION DE BOMBEO DE RELAVES EN UNA PLANTA  
CONCENTRADORA DE ZINC DE 4200 TMD**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**CARLOS ALBERTO MAMANI VALDIVIA**

**PROMOCION 1999-I**

**LIMA-PERU**

**2010**

**DEDICATORIA**

*A mis padres Hilario y Leonor, a mi esposa  
Antonia y a mis hijos Diego y Gabriela, por el  
cariño y el apoyo que siempre me brindan.*

## INDICE

PROLOGO .....	01
<b>CAPITULO I .- INTRODUCCION .....</b>	<b>03</b>
1.1 Antecedentes .....	03
1.2. Planteamiento del Problema .....	04
1.3 Objetivos del Informe .....	05
1.3.1 Objetivo General .....	05
1.3.2 Objetivos específicos .....	05
1.4 Justificación .....	06
1.5 Alcance. ....	06
1.6 Limitaciones .....	07
1.7 Metodología .....	07
<b>CAPITULO II .- PROCESO DE BOMBEO DE RELAVES .....</b>	<b>09</b>
2.1 Procesos productivos de la empresa minera .....	09
2.1.1 Proceso de extracción de mineral .....	09
2.1.2 Proceso de tratamiento de mineral .....	10
2.1.3 Proceso de transporte y filtrado de concentrado .....	13
2.1.4 Proceso de tratamiento de relaves .....	13
2.2 Planta de Bombeo de Relaves .....	14
2.2.1 Descripción de los procesos .....	15
2.2.2 Filosofía de operación .....	17
2.3 Criterios del Cálculo Hidráulico .....	19

2.3.1. Flujo de pulpas por tuberías en presión .....	20
2.3.2. Cálculo hidráulico tren de bombas .....	23
2.3.3. Característica de la pulpa .....	26
2.3.4. Criterios para el diseño de estación de bombeo .....	28
2.3.5. Criterios para el diseño de línea .....	29
2.3.6. Criterios de diseño drenaje línea impulsión .....	30
2.3.7. Agua de sello, dilución y lavado .....	31
2.4 Diagrama de flujo del bombeo de relave .....	32
2.5 Punto de operación de la estación de bombeo .....	32

### **CAPITULO III .- GESTION DEL MANTENIMIENTO DE LA ESTACION DE BOMBEO**

3.1 Enfoque Moderno del Mantenimiento .....	34
3.1.1 Evolución del Mantenimiento .....	34
3.1.1.1 Mantenimiento Correctivo .....	35
3.1.1.2 Mantenimiento Preventivo .....	35
3.1.1.3 Mantenimiento Predictivo .....	36
3.1.1.4 Mantenimiento Proactivo .....	37
3.1.1.5 Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad .....	38
3.2 Selección de Sistema de Mantenimiento .....	39
3.3 El mantenimiento de la Estación de bombeo de Relaves .....	43
3.3.1 Organización del mantenimiento .....	43
3.3.2 Roles operativos en mantenimiento .....	45
3.3.3 Flujograma de mantenimiento .....	47
3.4 Descripción de la Situación Actual del Mantenimiento de la Estación ...	49
3.4.1 Costos de mantenimiento antes de la implementación .....	51

<b>CAPITULO IV.- PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>54</b>
4.1 Análisis	54
4.1.1 Descripción operativa del proceso	54
4.1.2 Relación de equipos principales del proceso	55
4.1.3 Características técnicas de las principales máquinas	57
4.1.4 Fallas características	63
4.2 Planificación	64
4.2.1 Selección del sistema donde se implementará el plan	64
4.2.1.1 Análisis de criticidad de equipos	64
4.2.2 Flujograma del proceso de mantenimiento	67
4.2.3 Documentación	68
4.2.4 Grupo de Trabajo	68
4.3 Desarrollo	69
4.3.1 Plan de Mantenimiento Preventivo	69
4.3.2 Desarrollo de las Actividades del Mantenimiento Preventivo	70
4.3.3 Repuestos y Suministros	72
<b>CAPITULO V .- IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO Y MEJORAS</b>	
5.1 Desarrollo de la implementación	74
5.2 Políticas de Mantenimiento	76
5.3 Costos de Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo	76
5.4 Mejoras del Mantenimiento	77
<b>CAPITULO VI .- RESULTADOS OBTENIDOS</b>	<b>80</b>
6.1 Beneficios de la Implementación del Mantenimiento Preventivo	80

6.1.1 Índices de Mantenimiento .....	80
6.2 Otros beneficios .....	84
CAPITULO VII .- ANALISIS ECONOMICO .....	85
7.1 Costos de Mantenimiento .....	85
7.2 Análisis de los Costos de Mantenimiento .....	86
7.3 Retorno de la Inversión .....	88
CONCLUSIONES .....	90
PLANOS .....	92
ANEXOS .....	95
BIBLIOGRAFIA .....	148

## PROLOGO

La industria minera tiene una de sus principales preocupaciones, en el transporte y disposición de los relaves de planta concentradora, considerando los enormes costos de este proceso y el riesgo ambiental propio del manejo del relave. Para asegurar la continuidad de estos procesos se requiere que todos los equipos involucrados en esta tarea estén trabajando en óptimas condiciones y sean lo más confiables posibles.

El presente informe de suficiencia, aborda la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo a una planta de bombeo centrífugo de relaves de zinc, teniendo en cuenta las características de un bombeo en serie y los criterios de mantenimiento pertinentes.

**En el capítulo 1**, se plantea la problemática a intervenir, los antecedentes, los objetivos esperados y se establece el marco de referencia dentro del cual se llevará a cabo la implementación.

**En el capítulo 2**, se efectúa una revisión teórica del proceso de bombeo de relaves de una planta concentradora de zinc, el desarrollo histórico y tecnológico de este proceso.

**En el capítulo 3**, se revisará el marco teórico del mantenimiento, evolución, de la selección de sistemas de mantenimiento aplicado y del sistema de implementación a utilizar. Así también se revisará el estado inicial del mantenimiento de la planta de bombeo de relaves.

**En el capítulo 4,** se presentan los pasos a seguir para llegar a elaborar el Plan de Mantenimiento de la planta : planificación, análisis y desarrollo del plan, incluyendo las tareas y frecuencias así como los recursos necesarios.

**En el capítulo 5,** se presenta el desarrollo de la implementación del plan de mantenimiento a la práctica, así como los principales cambios realizados en el proceso de mantenimiento. También se resume los costos incurridos en esta implementación.

**En el capítulo 6,** se presentan los resultados obtenidos de la implementación del programa de mantenimiento preventivo y los indicadores post implementación.

**En el capítulo 7,** se efectuará un análisis económico de los costos después de la implementación del programa de mantenimiento preventivo.

Finalmente se presentan las conclusiones del informe de implementación del programa de mantenimiento.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

El uso eficiente de los equipos de producción en la industria minera se constituye como una medida de ahorro y conservación de energía, es decir la utilización de los equipos en el punto de máxima eficiencia y por el mayor tiempo posible. Por ello es necesario realizar tareas de mantenimiento que generen una disminución de costos y aumenten la productividad.

Los mayores beneficios se obtienen cuando se logran minimizar las pérdidas, con menor tiempo de parada, optimización en la calidad del producto, buen uso de los componentes, y una buena administración.

El transporte de relaves es una de las principales preocupaciones en la industria minera, considerando los enormes costos de este proceso y el riesgo ambiental de su manejo.

### **1.1 ANTECEDENTES**

La empresa minera Iscaycruz, se encuentra ubicada en la Provincia de Oyón, departamento de Lima, a una altitud de 4700 m.s.n.m. En el año 2005 puso en operación su Proyecto Nueva Relavera, consistente en una planta de bombeo y un sistema de conducción de relaves línea arriba, con una diferencia de cotas de 226 metros.

La Planta Concentradora se localiza aproximadamente a la cota 4590 m.s.n.m. Los relaves generados en el proceso son conducidos mediante bombeo hasta el

depósito de relaves en la Laguna Escondida. Para el proceso de producción se ha ejecutado la impulsión de los relaves utilizándose un tren de 6 bombas centrífugas enseriadas y un tren adicional de recambio.

Generalmente, los procesos de bombeo de relaves espesados se ha desarrollado mediante bombas de pistones o de desplazamiento positivo, pero en diversas minas del mundo se viene desarrollando una nueva tecnología de bombeo usando bombas centrífugas en serie, aplicación que tiene su mayor obstáculo en el desgaste sufrido por sus componentes húmedos debido a la alta abrasividad del fluido, lo cual se traduce en una muy corta vida útil de los componentes. La literatura correspondiente al diseño, operación y mantenimiento en estas aplicaciones no es muy profusa, por lo que mucho de los resultados obtenidos en esta aplicación son fruto de la práctica, y serán mejorados con el aparecer de nuevos criterios.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Con el transcurso del tiempo de operación de la mina, la estación de bombeo de relaves ha sido forzada a trabajar en el punto máximo de su capacidad de operación, producto del incremento del volumen de producción de la planta concentradora, así como por los altos costos que genera el mantenimiento de los trenes de bombas.

Por otro lado, el aumento de la producción de la planta concentradora cambió los parámetros iniciales del diseño de la planta de bombeo de relaves, por lo que los desgastes en los equipo fueron acentuándose, siendo necesario verificar que los nuevos puntos de operación sean aceptables para los equipos e implementar los cambios que fuesen necesarios.

La Planta de Bombeo de relaves trabaja en 02 turnos de 12 horas, y dispone de un operador exclusivo por cada turno, además cuenta con dos técnicos de mantenimiento asignados medio tiempo, es decir comparten su trabajo entre las Plantas de Relleno en Pasta y la Planta de Bombeo de relaves. A la Planta de bombeo de relaves solamente se le aplicaba un mantenimiento correctivo, limitándose a reparar los equipos una vez producida la falla y en el momento en que fuera necesario.

Por eso fue necesario la implementación del mantenimiento preventivo que considere los parámetros adecuados para aumentar la confiabilidad de los equipos, realizando un correcto y completo programa de mantenimiento preventivo enfocado en resultados y en costos.

### **1.3 OBJETIVOS DEL INFORME**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar la implementación de un programa de Mantenimiento Preventivo para una planta de bombeo centrífugo en serie de relaves en una Planta Concentradora de Zinc que procesa 4200 TM diarias, para asegurar la continuidad de las operaciones y minimizar sus costos de operación.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar todas las actividades involucradas en el mantenimiento general de la planta de relaves.
- Identificar todas las posibles causas de retraso de producción a causa de la operación de los equipos de la planta de relaves.
- Elaboración del Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos de la planta de relaves.
- Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo a los equipos de la planta de bombeo de relaves, va a resultar beneficioso para la Planta, puesto que toda aplicación de un sistema organizado de mantenimiento va a permitir a los responsables de la producción comparar costos en que se viene incurriendo en materia de mantenimiento de sus equipos; va a permitir adoptar políticas que optimicen los procesos de producción, mejoramiento en la calidad de los procesos que se siguen , seguridad y preservación del medio ambiente. Además de disminuir el número de paradas intempestivas que conllevan pérdida de tiempo y de productividad.

La industria minera, tiene en el transporte de relaves una de sus principales preocupaciones, considerando los enormes costos de este proceso y el riesgo ambiental propio del manejo del relave.

## **1.5 ALCANCE**

El presente informe tiene como alcance la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la planta de bombeo de relaves y su consecuente implementación. Primero se elaborará un estudio y análisis del sistema de operación de la planta de relaves. Se confeccionarán los documentos necesarios para las labores de mantenimiento, y se elaborará la estructuración de costos del plan de mantenimiento.

Este informe de suficiencia utiliza las bases conceptuales y prácticas a considerar para una implementación de un plan de mantenimiento preventivo y la operación

de la estación de bombeo de relaves de una planta concentradora de zinc de 4200 TMD. Se destaca en particular los cambios realizados en los componentes de las bombas, establecimiento de frecuencias de servicio, cambios en línea de impulsión, y modificación del punto de operación.

## **1.6 LIMITACIONES**

El presente trabajo, no contempla el análisis de cambio de modelo de las bombas utilizadas.

No abarcará mejoras en los sistemas anexos como independización de las líneas, mejoras en sistemas de abastecimiento de agua de sellos, upgrade de la sala de control de motores, y otros sistemas, ya que se trata de obtener el máximo impacto por tratarse de una implementación progresiva.

Concluido el proceso de implementación de las presentes mejoras, el área de mantenimiento se encargará del monitoreo y obtención de los nuevos indicadores de costos y de mantenibilidad.

## **1.7 METODOLOGÍA**

En el presente trabajo se aplicará la metodología de implementación del Mantenimiento Preventivo, también se analizará y determinará los sistemas críticos en cuanto a operatividad del proceso de bombeo de relaves, costos de reparación y tiempo de vida útil, implantándose en ellos las mejoras planteadas.

Los límites del sistema analizado van a ser: desde el cajón de ingreso del espesador de relaves, hasta la descarga de relave en Laguna Escondida.

El sistema de bombeo de relaves contempla los siguientes componentes: espesador, planta de floculación, tren de bombas, bombas de agua de sello, sistema de válvulas antiretorno y línea de impulsión.

## **CAPITULO II**

### **PROCESO DE BOMBEO DE RELAVES**

#### **2.1 PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA MINERA**

La empresa minera sostiene su operación en los siguientes procesos:

##### **2.1.1 Proceso de extracción de mineral**

Las operaciones de producción se inician en el año 1996 con una planta diseñada para tratar 1600 TMD y se continúan hasta la fecha con incrementos paulatinos en el volumen de producción.

En la actualidad la producción de sus cuerpos mineralizados: Estela, Olga, Chupa y Tinyag, suman alrededor de 130,000 TMS/mes con una ley de 13,3% de zinc y 0,89% de ley de plomo.

La empresa minera diseñó un moderno método de explotación, denominado Método de Corte por Subniveles ascendente bajo Relleno Consolidado. La bondad del método consiste en que permite recuperar todo el mineral de forma masiva con baja dilución, en forma rápida y segura.

El proceso de perforación es mecanizado, con el uso de jumbos Boomer y Simba. Se realizan perforación horizontal (cruceos), perforación vertical (taladros largos). El carguío se realiza con scoops diesel desde 3,5 yd<sup>3</sup> hasta 5 yd<sup>3</sup>, y el transporte de mineral con volquetes Dumper de 16 Tn a 27 Tn, además de vehículos de empresas especializadas.

El mineral extraído de Limpe es transportado por los esquiets del Pique Central que lleva mineral desde el nivel -28 donde se encuentran las tolvas que cargan a los mencionados transportándolos hacia el nivel +4 donde son descargados en

las tolvas siendo estas las que llegan hacia el nivel 0 para finalmente descargar el mineral hacia la locomotora que se encuentra en el mencionado nivel. Llevándolo a su primer proceso que es chancado primario.

El mineral extraído de otros cuerpos, son transportados por camiones de empresas especializadas hasta la cancha de minerales en chancado primario.

Para alcanzar su ritmo de producción es necesario rellenar los tajeos vacíos, esto se hace mediante el uso de 2 sistemas de relleno:

a) Sistema de relleno cementado

Preparación de agregados (gravas y arenas) en la planta de chancado.

Dosificación y preparación de la mezcla (concreto) en la planta de concreto.

Transporte y colocación en volquetes, hacia la zona de tajeos.

La capacidad de producción de este sistema es de 40 m<sup>3</sup>/hora.

b) Sistema de relleno en pasta :

Bombeo de relaves desde planta concentradora a planta paste fill.

Espesado de relaves y formación de pasta

Bombeo de pasta con bombas DP.

Transporte de pasta a través de tuberías de 6" hasta tajeo en interior mina.

La capacidad de producción de este sistema es de 30 m<sup>3</sup>/hora.

### **2.1.2 Proceso de Tratamiento de Mineral**

La planta concentradora fue diseñada originalmente para tratar 1000 TMD de capacidad, posteriormente se ha ido incrementando hasta llegar actualmente a una capacidad de 4200 TMD.

La Planta procesa sulfuros por el método de flotación selectiva. La característica del mineral es el típico poli metálico. El mineral es mezclado en proporciones convenientes, con el fin de obtener una ley de cabeza homogénea y constante para el proceso de extracción por flotación.

El Chancado Primario comprende la recepción del mineral en una tolva de gruesos de 150 TM de capacidad. El mineral se extrae mediante un alimentador de placas Apron Feeder Allis Faco de 1 x 5 metros, que descarga hacia un Grizzli estacionario con una luz de 4", los finos se dirigen hacia el chancado secundario, los gruesos alimentan (con tamaños de mineral de hasta 18") a una trituradora de quijada de 30" x 40" donde serán reducidos hasta menos de 4". La continuidad de las operaciones se efectúa mediante el empleo de fajas transportadoras.

El Chancado Secundario se inicia con la recepción del mineral ( tamaños menores de 4") en la zaranda vibratoria Tycan Tyler 6"x16" . Las partículas de tamaños menores a ¾" constituyen el producto final del chancado y pasan a la tolva de finos, pero aquellas que en su tamaño son mayores a la abertura de la malla alimentan a la chancadora cónica Metso HP-400 cuyo set de descarga está regulado a ¾". Los productos finales de esta chancadora también son llevados a la tolva de finos.

La molienda primaria se realiza en circuito abierto, y la molienda secundaria en circuito cerrado. La molienda se inicia mediante la extracción del mineral que proviene de la tolva de finos (1800 TM de capacidad ) y luego es transportada hacia el molino primario de barras Allis Chalmers de 10-½ ' x 14', cuyo producto desemboca al cajón de bombas centrífugas horizontales Ash MCC-200 de 10"x 8". Seguidamente la pulpa impulsada puede ser clasificada en un nido de ciclones D-15B, o en una torre de 3 zarandas de alta frecuencia Derrick para disminuir la carga circulante. El over flow del ciclón va hacia la etapa de flotación de Naturalmente Flotables y el under flow pasa a alimentar al molino secundario de bolas Hardinge Koppers de 9-½" x 16", cerrándose el circuito.

El primer circuito de flotación es el circuito de Naturalmente flotable que fue instalado con la finalidad de limpiar la pulpa de los altos contenidos de Carbón y Azufre libre, para bajar los altos consumos de reactivos, mejorar las leyes de los

productos e incrementar la capacidad de secado del Filtro cerámico, debido a que el carbón obstruye los poros de los sectores cerámicos.

El segundo circuito de flotación es el de Flotación Plomo, que se inicia con una etapa de acondicionamiento a un PH entre 10.8 y 11.2 , luego se lleva a cabo una separación diferencial Pb/Cu mediante el uso del NaCN obteniéndose como productos un concentrado de Pb y un concentrado de Cu sucio de alrededor de 8% Cu, los cuales luego pasan luego por etapas de rougher y scavenger, para dar consistencia a las espumas que luego de 3 limpiezas se constituye en el concentrado de Pb. El relave del circuito de limpieza con contenidos de Zn vuelve al sistema (cabeza zinc) para continuar su proceso.

El relave de flotación de plomo es enviado a tanques de acondicionamiento del circuito de Flotación Zinc de 10'x 10', y es sometido seguidamente a flotación rougher y luego a flotación Scavenger en celdas OK-16 donde culmina la flotación. La espuma de la flotación pasa por 3 etapas de limpieza. El concentrado de zinc logrado a una densidad promedio de 1328gr/lit (32.96% de sólidos en peso), es alimentado al espesador de zinc para continuar con la eliminación del agua. El concentrado de zinc es producido con una ley de zinc de 52.3 %.

El proceso de espesar el concentrado de plomo se lleva a cabo en un espesador de 20' de diámetro por 10' de altura; y el concentrado de zinc se espesa en uno de 70' de diámetro por 12' de altura. El objetivo es incrementar el porcentaje de los sólidos, de tal forma que pueden ser enviados adecuadamente por el mineroducto. El concentrado de plomo debe alcanzar un promedio de 59% de sólidos en peso y el concentrado de zinc 62%.

La filtración de plomo se lleva a cabo utilizando un filtro prensa Cidelco de 15 placas de 4'x4' en la Planta Concentradora, obteniéndose un producto con humedad de 9% y concentraciones de 50% de Pb y 3,5% de Cu; mientras que el

concentrado de zinc se envía por una línea de mineroducto de 25 km hacia la planta de filtrado.

### **2.1.3 Proceso de transporte y filtrado de concentrado**

El under flow de los espesadores con el concentrado de zinc es bombeado hacia el tanque de 8.0mts x 9.0mts de cabeza del mineroducto. La pulpa del concentrado luego de ser agitada es enviada desde la unidad minera a una altura de 4 580 msnm por una tubería de 3,5" de diámetro y 24.8 kms de longitud, con un caudal de 12 litros/seg hasta la planta de filtrado a una altitud de 2 212 msnm. En la llegada de la tubería del mineroducto se alcanza una presión interna de 2400 psi, la cual es disminuida a través de anillos disipadores dispuestos en serie hasta una presión de entrega de 40 psi.

En la planta de filtrado, el concentrado de zinc es secado en 03 filtros cerámicos Larox Ceramec CC-45. Estos filtros cerámicos utilizan tecnología de tubos capilares para la separación sólido-líquido. La capacidad de cada filtro es de 26 TM/hora y se tiene una eficiencia de 1,54 TM/KWh El objetivo es obtener humedad en el concentrado menor a 8.5% de agua, que facilitará su transporte al Callao y su comercialización.

### **2.1.4 Proceso de tratamiento de relaves**

Los relaves desechados de la Planta Concentradora son separados inicialmente mediante cicloneo hacia 2 destinos, la descarga gruesa (20% del relave total) es bombeada a la planta Paste Fill para ser procesada como relleno en pasta y la descarga de finos (80% del relave total) es bombeada hacia la planta relavera para ser nuevamente espesada y enviarla al tailing en laguna Escondida.

La planta Paste Fill forma la pasta mediante floculación controlada dentro de un espesador de cono profundo Eimco de Ø11,0 m x 15,0 m cuya descarga debe tener una concentración de 68% de sólidos y un slump de 7". Esta pasta es mezclada con cemento al 5% en peso por medio de un mixer horizontal y es enviado a interior mina por medio de una bomba de pistón (BDP) Putzmeister, a través de una línea de tuberías de acero de 6". La capacidad de esta planta es de 30 m<sup>3</sup>/hora.

La planta Relavera es una planta de espesamiento y bombeo de relaves, conformado por un espesador Supaflo Oututek de 21 mts de diámetro donde el relave se espesa a 1700 gr/lt mediante una planta Prominent de preparación y dosificación de floculante, luego el relave es bombeado por un tren de 06 bombas en serie con una línea de standby, un sistema de bombas de agua de sellos, un sistema hidráulico de válvulas de envío y una línea de tubería de 6" que lleva el relave hasta el depósito laguna Escondida, en donde es cicloneada y la parte gruesa pasa a conformar el dique de eje central a 4812 msnm.

## 2.2 PLANTA DE BOMBEO DE RELAVES

La empresa minera dispone de un nuevo depósito de relaves, desde junio de 2005, porque la disposición en el cuerpo receptor laguna Tinyag llegó al término de su vida útil. Después de un estudio de alternativas se habilitó el cuerpo receptor laguna Escondida, como su nuevo depósito de relaves.

Ubicación: Distrito de Oyón. Departamento de Lima. República del Perú.

Coordenadas N. 8.807.200; E. 311.000 o Latitud Sur 10° 45'; Longitud Este 76° 35'

Elevación: 4.590 msnm.

Temperatura máxima +25°C

Temperatura mínima -10°C

Gravedad Específica Sólidos	3,4
Capacidad Nominal Media Planta	3.500 TPD
Capacidad Nominal Máx. Planta	4.000 TPD
Producción Media de Relaves	108 TPH
Producción Máxima de Relaves:	124 TPH
Cp alimentación espesador	24 a 25%
Cp descarga espesador	54%

### **2.2.1 Descripción de los procesos**

La alimentación al Espesador de Relaves es mediante un cajón de traspaso, que recibe los relaves de la Planta Concentradora y luego de amortiguar el flujo, alimenta una tubería de HDPE de 12" de diámetro con 2,3% de pendiente longitudinal. El eje central de la línea de alimentación al espesador se encuentra a una elevación de 4594.36 m.s.n.m. Las medidas del cajón son de 2.5 m de ancho por 3.5 m de largo y una altura de 2.5 m. La sección de descarga del cajón, que alimenta la tubería antes mencionada, es de sección rectangular de 0,4 m de ancho por 0,5 m de altura. Para el control se cuenta con una compuerta plana de operación solo abierta o cerrada, y una línea by pass de HDPE de 12" de diámetro, controlada mediante una válvula de cuchilla del mismo diámetro, que permite desviar la totalidad de la pulpa de alimentación hacia el cajón colector de derrames de la estación de bombeo.

La descarga del Espesador de Relaves consta de tres líneas de acero de 6", dos de las cuales alimentan a las dos líneas de bombas en serie (una operando y otra en reserva), la tercera línea permite la descarga de pulpa hacia el cajón colector de derrames de la estación de bombeo. La descarga del espesador tiene una concentración en peso del relave de 54%. Las válvulas de descarga del espesador (3 de cuchilla) no son para controlar flujo, solo funcionan abierta o

cerrada. En las líneas de alimentación a Tren de Bombas N °1 y a Tren de Bombas N°2 se cuenta con densímetro y un flujómetro.

La Estación de Bombeo cuenta con dos trenes de bombas (uno operando y uno en reserva), cada tren esta compuesto por seis (6) bombas centrífugas de pulpa marca Warman Modelo AHPP 6"x4" con motor de 155 HP, dispuestas en serie hidráulica. Las cinco primeras bombas de cada tren operan a una velocidad fija de 1420 rpm. y la sexta bomba de cada tren operará con variador de velocidad, cubriendo un rango entre 890 y 1460 rpm.

Para la alimentación de agua de sello a las bombas de pulpa, el sistema cuenta con 7 bombas de desplazamiento positivo con motor de 7,5 HP, de las cuales 6 operan, con cualquiera de los dos trenes. La séptima bomba es de reserva y permite cubrir la operación de cualquiera de las anteriores.

El Manejo de Derrames es un sistema que permite la conducción de pulpa hacia el cuerpo receptor bajo, ya sea derrames de piso hasta la pulpa drenada de las líneas de operación del sistema de bombeo. Para ello, el sistema dispone de las válvulas de drenaje en los puntos requeridos para dicha operación y los puntos de conexión para adicionar agua de lavado.

La Línea de Impulsión es de 595 m de longitud, de acero Ultra - tech 600 de 6" de diámetro, con espesor de pared de 11 mm, permite transportar la pulpa desde una elevación de 4585.5 m hasta una elevación de 4811.7 m (226,2 m de desnivel). El relave impulsado es descargado en un cajón de traspaso, desde el cual se alimenta una línea gravitacional que permite la descarga en el cuerpo receptor Escondida.

La Sala Eléctrica se ubica al costado de la estación de bombeo, cubre el control eléctrico, tanto del espesador como la estación de bombeo. Tiene una canaleta de concreto reforzado enterrada, y una cámara eléctrica de concreto, a la cual

llegan los bancos de ductos eléctricos desde las bombas de relave, bombas de agua de sello y válvulas motorizadas.

La línea y tanque de Agua de Sello es un sistema que recibe agua fresca potable que alimenta a la Concentradora desde el rompe presión Nro. 04. La tubería de HDPE de 110 mm (4") de diámetro, Clase PECC 63 PN 6 con una longitud de aproximadamente 700 m, atraviesa el cuerpo receptor inferior, de manera flotante, dispuesta sobre pontones. El agua es regulada en las cercanías de la estación de bombeo, pues un corte del suministro produciría la destrucción de las bombas de pulpa. Utiliza un tanque metálico de 18 m<sup>3</sup> de capacidad como reservorio de contingencia.

### **2.2.2 Filosofía de Operación**

La filosofía de operación tiene como objetivo permitir la operación del sistema en forma segura y estable, considerando las restricciones relativas a seguridad de las personas, las instalaciones y el medio ambiente.

El sistema tiene un diseño "SEMI-AUTOMÁTICO", donde la operación del proceso se realiza fundamentalmente desde la Sala de Control y con la intervención de operadores en el terreno.

En el proceso de transporte se involucran los siguientes equipos principales: Cajón Distribuidor de Relaves, Espesador de Alta Tasa, Bombas de Relaves y Bombas de agua de sello.

La descarga del espesador se realiza mediante un equipo de bombas organizado en dos (2) trenes paralelos de seis (6) bombas cada uno (un tren operando y el otro en reserva). El relave es impulsado por un tren de bombas mediante una conducción de tuberías, hasta la nueva relavera. Se inicia mediante el accionamiento de una (1) de las dos (2) válvulas de corte con actuador eléctrico ( FV-05-105 ó FV-05-110), para alimentar las bombas de impulsión. Una tercera

válvula con actuador eléctrico (FV-05-108) se utiliza para vaciar el espesador, descargando el relave hacia el Cajón Colector de Derrames.

En forma normal, la descarga del espesador se efectúa utilizando un lazo de control automático que mantiene en un valor estable la densidad del relave, variando la velocidad de la sexta bomba del tren en operación.

La variación de velocidad tiene impacto en los caudales de operación y en el nivel de la interfase del espesador de relaves, lo cual define un rango válido para la operación en control por densidad según la siguiente estrategia:

- Se controla por densidad si la velocidad del relave es superior a la velocidad límite y el nivel de la interfase del espesador se encuentra en su rango normal. Con alarma de velocidad límite, la descarga del espesador se realiza a flujo constante para restablecer la velocidad normal de operación. En este caso, al aumentar la velocidad, bajará la densidad del relave en la descarga del espesador.

De no ser posible mantener controladas estas variables, el operador deberá detener la impulsión y efectuar el proceso de RECIRCULACIÓN.

Para vigilancia de caudales mínimos y evitar el embancamiento de las tuberías, los medidores magnéticos de flujo FIT-05-106 y FIT-05-111 miden el caudal de relave, generando el SCD una alarma de control al ser detectada una velocidad límite de 1,63 m/s, lo que equivale a 115 m<sup>3</sup>/h.

Las bombas de relave del sistema de impulsión disponen de un sistema de sello por inyección de agua a caudal constante. Para la inyección de agua de sello en las bombas de relave, se define la siguiente instrumentación: Interruptor de Flujo, para monitoreo del agua de sello entrante a la bomba. Manómetro con alarmas, para vigilancia de la presión de sello mínima y alta presión.

El control de partida y funcionamiento de la bomba de relave se habilita sólo si existe el caudal y la presión adecuada del agua de sello. La presencia de una

alarma de bajo flujo o baja presión de agua, deberá detener el tren completo para reducir presión y evitar daños en los sellos de la bomba.

El motor de cada bomba de relaves requiere de las siguientes condiciones necesarias para PARTIR:

Válvulas de descarga en la salida del tren de bombas, FV-05-170 ó FV-05-171, CERRADAS

Válvulas FV-05-105, FV-05-132 y FV-05-110, FV-05-152 ubicadas en el lado de succión de bombas en tren 1 y tren 2 respectivamente, en posición ABIERTAS, para alivio de presión de las bombas de agua de sello y evitar daños por alta presión en válvulas, instrumentos y tuberías en general.

Todas las Bombas de agua sello del tren completo FUNCIONANDO, sin alarmas de Flujo o Presión de agua.

Luego de una detención, el operador deberá ejecutar el procedimiento de lavado manual de tuberías, abriendo las correspondientes válvulas manuales para la inyección de agua y drenajes.

Ante un Corte de energía, se debe abrir la válvula 05-FV-172, cerrando simultáneamente la válvula de salida del tren en funcionamiento (05-FV-170 o 05-FV-171). Esta operación se efectúa en forma automática con el fin de permitir el paso del relave hacia el cajón de derrames, evitando de esta forma el golpe en la instalación por efecto de devolución de la columna. El accionamiento después del corte de energía, será efectuado mediante la presión de nitrógeno almacenada en la unidad de potencia hidráulica que alimenta dichas válvulas.

### **2.3 CRITERIOS DE CÁLCULO HIDRÁULICO**

El transporte de relaves a grandes distancias es un tema complejo, debido a la posibilidad de sedimentación de sólidos en la tubería, estancamientos, etc.

Es conveniente definir bien la composición y granulometría del relave a transportar y determinar adecuadamente la velocidad límite de sedimentación en la tubería seleccionada y finalmente en el caso del cálculo de la bomba, estimar lo más certeramente posible la influencia que los sólidos tendrán en la operación de bombeo, es decir la eficiencia de bombeo.

Por ello resulta necesario el conocimiento del cálculo hidráulico sobre el transporte de pulpas y sus particularidades.

Los criterios de cálculo hidráulico de las distintas componentes asociadas al sistema de impulsión de relaves a Laguna Escondida son presentados a continuación.

### 2.3.1 Flujo de pulpas por tuberías en presión

#### • Velocidad Límite de Depósito ( $V_L$ )

Se estimará de acuerdo a la expresión de Durand, modificada por PSI-JRI:

$$V_i = 1,25 * F_L * [ 2 * g * D * (S - 1) ]^{0,25}$$

Donde:

$V_L$  = Velocidad límite de depósito (m/seg)

$F_L$  = Parámetro función del tamaño y concentración de sólidos. (Ver Figura N °1)

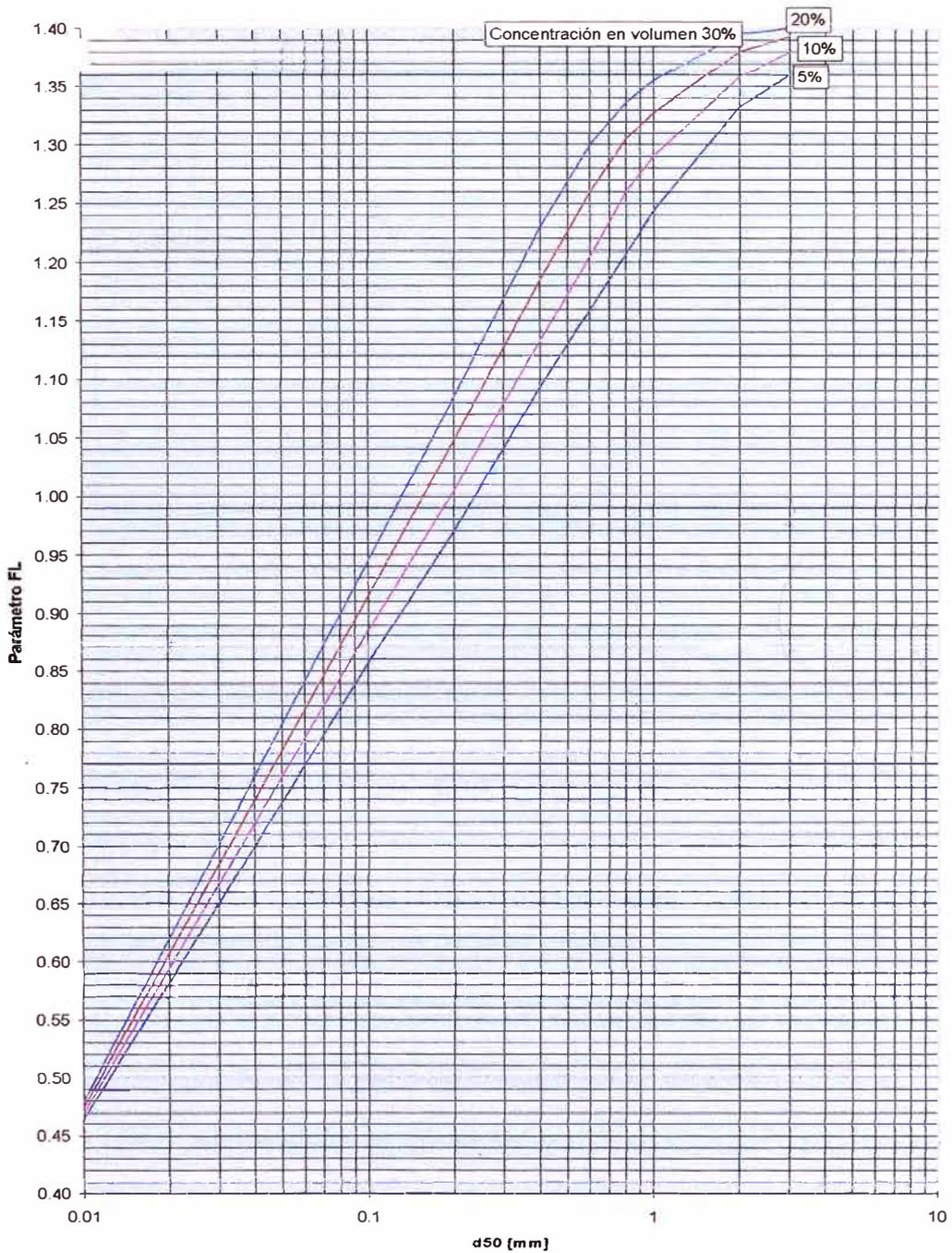
$g$  = Aceleración de gravedad (m/seg<sup>2</sup>)

$D$  = diámetro interior de la tubería (m)

$S$  = Densidad relativa del sólido respecto del fluido transportante (adimensional)

Nota: Esta expresión sólo es válida para  $C_p > 30\%$ .

**Parámetro  $F_L$  de Durand Modificado para Velocidad Límite**



● **Velocidad de Flujo (VF)**

Se fijarán velocidades de flujo en relación con la velocidad límite de depósito, calculada con la expresión de Durand, modificada por PSI-JRI, de la siguiente forma:

$V_F > 0,9 V_L$  En sectores con pendientes a favor del flujo mayores a 5%.

$V_F > 1,0 V_L$  En sectores con pendientes horizontales o a favor del flujo menores a 5%.

$V_F > 1.05 V_L$  En sectores con pendientes en contra del flujo.

### ● Pérdidas de Carga

Para el cálculo de pérdidas de cargas friccionales, se utiliza el criterio de JRI en flujo de pulpas con velocidades superiores a la velocidad límite.

En este caso, el flujo se transporta en régimen pseudohomogéneo y las pérdidas de cargas se calculan de acuerdo a la fórmula clásica de Darcy para fluido puro, considerando la viscosidad del relave espesado.

La fórmula de Darcy establece que:

$$J = \lambda \times \frac{V^2}{2g \times Di}$$

Donde:

- J = Pérdida de carga (adimensional)
- $\lambda$  = Coeficiente de fricción (adimensional)
- V = Velocidad media de escurrimiento de pulpa (m/s)
- g = Aceleración de gravedad (m/s<sup>2</sup>)
- Di = Diámetro interior de la tubería (m)

El coeficiente de fricción ( $\lambda$ ), se calculará según la expresión de Colebrook que establece:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[ \frac{k}{3,71 Di} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right]$$

Donde:

k = Rugosidad de la tubería (m)

Re = Número de Reynolds (adimensional)

El número de Reynolds corresponde a la siguiente definición:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

En que:

V = Velocidad media de flujo (m/s)

$\nu$  = Viscosidad cinemática de la pulpa (m<sup>2</sup>/s)

D = Diámetro de la línea (m)

Las pérdidas de carga serán contrastadas con los resultados obtenidos con el método de Wasp y se utilizará el más conservador para el dimensionamiento.

#### ● Coeficiente de Rugosidad

Se consideran los siguientes coeficientes de rugosidad en función del período de operación:

- Condición de Operación	Material	Coeficiente (mm)
Tubería nueva	Acero	0,05
Tubería usada	Acero	0,02

### 2.3.2 Cálculo Hidráulico Tren de Bombas

#### ● Pérdida de Carga

Se calculan de acuerdo a la fórmula de Darcy para fluido puro, considerando la viscosidad del fluido transportado.

El coeficiente de fricción se calculará según la expresión de Colebrook, la que se presenta a continuación:

$$f = \left[ -2 \cdot \log \left( 0.27 \cdot \frac{k}{D} + \frac{2.51}{Re \cdot (f)^{0.5}} \right) \right]^{-2}$$

en que:

- k : Rugosidad de la tubería (mm)
- D : Diámetro interior de la línea (mm)
- Re: Número de Reynolds (adimensional)
- f : Factor de fricción según Colebrook

Este cálculo será comparado con las pérdidas de carga estimadas a través del método de WASP, seleccionando la mayor de ellas.

#### ● Potencia del Motor

El tren de bombas de servicio continuo tendrá otro tren de bombas de reserva (stand-by), alternándose la operación de las unidades.

El dimensionamiento de los motores de las bombas se efectuará considerando la siguiente expresión de la potencia:

$$P = \frac{\rho Q H}{75 E_b E_m E_r}$$

en que:

- P : Potencia motor (HP)
- $\rho$  : Densidad de la pulpa o solución (Kg./m<sup>3</sup>)
- Q : Caudal de agua a impulsar (m<sup>3</sup>/s)
- H : Altura impulsión total (m)

$E_b$  : Eficiencia bomba (tanto por uno)

$E_m$  : Eficiencia motor y transmisión (tanto por uno)

La altura de impulsión de catálogo será corregida por el Método de Warman, mediante un factor de corrección,  $H_r/E_r$ , para operar con pulpa.

El gráfico que permite encontrar los valores de  $H_r$  y  $E_r$  en función de  $d_{50}$ ,  $C_p$  y  $S$ , se presenta a continuación:

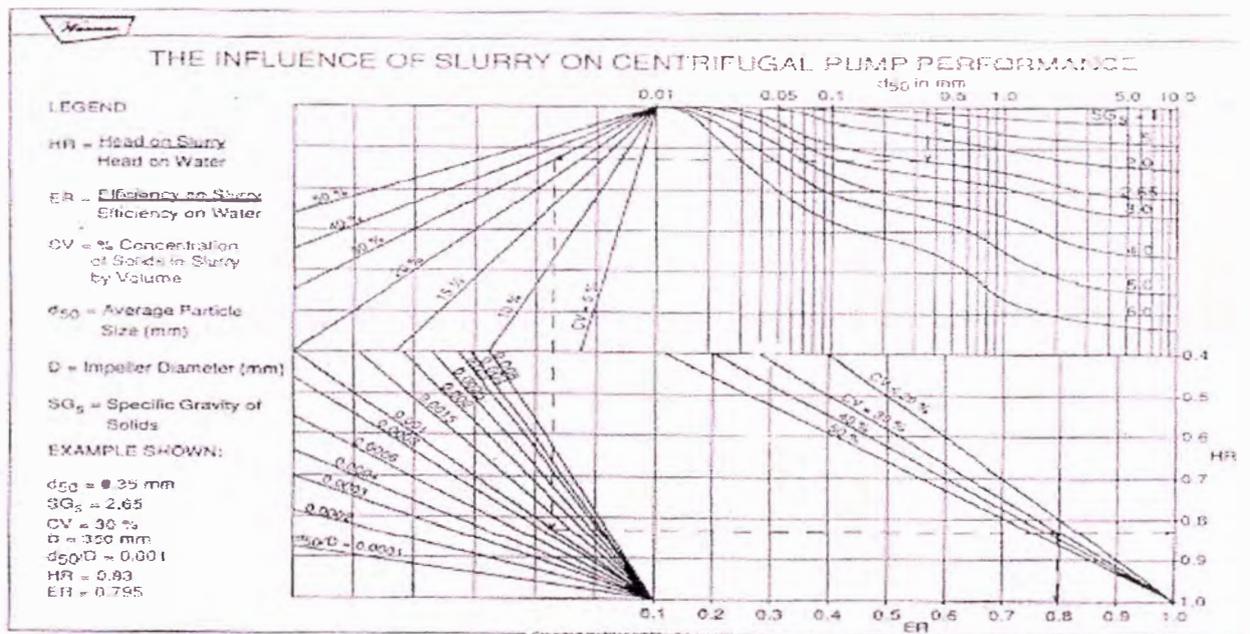


Figure ~.2 Performance of Centrifugal Pumps on Slurry

● Selección de Bombas

Se tendrá especial consideración en el diseño, de modo que la Altura Neta Positiva de Succión (NPSH) disponible, deberá exceder la NPSH requerido por la bomba para el caudal de operación deseado, con el fin de evitar la cavitación.

- Velocidad del Rodete

La velocidad del rodete debe ser menor o igual a 25 m/s, para evitar el desgaste acelerado en el rodete mismo y carcasa de la bomba. Lo anterior considerando en el diseño, un impulsor con material acorde a dicha velocidad y a las características de la pulpa a impulsar.

### 2.3.3 Características de la pulpa

Para el diseño del sistema se consideran las siguientes características de la pulpa :

- Gravedad Específica Media de los Sólidos = 3,4 t/m<sup>3</sup>
- Capacidad de Planta concentradora      Media =3500 Máxima= 4000 TPD
- Producción de Relaves      Media = 108 TPH Máxima= 124 TPH
- Concentración en peso de relave :
  - Alimentación espesador    :    Cp = 24 - 25 %
  - Descarga espesador        :    Cp = 54 %
- La granulometría del relave se muestra en la tabla siguiente:

Distribución Granulométrica  
(% Acumulado Pasando)

Malla	% Acumulado Pasando
+70	87,6
100	79,4
200	61,4
325	47,0

- El tamaño característico (en micrones) para los relaves, válido para cálculos hidráulicos son:

D50:    50

D85: 190

D90: 228

- Para el Overflow, producto de la Clasificación, el tamaño característico de partícula es:

D50: 40

- El relave en salida de la Planta Concentradora tiene un pH promedio de: 10,5

- La viscosidad cinemática se calculará según la siguiente expresión:

Viscosidad Reducida:

$$\frac{\eta}{\mu} = 10^{V_r B'}$$

En esta ecuación

$$V_r = \frac{\phi}{1 - \phi} = \frac{C_P \rho_L}{1 - C_P \rho_S}$$

$\phi$  : Es igual a la concentración en volumen Cv

Vr : Razón de volumen

Cp : Concentración en peso

$\rho_L$  : Densidad del líquido

$\rho_S$  : Densidad del sólido

La viscosidad reducida es el cuociente entre la viscosidad absoluta medida en laboratorio, y el valor de la viscosidad del agua a la temperatura a la cual se realizó el ensayo.

- Viscosidad dinámica del agua (Wasp Book):

$$\frac{1}{\mu} = \left[ 2.1482 (T - 8.435) + \sqrt{8078.4 + (T - 8.435)^2} - 120 \right] 100$$

T : Temperatura [°C]

μ : [centiPoise]

De acuerdo a los antecedentes reológicos disponibles de la Ingeniería Conceptual del Sistema de Transporte de Relaves a Nueva Relavera, los exponentes de la viscosidad de la pulpa (B'), para los relaves, lamas (overflow ciclones) y arenas son las indicadas a continuación:

#### EXPONENTE DE LA VISCOSIDAD DE LA PULPA (B')

Tipo Pulpa	B'
Relaves	2,71
Lamas	3,239
Arenas	1,50

#### **2.3.4 Criterios para el diseño de estación de bombeo**

Los criterios para la verificación y dimensionamiento de la estación de bombeo de relaves son los indicados a continuación:

- Para la impulsión del relave se considera el uso de dos trenes paralelos (1 operando + 1 reserva), con bombas dispuestos en serie, del tipo centrífuga horizontal.
- La última bomba de impulsión dentro del tren (la de descarga del sistema de impulsión) es de velocidad variable y permite ajustar el flujo de impulsión.
- La operación en serie condiciona distintas presiones de operación para cada bomba, lo que obliga a considerar la adición de agua de sello independiente a cada bomba.

### 2.3.5 Criterios para el diseño de línea

Para el dimensionamiento de la línea de impulsión y de conducción gravitacional, se consideran los siguientes criterios:

- Se calcularán los espesores para tuberías de acero de acuerdo a la siguiente expresión de la norma ANSI/ASME B31.11-1986:

$$e = P * D / (2 * S * F * f)$$

Siendo:

e	:	espesor mínimo requerido
P	:	presión máxima en kg/cm <sup>2</sup>
D	:	diámetro exterior de la cañería
S	:	esfuerzo de fluencia de la cañería 35.000 psi para cañería API 5L Grado B 52.000 psi para cañería API 5L X52 65.000 psi para cañería API 5L X65
f	:	Factor de corrección por tipo de soldadura.
F	:	porcentaje admisible del esfuerzo de fluencia 0.8 para presiones normales con pulpa 0.9 para presiones eventuales 0.8 detención con agua

- Para la determinación de la tasa de desgaste en la línea de impulsión (acero), se utilizará la siguiente expresión:

$$TD = k_1 * V^{k_2}$$

Donde:

TD = Tasa de desgaste (mm/año)

V = Velocidad Media del flujo (m/s)

$$k_1 = 0,1096$$

$$k_2 = 1,891$$

- Para el trazado de línea de la tubería se consideran radios de curvatura mínimos de 50 diámetros para evitar desgaste localizado.
- Se consideran pendientes mínimas de 0.5 %.
- En los tramos en que la línea pudiera quedar eventualmente detenida con pulpa, se tendrán pendientes máximas de un 15 % para evitar la migración de sólidos y embanque de tuberías.

### **2.3.6 Criterios de diseño drenaje línea impulsión**

Para el diseño del sistema de drenaje de la línea de impulsión se presentan siguientes criterios:

- . La línea de impulsión cuenta con un importante desnivel geométrico entre la estación de bombeo y la descarga en Laguna Escondida (aproximadamente 230 m). Ante una operación de drenaje de la línea, se requiere controlar el flujo de drenaje, para lo cual se contempla el uso de anillos disipadores de energía. Para su cálculo se considera la siguiente relación:

$$h = C \times \frac{Q^2}{d^4}$$

Donde:

$$C = 0,0795$$

$$h = \text{Pérdida de carga en el anillo (m.c.f.) (metros columna de fluido)}$$

$$Q = \text{Caudal a través del anillo (m}^3\text{/seg)}$$

$$d = \text{Diámetro del anillo (m)}$$

- Los anillos deberán diseñarse para una pérdida de carga normal de 50 m.c.f., siendo lo deseable que no superen en ningún momento 60 m.c.f.
- Se verificará que la velocidad normal de flujo al interior de los anillos cerámicos no exceda  $V = 30$  m/s.
- Se deberá considerar, de ser requeridos, anillos que disipen una menor carga, con el objeto de prevenir el fenómeno de cavitación, para lo cual se deberá calcular el índice de cavitación  $\sigma_c$ , en cada uno de éstos, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\sigma_c = \frac{P \text{ abs.} - P \text{ vapor}}{\rho * V^2 / 2g}$$

Donde:

P abs.: Presión absoluta (P manométrica + P atmosférica)

P atmosférica: 5.6 m (en función de la altitud)

P vapor: 0.25 m (en función de la temperatura)

$\rho$ : Densidad de la pulpa

Se tratará de asegurar en el diseño de los anillos disipadores, que el índice de cavitación  $\sigma_c$  se encuentre lo más cercano al valor uno. Mientras  $\sigma_c$  se encuentre cercano a cero, mayor será el riesgo de cavitación al interior de los anillos (en ese caso  $P_{abs} = P_{vapor}$ ).

### **2.3.7 Agua de sello, dilución y lavado**

Se consideran los siguientes criterios para la utilización de agua de sello, dilución y lavado:

- El agua para el sello de las bombas de pulpa, será agua potable.
- El flujo requerido para el sello de cada bomba es de 0,7 l/s.
- Las bombas de agua de sello deben permitir suministrar el agua a una presión de al menos 15 psi sobre la presión de operación de la bomba.
- Las recomendaciones para la calidad del agua de sello para las bombas son:
  - pH entre 6.5-8
  - máximo 1000 ppm (mg/lit) de sólidos disueltos
  - máximo 100 ppm (mg/lit) de sólidos en suspensión
  - tamaño máximo de sólidos = 60 micrones

## **2.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL BOMBEO DE RELAVE**

El diagrama de flujo de la planta de bombeo se muestra en el Anexo I, así también se adjuntan en la sección Planos, la disposición de los equipos de control en la estación de bombeo.

## **2.5 PUNTO DE OPERACIÓN DE LA ESTACION DE BOMBEO**

La estación de bombeo fue inicialmente calculada para un caudal de 38 litros por segundo, impulsado por una tubería de 6", luego el tonelaje de la planta fue en aumento y ha sido necesario aumentar el flujo manteniendo la densidad constante. Con el aumento de las RPM de las bombas, el punto operativo se ha alejado de la curva de máxima eficiencia lo que genera pérdida de eficiencia por recirculación de la pulpa al interior de la bomba, los sólidos que causan el desgaste. Esto trae como consecuencia mayor desgaste de componentes, mayor potencia, mayor vibración y mayor temperatura.

El aumento en RPM ocasiona desgaste en todos los componentes internos de las bombas, como una estimación para aumentos de velocidad de desgaste, los criterios del fabricante Warman son :

Desgaste de Impulsor y disco de succión :  $S / S' = ( N / N' )^{3.5}$

Desgaste de Revestimiento succion :  $S / S' = ( N / N' )^{2.5}$

Desgaste de Revestimiento lado gland :  $S / S' = N / N'$

Donde :

S : Tasa de desgaste en peso / tiempo

N : Velocidad de la bomba.

Los puntos de operación Inicial y Final, se muestran en la tabla siguiente:

PARAMETROS		inicial	final
impulsor	#	E4147	E4147
masa de impulsor	kg	64	64
Velocidad	rpm	1342	1444
Caudal	l/s	44.5	47.9
Altura	m	42.8	49.6
Eficiencia	%	59.4	57.0
Potencia	kw	50.4	62.8
Densidad	gr/cc	1.6	1.6
NPSH	m	2.9	3.4
Par	Nm	360	416.8
Velocidad periferica	m/s	25.65	27.39

Se verifica que la Velocidad del tren se incrementó en 7.6% pero la potencia se incrementó en un 25% conforme a las leyes de semejanza de bombas.

En el anexo X se muestra las gráficas del punto de operación de diseño de la estación de bombeo.

## CAPITULO III

### GESTION DEL MANTENIMIENTO DE LA ESTACION DE BOMBEO

#### 3.1 ENFOQUE MODERNO DEL MANTENIMIENTO

En el contexto actual, el mantenimiento no se puede limitar sólo a la simple disminución de las fallas a partir de acciones de mantenimiento seleccionadas en función de un registro histórico de fallas, dentro del nuevo contexto se puede describir como:

“Preservar la función de los equipos, a partir de la aplicación de estrategias efectivas de mantenimiento, inspección y control de inventarios, que permitan optimizar la Confiabilidad operacional de los activos maximizando de esta forma la rentabilidad de los procesos industriales”.

##### 3.1.1 Evolución del Mantenimiento

A lo largo del tiempo, el mantenimiento ha evolucionado en 04 aspectos : como función empresarial pasó de ser una actividad auxiliar a ser una función estratégica, como nivel de importancia pasó de ser “un mal necesario” a ser un “generador de resultados”, antiguamente se basaba en habilidades técnicas y ahora se requieren habilidades de gerenciamiento, antiguamente se enfocaba en reparaciones de equipos y ahora se enfoca en resultados de procesos.

### 3.1.1.1 Mantenimiento Correctivo (MC)

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 y afectando toda la cadena de producción.
- 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.
- Se aprovechan los activos hasta la falla.
- Se requiere poca infraestructura administrativa, pero una buena logística.

### 3.1.1.2 Mantenimiento Preventivo (MPP)

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 basado en la experiencia del personal a cargo, los cuales se encargan 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 lleva a cabo siguiendo 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, lo óptimo es que se realice cuando no se esta produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Esta destinado a un área o equipos específicos. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Incluye actividades de inspección, conservación (lubricantes, ajustes, limpiezas, etc), sustitución preventiva y mantenimiento correctivo).
- 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 gerencia.

### 3.1.1.3 Mantenimiento Predictivo (MPD)

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 aplicaciones 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.

No requiere conocimiento previo de la ley de degradación del equipo.

Exige una correspondencia entre parámetro medible y estado del sistema productivo.

Las técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo son:

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 (velocidad, viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

#### 3.1.1.4 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.

#### 3.1.1.5 Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad RCM

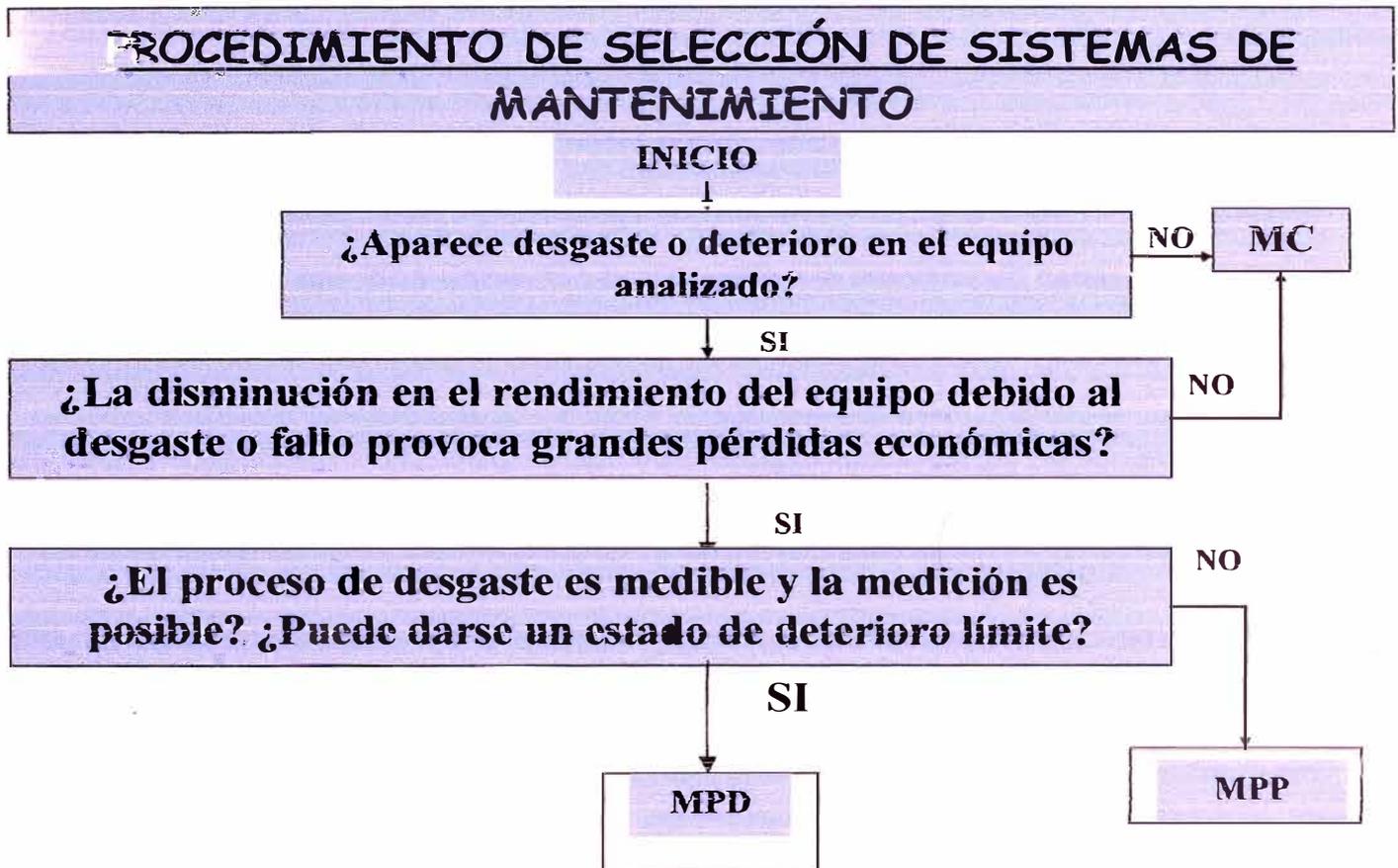
Es un proceso usado para determinar lo que debe hacerse (requerimientos de mantenimiento) para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios desean que haga en su contexto operativo.

Asegura que se emprendan acciones correctas de mantenimiento eliminando las tareas que no impactan en la frecuencia de fallas.

- Se basa en un método de 7 pasos : selección de área significativa, determinación de funciones claves, determinación de fallas de función, determinar modelo de falla causa y efecto, selección de táctica de mantenimiento, implementación de la táctica de mantenimiento, optimización de la táctica de mantenimiento.

- Emplea dos herramientas claves : los FMECAs (Failure mode, effect and critically analysis) que permite clasificar las fallas previsibles de un equipo; y el Diagrama lógico usado para seleccionar las estrategias y tácticas de mantenimiento válidas y técnicamente factibles.

### 3.2 SELECCIÓN DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO



Donde los sistemas son:

Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).

Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico (MPD).

Mantenimiento Correctivo (MC).

Para la definición del sistema de mantenimiento a utilizar, podemos utilizar el siguiente procedimiento dividido en tres etapas:

- a)- Clasificación de equipos.

b)- Clasificación de fallos.

c)- Selección del sistema de mantenimiento.

a) Clasificación de equipos

En esta etapa de clasificación de equipos puede utilizarse el algoritmo desarrollado por Torres [1997]. Este algoritmo clasifica los equipos en tres grupos denominados como Clase "A", Clase "B" y Clase "C", en dependencia del valor de cada una de las variables contenidas en el mismo. Las variables son:

Seguridad: Capacidad del fallo del equipo de ocasionar riesgos a las personas que se encuentran en la zona donde opera el equipo o al medio ambiente.

Calidad: Nivel de afectación de la calidad del producto que conlleva el fallo del equipo.

Utilización: Se relaciona directamente con el régimen de trabajo del Equipo.

Afectaciones: Está asociado al efecto del fallo del equipo sobre el servicio prestado y su capacidad de interrumpir de forma total o parcial el mismo.

Frecuencia: Cantidad de fallas por periodo de utilización (Fallas / unidad de tiempo)

Tiempo: Tiempo empleado para corregir la falla.

Cada una de las variables tiene diversos valores que corresponden a sus niveles máximo, medio, intermedio superior, intermedio inferior y mínimo permisible; sin embargo, es importante definir con claridad el rango de valores de cada variable debido a que estos se utilizan para valorar la situación puntual de cada equipo y su posterior mantenimiento.

Clase de Equipo	Concepto
"A"	"Máxima disponibilidad"
"B"	"Falla mínima"
"C"	"Costo mínimo"

b)- Clasificación de fallos

Si se van a clasificar los fallos por su frecuencia y su severidad es cierto que puede utilizarse un análisis de criticidad y ver el asunto como se muestra en la Tabla a continuación:

Por la frecuencia	POR LA SEVERIDAD			
	I Aceptable	II Marginal	III Crítico	IV Catastrófico
<b>A. Frecuente</b>	AI	AII	AIII	AIV
<b>B. Probable</b>	BI	BII	BIII	BIV
<b>C. Ocasional</b>	CI	CII	CIII	CIV
<b>D. Remoto</b>	DI	DII	DIII	DIV
<b>E. Extremadamente remoto</b>	EI	EII	EIII	EIV

CI, DI, EI	ACEPTABLES
AI, BI, DII, EII, EIII, EIV	ACEPTABLES aunque requieren aprobación del nivel superior
BII, CII, CIII, DIII, EIV	NO DESEABLES, requieren estudio más detallado
AII, AIII, BIII, AIV, BIV, CIV	INACEPTABLES

Definir la diferencia entre Fallo Remoto y Fallo Extremadamente Remoto o Entre un Fallo Probable y un Fallo Ocasional.

Estos fallos pueden diferenciarse a través de escalas numéricas, llamadas Tasas de falla.

Veamos en la siguiente Tabla, la Tasa de Fallas que determina la Categoría.

<b>CATEGORIA</b>	<b>FRECUENCIA</b>
<b>A. FRECUENTE</b>	Ocurre repetidamente en el ciclo de vida del equipamiento Tasa de fallas: mayor que 1 / 100 h
<b>B. PROBABLE</b>	Ocurre varias veces en el ciclo de vida del equipamiento Tasa de fallas: de 1 / 10,000h a 1 / 100 h
<b>C. OCASIONAL</b>	Probable de ocurrir algunas veces en el ciclo de vida del equipamiento. Tasa de fallas: 1 / 100,000h a 1 / 10,000h
<b>D. REMOTA</b>	Improbable pero posible de ocurrir en el ciclo de vida del equipamiento. Tasa de fallas: 1 / 10'000,000h a 1 / 100,000h
<b>E. EXTREMADAMENTE REMOTA</b>	Improbable pero posible de ocurrir en el ciclo de vida del equipamiento. Tasa de fallas: menor que 1 / 10'000,000h

### c)- Selección del sistema de mantenimiento

Corresponde ahora, a partir de la clasificación de los equipos y de los fallos, seleccionar el sistema de mantenimiento a aplicar, o para ser más concretos, definir las estrategias más convenientes puesto que un solo sistema en la práctica no resuelve los problemas.

Considérese que:

Si el fallo es Periódico y de Fácil Detección, lo más conveniente es el Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición, Preventivo a intervalos constantes y Correctivo, en ese orden a no ser que el equipo fuese Clase C (estrategia de costo mínimo) donde se recomienda un Preventivo a intervalos constantes ya que se gastarían recursos en uno basado en la condición cuando realmente no vale la pena.

Si el fallo es Periódico y de Difícil Detección, se recomienda Mantenimiento Preventivo a Intervalos constantes, Preventivo con Base en la Condición y Correctivo en este orden para equipos Clase A (estrategia de máxima disponibilidad); Preventivo a Intervalos constantes y Correctivo para equipos Clase B (estrategia de falla mínima) y Correctivo para equipos Clase C.

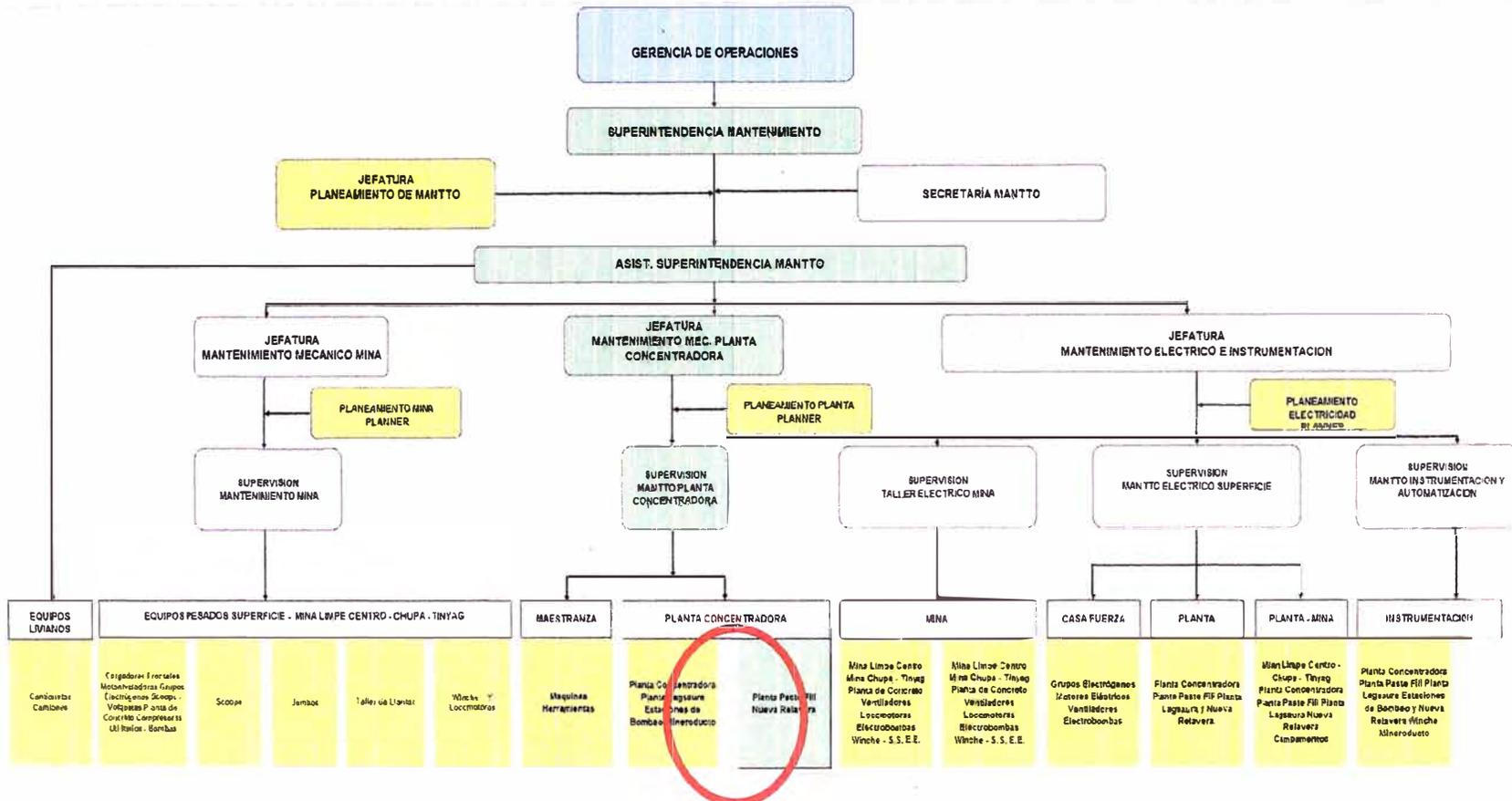
No se recomienda como estrategia factible el Preventivo con base en la condición debido al alto costo en la detección del fallo, por lo que solo se valoraría su empleo para aquellos equipos que demandan de alta disponibilidad.

Si el fallo es Aleatorio no se recomienda el empleo de mantenimiento preventivo debido a que se podrían desperdiciar recursos y/o alterar el funcionamiento de los equipos. En estos casos la estrategia recomendada es el Mantenimiento Correctivo, a no ser que se precise de una alta disponibilidad.

### **3.3 EL MANTENIMIENTO EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE RELAVES**

#### **3.3.1 Organización Del Mantenimiento**

A continuación vemos el organigrama funcional de la empresa minera que se tuvo al inicio del proceso de implementación del plan de mantenimiento.



ORGANIGRAMA DEL AREA DE MANTENIMIENTO - ISCAYCRUZ 2007

### **3.3.2 Roles Operativos de Mantenimiento**

a) Jefe de Mantenimiento Planta.- Responsable del proceso de mantenimiento de la planta concentradora, Efectúa el control de los equipos a su cargo analizando los eventos y tiempos de Parada, Fallas por Equipo y Reparaciones Mayores. Responsable de las diversas actividades del mantenimiento Correctivo, Preventivo, y otros a realizar. Reporta sus actividades a la superintendencia de mantenimiento. Presentar los reportes de horas de trabajo de la planta concentradora para la elaboración del informe del área hacia gerencia. Responsable de la elaboración del presupuesto de su área. Tiene la responsabilidad de solicitar al área de planeamiento la generación de pedidos de compra de repuestos y componentes No Planificados o fuera de stock normal.

b) Jefe de Planeamiento de Mantenimiento.- Efectuar el control de los equipos principales a cargo del Dpto. de Mantenimiento, para lo cual analiza los reportes de Disponibilidad, Utilización, Rendimiento, MTBF, MTTR, Historial de Componentes, Repuestos Críticos , Reparaciones Mayores y otros. Proyección de los planes de Mantenimiento Preventivo, Rutinario, Predictivo y de reparaciones mayores. Proyección de Ordenes de Combustible y de Lubricantes. Análisis de la distribución de Energía en Kwh. Elaboración del Presupuesto por centro de costo. Incorporación de activos (Equipo o Unidad Productiva). Elaboración de Intervalos de Mantenimiento (ESTRATEGIA) y creación de Hojas de Ruta según de puntos de medida. Elaboración de Características para punto de medida. Creación de listas de materiales por Unidad Productiva / Equipo. Modificación de las Hojas de Ruta, Estrategia, Materiales, Personal, Servicios. Análisis de Falla e indicadores.

c) Supervisor de Mantenimiento.- Responsable de la supervisión en la realización de los trabajos correctivos, preventivos, y otros. Creación de los avisos de mantenimiento y de las órdenes de Mantenimiento Falla (M1). Supervisión de los trabajos por cambio de Equipos. Es el encargado del Cierre Técnico de una Orden de Mantenimiento.

d) Planificador (planner) .- Es un personal técnico encargado de registrar, analizar y hacer el seguimiento de horas de trabajo, tiempos de Parada, fallas por Equipo y Reparaciones Mayores. Actualizar y recopilar los datos técnicos de los equipos de su área asignada. Efectuar el seguimiento de los costos incurridos en las labores del mantenimiento, y emitir los reportes correspondientes. Efectuar el seguimiento de las requisiciones originadas por su área asignada. Elaborar diagramas y curvas de tendencia con los datos obtenidos en campo, a través de la implantación de formatos de recopilación y monitoreo de parámetros operativos.

e) Técnico Mecánico Planta.- Encargado de realizar las intervenciones mecánicas a los equipos de planta, debe recepcionar (visualizar) las órdenes de Mantenimiento con sus respectivos avisos, para la preparación de Recursos y ejecutarlos. Debe reportar los detalles de su intervención al supervisor de mantenimiento, así como los tiempos, materiales, repuestos utilizados y las necesidades de repuestos futuras. Se encarga de tomar lectura de medidores y actualiza los datos de equipos.

### 3.3.3 Flujograma de Mantenimiento

El mantenimiento de los equipos, se basó en 02 tipos de mantenimiento correctivo : emergente falla y emergente planificado.



Figura.- Ciclo del mantenimiento Emergente Falla

Un mantenimiento correctivo o emergente falla, se inicia al presentarse una avería y recibir la alerta del área de operaciones, ésta se ingresa al SAP en forma de un AVISO. A juicio del supervisor de turno, se genera una ORDEN DE TRABAJO de mantenimiento tipo M1, haciéndose la reserva de los materiales apropiados al almacén. La orden es LIBERADA por la Jefatura del área y el personal técnico

procede a retirar los repuestos y materiales de almacén, con los que se ejecuta el trabajo de reparación, cumpliendo con todos los estándares de seguridad pertinentes.

Una vez ejecutado el trabajo y devuelto el equipo al proceso productivo, la orden es NOTIFICADA con los cargos de materiales, repuestos, mano de obra, todos valorizados en forma automática, así como indicando el tiempo de parada o intervención del equipo. La orden finalmente es revisada por la jefatura del área, quien debe darle el correspondiente CIERRE TECNICO que indica que ese trabajo en particular ya ha sido finiquitado.



Figura .- Ciclo de Mantenimiento Emergente a Planificar

Un mantenimiento correctivo planificado o Emergente a Planificar, se inicia igualmente al presentarse una avería o una intervención postergada, se tramita el AVISO en el sistema SAP en forma de un AVISO y se genera una ORDEN DE TRABAJO de mantenimiento tipo M2, haciéndose la reserva de los materiales apropiados al almacén. La orden es LIBERADA por la Jefatura del área y programada para una fecha cercana en la cual se debe realizar esta intervención. Luego sigue el mismo proceso de una orden correctiva, es decir que el personal técnico procede a retirar los repuestos y materiales de almacén, con los que se ejecuta el trabajo de reparación, cumpliendo con todos los estándares de seguridad pertinentes.

Una vez ejecutado el trabajo y devuelto el equipo al proceso productivo, la orden es NOTIFICADA y se debe dar el CIERRE TECNICO al igual que el proceso anterior.

Si la orden de trabajo no es realizada, la reserva del material queda pendiente hasta su realización y cierre.

### **3.4 SITUACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO.-**

Las bombas de relave de la estación se encuentran en estado operativo y se puede considerar relativamente nuevas porque las horas trabajadas de estos equipos no superan las 13,000 horas de trabajo, pero se presentan casos de paradas imprevistas, teniendo que llevarse a cabo trabajos correctivos no programados y de carácter urgente a fin de no afectar el bombeo de relave ni la operación de la planta concentradora.

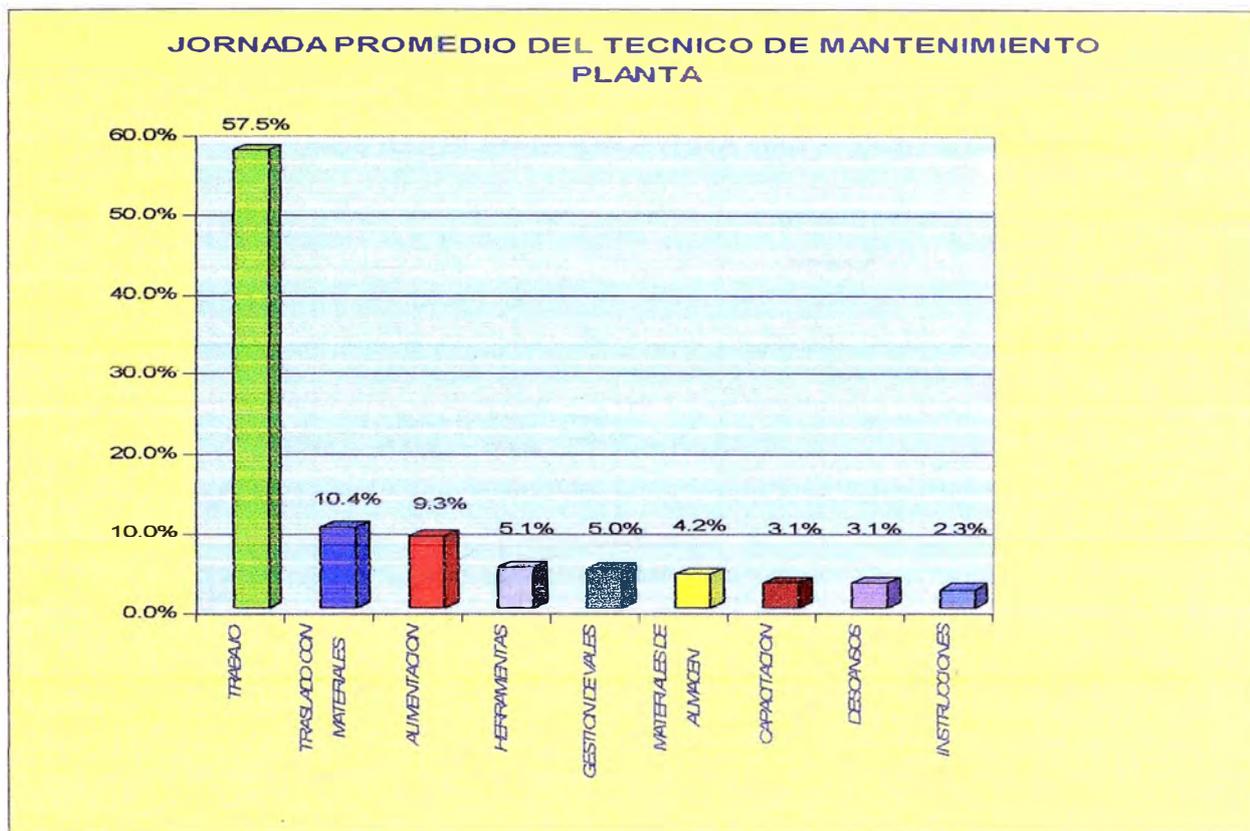
Como se ve en el organigrama, el mantenimiento de las bombas de relave era compartido con el área de Paste Fill y están a cargo de la Jefatura de Mantenimiento Planta, para lo cual se contaba con solamente 02 técnicos mecánicos de turno día

más 01 técnico reemplazante por días libres, los cuales compartían su tiempo para atender ambas plantas, pero tenían el taller en la zona alta de paste fill. Al presentarse una falla en planta relavera se coordina con la supervisión y los mecánicos bajan a atender el problema a la planta de relaves. La distancia entre ambas plantas es de 4,1 km por lo que se ve el tiempo perdido en viajar de una planta a otra.

Según una estimación de tiempos realizado en el año 2005, donde se tomaron tiempos en el área de mantenimiento de relaves, mostró los siguientes resultados :

ACTIVIDAD	MINUTOS	HORAS	FRACCION TOTAL	FRACCION PERDIDAS
TRABAJO	371	6:11:00	57.5%	
TRASLADO CON MATERIALES	67	1:07:00	10.4%	24.5%
ALIMENTACION	60	1:00:00	9.3%	21.9%
HERRAMIENTAS	33	0:33:00	5.1%	12.0%
GESTION DE VALES	32	0:32:00	5.0%	11.7%
MATERIALES DE ALMACEN	27	0:27:00	4.2%	9.9%
CAPACITACION	20	0:20:00	3.1%	7.3%
DESCANSOS	20	0:20:00	3.1%	7.3%
INSTRUCCIONES	15	0:15:00	2.3%	5.5%
TOTALES	645	10:45:00	100.0%	100.0%

Se encontró que las mayores pérdidas de tiempo de trabajo, radicaban en los desplazamientos entre la planta y los talleres, por motivos específicos como traslados por parada imprevista de equipos, necesidades de repuestos y materiales, vales del sistema, y herramientas.



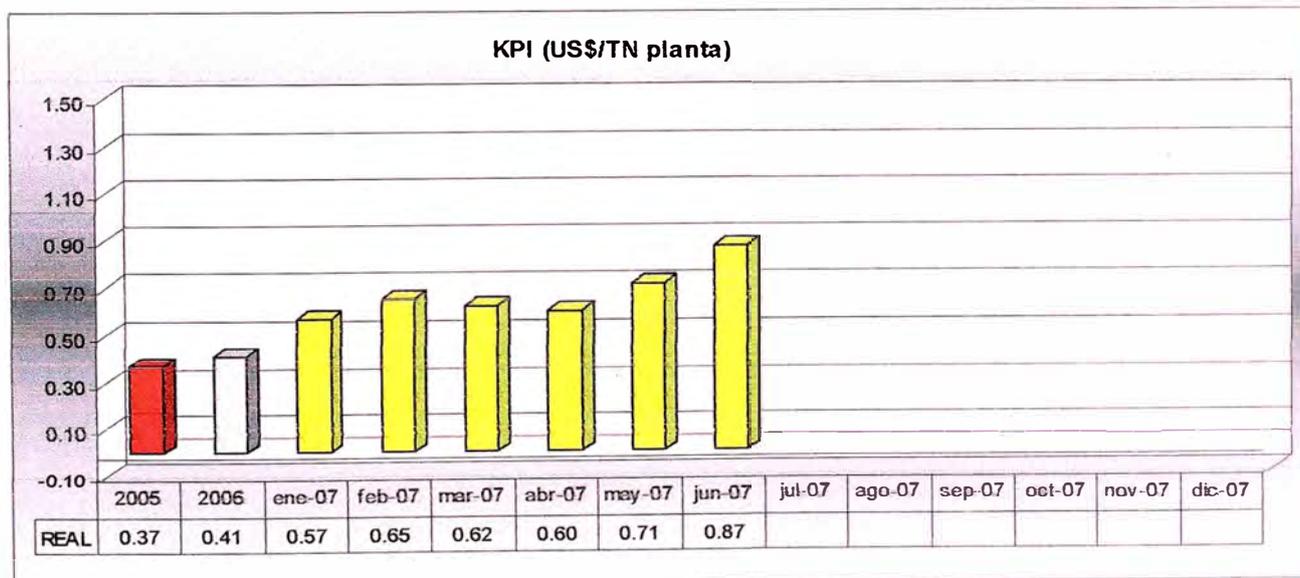
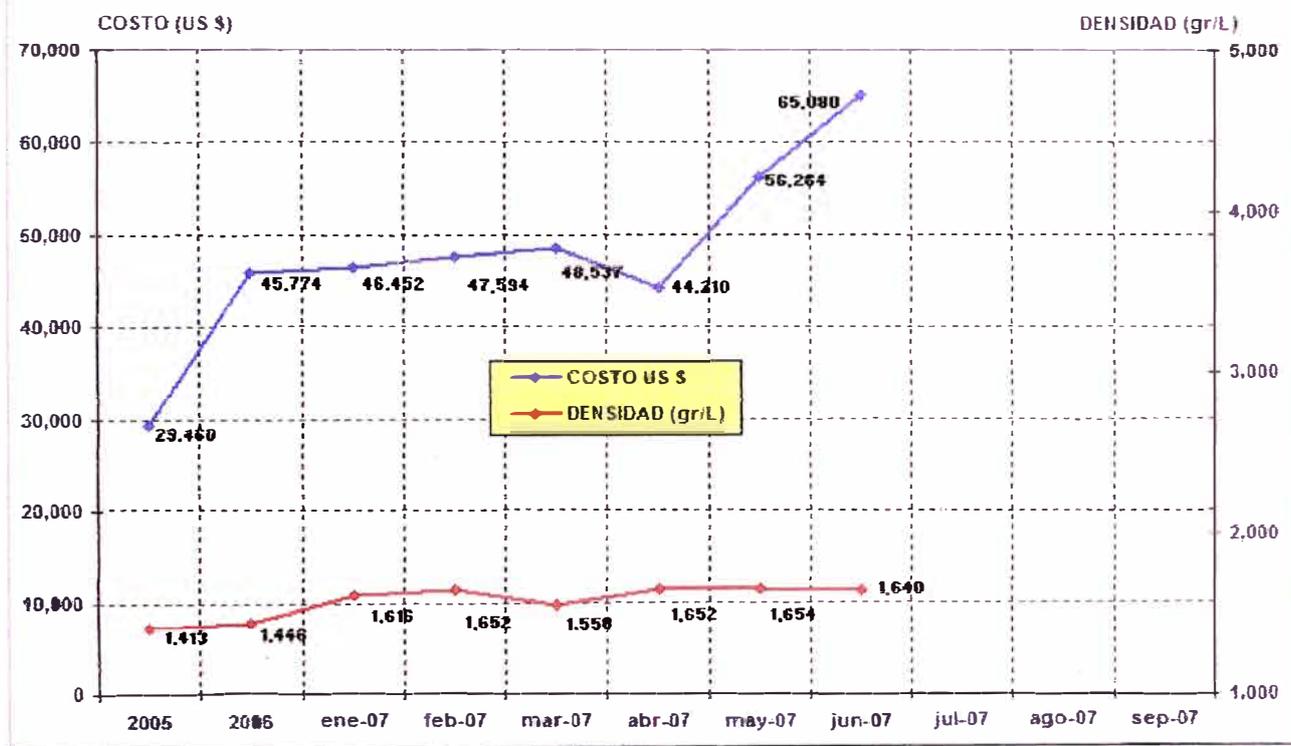
Por lo indicado anteriormente es importante establecer un plan de mantenimiento que permita intervenir con anticipación a las fallas y llevar un registro histórico de las reparaciones efectuadas.

### 3.4.1 Costos de mantenimiento antes de la implementación

Los costos de mantenimiento antes de la implementación del mantenimiento preventivo se muestran en la siguiente figura :

	2005	2006	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	nov-07	dic-07
\$ prom.	29,460	45,774	46,452	47,594	48,537	44,210	56,284	65,080						
gr/Litro	1,413	1,446	1,616	1,652	1,558	1,652	1,654	1,640						

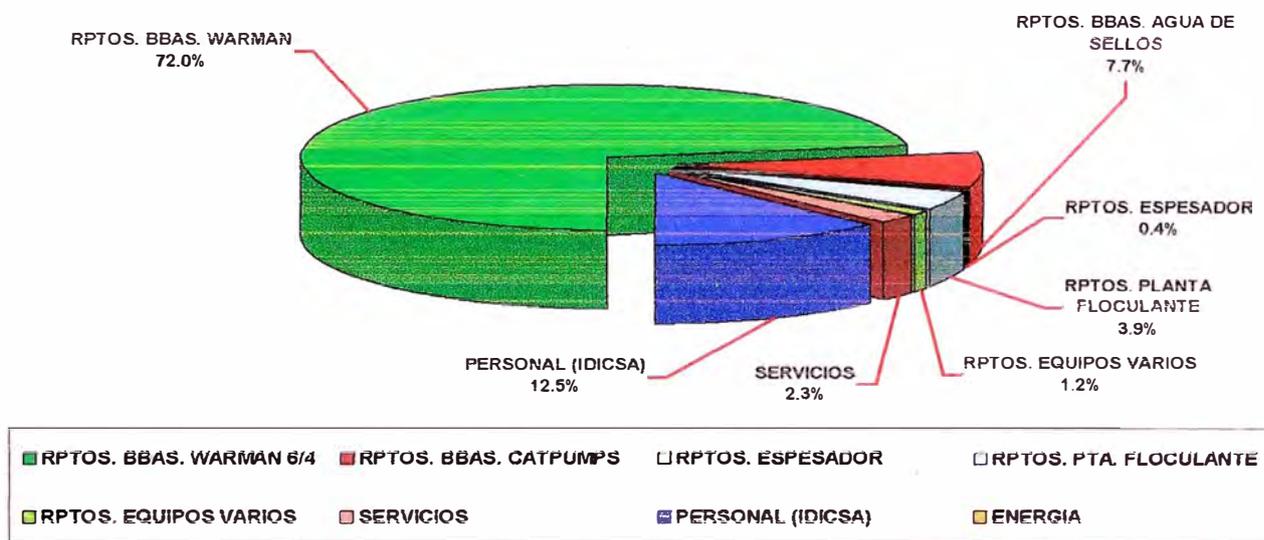
### COSTOS PLANTA RELAVERA 2007 / DENSIDAD



Como se puede apreciar, existe una marcada tendencia al aumento del costo de mantenimiento. Efectuándose el análisis de los tipos de costos, se encontró la siguiente distribución :

**COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL  
SECCION : PLANTA RELAVERA**

**(No se considera costo de energía)**



Se puede apreciar que en el costo de mantenimiento anual, los costos por repuestos de las bombas Warman 6"x4" son los más significativos. Por lo que, es recomendable enfocar el Plan de Mantenimiento Preventivo, principalmente a los equipos de bombeo de relaves, es decir a los 02 trenes de bombas Warman 6"x4".

## **CAPITULO IV**

### **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Para elaborar el plan de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta de bombeo, seguiremos varios pasos para facilitar la correcta implementación.

#### **4.1 ANÁLISIS**

##### **4.1.1 Descripción operativa del proceso**

La conformación de la Planta de bombeo se divide en 5 procesos principales

a) La alimentación al Espesador de Relaves es mediante un cajón de traspaso, que recibe los relaves de la Planta Concentradora y amortigua el flujo, alimenta al espesador.

b) El Espesamiento de relaves se realiza en un Espesador de 200 pies de diámetro, y su descarga consta de tres líneas de acero de 6", dos de las cuales alimentan a los dos trenes de bombas en serie, la tercera línea permite la descarga hacia el cajón colector de derrames.

c) La Impulsión de los relaves espesados es mediante dos trenes de bombas (uno operando y uno en reserva), cada tren está compuesto por seis (6) bombas centrífugas de pulpa marca Warman Modelo AHPP 6"x4" con motor de 155 HP, dispuestas en serie hidráulica. Las cinco primeras bombas de cada tren operan a una velocidad fija y la sexta bomba de cada tren operará con variador de velocidad. Para

la alimentación de agua de sello a las bombas de pulpa, se utiliza una red de agua potable limpia y un sistema de bombas de pistones.

d) El Bloqueo Antiretorno y Manejo de Derrames es un sistema hidráulico que se acciona cuando se produzca una obstrucción de la línea o un corte de energía, y sirve para vaciar el contenido de la tubería hacia el cuerpo receptor bajo. Para ello, el sistema consta de un paquete hidráulico y 3 válvulas de alta presión en conmutación.

e) La Línea de Impulsión es la tubería de 6" que permite transportar la pulpa desde una elevación de 4585.5 m hasta una elevación de 4811.7 m (226,2 m de desnivel). El relave impulsado es descargado alimentando un ciclón dispuesto en el cuerpo receptor Escondida para conformar dicho dique.

La filosofía de operación se expuso en el acápite 2.2 del Capítulo II.

Estos procesos se indican en el Anexo I: Diagrama de Flujo de la Planta de Bombeo de relaves.

#### **4.1.2 Relación de equipos principales del proceso**

En la siguiente tabla se muestran los equipos de los diferentes procesos.

EQUIPOS PLANTA RELAVERA				
PROCESO	EQUIPO	CANT.	SISTEMA	COMPONENTE
1. ALIMENTACION	Cajón Recepción de relaves	1	ESTRUCTURA / MECANICO	LÍNEA DE REBOSE
	Válvulas de Emergencia	1		COMPUERTA A ESPESADOR LÍNEA DE DESCARGA CUERPO DE VALVULA MANGUERO CUCHILLA ASIENTOS ELASTOMERICOS
2. ESPESAMIENTO	Espesador Outo Kump	1	SISTEMA HIDRAULICO	BOMBA HIDRAULICA DE ENGRANAJES TANQUE HIDRAULICO CILINDROS DE IZAJE DE RASTRA ELECTROVALVULAS MANGUERAS
			SISTEMA DE TRANSMISION	MOTOR HIDRAULICO REDUCTOR PLANETARIO DRIVER PRINCIPAL
			SISTEMA DE CONTROL	SENSOR DE NIVEL SENSOR DE VELOCIDAD SENSOR DE TORQUE SENSOR DE ALTA PRESION TABLERO DE CONTROL DENSIMETRO NUCLEAR OHMART SENSOR DE PRESION DE CARGA FLUJOMETRO MAGFLO PLC SIEMES S7-200
			SISTEMA ELECTRICO	MOTOR ELECTRICO DE LA U H CABLEADO TABLERO ELECTRICO
			OTROS	CARCAZA TANQUE RASTRA CON PALETAS EJE CILINDRICO PUENTE DE ESPESADOR BASES DE FIJACION
			SISTEMAS MECANICOS	AGITADOR DE CAMARA DE PREPARACION AGITADOR DE CAMARA DE MADURACION REGULADOR DE PRESION DE ENTRADA DE AGUA VALVULA MAGNETICA GUSANO DOSIFICADOR EN SECO CONO DE MOJADO O MEZCLADOR VALVULA DE DESCARGA DEL AGITADOR
	Equipo de Floculación Ultramat	1	SISTEMA ELECTRICO	MOTOR DEL AGITADOR MOTOR DEL GUSANO PRECALENTADOR
			SISTEMA DE CONTROL	SENSOR DE REBOSE SENSOR DE NIVEL DE CAMARA FLUJOMETRO DE ENTRADA FLUJOMETRO DE SALIDA PLC CAMARA DE PREPARACION CAMARA DE MADURACION CAMARA DE RESERVA TOLVA DE CARGA
	Bomba Dosificadora de floculante	1	SISTEMA MECANICO ELECTRICO	MEMBRANA VALVULAS DE RETENCION MOTOR DEL DOSIFICADOR
	Válvulas Motorizadas de descarga de 6" AUMA	3	ESTRUCTURA	CUERPO DE VALVULA PUENTE SOPORTE DE PISTON
SISTEMA MECANICO			ASIENTOS ELASTOMEROS CUCHILLA VASTAGO	
SISTEMA ELECTRICO			ACTUADOR ELECTRICO	
3. IMPULSION	Válvulas de direccionamiento de flujo de 4" y de 3" AUMA	4	SISTEMA DE CONTROL	SWITCH DE FIN DE CARRERA INTERIOR MANDO REMOTO / LOCAL CUERPO DE VALVULA
			ESTRUCTURA	PUENTE SOPORTE DE PISTON
			SISTEMA MECANICO	ASIENTOS ELASTOMEROS CUCHILLA VASTAGO
			SISTEMA ELECTRICO	ACTUADOR ELECTRICO
	Bombas Horizontal de Relave Warman 6 x 4	12	CONTROL	SWITCH DE FIN DE CARRERA INTERIOR MANDO REMOTO / LOCAL
			SISTEMA ELECTRICO	MOTOR ELECTRICO TABLERO CABLEADO
			SISTEMA DE TRANSMISION	POLEAS FAJAS ARBOL IMPULSOR CARCAZA
			SISTEMA MECANICO	PORROS DISCO DE SUCCION PLATOS
	Bombas de agua para sellos CAT PUMPS	7	SISTEMA DE TRANSMISION	POLEAS FAJAS CIGUEÑAL BIELAS
			SISTEMA MECANICO	VALVULAS DE SALIDA CILINDRO / EMBOLO / PISTONES VALVULA CHECK LINEAS DE AGUA DE SELLOS REGULADOR DE PRESION Y FLUJO
SISTEMA DE CONTROL			SENSOR DE FLUJO	
Reservorio de agua para sellos	1	ESTRUCTURA	TANQUE DE AGUA	
4. BLOQUEO ANTI RETORNO	Válvula de seguridad de Bola	3	SISTEMA MECANICO	ACTUADOR MOBII VALVULA DE BOLA VALVTECHNOLOGIES BOMBAS HIDRAULICAS
	Unidad Hidráulica de Válvulas de Seguridad	1	SISTEMA HIDRAULICO	TANQUE HIDRAULICO PRECALENTADOR DE ACEITE ENFRIADOR DE ACEITE FILTROS TUBERIAS DE ALTA PRESION ACUMULADOR HIDRAULICO DE 50 LYS
			SISTEMA ELECTRICO	MOTOR ELECTRICO CABLEADO TABLERO
			SISTEMA DE CONTROL	SENSOR DE TEMPERATURA TRANSDUCTOR DE PRESION ELECTROVALVULAS TABLERO DE CONTROL
5. LINEA DE IMPULSION	Ciclón D-20B	1	MECANICO	APEX VORTEX CUERPO CONICO ESPIRAL DE CLASIFICACION
	Tubería de Descarga ULTRA 600	1	ESTRUCTURA	TUBERIA METALICA PESADA DE 6"

### 4.1.3 Características técnicas de las principales máquinas de la planta de bombeo

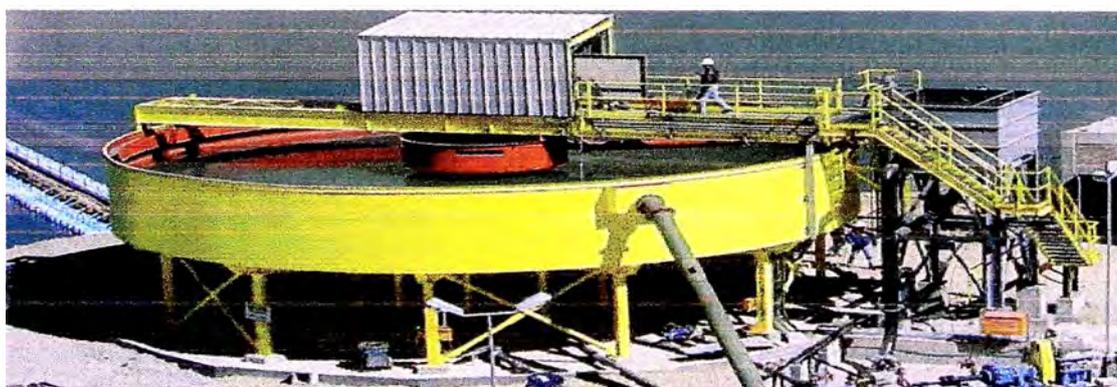
Los equipos fundamentales del proceso son

1.- Espesador Supaflo : 01 UNIDAD

MARCA = SUPAFLO OUTOKUMPU

MODELO = HIRATE (HIGH CAPACITY)

ØEXT = 21.0 mts



UNIDAD	HIDRAULICA	DEL
<b>ESPESADOR</b>		
MARCA	REXROTH	
MODELO		
MOTOR HIDRAULICO	SAUER DANFOSS	
MODELO	OMTS250	
PROCEDENCIA	DINAMARCA	
REDUCTOR	SAUER DANFOSS	
TIPO	RR63000MS	
RATIO	264.5	
SENTIDO	HORARIO	

<b>MOTOR ELECTRICO</b>	
MARCA	WEG
MODELO	132M BK41303
POTENCIA	11 KW / 15 HP
VELOCIDAD	1755 RPM
VOLTAJE	440 V
AMPERAJE	19.7 A
COS $\phi$	0.83
GRADO PROTECCION	IP55
FASES	3
FRECUENCIA	60 HERTZ
F.SERVICIO	1.15
EFICIENCIA	88.50%

## 2.- Equipo de Floculación Ultromat : 01 UNIDAD

SISTEMA AUTOMÁTICO PARA DE PREPARACION  
Y DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO

Marca : **ProMinent**®  
 Procedencia : Alemania  
 Certificado : ISO 9001  
 Modelo : **Ultromat AT/ 96 Tipo 1000**

Capacidad : 1,000 L/h  
 Agua de Dilución : 1,500 L/h  
 Presión de Agua : 3 – 5 bar  
 Conexiones : 1"™  
 Suministro : 410 V, Trifásico, 60 Hz, 2.60 KW

### Consta de:

- Tanques Combinados de Maduración, Despacho y Almacenamiento de Polipropileno
- Tornillo dosificador de polvo, con calentador y sensores
- Arbol de Tuberías, accesorios
- Set de Dilución
- Flujómetro
- 02 Agitadores
- Tablero de Control Automático del Sistema



## 3.- Bomba dosificadora de Floculante : 01 UNIDAD

ELECTROBOMBA DOSIFICADORA DE DIAFRAGMA  
CONTROLADA POR MICROPROCESADOR Y  
LECTURA DE CAUDAL EN PANTALLA DIGITAL

Marca : **ProMinent**®  
 Procedencia : Alemania  
 Certificado : ISO 9001  
 Modelo : S3Ca H 040830 PPT  
 Caudal Máximo : 1,000 L/hr  
 Presión Máxima : 4 bar

### Datos de Materiales:

- Cabezal dosificador de Polipropileno
- Diafragma de Developan, Alma de acero con vulcanizado de EPDM, reforzado con tejido textil de nylon (resistencia mecánica) y lado en contacto con el fluido, revestido con teflón (resistencia química).
- Válvulas de Polipropileno
- Juntas Teflón



4.- Válvulas motorizadas de descarga del espesador : 03 UNIDADES

<b>VALVULA DE CUCHILLA DE 6"</b>	
MARCA	RED VALVE
MODELO	FLEXGATE
SIZE	6"
SELLO	CAUCHO
CUCHILLA	304 SS
CLASE	ANSI 150

<b>ACTUADOR</b>	
MARCA	AUMA
MODELO	S175
TORQUE	45 FT-LB
OUTRUT	180 RPM
TIPO	ACCIONAMIENTO MOTOR ELECTRICO



5.- Válvulas de direccionamiento de flujo :

Válvula de Envío de carga a Tren : 02 UNIDADES

<b>VALVULA DE CUCHILLA DE 4"</b>	
MARCA	RED VALVE
MODELO	FLEXGATE
SIZE	4"
SELLO	CAUCHO
CUCHILLA	304 SS
CLASE	ANSI 150

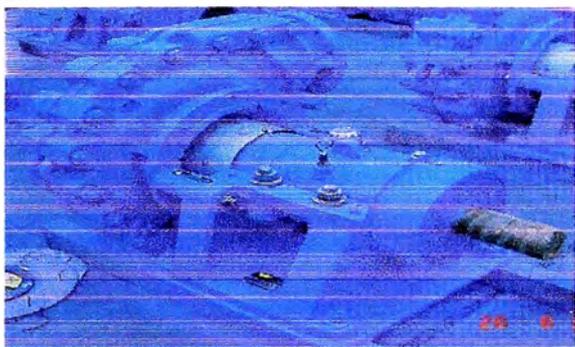
<b>ACTUADOR</b>	
MARCA	AUMA
MODELO	SAO 7.5
TORQUE	15 - 45 FT.LB
OUTRUT	26 RPM
TIPO	ACCIONAMIENTO MOTOR ELECTRICO

Válvula de Envío de carga a Recirculación : 02 UNIDADES

<b>VALVULA DE CUCHILLA DE 3"</b>	
MARCA	RED VALVE
MODELO	FLEXGATE
SIZE	3"
SELLO	CAUCHO
CUCHILLA	304 SS
CLASE	ANSI 150

<b>ACTUADOR</b>	
MARCA	AUMA
MODELO	SAO 7.1
TORQUE	7 - 20 FT.LB
OUTRUT	19 RPM
TIPO	ACCIONAMIENTO MOTOR ELECTRICO

6.- Bomba Horizontal Warman 6" x 4" : 12 UNIDADES



<b>BOMBA DE RELAVE</b>	
Marca	WARMAN PUMPS
Modelo	6/4 RYFC-AHPP
IMPULSOR	5VCM
Ø IMPULSOR	365 mm
MATERIAL DE IMPULSOR	METAL A05
SELLO	GLAND

<b>PARAMETROS DE OPERACIÓN</b>	
FLUJO	38.3 L/s
ALTURA	39.7 m
NPSH REQ	2.5 m
POTENCIA ABSORBIDA	41.8 KW
EFICIENCIA DE BOMBA H2O	56.60%

<b>MOTOR ELECTRICO</b>	
marca	SIEMENS
modelo	D-91056 315M UC0304
VELOCIDAD	1788 RPM
VOLTAJE	460 V
POTENCIA	152 KW
AMPERAJE	235 A
COS $\phi$	0.85
FASES	3
FRECUENCIA	60 HERTZ
F.SERVICIO	1.15

7.- Bomba de agua para sellos Catpumps : 07 UNIDADES



<b>BOMBA DE AGUA DE SELLOS</b>	
Marca	CATPUMPS
Modelo	1010
LONG. CARRERA	1.122 inch
Ø PISTON	1.102 inch
VELOCIDAD	900 RPM
DRIVE	POLEAS

<b>MOTOR ELECTRICO</b>	
marca	WEG
modelo	NBR.7094 3~112M
VELOCIDAD	1740 RPM
VOLTAJE	460 V
POTENCIA	5.5 KW / 7.5 HP
Ip / In	7

<b>PARAMETROS DE OPERACIÓN</b>	
FLUJO	13 GPM
PRESION	100 - 700 PSI
POTENCIA ABSORBIDA	
EFICIENCIA DE BOMBA H2O	

COS $\phi$	0.82
FASES	3
FRECUENCIA	60 HERTZ
F.SERVICIO	1.5

### 8.- Válvulas de Seguridad de Bola



Válvulas de Envío : 02 UNIDADES

<b>VALVULA DE BOLA DE 6"</b>	
MARCA	ABRASOTECH VALVE TECHNOLOGY USA
MODELO	B6CD-RF-FP
SIZE	6 inch
BODY	A105 TRIM CD
CLASE	ANSI 600

<b>ACTUADOR</b>	
MARCA	MORIN
MODELO	HP30U-4-1DA-MHP
MAXIMA PRESION DE TRABAJO	1500 PSI
PRUEBA HIDROST.	2250 PSI
TIPO	NEUMATICO / HIDRAULICO ACTUATOR ROTARY

Válvula de Descarga de Emergencia : 01 UNIDAD



<b>VALVULA DE BOLA DE 4"</b>	
MARCA	ABRASOTECH VALVE TECHNOLOGY USA
MODELO	B6CD-RF-FP
SIZE	4 inch
BODY	A216 WCB TRIM CD
CLASE	ANSI 600

<b>ACTUADOR</b>	
MARCA	MORIN
MODELO	HP25U-3-1DA-MHP
MAXIMA PRESION DE TRABAJO	1500 PSI
PRUEBA HIDROST.	2250 PSI
TIPO	NEUMATICO HIDRAULICO ACTUATOR ROTARY

9.- Unidad Hidráulica de válvulas de seguridad : 01 UNIDAD

<b>UNIDAD HIDRAULICA DE VALVULAS</b>	
Marca	POWERMATIC
Modelo	VALV. BOLA FV-05
POTENCIA	3.7 KW
VOLTAJE	460 V
PRESION MAXIMA	186 BAR
ALTITUD	4800 msnm
FECHA	28/05/2004

<b>MOTOR ELECTRICO</b>	
MARCA	DELCROSA
MODELO	B112M4 B5
VELOCIDAD	1750 RPM
VOLTAJE	460 V Δ
POTENCIA	5 HP
AMPERAJE	7.2 A Δ
AISLAMIENTO	F NORMA IEC
FASES	3
FRECUENCIA	60 HERTZ
F.SERVICIO	1. 15

10.- Ciclón D20B : 01 UNIDAD

<b>CICLON D20B</b>	
MARCA	ESPIASA
MODELO	D20B
VORTEX	6.5 "
APEX	3 "
POSICION	HORIZONTAL

11.- Línea de Impulsión o descarga : 595 MT

<b>LÍNEA DE IMPULSION</b>	
MARCA	ULTRA 600
LONGITUD	595 mts
MATERIAL	ACERO ENDURECIDO DUAL
ESPESOR	11 mm
DUREZA INTERIOR	55 HRc
DUREZA EXTERIOR	25 HRc

12.- Transformador ABB de 1600 KVA

MARCA :	ABB
Tipo	Potencial Transf
Potencia (KVA)	1600
Relación de Transformación en vacío	4160/480
Regulación en el lado de alta (%)	2x2.5%
Frecuencia (Hz)	60
Grupo de Conexión	Dyn5
Nº de Fases	3
Nº de Aisladores en el Primario/Secundario	3_4
Clase de Aislamiento Térmico	A
Enfriamiento	ONAN
Nivel de Aislamiento en el Primario (KV)	5/22/60
Bñ exterior (KV)	170
Nivel de Aislamiento en el Secundario (KV)	0.6/3
Altud de Operación (m.s.n.m.)	4800
Montaje	INT/EXT
Servicio	CONTINUO
Para capacidades de sobrecarga	IEC Pub.354
Para aceites aislantes	IEC Pub. 296



**4.1.4 Fallas características**

Las principales fallas características que se presentan en estos equipos se muestran en el Anexo II, éstas se han previsto tanto de los catálogos del fabricante como de la práctica de la operación.

## 4.2 PLANIFICACIÓN

### 4.2.1 Selección del sistema donde se implementará el plan

#### 4.2.1.1 Análisis de criticidad de equipos

Utilizaremos un algoritmo que clasifica los equipos en tres grupos denominados como Clase "A", clase "B", clase "C" en dependencia del valor de cada una de las variables contenidas en el mismo.

- **Criticidad A: ALTO** .- MAXIMA DISPONIBILIDAD, Equipo absolutamente necesario para garantizar la continuidad de operación de la planta. Su ausencia va a ocasionar graves perjuicios al servicio.
- **Criticidad B: MEDIO** .- FALLA MINIMA, Equipo necesario para la operación de la planta, pero que puede ser parcial o totalmente reemplazado.
- **Criticidad C: BAJO** .-- COSTO MINIMO, Equipo no esencial para los procesos de la planta, puede ser fácilmente reemplazable.

Las variables contenidas son:

Seguridad y Medio Ambiente SSMA : Capacidad del fallo del equipo de ocasionar riesgos a las personas que se encuentran en la zona donde opera el equipo o al medio ambiente.

Calidad y Productividad : Nivel de afectación de la calidad del producto que conlleva el fallo del equipo.

Utilización o Tiempos de operación: Se relaciona directamente con el régimen de trabajo del Equipo.

Afectaciones o Producción: Está asociado al efecto del fallo del equipo sobre el servicio prestado y su capacidad de interrumpir de forma total o parcial el mismo.

Frecuencia TBF: Cantidad de fallas por periodo de utilización (Fallas / unidad de tiempo)

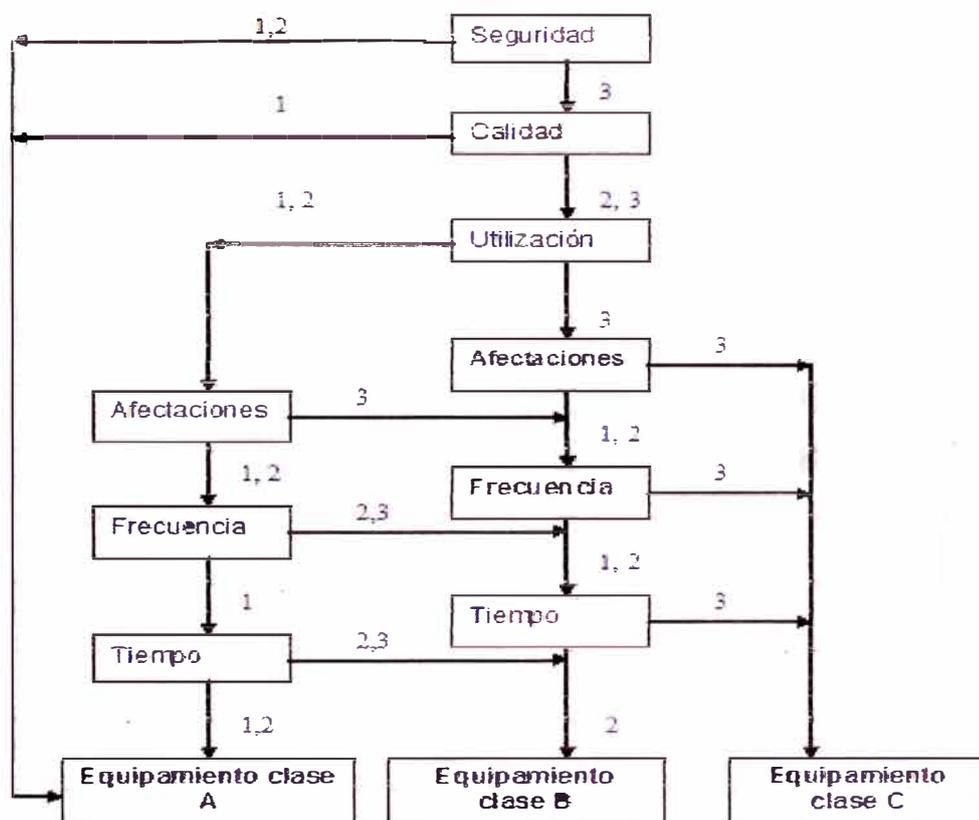
Tiempo de Mantenimiento MT: Tiempo empleado para corregir la falla.

Cada una de las variables tiene diversos valores que corresponden a sus niveles máximo, medio, intermedio superior, intermedio inferior y mínimo permisible; sin embargo, es importante definir con claridad el rango de valores de cada variable debido a que estos se utilizan para valorar la situación puntual de cada equipo y su posterior mantenimiento.

Clase de Equipo	Concepto
"A"	"Máxima disponibilidad"
"B"	"Falla mínima"
"C"	"Costo mínimo"

PARADAS NO PLANIFICADAS			
Área de Impacto	A Riesgo Alto	B Riesgo Medio	C Riesgo Bajo
Seguridad y Salud / Medio Ambiente SSMA	Alto riesgo de vida del personal	Riesgo de vida significativo del personal	No existe riesgo ni de salud y daños al personal
	Daños graves en la salud del personal	Daños menores en la salud del personal	
	Perdida de material		
	Medio Ambiente : Derrames y fugas: Alto excedente de límites permitidos	Derrames y fugas: Repetitivas y excedentes a los límites permitidos	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos
Calidad y Productividad (C&P)	Defectos de producción	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	Sin efectos
	Reducción de velocidad		
	Reducción de producción		
Producción (P)	Parada de todo el proceso	Parada de una parte del proceso	Sin efectos
OPERACIÓN DE EQUIPOS			
Área de Impacto	A Riesgo Alto	B Riesgo Medio	C Riesgo Bajo
Tiempos de Operación (TO)	24 horas diarias	2 turnos u horas normales de trabajo	Ocasionalmente, o no es un equipo de producción
Intervalos entre actividades (TBF)	Menos de 6 meses	Promedio una vez al año	Raramente
Tiempos y costo de mantenimiento (MT)	Tiempos y/o costos de reparación altos	Tiempos y/o costos de reparación razonables	Tiempos y/ costos de reparación irrelevantes

Una vez estudiadas las Áreas de Impacto, se procede a definir la criticidad del equipo, empleándose para ello el siguiente flujograma:



**Algoritmo para la clasificación del equipamiento**

El resultado del análisis de criticidad para los equipos de la Planta Relavera , se muestra en el Anexo III. De este análisis obtenemos que los equipos críticos para la planta son :

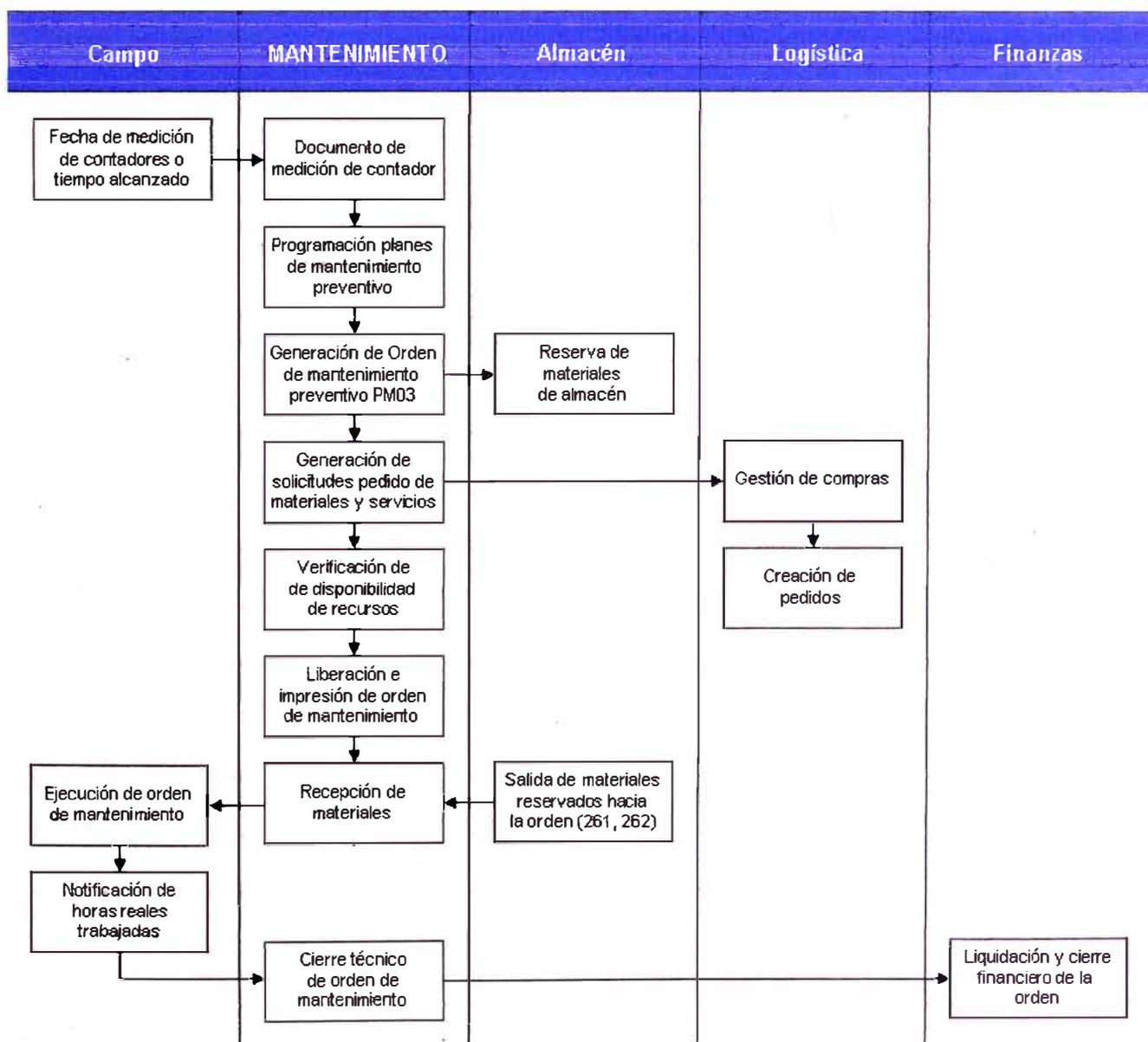
- Bombas de relave WARMAN 6/4
- Bombas de agua de sellos CATPUMPS
- Sistema Hidráulico ANTI RETORNO
- Línea de impulsión ULTRA 600
- Además de ellos, otros componentes importantes como : Espesador de relaves y Componentes eléctricos Transformador de 1600 KVA.

Es en estos equipos en donde se hará la implementación del mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta las frecuencias de cambios sugeridos en el Anexo II.

#### 4.2.2 Flujograma del proceso de mantenimiento

El plan de mantenimiento se ingresará al sistema SAP, para ello se tiene establecido un flujograma para el proceso de mantenimiento preventivo realizado por personal propio.

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO



### **4.2.3 Documentación**

Para realizar el programa de mantenimiento integrado al SAP se requiere paralelamente la elaboración de los documentos para el sistema, los cuales van a servir para establecer los puntos de medida, las actividades a realizar, generar la orden de mantenimiento, solicitar materiales, reportar trabajos, notificar costos, etcétera, es decir todas las actividades que se van a ejecutar.

Los principales documentos necesarios para nuestro programa de mantenimiento se detallan en el Anexo IV : Documentos necesarios para ingresar un Programa de Mantenimiento Preventivo al sistema SAP Módulo PM.

### **4.2.4 Grupo de Trabajo**

Tomando en cuenta el estado del mantenimiento de la planta de bombeo explicado en el capítulo 2, se aumentó el grupo de trabajo de la siguiente forma:

01 Supervisor Mecánico que comparte su labor entre la planta Relavera y la Planta Paste Fill. Responsable de la disponibilidad de la planta y la aplicación del mantenimiento preventivo, así como el seguimiento de los equipos y repuestos necesario.

03 Técnicos Mecánicos exclusivos para la planta relavera, 02 de ellos de guardia toda la semana y 01 tercero de días libres por reemplazo. Se trabaja en sistema 2x1. El personal se avoca a priorizar los mantenimientos preventivos para dar cumplimiento al programa.

01 Ingeniero de Confiabilidad para la planta concentradora en general, responsable del control de los índices de gestión y del suministro de repuestos necesarios para la operación normal de la planta. Es el encargado de generar los planes de mantenimiento de los equipos.

### 4.3 DESARROLLO

#### 4.3.1 Plan de Mantenimiento Preventivo

Es el plan que se elabora para atender las actividades que se deben realizar en el mantenimiento de forma diaria, semanal, mensual y trimestral durante un año.

En el Anexo V, se muestra el Plan de mantenimiento Preventivo para la Planta de Bombeo de Relaves, específicamente para las bombas Warman 6"x4" y las bombas de agua de sellos Catpumps.

TAREAS		LEYENDA	
BOMBA EN MANTENIMIENTO	M	MANTENIMIENTO REALIZADO	C
BOMBA EN OPERACIÓN	T	MANTENIMIENTO PENDIENTE DE PROGRAMACIÓN	P
		PROGRAMADO PARA REALIZAR	X
		PENDIENTE PROGRAMADO	P
		REALIZADO CON OBSERVACIONES	C

El régimen de estos equipos es intermitente, trabajando en forma continua por espacio de una semana para luego entrar en mantenimiento mientras opera el otro tren.

En la primera leyenda de condición de la bomba o TAREAS, indica :

- M : el tren de bombas correspondiente a la bomba está en mantenimiento toda la semana.
- T : el tren de bombas correspondiente está en operación toda la semana.

En la segunda leyenda de estatus del mantenimiento, nos indica :

- **X** : Un mantenimiento programado por realizar
- **C** : Un mantenimiento realizado y conforme.
- **C** : Un mantenimiento realizado pero con observaciones
- **P** : Un mantenimiento atrasado y pendiente de programación
- **P** : Un mantenimiento atrasado y programado

En el plan de mantenimiento podemos encontrar la especificación de las tareas a realizar, y las frecuencias para 01 año de operación.

#### **4.3.2 Desarrollo de las Actividades del Mantenimiento Preventivo**

Las actividades del mantenimiento preventivo se muestran en el Anexo V. Algunas de ellas vamos a detallarlas a continuación.

- **Bomba Warman 6"x4"**

Se requiere una inspección diaria al inicio de guardia del nivel de aceite de la caja portarodamientos.

Se debe reajustar la empaquetadura gland de la bomba semanalmente hasta lograr un goteo aproximado de 50 gotas por minuto.

Mantener una presión en la bomba de agua de sellos, superior en 15 psi a la máxima presión de la bomba.

El Plato de succión E4083 se debe girar 180° cada 200 horas de trabajo.

Es necesario realizar una inspección interna cada 200 horas de trabajo para revisar el revestimiento lado succión y lado prensa.

Cambio de las mangas de desgaste de ejes de bomba cada 1200 horas de trabajo.

Cambio del revestimiento succión cada 360 horas de trabajo.

Cambio del revestimiento lado prensa cada 400 horas de trabajo.

Se requiere un monitoreo constante semanalmente del Impulsor E4147 y se recomienda su cambio cada 1200 horas de trabajo.

Cambio del anillo distribuidor de agua EP118C23 cada 01 año de operación.

Se sugiere el cambio de aceite cada 01 año de operación.

Se requiere monitoreo constante de los rodamientos.

Cambio de rodamientos Timken #90381 cone y #90744 cup, cada 02 años de operación.

- Bomba de agua de sellos Catpumps 1010.-

Se requiere una limpieza semanal del filtro 7106.6 ( 80 mesh) de agua de depósito cristalino o cuando se presente impurezas mayores.

Repuestos de pistón #30223 y válvulas internas #30449 : cambio de piezas interiores cada 01 mes de operación continua.

Repuestos de cilindros cromados #28780-14 y sleeves #30397 cambio de piezas cada 02 meses de operación.

Repuestos de bielas internas cambio de piezas cada 04 meses de operación continua.

- Línea de Impulsión de relaves.-

En las válvulas automáticas de envío, se debe realizar una rotación de los asientos del sello cada 3 meses de operación, para duplicar su vida útil.

Se requiere el cambio de los asientos de sello cada 06 meses de operación.

En las válvulas automáticas de recirculación, se debe realizar una rotación de los asientos del sello cada 6 meses de operación, para duplicar su vida útil.

Se requiere el cambio de los asientos de sello cada 12 meses de operación.

Se requiere cambio de los anillos disipadores de presión cada 04 años de operación, para evitar que pueda presentar fuga al ambiente por rotura durante la descarga de la línea de impulsión, y mantener un stock de 02 unidades de prevención.

Se debe monitorear los codos especiales de la tubería de impulsión cada 03 meses, por ser los tramos sometidos a mayor desgaste.

- Transformador de Potencia 1600 KVA.-

Se debe realizar anualmente los análisis del aceite aislante del transformador para verificar los siguientes parámetros: rigidez dieléctrica, humedad, índice de

neutralización, tensión superficial. Estos procedimientos del mantenimiento se ilustran en el anexo XI.

#### **4.3.3 Repuestos y Suministros**

Luego de describir las actividades de mantenimiento periódico importantes a realizar, se va a presentar un listado de los repuestos críticos que son imprescindibles para la operación de la planta de bombeo de relaves, e indicando el TIPO de gestión de compra o característica de planificación:

- VB En caso de Planificación por Punto de Pedido.- El área de Almacén a través de su proceso MRP gestiona que el stock se mantenga siempre en un mismo nivel. Son repuestos críticos que no deben faltar nunca en almacén.
- ZD en caso de planificación determinista.- Son los repuestos que no han sido considerados dentro de los repuestos críticos por su costo, pero que se van a necesitar de manera recurrente. El área responsable de solicitar su existencia en el stock es Mantenimiento.
- ND en caso que el material no se planifique (carga directo).- Son los materiales solicitados para un trabajo específico, estos no ingresan al stock y son cargados a la cuenta del solicitante. El área responsable de solicitar su compra a logística es Mantenimiento.

El lead time es el tiempo promedio que demora un repuesto en llegar a la unidad, desde el día que es colocada la Orden de Compra hasta el día que se ingresa al Stock de almacén, este lead time debe tomarse en cuenta para lograr un Punto de pedido de repuestos adecuado tanto para la atención del mantenimiento como para el costo de inventario de almacén. En la lista siguiente se indica los repuestos críticos que debe existir en stock, bajo la cantidad STOCK MINIMO, así como la cantidad del monto de adquisición en REPONER HASTA que es el punto de stock máximo de compra.

### REPUESTOS CRITICOS - PLANTA DE BOMBEO DE RELAVES

EQUIPOS	CODIGO	DESCRIPCION	PARTE	TIPO	STOCK MINIMO	REPONER HASTA	LEAD TIME (DIAS)
BOMBAS DE RELAVE WARMAN 6"X4"	9005226	IMPELLER 52 X 400X135	E4147A050	VB	6	9	60
	9028351	IMPELLER 52 X 400X135	E4147A050	VB	6	9	60
	9022324	REVESTIMIENTO SUCCION	E4016R33	VB	12	18	15
	9022338	ANILLO LINTERNA	EP118C23	VB	6	9	60
	9022342	BOCINA DE EJE	EE076C21	VB	6	9	30
	9024438	DISCO DE SUCCION	E4083R33	VB	12	18	15
	9028350	DISCO DE SUCCION	E4083R33	VB	12	18	15
	9022946	REVESTIMIENTO PRENSA	E4036R33	VB	12	18	15
	9010909	RODAMIENTO RODILLOS CONICOS CONO		ZD	3	6	30
	9010908	RODAMIENTO RODILLOS CONICOS COPA		VB	3	6	30
	9028003	RODAMIENTO DE RODILLOS CILINDR NU2318	NU 2318	VB	3	6	30
	9031211	RETEN DOBLE LABIO 120X150X12		ZD	3	6	15
	9010793	MANOMETRO ESCALA DOBLE DE 600 PSI		ND	6	9	60
	9030266	MANOMETRO ESCALA DOBLE DE 1500 PSI		ND	6	9	60
	9031017	MANOMETRO DE AGUJA 800 PSI, 4"		ZD	6	9	60
	9031210	STUFFING BOX WARMAN		ZD	3	6	90
9000372	FAJA EN V SVX 950		VB	6	12	7	
VALVULAS AUTOMATICAS	9031111	VALVULA DE COMPUERTA DE 2" PARA PULPA		ZD	2	4	30
	9031112	VALVULA DE COMPUERTA DE 3" PARA PULPA		ZD	2	4	30
	9026217	ASIENTO ELASTOMERICO P/VALVULA COMP. 3" RED VALVE		ND	2	4	60
	9009096	VALVULA COMPUERTA AISI 304 4"		ZD	2	4	60
	9005773	VALVULA CUCHILLA DE 6" TIPO WAFER ANSI 150		ZD	2	4	60
	9030359	VALVULA DE BOLA DE 6" 1500 PSI		ZD	2	4	120
	9030265	MANOMETRO ESCALA DOBLE 1000 PSI		ZD	6	9	60
LINEA	9005488	BRIDA DE 11" DI. 6" ASTM A-105		ZD	6	12	30
	9005489	BRIDA DE 13-1/2" DI. 8" ASTM A-105		ZD	6	12	30
BOMBAS CATPUMPS DE AGUA DE SELLOS	9008864	CYLINDER STEEL 28.5 X 36 X50	28780-14	VB	6	18	60
	9008870	KIT PISTON	30223	VB	6	18	60
	9008872	SLEEVE AND SEAL KIT	30397	VB	6	18	60
	9008875	VALVE KIT	30449	VB	6	18	60
	9025150	ROD PISTON	27337	VB	6	18	60
	9000389	CORREA EN V 3V-425	3V-425	ZD	9	18	7
	9022839	BOMBA DE PISTONES DE 3 ETAPAS	CAT 1011	ZD	1	1	120
	9031117	FAJA EN V B42	B42	ZD	9	18	7
	9025158	ROD CONNECTING ASSY (BIELA)		ZD	6	18	60
	9031379	FILTRO DE AGUA COMPLETO, BASE, ELEMENTO	7106.6	ZD	6	18	120
	9004459	RODAMIENTO 6306	6306	ND	4	8	7
	9030715	CONECTOR RECTO MACHO DIA. 1/2"		ZD	6	20	15
FLOCULANTE	9026533	TORNILLO SIN FIN PROMINENT		ZD	1	1	60
CICLON D20B	9016014	VORTEX DE 6"		VB	2	3	30
	9004121	APEX DE 3" X 6"		VB	2	3	30
		REVESTIMIENTO DE CABEZA		ZD	1	2	30
ESPESADOR		MOTOR HIDRAULICO SAUER DANFOSS	OMTS250	ND	1	1	365

## CAPITULO V

### IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO Y MEJORAS

#### 5.1 DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN

Con el propósito de llevar a cabo la implementación efectiva del programa de mantenimiento se ha identificado los principales índices a controlar :

Proceso	Indicadores clave (KPI)
<i>Indicadores Generales de la Función de Mantenimiento</i>	Disponibilidad Mecánica $DM = 1 - (\text{horas de reparación} + \text{horas de mantenimiento} + \text{horas de accidentes} + \text{otras horas}) / \text{horas programadas}$ - Costo horario: - Costo por hora de trabajo (mina) - Costo por TM tratada (planta)
<i>Planificación del Mantenimiento</i>	- Cantidad equipos activados / total equipos
<i>Programación del Mantenimiento</i>	- Número de órdenes de trabajo reprogramadas / Ordenes de trabajo programadas
<i>Ejecución de Órdenes de Trabajo</i>	- Cantidad de órdenes cerradas / órdenes programadas - Número de horas reales ejecución / Número de horas planeadas - Frecuencia de fallas por equipo
<i>Gestión de Costos</i>	- US\$ por hora trabajada

Se han identificado una serie de oportunidades de mejora para mejorar la eficiencia de los mismos. Es necesario que estas oportunidades de mejora tomen forma en acciones concretas, mensurables y sostenibles en el tiempo.

N	Punto de Implementación	Lineamientos de acción
<b>Planificación del Mantenimiento</b>		
1	Evaluación de matriz de criticidad	Coordinación con las áreas de Operaciones, Medio Ambiente y Seguridad Definir los criterios formales Utilización
2	Clasificación de las tareas de mantenimiento y generación de códigos para tareas	Definir los usuarios adecuados y funciones Depuración de códigos antiguos
3	Difusión al personal de los conceptos de Componentes y Partes de un equipo	Ejecutar reuniones de capacitación Ejecución del plan de capacitación
<b>Programación del Mantenimiento</b>		
4	Uniformizar los formatos de las ordenes de trabajo	Definir usuarios adecuados y funciones Capacitar al nuevo personal en aplicación de ordenes de trabajo
5	Generación de ordenes de trabajo	Controlar la generación de ots preventivas y liberación de ot's correctivas
6	Parametrizar el sistema para generar alertas de término de vida útil	Función de Confiabilidad del sistema
<b>Ejecución de Órdenes de Trabajo</b>		
7	Cumplir los programas de mantenimiento preventivo	Coordinación con el área de Operaciones Verificar si el equipo ya cuenta con programa de mantenimiento Implementación del programa de mantenimiento
8	Actualizar el historial de mantenimiento	Definir usuarios adecuados y funciones Coordinar con la jefatura de mantenimiento planta la actualización del historial
<b>Elaboración de Presupuesto</b>		
9	Elaborar el presupuesto anual por equipo y por procesos	Costos directos deben incluir: repuestos, materiales, consumibles Costos indirectos incluirán: mano de obra, mejoras
10	Servicios de Reparaciones externas	Incluir servicios de terceros, proyectados en el año
<b>Gestión de Costos</b>		
11	Control de Costos del área de mantenimiento	Definir usuarios adecuados y funciones
12	Parametrizar el sistema de manera que la base de datos de costos sea actualizada en tiempo real.	Controlar los costos por hora de operación de la planta
<b>Elaboración de Reportes</b>		
13	Reportar información del área, tal como: equipos, códigos, sistemas, ubicación, priorización, entre otros	El usuario responsable es el área de planeamiento de mantenimiento Hacer un adecuado análisis de la información
14	Gestión de Equipos y Componentes: Reporte de Inventario de Equipos y Componentes Planificación del Mantenimiento: Reporte de Cartilla de Mantenimiento Ejecución de Órdenes de Trabajo: Reporte de frecuencia de fallas por equipo. Gestión de Costos Reporte de Historial de Costos por Equipo Control de Energía: Reporte de consumo energético por centro de costos o por áreas.	
<b>Oportunidades de Mejora Generales</b>		
15	Identificar oportunidades de mejora en cada área	Llavar a cabo reuniones semanales en el área de mantenimiento

## 5.2 POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO

A través de las reuniones semanales de trabajo del área, se establecen las siguientes políticas de mantenimiento:

- Actualización de los planes de mantenimiento en SAP, bajo responsabilidad del jefe de planeamiento.
- Aprobación de las Ordenes de trabajo solamente por el jefe de mantenimiento planta o su reemplazante.
- Las órdenes de trabajo pendientes deben ser reprogramadas a la brevedad, utilizando por defecto las ordenes preventivas.
- Evitar los sub-almacenes, todos los repuestos sacados de almacén y no utilizados deben devolverse al mismo, con una tarjeta "en custodia".
- Los servicios externos de reparaciones no serán conformes hasta haber sido probados y verificados en funcionamiento, bajo responsabilidad del jefe de mantenimiento.
- En lo posible las intervenciones programadas de mantenimiento se deben realizar en las horas punta, para reducir el costo de la energía, sin afectar el proceso productivo.

## 5.3 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La implementación se efectúa de manera progresiva, pero se ha hecho un estimado de los costos involucrados

Descripción	Costo US\$
Costo de horas del personal de implementación al SAP y de capacitación en el programa preventivo al personal técnico.	9,000.00

Personal en análisis de la problemática	4,000.00
Personal a tiempo completo	2,000.00
Costos de consultoría (asesor, facilitador) costo de HH de asesor interno o funcional SAP.	8,000.00
Instrumentos de apoyo al análisis	2,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>25,000.00</b>

#### 5.4 MEJORAS DEL MANTENIMIENTO

Se han adoptado las siguientes mejoras tanto en los equipos como en los procesos :

- **Bomba Warman 6”x4”**

Las mangas originales importadas presentan una duración promedio de 1200 horas de trabajo, se requiere aumentar su vida útil .

Se debe reemplazar las mangas originales por mangas de desgaste de acero revestidas de material cerámico antiabrasivo, ya que presentan mayor vida útil. Se espera una duración promedio de 2500 horas.

En las prenoestopas de la bomba, se realizaron pruebas de duración de empaquetaduras de diferentes propiedades recomendándose la empaquetadura Chesterton 412-W (color blanco) como la más recomendable.

Se debe reajustar la empaquetadura semanalmente hasta lograr un goteo aproximado de 50 gotas por minuto y mantener una presión en la bomba de agua de sellos, superior en 40 psi a la máxima presión de la bomba.

	Chesterton 512-W 5/8" x 5/8"	DATOS DE OPERACION
Velocidad del eje	$V_{\text{rotacion}} [m/s] = 10 \text{ m/s}$	$\phi_{\text{bomba}} = 101.28 \text{ mm}$ $N_{\text{eje}} = 1535.8 \text{ rpm}$ $V_s [m/s] = \phi_{\text{bomba}} [mm] * N_{\text{eje}} [rpm] / 18750$ $V_s [m/s] = 8.3 \text{ m/s OK}$
Grado de acidez / alcalinidad	$PH_{\text{trabajo}} = 4 - 10$	$PH_{\text{relave}} = 10.5 \text{ aprox. OK}$
Temperatura de trabajo	$Temp_{\text{ambiente}} = 230 \text{ }^\circ\text{C}$	$Temperatura_{\text{trabajo}} = 60 - 80 \text{ }^\circ\text{C OK}$

### Componentes internos de la bomba.-

Se ha realizado en estudio de duración de vida útil de los componentes de las bombas en esta aplicación, cuyos resultados se muestran en el Anexo VI : Duración de componentes Bomba de Relaves. Por lo que se realizaron las siguientes mejoras Revestimientos lado succión, lado prensaestopas y disco de succión de la bomba.- reemplazar por el uso de poliuretano por alcanzar mayor vida útil (hasta 50% más de vida útil).

Impulsor de la bomba, reemplazar por el uso de poliuretano que tiene 16% más de vida útil y de menor costo.

### ● Bomba de agua de sellos Catpumps 1010.-

Se ha identificado estos equipos como altos consumidores de repuestos, los cuales son importados. Se debe cambiar su uso por otros de mayor confiabilidad o por el uso de un solo equipo que pueda suplir al sistema actual.

Repuestos de pistón #30223 y válvulas internas #30449 : cambio de piezas interiores cada 01 mes de operación continua.

Repuestos de cilindros cromados #28780-14 y sleeves #30397 : cambio de piezas cada 02 meses de operación.

Repuestos de bielas internas cambio de piezas cada 04 meses de operación continua.

- **Válvulas Automáticas**

Para las válvulas automáticas de envío recirculación, se tiene un desgaste localizado en la parte inferior del sello, lo que permite una rotación de los asientos del sello cada 3 meses de operación, para duplicar su vida útil.

- **Línea de Impulsión**

En la línea de impulsión se tiene un desgaste localizado en la parte inferior de cada tubería, lo que permite girar en 180° para duplicar su vida útil. Llevar un monitoreo constante de los codos en donde se produce el mayor desgaste.

Los anillos están compuestos de carburo de silicio o carborundo (SiC) y óxido de aluminio o alúmina ( $Al_2O_3$ ) y una aleación metálica, formando un material de muy alta dureza y resistencia a la abrasión.

Se requiere cambio de los anillos disipadores cada 04 años de operación, para evitar que pueda presentar fuga al ambiente por rotura durante la descarga de la línea de impulsión, y mantener un stock de 02 unidades de prevención.

## CAPITULO VI

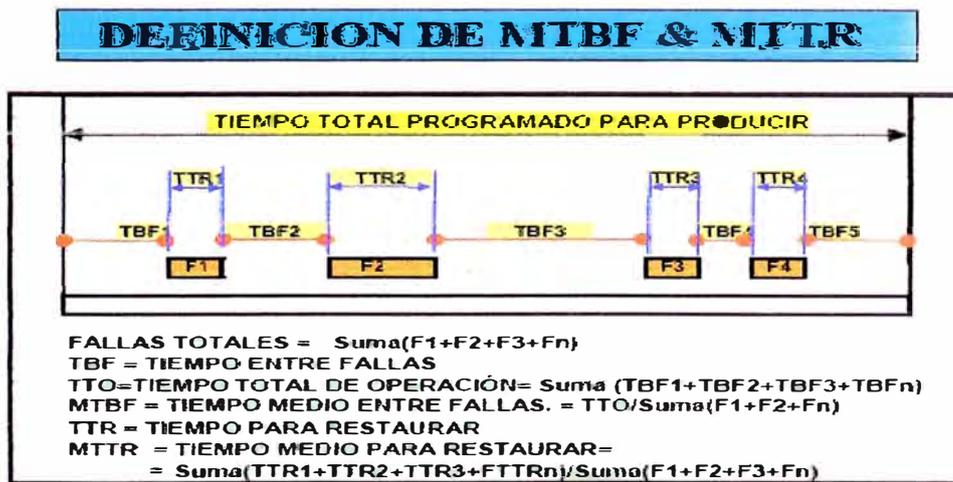
### RESULTADOS OBTENIDOS

#### 6.1 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

##### 6.1.1 Índices de mantenimiento

Los índices que nos indicarán si se ha tenido éxito en la implantación del plan de mantenimiento son el MTBF y el MTTR, los cuales nos indican que tan bien marchan la Confiabilidad, la Disponibilidad y la Mantenibilidad de nuestros equipos. Estos los analizaremos a continuación:

- MTBF : Tiempo medio entre fallos, dicho en otras palabras, se refiere al tiempo productivo, y es el tiempo promedio (horas) del equipo realizando su función fuera de fallos. Por lo tanto es:



$$\text{MTBF} = \text{Tiempo Productivo} / \# \text{ de fallos}$$

- **MTTR** : Tiempo medio de reparación, se refiere al tiempo utilizado para resolver un fallo y que el equipo regrese a la condición de funcionalidad. Es la suma del tiempo total incurrido en la reparación. (Incluyendo el tiempo de prueba del equipo, puesta a punto, régimen de operación, etc.). Al disminuir el MTTR, aumenta la confiabilidad del equipo. En función del producto, podemos decir que aumenta la satisfacción del cliente.

La reparación gira alrededor del tiempo y la reposición de partes de fallos frecuentes.

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

**MTBF** - Mean time between failures.  
Tiempo medio entre fallas.  
Indicador de CONFIABILIDAD.

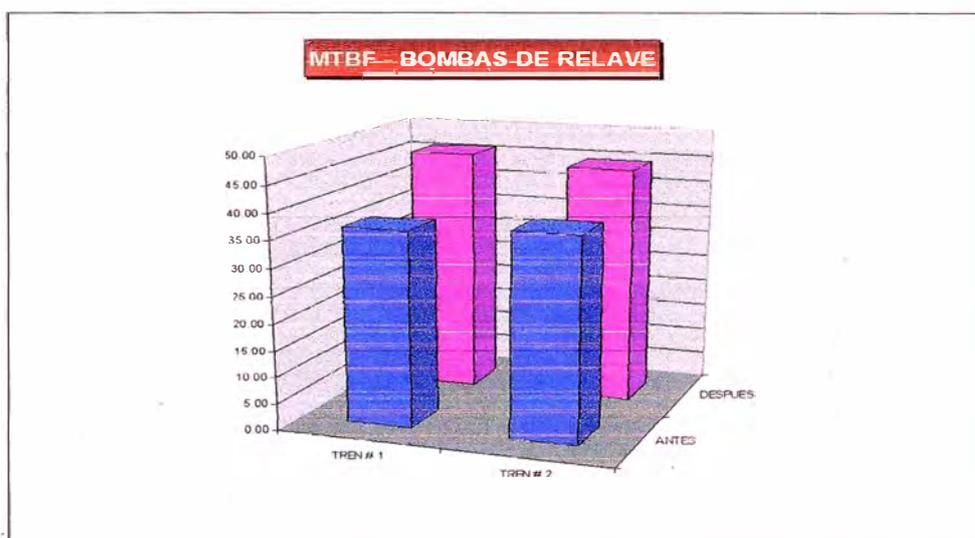
**MTTR** - Mean time to restore.  
Tiempo medio para restaurar.  
Indicador de eficiencia de mantenibilidad.

- **Disponibilidad (A)** : Es una medida de qué tan frecuente el sistema está en buen estado y listo para operar, es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. La disponibilidad de un ítem no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

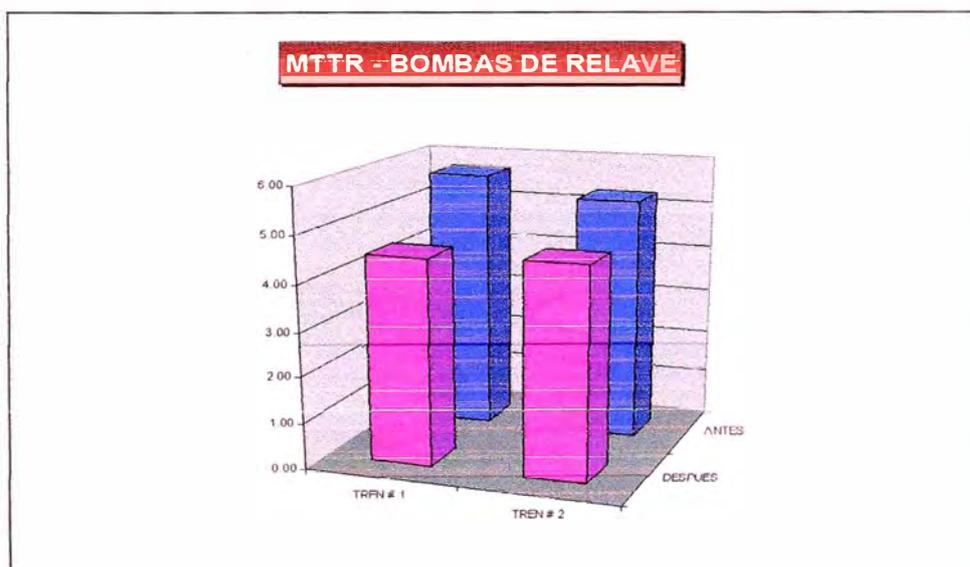
$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

La Mantenibilidad, es la probabilidad y/o facilidad de devolver un equipo a sus condiciones operativas, en un cierto tiempo y utilizando los procedimientos prescritos. El índice clave para la mantenibilidad es frecuentemente el MTTR, el que nos va a indicar que tan rápido los equipos son reparados. A menor MTTR, mayor Mantenibilidad.

Siguiendo esta metodología, en el Anexo VII : Cálculo de Indices Tabla de datos de operación y paradas V colocamos la tabla de datos donde procesamos los tiempos de operación y los tiempos de restauración, los cuales nos sirven para elaborar los gráficos comparativos de los MTBF y MTTR antes y después de nuestro plan de mantenimiento preventivo.



MTBF antes y después del Plan de mantenimiento



MTTR antes y después del Plan de mantenimiento

Al aumentar el MTBF, significa que ha aumentado la disponibilidad de los trenes de bombas, lo cual significa un incremento de la confiabilidad de la planta en cuanto a su eliminación de relave. El MTBF es una medida de disponibilidad del equipo. Por lo tanto es una medida del tiempo entre dos acontecimientos sucesivos de la falla.

**CALCULO DE LOS INDICES DE MANTENIMIENTO**

<b>ANTES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	INICIO	01/12/2006				
	FINAL	30/06/2007	211.00			
	HORAS PROGRAMADAS		5064.00 TOTALES			
			<b>TREN # 1</b>	<b>TREN # 2</b>	<b>TOTALES</b>	<b>UTILIZAC.</b>
	HORAS TRABAJADAS	HT	2443.8	2160.1	4603.9	94%
	# ARRANQUES	#R	69	60		
	# PARADAS X MANTENIMIENTO	#P	2	3		
	HORAS NO PROGRAMADAS	H.N.P.	59	85.5		
	HORAS POR MANTTO	H.M	393.3	342		
			<b>TREN # 1</b>	<b>TREN # 2</b>		
<b>MTBF</b>	$HT / (\#R - \#P)$	36.47	37.90			
<b>MTTR</b>	$H.M / \#R$	5.70	5.30			
<b>DISPONIBILIDAD</b>	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	86.5%	87.7%			

<b>DESPUES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	INICIO	01/07/2007				
	FINAL	30/06/2008	365.00			
	HORAS PROGRAMADAS		8760.00 TOTALES			
			<b>TREN # 1</b>	<b>TREN # 2</b>	<b>TOTALES</b>	<b>UTILIZAC.</b>
	HORAS TRABAJADAS	HT	4101.8	4062.5	8164.3	96%
	# ARRANQUES	#R	95	95		
	# PARADAS X MANTENIMIENTO	#P	6	4		
	HORAS NO PROGRAMADAS	H.N.P.	333.35	117.5		
	HORAS POR MANTTO	H.M	427.5	427.5		
			<b>TREN # 1</b>	<b>TREN # 2</b>		
<b>MTBF</b>	$HT / (\#R - \#P)$	46.09	44.64			
<b>MTTR</b>	$H.M / \#R$	4.50	4.60			
<b>DISPONIBILIDAD</b>	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	91.1%	90.7%			

## 6.2 OTROS BENEFICIOS

Se comprueba también que la Tasa de fallas ocurridas durante la noche (Correctivas) ha disminuido, en la siguiente forma :

ANTES	INICIO		FIN		TOTAL	
	01/12/2006	30/09/2007	211 00	5063 00	TOTALES	UTILIZAC.
	HORAS PROGRAMADAS		5063 00		TOTALES	
			TREN # 1	TREN # 2	TOTALES	UTILIZAC.
# FALLAS NOCTURNAS	#FN	19	14	33		
HORAS TRABAJADAS	H.T	2243 6	2150 1	4393 7		
TASA DE FALLAS NOCTURNAS	$\frac{\#FN}{H.T}$	6 55E-03	5 48E-03			

DESPUES	INICIO		FIN		TOTAL	
	01/07/2007	30/06/2008	355 00	8760 00	TOTALES	UTILIZAC.
	HORAS PROGRAMADAS		8760 00		TOTALES	
			TREN # 1	TREN # 2	TOTALES	UTILIZAC.
# FALLAS NOCTURNAS	#FN	19	20	39		
HORAS TRABAJADAS	H.T	4181 6	4062 6	8244 2		
TASA DE FALLAS NOCTURNAS	$\frac{\#FN}{H.T}$	4 63E-03	4 52E-03			

Lo que incide directamente sobre los costos de mantenimiento, reduciéndose las intervenciones de emergencia durante la noche. Igualmente disminuye los costos de mano de obra, tanto del personal técnico, supervisión directa y personal de almacén que debe apersonarse a la planta en caso de emergencias.



## **CAPITULO VII**

### **ANALISIS ECONOMICO**

#### **7.1 COSTOS DE MANTENIMIENTO**

El Mantenimiento involucra diferentes costos: directos, indirectos y generales.

Costos Directos:

Están relacionados con el rendimiento de la empresa y son menores si la conservación de los equipos es mejor; influyen la cantidad de tiempo que se emplea el equipo y la atención que requiere. Estos costos son fijados por la cantidad de revisiones, inspecciones y en general las actividades y controles que se realizan a los equipos, comprendiendo:

- Mano de obra directa y contratada
- Materiales y repuestos directos y contratados
- Uso de herramientas y equipos directamente y con contratación.
- Contratos para la realización de intervenciones

Costos Indirectos:

Son aquellos que no pueden atribuirse de una manera directa a una operación o trabajo específico. En Mantenimiento, es el costo que no puede relacionarse a un trabajo específico. Por lo general, suelen ser: la supervisión, almacén, instalaciones, servicio de taller, accesorios diversos, administración, servicios públicos, etc.

Costos Generales:

Son los costos en que incurre la empresa para sostener las áreas de apoyo o de funciones no propiamente productivas y que a su vez dan soporte a las áreas que desempeñan labores que se relacionan directamente con el negocio. Son los costos distribuidos de áreas administrativas.

Costos por Pérdida de producción:

En un análisis comparativo, se deben considerar también los costos por pérdida de producción, estos resultan muy elevados y muchas veces determinan el plan de mantenimiento a ejecutar.

## 7.2 ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO

La planta de bombeo de relaves es la encargada de evacuar todos los relaves de la planta concentradora, la falla en su función hace que la planta concentradora deba parar por ahogo, sin embargo se cuenta con la laguna de contingencia para un máximo utilizable de 24 horas. Las pérdidas por parada de planta concentradora se evalúa en US\$ 17,000.00 por hora de parada.

### Costos de Mantenimiento Correctivo

A continuación se muestra el resumen anualizado de costos de mantenimiento para la planta de bombeo de relaves bajo el esquema de mantenimiento Correctivo ( Jul 06 – Jun 07).

COSTOS 2006	2006						2007						PROM	TOTAL
	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		
REPOS. BOMBAS WARMER GH	16.522	11.602	15.535	11.127	11.898	14.319	21.741	21.084	17.835	21.611	14.211	30.668	17.351	208.206
REPOS. BOMBAS CAIPUMPS	1.818	2.201	1.658	1.205	1.303	1.534	2.397	1.363	81	65	6.139	4.878	1.993	23.618
REPOS. LÍNEAS	0	0	111	75	68	101	0	0	0	361	3.617	3.350	1.105	7.744
REPOS. PIA. FLOCCULANTE	31	142	829	695	657	761	0	0	0	0	0	26	362	3.853
REPOS. EQUIPOS VARIOS	348	7	525	161	175	203	2.423	4.416	6.063	853	4.720	4.314	2.619	24.027
SERVICIOS	0	0	0	0	0	0	0	1.025	0	498	1.324	0	1.399	6.501
PERSONAL (BOLSA)	2.674	2.729	2.820	2.545	2.962	2.665	2.907	3.001	2.882	2.924	2.985	2.840	2.784	33.453
ENERGIA														0
<b>Total</b>	<b>21.364</b>	<b>16.675</b>	<b>21.534</b>	<b>15.724</b>	<b>17.092</b>	<b>19.543</b>	<b>29.165</b>	<b>30.570</b>	<b>26.897</b>	<b>26.184</b>	<b>38.837</b>	<b>46.074</b>	<b>25.584</b>	<b>387.007</b>
VOLUMEN m <sup>3</sup>	38,069	105,323	91,434	95,270	96,499	76,272	101,139	89,895	92,175	88,114	89,775	75,031	91,567	1,088,562
Tn Tratada Planta	111,853	118,354	104,507	118,896	115,736	119,394	119,096	110,155	121,491	115,821	125,365	121,407	117,526	1,410,430
Tn Evap	46,896	58,291	51,004	63,863	61,426	49,363	81,323	73,890	88,701	74,135	89,749	74,433	88,888	791,800
HRS TRABAJO	634	708	641	710	620	683	680	614	710	656	708	645	714	8,088
CARGAL (m <sup>3</sup> /hr)	143	146	144	135	145	146	136	129	124	122	121	111	124	1,608
DEMANDA (gr/hr)	1,375	1,434	1,433	1,338	1,514	1,500	1,616	1,652	1,358	1,692	1,694	1,640	1,647	18,562
% SOLEDOS	37	42	42	47	45	45	54	55	52	56	56	55	59	589
CSA/m <sup>3</sup>	0.19	0.14	0.20	0.13	0.15	0.16	0.24	0.28	0.22	0.22	0.29	0.34	0.22	
CS/m <sup>3</sup>	0.29	0.16	0.24	0.17	0.18	0.25	0.29	0.36	0.29	0.30	0.40	0.44	0.29	
CS/m <sup>3</sup>	33.70	23.57	33.60	22.45	25.56	28.07	42.77	50.36	37.57	39.97	58.81	69.24	34.17	

El costo anualizado del mantenimiento correctivo incluyendo los costos de no producción ascienden a : US\$ 18'875,122.00 como se ve en el siguiente resumen

MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
DIAS PROGRAMADOS	353
COSTO HORA NO PRODUCCION	17000.0
DISPINIBILIDAD	87.11%
COSTOS	
REPUESTOS	266,647.00
SERVICIOS	6,901.00
MANO DE OBRA	33,459.00
COSTO MANTENIMIENTO	307,007.00
COSTO DE NO PRODUCCION	18,568,114.34
COSTO TOTAL	18,875,122.00

### Costos de Mantenimiento Preventivo

A continuación se muestra el resumen anualizado de costos de mantenimiento para la planta de bombeo de relaves bajo el esquema de mantenimiento preventivo (Jul07 – Jun 08).

COSTOS 2007	2007						2008						PROB	TOTAL
	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		
RPTOS. BRAS. PHARMAN ext	23,520	19,440	19,361	5,562	19,821	11,233	14,818	24,459	8,551	16,300	27,979	8,275	16,539	198,417
RPTOS. BRAS. CATPUMPS	1,820	1,923	4,474	2,482	1,186	9,696	7,211	4,779	4,121	5,488	5,252	3,988	4,149	49,791
RPTOS. ESPESADOR	55	0	0	140	0	0	0	0	600	0	0	451	0	1,245
RPTOS. PTA. FLOCULANTE	0	0	0	0	0	0	0	1,977	502	0	2,169	486	1,289	5,154
RPTOS. EQUIPOS VARIOS	122	2,481	96	0	284	1,026	4,003	6,353	19,145	5,356	2,508	4,800	3,185	35,157
SERVICIOS	410	5,200	4,969	0	2,450	0	7,300	24,580	1,370	0	2,560	1,987	5,678	59,874
PERSONAL (HECASA)	2,751	2,839	2,505	3,393	2,910	2,733	2,779	2,890	2,733	3,010	2,489	3,105	2,889	34,565
ENERGIA														0
TOTAL (US\$)	27,917	31,883	31,294	11,468	26,811	24,988	36,111	65,365	28,092	26,045	47,850	23,092	31,250	375,004
VOLUMEN m3	98,157	115,110	80,623	91,670	94,294	106,891	91,670	94,294	106,891	93,670	107,077	106,891	93,670	1,186,358
Tn Tratada Planta	126,178	129,607	85,415	121,919	120,971	125,791	125,292	118,139	127,889	123,884	126,834	122,561	121,197	1,454,365
Tn Envío	81,939	97,306	67,663	92,250	88,584	87,689	92,250	88,584	87,689	92,250	88,584	87,689	87,208	1,052,476
MPS TRABAJO	699	738	596	708	635	665	788	625	665	788	655	665	655	8,180
CARGAL (m3/hr)	138	156	199	175	175	191	175	175	191	175	175	191	175	2,077
SENERGIA (m3/hr)	1,258	1,297	1,254	1,474	1,469	1,487	1,474	1,465	1,487	1,254	1,495	1,457	1,258	19,859
% SOLIDOS	51	53	49	47	45	45	47	45	45	48	45	45	48	573
US\$/m3	0.22	0.25	0.37	0.19	0.22	0.29	0.29	0.55	0.22	0.21	0.33	0.19	0.26	
US\$/m3	0.28	0.28	0.38	0.12	0.28	0.23	0.39	0.69	0.26	0.28	0.41	0.22	0.32	
US\$/m3	40.46	43.28	62.04	16.26	36.92	31.58	51.02	95.47	42.14	26.80	61.59	34.72	45.66	

El costo anualizado del mantenimiento preventivo incluyendo los costos de no producción ascienden a : US\$ 13'507,617.00 como se ve en el siguiente resumen

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
DIAS PROGRAMADOS	353
COSTO HORA NO PRODUCCION	17000.0
DISPINIBILIDAD	90.88%
COSTOS	
REPUESTOS	289,764.39
SERVICIOS	50,674.36
MANO DE OBRA	34,564.92
COSTO MANTENIMIENTO	375,003.67
COSTO DE NO PRODUCCION	13,132,613.35
COSTO TOTAL	13,507,617.02

### 7.3 RETORNO DE LA INVERSIÓN

El nivel de inversión para realizar el mantenimiento preventivo lo obtenemos luego de evaluar el retorno sobre la inversión (return of investment o ROI), el cual es el beneficio que obtenemos por cada unidad monetaria invertida durante un período de tiempo.

Suele utilizarse para analizar la viabilidad de un proyecto y medir su éxito.

$$\text{ROI} = \text{Beneficios/Costos}$$

Su medida es un número relacionado con la razón Costo/Beneficio.

El beneficio de nuestra inversión radica en el menor monto del “Costo de mantenimiento + No producción” anual entre el mantenimiento correctivo y preventivo.

$$\text{Beneficio} = \$ 18'875,122.00 - \$ 13'507,617.00 = \$ 5'367,505.03$$

Y con una inversión en cuanto a mantenimiento preventivo que es de US\$. 375,003.67; podemos determinar nuestro ROI.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Beneficios-Costos}}{\text{Costos}} \times 100$$

$$\text{ROI} = \frac{5'367,505.03 - 375,003.67}{375,003.67} \times 100 = 1331.3 \%$$

La tasa de retorno de inversión se puede expresar en términos porcentuales, o en meses. Una tasa de retorno de inversión menor al 0% significa que se ha perdido recursos en el proyecto, una cifra del 100% significa que retornamos la inversión en 12 meses.

Por consiguiente, esto nos indica que la empresa recibe US \$ 14.31 por cada dólar que invierte.

Como puede verse, el ROI nos sirve como una herramienta para tomar la decisión de optar por el mantenimiento preventivo en lugar de la práctica tradicional del mantenimiento correctivo.

## CONCLUSIONES

1. El proceso de bombeo de relaves es un proceso crítico en sí para la operación de la planta concentradora, por lo cual se busca garantizar la máxima disponibilidad a través de esta implementación de mantenimiento preventivo.
2. No es recomendable implementar un sistema de mantenimiento planificado a un sin número de equipos, se debe implementar en los más significativos y de mayor impacto, por ello es importante realizar un análisis de criticidad adecuado.
3. El historial de mantenimiento ha sido un elemento muy importante para la determinación de frecuencias de fallas, tiempos de reparaciones, puntos críticos, etc para poder planificarlos adecuadamente y se debe continuar su registro para poder optimizar la planificación.
4. A través del análisis de costos, se determinaron puntos críticos de la planta que no fueron considerados tales en el plan inicial, como los servicios externos, por ello es bueno ir incrementando la base de datos paulatinamente haciendo uso riguroso de los documentos de mantenimiento.
5. Se ha conseguido reducir las paradas por mantenimiento correctivo, esto debe se continuar con la aplicación de las cartillas preventivas y ampliar el rango de equipos críticos.
6. Los costos por mantenimiento preventivo salieron mayores que los de mantenimiento correctivo, pero hubo un aumento de la disponibilidad de los equipos, siendo una línea crítica, por esto es que hace rentable la implementación del plan.

7. Teniendo en cuenta que el plan de mantenimiento es dinámico, para reducir los costos del mantenimiento preventivo es necesario mejorar las frecuencias y llevar un control estricto de los componentes y servicios, así se llevará a utilizar los repuestos hasta el fin de su vida útil.
8. Mediante un análisis del Retorno de la Inversión ó ROI para nuestro plan de mantenimiento, comprobamos que por cada UN dólar invertido, la empresa recibe 14.3 dólares en retomo, por lo cual se concluye que la inversión realizada es recuperada en un plazo muy breve, lo cual es resultado de aplicar este plan de mantenimiento.
9. Se debe alentar la mejora continua del mantenimiento de los equipos, mediante el uso de nuevos materiales y procesos, los cuales van a permitir reducir los costos en forma significativa y estar a la par con los incrementos de la producción; luego se deben mantener actualizadas las frecuencias de las actividades. Por lo cual es necesario la capacitación constante del personal técnico y profesional.

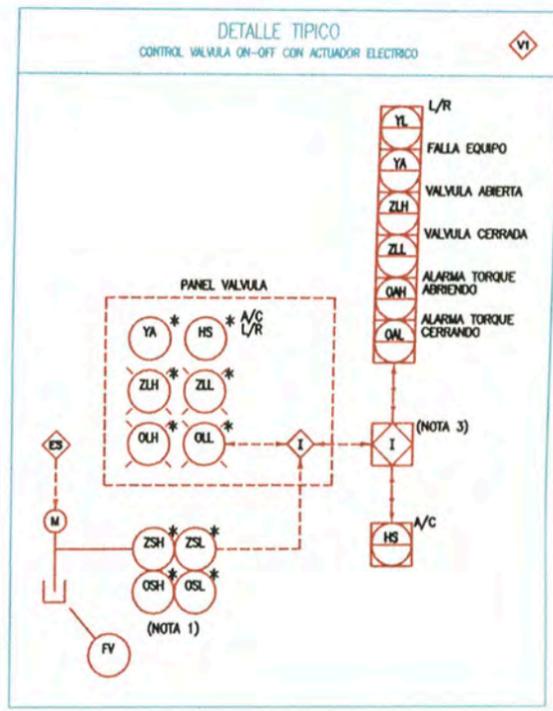
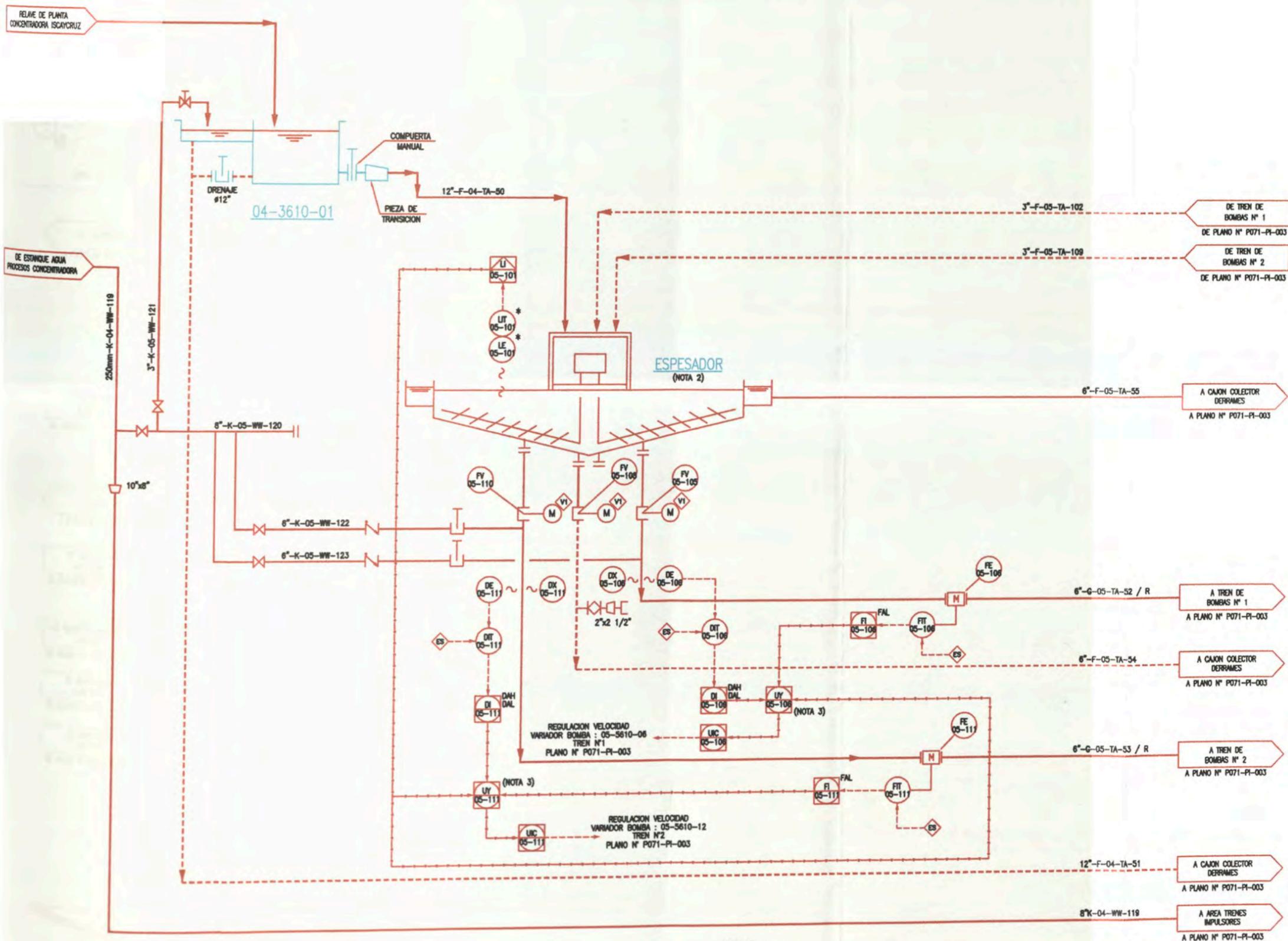
## **PLANOS**

**PLANO P071-R-PI-002R0.dwg DIAGRAMA DE CAÑERIAS E  
INSTRUMENTACION – LINEA DE RELAVES**

**PLANO P071-R-PI-002R0.dwg DIAGRAMA DE CAÑERIAS E  
INSTRUMENTACION – SISTEMA DE BOMBEO**

04-3610-01  
CAJON DISTRIBUIDOR  
RELAVES  
CAP. = 12M3

ESPEADOR  
ESPEADOR ALTA  
TASA  
DIAMETRO = 21 M.



- NOTAS :
- 1.- LOS TAGS DE LAS CORRESPONDIENTES SEÑALES EN EL SISTEMA DE CONTROL, ES IGUAL AL N° DE TAG DE CADA VALVULA.
  - 2.- PARA INSTRUMENTACION Y SISTEMA DE CONTROL DEL ESPEADOR, VER PLANOS DEL FABRICANTE DEL EQUIPO.
  - 3.- PARA DETALLES DE ESTRATEGIAS DE CONTROL VER INFORME P071-R-INF-IN-001.

EMPRESA MINERA ISCAYCRUZ S.A.  
INGENIERIA DETALLES  
TRANSPORTE DE RELAVES A NUEVA RELAVERA

SANTIAGO		CHILE
ESCALA	FORMATO	PROYECTO
50% ESC.	A1	P-071
PLANO NUMERO		P071-R-PI-002

NO.	FECHA	PROY.	INGEN.	DESCRIPCION	NO.	FECHA	PROY.	INGEN.	DESCRIPCION
1	26/01/2011	S.V.	S.A.	DISEÑO PARA CONSTRUCCION	PROYECTISTA	S.A.	26/01/2011		
2	26/01/2011	S.V.	S.A.	DISEÑO PARA CONSTRUCCION	PROYECTISTA	S.V.	26/01/2011		
3	26/01/2011	S.V.	S.A.	DISEÑO PARA CONSTRUCCION	PROYECTISTA	S.V.	26/01/2011		
4	26/01/2011	S.V.	S.A.	DISEÑO PARA CONSTRUCCION	PROYECTISTA	S.V.	26/01/2011		



## **ANEXOS**

### **ANEXO I : DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE BOMBEO DE RELAVES**



ANEXO II : FALLAS CARACTERISTICAS DE EQUIPOS DE PLANTA RELAVERA

FALLAS CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS - PLANTA RELAVERA

#	EQUIPO	ELEMENTO	MATERIAL	FALLA	CAUSA	SOLUCION	FRECUENCIA HORAS DE TRABAJO
1	BOMBA WARMAN 5"¢	MANGA DE EE	ACERO	FUGA DE RELAVE	DESGASTE EXCESIVO	CAMBIO DE MANGA	1200.00
2	BOMBA WARMAN 5"¢	MANGA DE EE	ACERO	FUGA DE RELAVE	ROTURA	CAMBIO DE MANGA	1200.00
3	BOMBA WARMAN 5"¢	MANGA DE EE	CERAMICO	FUGA DE RELAVE	DESGASTE EXCESIVO	CAMBIO DE MANGA	2500.00
4	BOMBA WARMAN 5"¢	MANGA DE EE	CERAMICO	FUGA DE RELAVE	ROTURA	CAMBIO DE MANGA	2500.00
5	BOMBA WARMAN 5"¢	PRENSAS TOPAS	PRENSAS TOPAS	FUGA DE RELAVE	FALTA DE AJUSTE	AJUSTE ADECUADO	24.00
6	BOMBA WARMAN 5"¢	PRENSAS TOPAS	PRENSAS TOPAS	QUIBRADURA DE EMPAQUE	FALTA DE AGUA	SUMINISTRO ADECUADO	24.00
7	BOMBA WARMAN 5"¢	PRENSAS TOPAS	PRENSAS TOPAS	QUIBRADURA DE EMPAQUE	ALCOMENTADO GASTADO	INSPECCION	168.00
8	BOMBA WARMAN 5"¢	PRENSAS TOPAS	PRENSAS TOPAS	QUIBRADURA DE EMPAQUE	EMPAQUE INADECUADO	CAMBIO DE EMPAQUES	2000.00
9	BOMBA WARMAN 5"¢	RODAMIENTOS	ACERO	ALTA VIBRACION	FALTA DE LUBRICACION	LUBRICACION ADECUADA	168.00
10	BOMBA WARMAN 5"¢	RODAMIENTOS	ACERO	ALTA VIBRACION	PERDIDA DEL RODAMIENTO	REEMPLAZO	19000.00
11	BOMBA WARMAN 5"¢	LUBRICANTE	ACEITE	ALTA VIBRACION	PERDIDA DE PROPIEDADES	CAMBIO DE ACEITE	4000.00
12	BOMBA WARMAN 5"¢	DISCO DE SUCCION	CAUCHO	DISMINUCION DE BOMBEO	DESGASTE LOCALIZADO	GIRO DE 180°	200.00
13	BOMBA WARMAN 5"¢	DISCO DE SUCCION	CAUCHO	PERDIDA DE BOMBEO	DESGASTE GENERAL	REEMPLAZO	300.00
14	BOMBA WARMAN 5"¢	DISCO DE SUCCION	POLIURETANO	DISMINUCION DE BOMBEO	DESGASTE LOCALIZADO	GIRO DE 180°	400.00
15	BOMBA WARMAN 5"¢	DISCO DE SUCCION	POLIURETANO	PERDIDA DE BOMBEO	DESGASTE GENERAL	REEMPLAZO	600.00
16	BOMBA WARMAN 5"¢	REVESTIMIENTO SUCCION	CAUCHO	DISMINUCION DE BOMBEO	DESGASTE LOCALIZADO	INSPECCION	200.00
17	BOMBA WARMAN 5"¢	REVESTIMIENTO SUCCION	CAUCHO	PERDIDA DE BOMBEO	DESGASTE GENERAL	REEMPLAZO	350.00
18	BOMBA WARMAN 5"¢	REVESTIMIENTO SUCCION	POLIURETANO	PERDIDA DE BOMBEO	DESGASTE GENERAL	REEMPLAZO	450.00
19	BOMBA WARMAN 5"¢	REVESTIMIENTO PRENSA	CAUCHO	DISMINUCION DE BOMBEO	DESGASTE LOCALIZADO	INSPECCION	200.00
20	BOMBA WARMAN 5"¢	REVESTIMIENTO PRENSA	CAUCHO	PERDIDA DE BOMBEO	DESGASTE GENERAL	REEMPLAZO	400.00
21	BOMBA WARMAN 5"¢	REVESTIMIENTO PRENSA	POLIURETANO	PERDIDA DE BOMBEO	DESGASTE GENERAL	REEMPLAZO	500.00
22	BOMBA WARMAN 5"¢	EMPAQUE	ACERO	DISMINUCION DE BOMBEO	DESGASTE LOCALIZADO	INSPECCION	168.00
23	BOMBA WARMAN 5"¢	IMPULSOR	ACERO	PERDIDA DE BOMBEO	DESGASTE GENERAL	REEMPLAZO	1200.00
24	BOMBA WARMAN 5"¢	IMPULSOR	POLIURETANO	PERDIDA DE BOMBEO	DESGASTE GENERAL	REEMPLAZO	1500.00
25	BOMBA WARMAN 5"¢	ANILLO DISTRIBUIDOR	ACERO	QUIBRADURA DE EMPAQUE	DESGASTE EXCESIVO	REEMPLAZO	3000.00
26	BOMBA WARMAN 5"¢	STUFFING BOX	ACERO	QUIBRADURA DE EMPAQUE	DESGASTE EXCESIVO	REEMPLAZO	15000.00
27	BOMBA WARMAN 5"¢	CAJA DE RODAMIENTOS	ACERO	VIBRACION DE LA BOMBA	DESEMBALE	ALINEAMIENTO	2000.00
28	BOMBA WARMAN 5"¢	PAJAS DE TRANSMISION	CAUCHO/CLAYTON	CALENTAMIENTO BOMBO	FAJAS SUELTAS	TEMPERAR LAS FAJAS	168.00
29	BOMBA WARMAN 5"¢	PAJAS DE TRANSMISION	CAUCHO/CLAYTON	CALENTAMIENTO BOMBO	FAJAS ROTAS	CAMBIO DE FAJAS	3000.00

### FALLAS CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS - PLANTA RELAVERA

#	EQUIPO	ELEMENTO	MATERIAL	FALLA	CAUSA	SOLUCION	FRECUENCIA HORAS DE TRABAJO
30	BOMBA DE AGUA CATRUMP	FILTRO DE ADMISION	MALLA	PERDIDA DE FLUJO DE AGUA	OBSTRUCCION SUCIEDAD	LIMPIEZA DEL FILTRO	198.00
31	BOMBA DE AGUA CATRUMP	KIT PISTON	CAUCHO NBR	PERDIDA DE FLUJO DE AGUA	DESGASTE	REEMPLAZO	1000.00
32	BOMBA DE AGUA CATRUMP	KIT VALVE	ACERO	PERDIDA DE FLUJO DE AGUA	DESGASTE	REEMPLAZO	1200.00
33	BOMBA DE AGUA CATRUMP	CYLANDER STEEL	ACERO	PERDIDA DE FLUJO DE AGUA	DESGASTE	REEMPLAZO	2000.00
34	BOMBA DE AGUA CATRUMP	ROD PISTON	ACERO	PERDIDA DE FLUJO DE AGUA	DESGASTE	REEMPLAZO	3000.00
35	BOMBA DE AGUA CATRUMP	BIELAS	ACERO	PERDIDA DE FLUJO DE AGUA	DESGASTE	REEMPLAZO	8000.00
36	BOMBA DE AGUA CATRUMP	RODAMIENTOS	ACERO	VIBRACION DE LA BOMBA	DESGASTE	CAMBIO DE RODAMIENTOS	10000.00
37	BOMBA DE AGUA CATRUMP	LUBRICANTE	ACEITE	CALENTAMIENTO, BOMBO	PERDIDA DE PROPIEDADES	CAMBIO DE ACEITE	1000.00
38	BOMBA DE AGUA CATRUMP	TUBERIAS DE AGUA	FERRIC	FUGA DE AGUA, ROTURA	ALTA VIBRACION	INSPECCION	168.00
39	BOMBA DE AGUA CATRUMP	INDICADOR DE FLUJO	BRONCE	PERDIDA DE FLUJO DE AGUA	MEDIDOR MALGRADO	CAMBIO DE INSTRUMENTO	8000.00
40	BOMBA DE AGUA CATRUMP	MANOJERO	Glicerina	ROTURA, PERDIDA	ALTA VIBRACION	INSPECCION	168.00
41	VALVULA AUTOMATICA ENVO 4"	ASIENTO ELASTOMERICO	CAUCHO REFORZ	NO PRESENTA SINTOMAS	DESGASTE LOCALIZADO	GIRO DE 180°	2000.00
42	VALVULA AUTOMATICA ENVO 4"	ASIENTO ELASTOMERICO	CAUCHO REFORZ	FUGA DE RELAME POR VALVULA	DESGASTE GENERAL	REEMPLAZO	4000.00
43	VALVULA AUTOMATICA REGULACION 3"	ASIENTO ELASTOMERICO	CAUCHO REFORZ	NO PRESENTA SINTOMAS	DESGASTE LOCALIZADO	GIRO DE 180°	4000.00
44	VALVULA AUTOMATICA REGULACION 3"	ASIENTO ELASTOMERICO	CAUCHO REFORZ	FUGA DE RELAME POR VALVULA	DESGASTE GENERAL	REEMPLAZO	2000.00
45	LINEA DE RELAVES	SPOOL DE 4"	ACERO O POLIURETANO	FUGA DE RELAME	DESGASTE GENERAL	REPARACION	4500.00
46	LINEA DE RELAVES	SPOOL DE 6"	ACERO O POLIURETANO	FUGA DE RELAME	DESGASTE GENERAL	REPARACION	4500.00
47	LINEA DE RELAVES	SPOOL DE 4"	ACERO O POLIURETANO	FUGA DE RELAME	DESGASTE GENERAL	INSPECCION	1500.00
48	LINEA DE RELAVES	SPOOL DE 6"	ACERO O POLIURETANO	FUGA DE RELAME	DESGASTE GENERAL	INSPECCION	1500.00
49	LINEA DE RELAVES	SPOOL DE 4"	ACERO O POLIURETANO	DISMINUCION DE BOMBEO	DESARRENDIMIENTO DE FORRO	REPARACION	4500.00
50	LINEA DE RELAVES	TUBO LARGO DE RELAVE 8"	ACERO	NO PRESENTA SINTOMAS	DESGASTE LOCALIZADO	GIRO DE 180°	10000.00
51	LINEA DE RELAVES	TUBO LARGO DE RELAVE 6"	ACERO	FUGA DE RELAME AL MEDIO AMBI	DESGASTE LOCALIZADO	REPARACION	28000.00
52	LINEA DE RELAVES	ACOPLE DE TUBERIA DE 6"	ACERO	FUGA DE RELAME AL MEDIO AMBI	DESGASTE LOCALIZADO	CAMBIO DE ACOPLE	28000.00
53	LINEA DE RELAVES	PIEZA ESPECIAL ODDO DE 6"	ACERO	FUGA DE RELAME AL MEDIO AMBI	DESGASTE LOCALIZADO	CAMBIO DE ODDO	28000.00
54	LINEA DE RELAVES	ANILLO DISIPADOR CERAMICO	CERAMICO ANTIABRASIVO	ROTURA, PERDIDA	DESGASTE GENERAL	INSPECCION	3000.00
55	LINEA DE RELAVES	ANILLO DISIPADOR CERAMICO	CERAMICO ANTIABRASIVO	ROTURA, PERDIDA	DESGASTE GENERAL	REEMPLAZO	12000.00
56	PLANTADE FLOCULANTE	GUSANO DOSIFICADOR	ACERO	OBSTRUCCION	ATORO POR HUMEDAD	LIMPIEZA DEL GUSANO	24.00
57	PLANTADE FLOCULANTE	GUSANO DOSIFICADOR	ACERO	ROTURA, PERDIDA	DESGASTE GENERAL	CAMBIO DE GUSANO	3000.00
58	PLANTADE FLOCULANTE	VALVULA DE INGRESO DE AGUA	ACERO	OBSTRUCCION	CONGELAMIENTO	LIMPIEZA, INSPECCION	188.00

## FALLAS CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS - PLANTA RELAVERA

#	EQUIPO	ELEMENTO	MATERIAL	FALLA	CAUSA	SOLUCION	FRECUENCIA HORAS DE TRABAJO
59	UNIDAD HDRAUL. ESPESADOR	FLUIDO HIDRAULICO	ACEITE	CALENTAMIENTO, SONDO	PERDIDA DE PROPIEDADES	CAMBIO DE ACEITE	4000.00
60	UNIDAD HDRAUL. ESPESADOR	FILTRO DE RETORNO	SINTETICO	PERDIDA DE PRESION DE TRABAJO	OBSTRUCCION SUCIEDAD	CAMBIO DE FILTRO	2000.00
61	REDUCTOR ESPESADOR	RODAMIENTOS	ACERO	VIBRACION DE LA RASTRA	DESGASTE GENERAL	CAMBIO DE RODAMIENTOS	26000.00
62	REDUCTOR ESPESADOR	CAJA DE ENGRANAJE	ACEITE	VIBRACION DE LA RASTRA	PERDIDA DE PROPIEDADES	CAMBIO DE ACEITE	3000.00
63	VALVULA MOTORIZADA DE 6"	EJE DE ACTUADOR ELECTRICO	ACERO	NO CIERRA LA VALVULA	DESGASTE	CALBRAR FIN DE CARRERA	5000.00
64	VALVULA MOTORIZADA DE 6"	ASIEN TO ELASTOMERICO	CAUCHO REFORZ.	NO CIERRA LA VALVULA	DESGASTE LOCALIZADO	GIRO DE 180°	4000.00
65	VALVULA MOTORIZADA DE 6"	ASIEN TO ELASTOMERICO	CAUCHO REFORZ.	NO CIERRA LA VALVULA	DESGASTE GENERAL	REEMPLAZO	3000.00
66	VALVULA MOTORIZADA DE 6"	CUCHILLA	ACERO	NO CIERRA LA VALVULA	DESGASTE LOCALIZADO	REPARACION	4000.00
67	VALVULA MOTORIZADA DE 6"	CUCHILLA	ACERO	NO CIERRA LA VALVULA	DESGASTE GENERAL	CAMBIO DE HOJA	3000.00
68	UNIDAD HDRAUL. ANTRETORNO	FLUIDO HIDRAULICO	ACEITE	CALENTAMIENTO, SONDO	PERDIDA DE PROPIEDADES	CAMBIO DE ACEITE	4000.00
69	UNIDAD HDRAUL. ANTRETORNO	FILTRO DE RETORNO	SINTETICO	PERDIDA DE PRESION DE TRABAJO	OBSTRUCCION SUCIEDAD	CAMBIO DE FILTRO	2000.00
70	UNIDAD HDRAUL. ANTRETORNO	ACUMULADOR HDRAULICO	NITROGENO	PERDIDA DE PRESION DE TRABAJO	BAJA PRESION ACUMULADOR	RECARGA DE NITROGENO	3000.00
71	UNIDAD HDRAUL. ANTRETORNO	PRECALENTADOR	ELECTRICO	PERDIDA DE SOBIBO	PRECALENTADO QUEMADO	CAMBIO DE PRECALENTADOR	15000.00
72	VALVULA ANTRET. HP DE 6"	CUERPO DE VALVULA	ACERO	NO CIERRA LA VALVULA	DESGASTE GENERAL	CAMBIO DE VALVULA	10000.00
73	VALVULA ANTRET. HP DE 4"	CUERPO DE VALVULA	ACERO	NO CIERRA LA VALVULA	DESGASTE GENERAL	CAMBIO DE VALVULA	10000.00
74	CICLON D20	REVESTIMIENTO CABEZA	CAUCHO	NO CLASIFICA	DESGASTE GENERAL	CAMBIO DE FORRO CABEZA	4000.00
75	CICLON D20	REVESTIMIENTO CONO	CAUCHO	NO CLASIFICA	DESGASTE GENERAL	CAMBIO DE FORRO CONO	4000.00
76	CICLON D20	APEX 3"	CAUCHO	NO CLASIFICA	DESGASTE GENERAL	CAMBIO DE APEX	2000.00
77	CICLON D20	VORTEX 6.5"	CAUCHO	NO CLASIFICA	DESGASTE GENERAL	CAMBIO DE VORTEX	2000.00

ANEXO III : Tabla de Criticidad de Equipos Planta Relavera ( 1 / 2 )

EQUIPO	CANT.	SISTEMA	COMPONENTE	SEGURIDAD	CALIDAD	UTILIZACIÓN	AFECCIONES	FRECUENCIA	TIEMPO	CRITICIDAD		
<b>1. ALIMENTACION DE RELAVE</b>												
Cajón Recepción de relaves	1	MECANICO	COMPUERTA A ESPESADOR	3	3	3	1	3	1	C		
Válvulas de Emergencia	1		CUERPO DE VALVULA	3	2	2	3	3	1	C		
<b>2. ESPESAMIENTO</b>												
Espesador Outo Kump	1	SISTEMA HIDRAULICO	BOMBA HIDRAULICA DE ENGRANAJES	3	2	2	2	2	1	B		
			TANQUE HIDRAULICO	3	2	2	2	3	1	B		
			CILINDROS DE IZAJE DE RASTRA	3	2	2	2	3	1	B		
			ELECTROVALVULAS	3	2	3	2	2	2	B		
			MANGUERAS	3	2	2	2	2	3	C		
		SISTEMA DE TRANSMISION	MOTOR HIDRAULICO	3	2	2	2	3	1	B		
			REDUCTOR PLANETARIO	3	2	2	2	3	1	B		
			DRIVER PRINCIPAL	3	2	2	2	3	1	B		
		CONTROL	SENSORES	3	2	3	2	2	2	B		
			TABLERO DE CONTROL	3	2	1	2	3	2	B		
			DENSIMETRO NUCLEAR OHMART	3	2	3	2	2	2	B		
			FLUJOMETRO MAGFLO	3	2	2	1	3	2	B		
		ELECTRICO OTROS	PLC SIEMES S7-200	3	2	2	2	1	2	B		
MOTOR ELECTRICO DE LA U H	3		2	2	2	3	1	B				
Equipo de Floculación Ultramat	1	MECANICO	RASTRA CON PALETAS	3	2	3	2	3	2	C		
			AGITADOR DE CAMARA DE PREPARACION	3	2	2	3	2	2	B		
		ELECTRICO	TOLVA DE CARGA	3	2	2	3	1	1	B		
			MOTOR DEL AGITADOR	3	3	2	3	1	1	B		
			MOTOR DEL GUSANO	3	3	2	3	1	2	B		
		CONTROL	PRECALENTADOR	3	2	2	2	2	1	B		
			SENSORES	3	2	3	2	2	2	B		
		Bomba Dosificadora de floculante	1	ELECTRICO	PLC	3	2	2	2	1	2	B
		Válvulas Motorizadas de descarga de 6"	3	VALVULA	MEMBRANA	3	2	2	3	2	2	B
				ELEC	CUERPO DE VALVULA	3	2	2	2	3	1	B
			ACTUADOR ELECTRICO	3	2	2	2	3	2	B		
<b>3. IMPULSION</b>												
Válvulas de direccionamiento de flujo de 4" y de 3" AUMA	4	ESTRUCTURA	CUERPO DE VALVULA	3	2	1	1	3	1	B		
			PUENTE SOPORTE DE PISTON	3	2	1	1	3	1	B		
		SISTEMA	ASIENTOS ELASTOMEROS	3	2	1	1	3	1	B		
			CUCHILLA	3	2	1	1	3	1	B		
		ELECTRICO	VASTAGO	3	2	1	1	3	1	B		
			ACTUADOR ELECTRICO	3	2	1	1	2	1	B		
		CONTROL	SWITCH DE FIN DE CARRERA INTERIOR	3	2	1	1	2	1	B		

ANEXO III : Tabla de Criticidad de Equipos Planta Relavera ( 2 / 2 )

EQUIPO	CANT.	SISTEMA	COMPONENTE	SEGURIDAD	CALIDAD	UTILIZACION	AFECCIONES	FRECUENCIA	TIEMPO	CRITICIDAD
<b>3. IMPULSION</b>										
Bombas Horizontal de Relave Warman 6 x 4	12	SISTEMA ELECTRICO	MOTOR ELECTRICO	3	1	1	1	1	2	A
			TABLERO	3	1	1	1	1	2	A
			CABLEADO	3	1	1	1	1	2	A
		SISTEMA DE TRANSMISION	POLEAS	3	1	3	2	1	1	A
			FAJAS	3	1	3	2	1	1	A
			ARBOL	3	1	3	2	1	1	A
		SISTEMA MECANICO	IMPULSOR	3	1	1	1	1	2	A
			CARCAZA	3	1	1	1	1	2	A
			FORROS	3	1	1	1	1	2	A
			DISCO DE SUCCION	3	1	1	1	1	2	A
Bombas de agua para sellos CAT PUMPS	7	SISTEMA DE	POLEAS	3	1	1	2	1	3	A
			FAJAS	3	1	1	2	1	3	A
			CIGUENAL	3	1	1	2	1	3	A
			BIELAS	3	1	1	2	1	3	A
		SISTEMA	VALVULAS DE SALIDA	3	1	1	2	1	3	A
			CILINDRO / EMBOLO / PISTONES	3	1	1	2	1	3	A
			VALVULA CHECK	3	1	1	2	1	3	A
			LINEAS DE AGUA DE SELLOS	3	1	1	2	1	3	A
		CONTROL	REGULADOR DE PRESION Y FLUJO	3	1	1	2	1	3	A
		SENSOR DE FLUJO	3	1	1	2	1	3	A	
Reservorio de agua para sellos	1	ESTRUCTURA	TANQUE DE AGUA	3	3	1	2	3	1	B
<b>4. BLOQUEO ANTIRETORNO</b>										
Válvula de seguridad de Bola	3	SISTEMA MECANICO	ACTUADOR MORIN	1	2	1	2	3	1	A
			VALVULA DE BOLA VALVTECHNOLOGIE	1	2	1	2	3	1	A
Unidad Hidráulica de Válvulas de Seguridad	1	HIDRAULICO	UNIDAD HIDRAULICA	2	2	2	2	3	2	A
		ELECTRICO	MOTOR ELECTRICO	2	2	2	2	3	2	A
		CONTROL	SENSORES	2	2	2	2	3	2	A
<b>5. LINEA DE IMPULSION</b>										
Ciclón D-20B	1	MECANICO	APEX Y VORTEX	3	3	3	2	2	3	C
			CUERPO DE CICLON	3	3	3	2	2	3	C
Tubería de Descarga ULTRA 600	1	ESTRUCTURA	TUBERIA METALICA PESADA DE 6"	3	1	3	2	2	3	A

## ANEXO IV : DOCUMENTOS NECESARIOS PARA INGRESAR UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL SISTEMA SAP MODULO PM

### Ciclo de una orden preventiva



### Términos en Mantenimiento

•Clase de Orden:

-PM01: Emergente de falla.

-PM02: Emergente planificado.

-PM03: Preventivo.

-PM05: Reparación de equipo.

-Otras : PM04, PM07, PM09, PM10.

### Términos de Mantenimiento

- Ubicaciones Técnicas .- Es una cadena que permite representar una unidad productiva en forma jerárquica.
- Unidad productiva .- Activo que produce un bien o un servicio.
- Equipo .- Cumple una Función específica en una unidad productiva y se encuentra sujeto a mantenimiento, según características puede ser considerado un activo.
- Lista de Materiales .- Conjunto de Repuestos comúnmente utilizado en un activo.

### •Ubicaciones técnicas IH01

GL-P-QU-YAU	YAULIYACU
GL-P-QU-YAU-IN	INDIRECTOS
GL-P-QU-YAU-MA	MANTENIMIENTO SUPERFICIE
GL-P-QU-YAU-MI	HINA
GL-P-QU-YAU-MI-01	SECCION I
GL-P-QU-YAU-MI-02	SECCION II
GL-P-QU-YAU-MI-03	SECCION IV
GL-P-QU-YAU-MI-04	SECCION V
GL-P-QU-YAU-MI-05	SECCION VI
GL-P-QU-YAU-MI-06	EQUIPOS AUXILIARES
GL-P-QU-YAU-MI-07	EQUIPOS NOVILES PESADOS
GL-P-QU-YAU-MI-07-001	CARROS MINEROS
GL-P-QU-YAU-MI-07-002	JUMBOS
GL-P-QU-YAU-MI-07-002-01	JUMBOS ELECTROHIDRAULICOS
GL-P-QU-YAU-MI-07-002-01-01	JUMBO BOOMER H126 XN
1000005760	JUMBO BOOMER H126 XN
GL-P-QU-YAU-MI-07-002-01-01-01	SISTEMA HIDRAULICO
GL-P-QU-YAU-MI-07-002-01-01-02	SISTEMA HIDROSTATICO
GL-P-QU-YAU-MI-07-002-01-01-03	SISTEMA ELECTRICO
GL-P-QU-YAU-MI-07-002-01-01-04	SISTEMA COMPRESORA
GL-P-QU-YAU-MI-07-002-01-01-05	SISTEMA MOTOR
1000002847	MOTOR DIESEL DEUTZ F4L912W DE 62 HP
1000002848	BOMBA DE INYECCION BOSCH PES4
1000002849	TURBO KKK PARA MOTOR F4L912W
GL-P-QU-YAU-MI-07-002-01-01-06	SISTEMA ESTRUCTURA
GL-P-QU-YAU-MI-07-002-01-02	JUMBO ESTACA NO. 02

### Avisos de mantenimiento IW21

▪Objetivo: Generar un documento solicitando el trabajo de mantenimiento y documentar el mismo para el Historial.

**Crear aviso-MT: Solicitud de Mtto**

Aviso: 100000000001 M2 REPARACION DE SISTEMA HIDRAULICO  
 Status: MEAB  
 Orden: [ ]

**Objeto de referencia**

Ubicación técn.	GL-B-CD-SQL-MI-07	SCOOP DIESEL H8T1A (SD-01) (TANIA)
Equipo	20000137	MOTOR DIESEL DEUTZ F6L912W
Conjunto		

**Circunstancias**

Codificación	GENERAL ELEC ELECTRICA
Descripción	REPARACION DE SISTEMA HIDRAULICO
Of. de	05.06.2006 19:52:29 - G. SERRANO (G.SERRANO)
Descripción	Reparación del sistema hidráulico, bomba hidráulica de levante y volteo

**Responsabilidades**

Grupo planif.	603 / 2201	MINA
Pto. fáb. resp.	MI-MECA / 2201	ELECTRICISTAS
Dpto. responsabi		
Responsable		
Autor del aviso	G. SERRANO	Fecha de aviso 30.05.2006 17:56:08

**Fechas extremas**

Inicio deseado	05.06.2006 19:52:29	Prioridad	3 Riesgo a Produccion
Fin deseado	06.06.2006 19:52:29	<input checked="" type="checkbox"/> Parada	
Revisión	2201		

**Posición**

Parte objeto	GENERAL 0027	BOMBA DE LEVANTE Y VOLTEO
Sínt. avería	MECANICO LUB	LUBRICANTE CON COLOR EXTRAÑO
Texto		ACEITE HIDRAULICO CON COLOR EXTRAÑO
Causas avería	MECANICA DES	DESCASTE NORMAL POR USO
Texto causa		DESCASTE NORMAL POR USO

Entrada 1 De 1

▪Quienes crean avisos de mantenimiento: Todas áreas y/o persona que requieran, algún tipo de trabajo (Mina, planta e indirectos).

▪Datos necesarios para un requerimiento: Descripción detallada de la falla, lugar, equipo, etc.

-Identificar el puesto de trabajo que será responsable por la ejecución del trabajo requerido.

▪Datos requeridos para documentar:

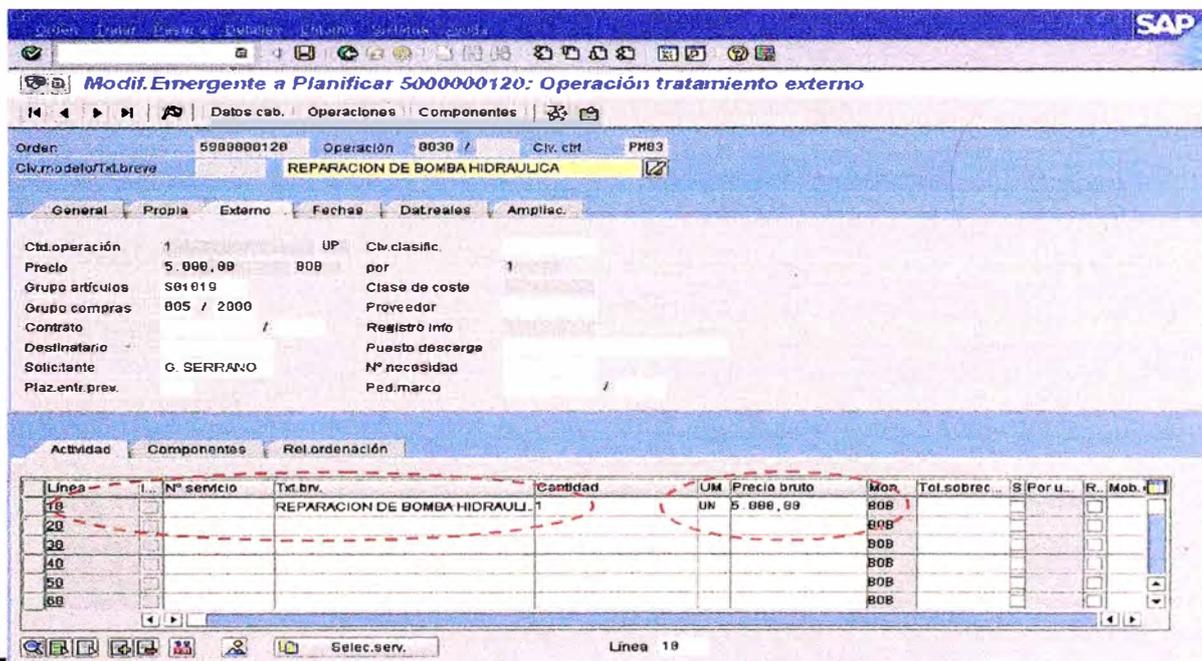
-Identificar la ubicación técnica y/o equipo a reparar.

-Ingresar el tiempo de detención y la puesta en servicio de la ubicación y/o equipo.

- Detallar del trabajo efectuado, especificando lugar de trabajo, etc.
- Fecha inicio y fin del trabajo.
- Detallar la parte Objeto, Síntoma y Causa, datos importantes para el análisis de fallas.

### Ordenes de Mantenimiento IW31

- Objetivo: Gestionar todo trabajo a efectuar.
- Quienes deberían crear una orden: Personal de mantenimiento.



- Datos a Documentar:
  - Descripción breve de la orden de trabajo.
  - Identificar la ubicación técnica y/o equipo donde se efectuará el trabajo.
  - Identificar el puesto de trabajo responsable que efectuará la actividad.
  - Fechas inicio y fin del trabajo.
  - Descripción de la tarea efectuada.
  - Especificar el puesto de trabajo que ejecutará el trabajo.

- Determinar las clases de actividad.
- Determinar las claves de control.
- Estimar adecuadamente la duración del trabajo.
- Documentos asociados:
  - Creación de reservas y solicitudes de pedido.
  - Definición de la norma de liquidación (cuenta donde se cargará el costo).

### Notificación y cierre de la orden ( IW41 y IW32)

- Objetivo: Registrar las horas reales de duración del trabajo.
- Cerrar la orden en las fechas indicadas para determinar la duración del mantenimiento.
- Pasos del cierre:
  - Cierre técnico.
  - Cierre comercial.

Notificación de orden MT registrar : Datos reales

Orden: 5000000122 prueba taller superficie  
 Operación: 0010 reparacion de control de turno  
 Status sistema: LIB

**Datos de notificación**

Notificación: 3118 C1.  
 Puesto trabajo: MEC\_M\_PL 01 PERSONAL CTTA IDICSA\_MAESTRANZA  
 N° personal:   
 Trabajo real: 30 H Clase actividad: 923030 CC-nómina:   
 Fecha contab.: 02.06.2006

Notif.final  Sin lbjo.rest. Criterio cálc.:   
 Comp.reservas  Tbj.to.restante H

Inicio trabajo: 31.05.2006 07:00:00 Dur.real notif.:   
 Fin trabajo: 02.06.2006 12:04:37 Fin pronóstico: 24:00:00

Mot desviac.:   
 Texto notificación:

**Datos de notificación totales**

Trbj.real acum.: 0 H Duración real: 0 H  
 Pronóst.trabajo: 30 H Dur.planif.: 15,0 H  
 Inicio real: 00:00:00 Fin real: 00:00:00

### **Transacciones importantes**

- Creación de ubicaciones técnicas (IL01, IL02 e IL03).
- Creación de equipos (IE01, IE02 e IE03).
- Visualizar estructura de mantenimiento (IH01).
- Creación de puestos de trabajo (IR01, IR02 e IR03).
- Creación de lista de materiales (CS01).
- Creación de estrategias (IP11).
- Creación de hojas de ruta (IA05 e IA06).
- Creación de puntos de medida (IK01).
- Creación y programación de planes (IP01, IP10).
- Creación de órdenes (IW31, IW32, IW33)
- Reportabilidad de órdenes (IW38, IW39).
- Notificaciones (IW41).
- Visualización de notificaciones (IW47).
- Anulaciones de Notificaciones (IW45).

**ANEXO V : PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PLANTA  
DE BOMBEO DE RELAVES**



ANEXO VI : DURACIÓN DE COMPONENTES BOMBA DE RELAVES

**COSTO HORARIO EN REPUESTOS DE BOMBAS WARMAN 6" X 4"**

ESCENARIO	IMPULSOR	DISCO SUCCION	FORRO SUCCION	FORRO GLAND	BOCINA	COSTO HORARIO BOMBA US \$	COSTO HORARIO TREN US \$	
1	MARCA	POLIURETANO HRb>80	POLIURETANO HRb>80	POLIURETANO HRb>80	CAUCHO NACIONAL	REVESTIDO C/CERAMICA	1.49	9.9
	\$ / hr	0.28	0.44	0.44	0.34	0.14		
2	MARCA	ACERO IMPORTADO	POLIURETANO HRb>80	POLIURETANO HRb>80	CAUCHO NACIONAL	REVESTIDO C/CERAMICA	1.64	9.9
	\$ / hr	0.79	0.24	0.25	0.36	0.14		
3	MARCA	CAUCHO IMPORTADO	POLIURETANO HRb>80	POLIURETANO HRb>80	CAUCHO NACIONAL	REVESTIDO C/CERAMICA	2.67	16.0
	\$ / hr	1.45	0.44	0.44	0.34	0.14		
4	MARCA	ACERO IMPORTADO	CAUCHO IMPORTADO	CAUCHO IMPORTADO	CAUCHO IMPORTADO	ACERO IMPORTADO	5.35	32.1
	\$ / hr	0.79	1.46	1.08	2.02	0.58		
5	MARCA	CAUCHO IMPORTADO	CAUCHO IMPORTADO	CAUCHO IMPORTADO	CAUCHO IMPORTADO	ACERO IMPORTADO	6.01	36.1
	\$ / hr	1.45	1.46	1.08	2.02	0.58		

**VIDA UTIL DE COMPONENTES DE DESGASTE EN BOMBAS WARMAN 6" X 4"**

ESCENARIO	IMPULSOR	DISCO SUCCION	FORRO SUCCION	FORRO GLAND	BOCINA		
1	TIPO	POLIURETANO HRb>80	POLIURETANO HRb>80	POLIURETANO HRb>80	CAUCHO NACIONAL	REVESTIDO C/CERAMICA	
	horas	1.488.00	478.20	478.40	442.90	2.838.00	
2	TIPO	ACERO IMPORTADO	POLIURETANO HRb>80	POLIURETANO HRb>80	CAUCHO NACIONAL	REVESTIDO C/CERAMICA	
	horas	1.204.10	871.60	848.20	412.30	2.838.00	
3	TIPO	CAUCHO IMPORTADO	POLIURETANO HRb>80	POLIURETANO HRb>80	CAUCHO NACIONAL	REVESTIDO C/CERAMICA	
	horas	378.70	478.20	478.40	442.90	2.838.00	
4	TIPO	ACERO IMPORTADO	CAUCHO IMPORTADO	CAUCHO IMPORTADO	CAUCHO IMPORTADO	ACERO IMPORTADO	
	horas	1.204.10	246.20	361.10	293.00	1.177.00	
5	TIPO	CAUCHO IMPORTADO	CAUCHO IMPORTADO	CAUCHO IMPORTADO	CAUCHO IMPORTADO	ACERO IMPORTADO	
	horas	378.70	246.20	361.10	293.00	1.177.00	

### ANEXO VII : TABLA DE COSTOS ANUALES CORRECTIVO - PREVENTIVO

COSTOS 2006	2006						2007						PROM	TOTAL
	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		
RPTOS. BRAS. WARMAN 6x4	16.522	11.602	15.588	11.127	11.898	14.319	21.741	21.084	17.836	21.611	14.211	30.668	17.351	208.206
RPTOS. BRAS. CATPUMPS	1.816	2.291	1.658	1.209	1.303	1.534	2.397	1.363	81	85	5.139	4.828	1.968	23.618
RPTOS. ESPESADOR	0	0	111	75	88	101	0	0	0	361	3.617	3.390	1.106	7.744
RPTOS. PTA. FLOCCULANTE	31	142	829	605	657	761	0	0	0	0	0	0	382	3.053
RPTOS. EQUIPOS VARIOS	318	7	553	161	175	203	2.123	4.416	6.053	953	4.740	4.314	2.002	24.027
SERVICIOS	0	0	0	0	0	0	0	1.055	0	488	5.358	0	2.300	6.901
PERSONAL (IDICSA)	2.674	2.725	2.800	2.545	2.962	2.655	2.907	3.001	2.682	2.686	2.966	2.846	2.788	33.459
ENERGIA	0	21.364	18.676	21.538	15.774	17.082	19.583	29.168	30.970	26.662	26.184	36.032	46.074	307.007
<b>VOLUMEN m3</b>	<b>98.068</b>	<b>105.923</b>	<b>91.438</b>	<b>95.270</b>	<b>96.499</b>	<b>78.272</b>	<b>101.139</b>	<b>86.695</b>	<b>92.375</b>	<b>88.114</b>	<b>89.729</b>	<b>75.091</b>	<b>91.587</b>	<b>1.098.562</b>
TH Tratada Planta	111,853	118,356	108,507	118,496	115,799	119,994	119,056	110,151	121,797	119,403	125,961	121,457	111,536	1.410,430
TH Envio	46,496	58,291	51,004	63,863	61,426	49,363	81,928	72,890	78,701	74,135	79,249	74,453	65,983	791,800
HRS TRABAJO	634	708	641	710	670	683	690	614	718	656	708	665	674	8.088
CAUDAL (m3/hr)	149	148	144	135	145	145	136	129	124	122	121	111	134	1.608
DENSIDAD (gr/l)	1,375	1,430	1,433	1,538	1,514	1,500	1,616	1,652	1,558	1,652	1,654	1,640	1,547	18,562
% SOLIDOS	37	42	47	47	46	46	54	55	52	56	56	56	49	589
US\$/m	0.19	0.14	0.20	0.13	0.15	0.16	0.24	0.28	0.22	0.22	0.29	0.38	0.22	
US\$/m3	0.72	0.16	0.24	0.17	0.18	0.25	0.29	0.36	0.29	0.30	0.40	0.61	0.29	
US\$/hr	33.70	73.57	33.60	72.15	25.50	28.67	42.27	50.36	37.57	39.92	50.91	69.74	38.12	

COSTOS 2007	2007						2008						PROM	TOTAL	(%)
	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN			
RPTOS. BRAS. WARMAN 6x4	23.520	19.440	19.361	5.562	19.821	11.223	14.816	24.459	8.551	16.300	27.079	8.275	16.535	198.417	63%
RPTOS. BRAS. CATPUMPS	1.020	1.923	4.474	2.402	1.186	9.995	7.211	4.779	4.121	3.400	5.292	3.988	4.149	49.791	13%
RPTOS. ESPESADOR	55	0	0	140	0	0	0	0	600	0	0	451	311	1.245	0%
RPTOS. PTA. FLOCCULANTE	0	0	0	0	0	0	0	1.977	502	0	2.189	485	1.289	5.154	1%
RPTOS. EQUIPOS VARIOS	122	2.481	96	0	294	1.026	4.003	6.353	10.145	3.336	2.500	4.600	3.196	35.157	9%
SERVICIOS	470	5.200	4.558	0	2.460	0	7.300	24.900	1.370	0	2.500	1.967	5.530	50.674	14%
PERSONAL (IDICSA)	2.791	2.839	2.906	3.363	2.910	2.733	2.779	2.898	2.733	3.070	2.499	3.105	2.880	34.565	9%
ENERGIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
<b>TOTAL (US\$)</b>	<b>27.917</b>	<b>31.883</b>	<b>31.394</b>	<b>11.466</b>	<b>26.661</b>	<b>24.998</b>	<b>36.111</b>	<b>65.365</b>	<b>28.072</b>	<b>26.045</b>	<b>42.059</b>	<b>23.092</b>	<b>31.250</b>	<b>375.004</b>	<b>100%</b>
<b>VOLUMEN m3</b>	<b>98.352</b>	<b>115.110</b>	<b>80.603</b>	<b>93.670</b>	<b>94.294</b>	<b>105.831</b>	<b>93.670</b>	<b>94.294</b>	<b>106.891</b>	<b>93.670</b>	<b>102.022</b>	<b>106.891</b>	<b>98.863</b>	<b>1.186.358</b>	
TH Tratada Planta	126,128	129,602	85,115	121,919	120,971	125,791	125,292	118,139	127,805	123,804	126,834	122,961	121,197	1.454,365	
TH Envio	81,939	97,306	67,663	92,250	88,584	87,589	92,250	88,584	87,689	92,250	88,584	87,689	87,706	1.052,476	
HRS TRABAJO	690	738	506	708	685	665	708	685	665	708	685	565	675	8.108	
CAUDAL (m3/hr)	138	156	159	175	175	191	175	175	191	175	175	191	173	2.077	
DENSIDAD (gr/l)	1,550	1,597	1,554	1,474	1,465	1,487	1,474	1,465	1,487	1,554	1,465	1,487	1,505	18,059	
% SOLIDOS	51	53	49	47	46	46	47	46	46	49	46	46	48	573	
US\$/m	0.28	0.28	0.39	0.12	0.28	0.23	0.39	0.69	0.26	0.28	0.41	0.22	0.32		
US\$/m3	30.26	13.70	16.30	16.20	38.92	37.56	51.02	95.42	42.14	36.80	61.39	34.72	46.66		

**ANEXO VIII : MANTENIMIENTO DE BOMBAS WARMAN**

# WARMAN INTERNATIONAL LTD



## WARMAN PUMPS

### ASSEMBLY AND MAINTENANCE INSTRUCTIONS

#### SUPPLEMENT 'P5'

### HIGH PRESSURE SLURRY PUMPS TYPE 'AHP' & 'AHPP'

Warman International Ltd. is the owner of the Copyright subsisting in this Manual. The Manual may not be reproduced or copied in whole or in part in any form or by any means without the prior consent in writing of Warman International Ltd.

## **WARNINGS**

### **WARMAN PUMPS - ASSEMBLY AND MAINTENANCE INSTRUCTION MANUALS AND SUPPLEMENTS IMPORTANT SAFETY INFORMATION**

•  
The **WARMAN PUMP** is both a **PRESSURE VESSEL** and a piece of **ROTATING EQUIPMENT**. All standard safety precautions for such equipment should be followed before and during installation, operation and maintenance.

•  
For **AUXILIARY EQUIPMENT** (motors, belt drives, couplings, gear reducers, variable speed drives, etc.) standard safety precautions should be followed and appropriate instruction manuals consulted before and during installation, operation and maintenance.

•  
**DRIVER ROTATION MUST BE CHECKED** before belts or couplings are connected. Personnel injury and damage could result from operating the pump in the wrong direction.

•  
**DO NOT OPERATE THE PUMP AT LOW OR ZERO FLOW CONDITIONS FOR PROLONGED PERIODS, OR UNDER ANY CIRCUMSTANCES THAT COULD CAUSE THE PUMPING LIQUID TO VAPORISE.** Personnel injury and equipment damage could result from the pressure created.

•  
**DO NOT APPLY HEAT TO IMPELLER BOSS OR NOSE** in an effort to loosen the impeller thread prior to impeller removal. Personnel injury and equipment damage could result from the impeller shattering or exploding when the heat is applied.

•  
**DO NOT FEED VERY HOT OR VERY COLD LIQUID** into a pump which is at ambient temperature. Thermal shock may cause the pump casing to crack.

•  
**FOR THE SAFETY OF OPERATING PERSONNEL**, please note that the information supplied in this Manual only applies to the fitting of genuine Warman parts and Warman recommended bearings to Warman pumps.

•  
Tapped Holes (for Eye Bolts) and Lugs (for Shackles) on Warman Parts are for lifting **Individual Parts Only**.

•  
**FULLY ISOLATE THE PUMP** before any maintenance, inspection or troubleshooting involving work on sections which are potentially pressurised (eg. casing, gland, connected pipework) or involving work on the mechanical drive system (eg. shaft, bearing assembly, coupling):-

- Power to the electric motor must be isolated and tagged out.



## **INTRODUCTION**

Supplement 'P5' should be read in conjunction with the following Warman Assembly and Maintenance Instruction Supplements:

**M1** - General Instructions applicable to All Types of Warman Pumps.

**M2** - Impeller Release Collar

**BA1, BA3 or BA6** - One of these depending on whether Heavy Duty, Modified Basic or Oil Lubricated Bearing Assemblies are used respectively.

## **ADVANTAGES AND USES OF HIGH PRESSURE TYPE 'AHP' AND 'AHPP' SLURRY PUMPS**

Designed for the continuous pumping of highly abrasive and/or corrosive slurries. These pumps feature a wide choice of replaceable hard metal or pressure moulded elastomer liners and impellers and are all interchangeable within the same casing.

The Warman gland shaft seal is commonly used for high pressure operation. High efficiency impellers can be used too.

Ease of maintenance features include:

- Minimum number of casing bolts
- Slip fit replaceable shaft sleeve
- Cartridge type bearing assembly
- Cast in impeller thread
- Replaceable liners are positively attached
- Impeller Release Collar on large models

## **BEARING ASSEMBLY MAINTENANCE AND ASSEMBLY INSTRUCTION**

The bearing assembly is assembled according to the instructions contained in the respective Warman Supplement 'BA1', 'BA3' or 'BA6' according to the type of bearing assembly utilised.

## **PARTS IDENTIFICATION**

The comments in Warman Bearing Assembly Supplements regarding Warman Basic Numbers incorporated in Warman Part Numbers applies equally to Warman Pump Components Parts.

For full description and part number identification, refer to the appropriate Warman Components Diagram. Names and Basic Numbers are used in assembly instructions in this supplement. The relevant Warman Basic Numbers are listed at the end of this supplement (Warman Basic Part Numbers and Parts List).

In all correspondence with Warman International Ltd., or their representatives, and especially when ordering spare parts, it is advisable to use correct names as well as full part numbers to prevent misunderstandings or wrong deliveries. When in doubt, the pump serial number should be quoted as well.

## **ASSEMBLY INSTRUCTIONS**

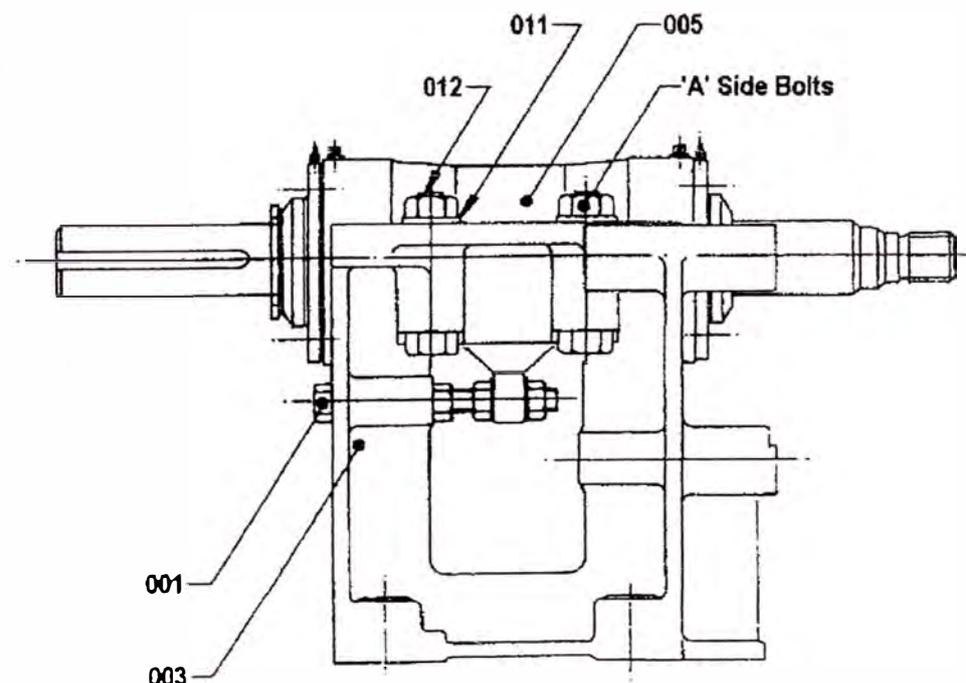
A Components Diagram of the particular pump being assembled will assist in following the pump assembly instruction steps as detailed in the following sections.

When pumps have been dismantled for complete overhaul, all parts should be closely inspected and new parts checked for correct identification.

Used parts being replaced should be thoroughly cleaned and repainted where required. Mating faces and spigots should be free of rust, dirt and burrs and given a coat of grease before they are fitted together to assist future overhaul.

It is preferable to renew small bolts and set screws during overhaul and all threads should be coated with graphite grease before assembly. It is also recommended that all rubber seals should be replaced during major overhauls as rubber tends to harden and seals lose their effectiveness.

### **FRAME ASSEMBLY**



**Figure 1**

**FITTING BEARING ASSEMBLY TO BASE - FIGURES 1 AND 5**

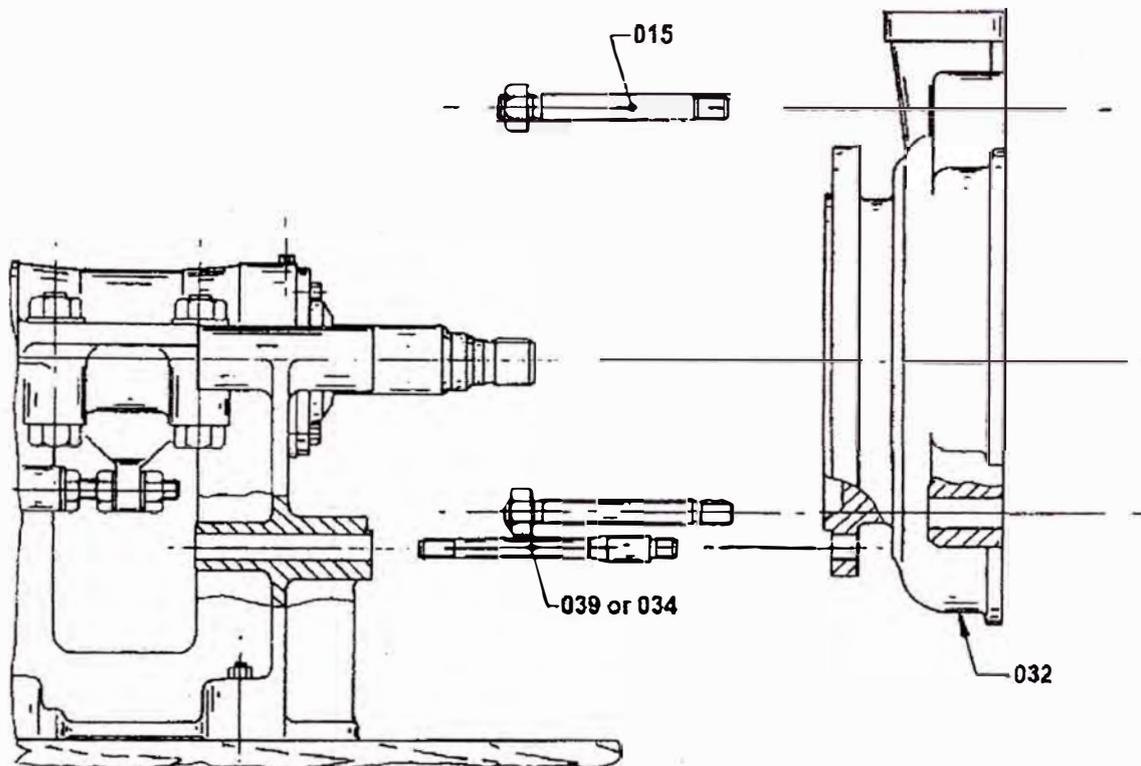
1. Insert ADJUSTING SCREW (001) in BASE (003) from outside. Screw on one nut and fully tighten. Screw on two additional nuts with two flat washers in between. These nuts to be left loose and maximum distance apart.
2. Apply grease to machined surfaces (Bearing Housing support cradle) in Base.
3. Lower BEARING ASSEMBLY (005) into Base. Approximately match machined surfaces of the housing with surfaces in the base. Check that the Bearing Housing lug has fitted over the Adjusting Screw in the Base and is also between the nuts and washers.
4. Fit CLAMP BOLTS (012) through Base from underneath. Drop CLAMP WASHER (011) over each bolt (domed side up) and screw on nuts.

Fully tighten Clamp Bolts on side 'A', ie. on left hand side of Base when looking from Impeller end (refer to Figures 1 and 5). The bolts on the opposite side 'B' should not be tightened for the time being. Leave snug only, to maintain alignment but allow axial movement.

5. Grease SHAFT (073) protruding from LABYRINTH (062) at Impeller end. This application of grease will assist fitting and removal of shaft components and prevent damage by moisture to the Shaft.
6. Fit two pieces of timber to underside of Base or appropriate Assembly Cradle to prevent the Pump from tipping forward during assembly of the wet end.

Check that the Base is at a sufficient height from the floor to allow assembly of the wet end components.

**PUMP ASSEMBLY**

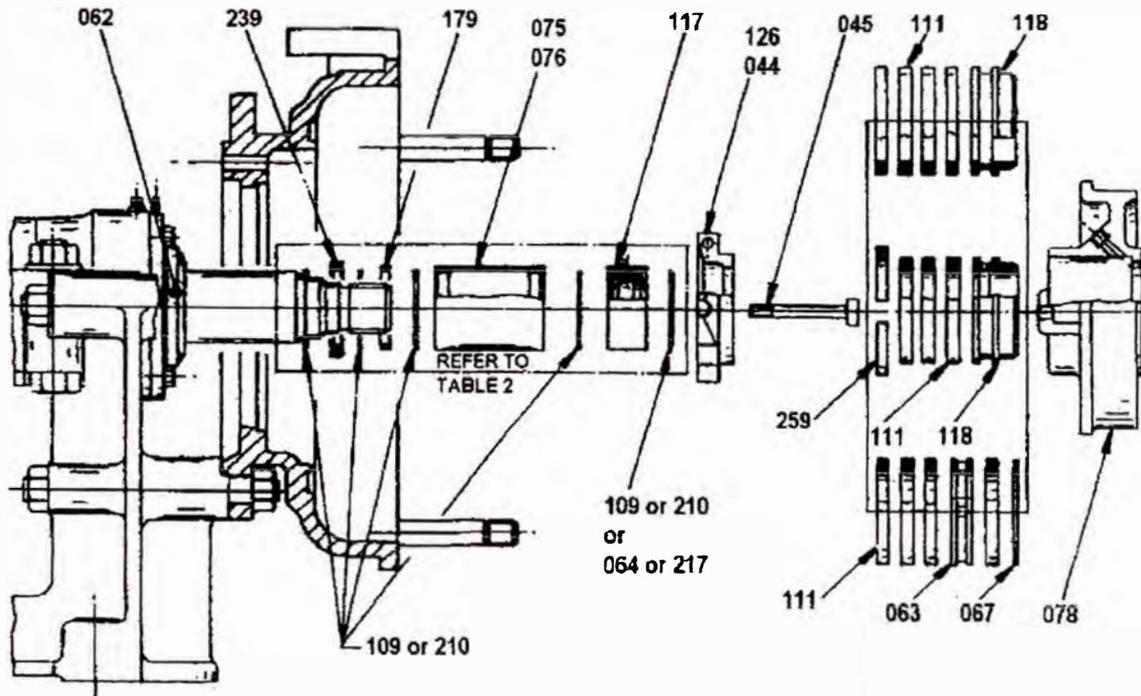


**Figure 2**

**FITTING FRAME PLATE AND COVER PLATE BOLTS - FIGURE 2**

1. Fit FRAME PLATE (032) to Base, making certain that the Frame Plate spigot has engaged with the corresponding base recess. Grease the recess to assist in future removal. With large pumps, Frame Plates are provided with radially tapped holes for EYE BOLTS (-) or cast-on lifting lugs to facilitate lifting.
2. Insert FRAME PLATE STUDS (039) or FRAME PLATE BOLTS (034), depending on the pump. Fit nuts and fully tighten. In some pumps the Frame Plate is bolted externally (studs are used). In other pumps, bolts are used and are inserted from the Frame Plate. The Frame Plate can be rotated to provide eight alternate discharge positions.
3. Fit nuts to one end of COVER PLATE STUDS (015) and put into Frame Plate, but only push through the top most stud right into Frame Plate. This will be used to help support the Cover Plate during assembly.

**SEAL ASSEMBLY**



**Figure 3**

**GLAND ASSEMBLY**

Fitting Stuffing Box, Lantern Restrictor (or Neck and Lantern Rings), Packing, Gland, Shaft Sleeve, Shaft Spacer and Shaft Sleeve O-Rings - refer to Figure 3.

**For pumps fitted with RELEASE COLLAR (239) such as 8/6 AHP:**

1. Join the three segments of the RELEASE COLLAR (239) using its socket head cap screws. Tighten up the cap screws securely. Fit the Release Collar (flat face out) on the bearing shaft and slide up to the labyrinth. Refer to Maintenance Manual 'M2' for complete Release Collar installation and disassembly instructions.
2. Slide the SHAFT SLEEVE SPACER (179) onto the bearing shaft and slide up to the labyrinth.
3. Fit another SHAFT SLEEVE O-RING (109) on the shaft and slide it up to the flat face of spacer.
4. Follow procedures for all pumps below.

**For all Pumps:**

The Gland arrangement for Stuffing Boxes are shown on Warman Drawing N° A4-110-0-115795 attached. Arrangement number 1 with a metal Lantern Ring is the recommended one for high pressure glands.

1. Place the STUFFING BOX (078) flat on bench (gland side up).
2. Place the LANTERN RESTRICTOR (118) small diameter down, so it rests on the retaining lip in gland recess.
3. Stand the SHAFT SLEEVE (075) on end and place it through the lantern restrictor.
4. Fit PACKING RINGS (111). Make sure the packing rings are the correct length to fill annulus. The packing rings must be flattened separately, with joints staggered.
5. Fit split PACKING RETAINER (259) when required.
6. Assemble the GLAND (044) halves by inserting GLAND CLAMP BOLTS (126), fully tightening them. Place the gland into the stuffing box, pushing it down to compress packing rings. Insert GLAND BOLTS (045) and just snug nuts to hold shaft sleeve.
7. Fit the SHAFT SLEEVE O-RING (109) onto the bearing shaft and slide up to the labyrinth.
8. Insert assembled stuffing box into frame plate, tapping into position with a mallet. Locate the stuffing box with the water connection at top. The shaft sleeve will probably remain forward. It should be pushed back to the labyrinth and shaft sleeve O-Ring.
9. Fit the second O-RING (109) onto the bearing shaft and push it into the recess in the end face of shaft sleeve.
10. Place SHAFT SPACER (117) onto the bearing shaft and press tight to the shaft sleeve.
11. Liberally grease shaft thread.

Note:

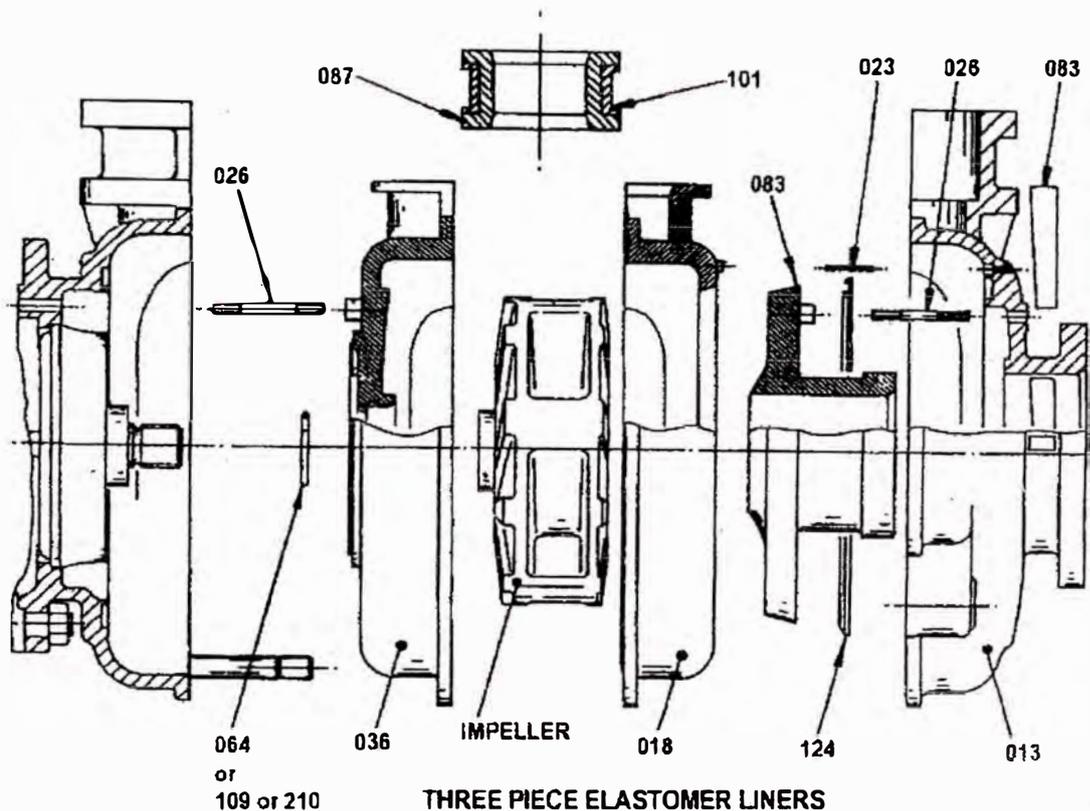
All the O-Rings, in their respective grooves, will be compressed and fully covered by these metallic parts when the impeller is screwed onto the shaft

### **PUMP ASSEMBLY**

Depending on the Type of Liners being fitted - Metal or Rubber, check Table 1 for the relevant section for instructions on completing pump assembly (Note: Liner Fit-up is same regardless of Frame used). Metal and Elastomer Liners can be used interchangeably (depending on the final application). A mix of Metal and Elastomer Liners is also possible. In these cases follow the relevant instructions in the various sections as per Table 1 depending on the combination used.

### RUBBER LINERS - THREE PIECE

Fitting Frame Plate Liner, Impeller, Throatbush, Cover Plate Liner and Cover Plate - refer to Figures 5, 6 and 9.



**Figure 9**

Following instructions are for Series 'A' pumps that have three piece elastomer Liners consisting of a Frame Plate Liner, Cover Plate Liner and Throatbush. This applies to pump sizes 6/4 AHP, 8/6 AHP, 10/8 AHP, 12/10 AHP, 6/4 AHPP.

1. Fit FRAME PLATE LINER (036).
  - (a) Screw and tighten STUDS (026) in tapped bosses provided in the Frame Plate Liner.
  - (b) Lift Liner into position, line up Studs with holes and push into Frame Plate, fit Nuts onto studs and tighten only sufficiently to hold the Liner back in the correct position in the Frame Plate.
  - (c) Hold Shaft with Wrench and Screw on LOCATING NUT (303) on Shaft. The conical face will locate the Frame Plate Liner Insert in its correct position. Tighten up all Studs and remove Locating Nut.
2. Fitting IMPELLER (-).

- (a) Fit SHAFT KEY (070) in keyway and bolt SHAFT WRENCH (306) over Key. Check that CLAMP BOLTS (012) on Side 'B' of Base are nipped just enough to hold the Bearing Assembly horizontal but not to lock it.
- (b) Obtain correct type of IMPELLER (-) as specified for the particular pump application.

Apply grease to thread, lift Impeller with a hoist using a rope and screw it onto the Shaft.

Holding Shaft with Wrench and turning Impeller with bar between vanes to tighten Impeller on Shaft. Ensure that the various O-Rings on the Shaft are not damaged during assembly and that they are fully covered by the various parts.

3. Fit COVER PLATE LINER (018) and THROATBUSH (083).

For pumps with the LINER SEAL (124) as an integrated part of the COVER PLATE LINER (018). Such as 6/4 AHP and AHPP, 8/6 AHP and AHPP, and 10/8 AHP Pumps.

- (a) Place COVER PLATE LINER (018) (flange down) on floor with a block in the centre of sufficient height to finish flush or slightly above the Liner and rest on it the THROATBUSH (083) (intake flange up).
- (b) Apply a liberal amount of liquid soap or rubber lubricant on tapered edge of Throatbush and on lip seal of Liner.
- (c) Lift and tilt Liner to engage lip seal over one third of the Throatbush diameter.

Run a small tire iron with rounded edges between Throatbush and Liner and lift lip seal to engage over the back of the Throatbush. Ensure that the lip is properly set.

**Care must be taken during this operation not to damage or tear the lip seal.**

- (d) For pumps with studs only, such as 10/8 AHP, 16/14 AHP, 20/18 AHP and 12/10 AHPP. Fit STUDS (026) in tapped bosses in Throatbush.
- (e) Lift COVER PLATE (013) (intake flange up) and fit over the Throatbush and Liner.
- (f) For pumps with cotters only, such as 6/4 AHP and AHPP and 8/6 AHP and AHPP pumps. Insert COTTERS (085) through slots in neck of Cover Plate and tap them carefully and evenly until Throatbush is held firmly in Cover Plate.
- (g) Fit Nuts to Studs and tighten.

For pumps with the LINER SEAL (124) not as an integrated part of the COVER PLATE LINER (018), such as 12/10 AH Pump.

- (a) Rest COVER PLATE (013) (intake flange down) on suitable supports so as to keep flange approximately 25 mm above the floor.
  - (b) Fit VOLUTE LINER SEAL (124) (flat face down) in the groove in Cover Plate.
  - (c) For THROATBUSH STUDS (026) to THROATBUSH (083), line up Studs with holes in Cover Plate and lower Throatbush in position, screw Nuts on Studs and loosely tighten.
  - (d) Screw COVER PLATE LINER STUDS (023) in COVER PLATE LINER (018) tapped bosses, fit Liner in Cover Plate and ensure that Studs line up with respective holes in Cover Plate, screw Nuts on Studs and tighten.
  - (e) Tighten THROATBUSH STUDS (026).
4. Fit COVER PLATE (013).

Lift Cover Plate complete with Throatbush and Cover Plate Liner and line up hole with COVER PLATE BOLTS (015) already in Frame Plate.

Note:

Large Cover Plates are provided with radially tapped holes for eye bolts to facilitate lifting.

Screw Nuts on Cover Plate Bolts and torque evenly to the value not more than 1500 Nm.

5. Depending on the method used to assemble the gland components, complete the assembly of gland parts in the Stuffing Box by following the relevant instructions in Seal Assembly.
6. Pump is now ready for fitting of Joint Rings and Impeller Adjustment - refer to Assembled Pump - Fitting Joint Rings and Impeller Adjustment respectively.

Note:

Large Cover Plates are provided with radially tapped holes for eye bolts to facilitate lifting.

Check all Liner Nuts and tighten all Cover Plate Bolts evenly to a torque value not more than 1500 Nm.

5. Depending on the method used to assemble the gland components, complete the assembly of gland parts in the Stuffing Box by following the relevant instructions in Seal Assembly.
6. Pump is now ready for fitting of Joint Rings and Impeller Adjustment - refer to Assembled Pump - Fitting Joint Rings and Impeller Adjustment respectively.

#### ASSEMBLED PUMP: FITTING JOINT RINGS - FIGURE 11

1. The pump is now fully assembled.

For pumps requiring INTAKE JOINT RING (060) and DISCHARGE JOINT RING (132), they are supplied loose.

Fit the INTAKE JOINT RING (060) and the DISCHARGE JOINT RING (132) as shown in Figure 12. Use rubber cement to hold joints in position while connecting Intake and Discharge pipework.

For the Rubber Lined pumps, fit the DISCHARGE JOINT (087) and the DISCHARGE JOINT HOLDER (101) as shown.

Impeller clearance has now to be adjusted - refer to Impeller Adjustment.

2. Install Pipe from Drip Tray in BASE (003) (when fitted) to remove gland leakage.

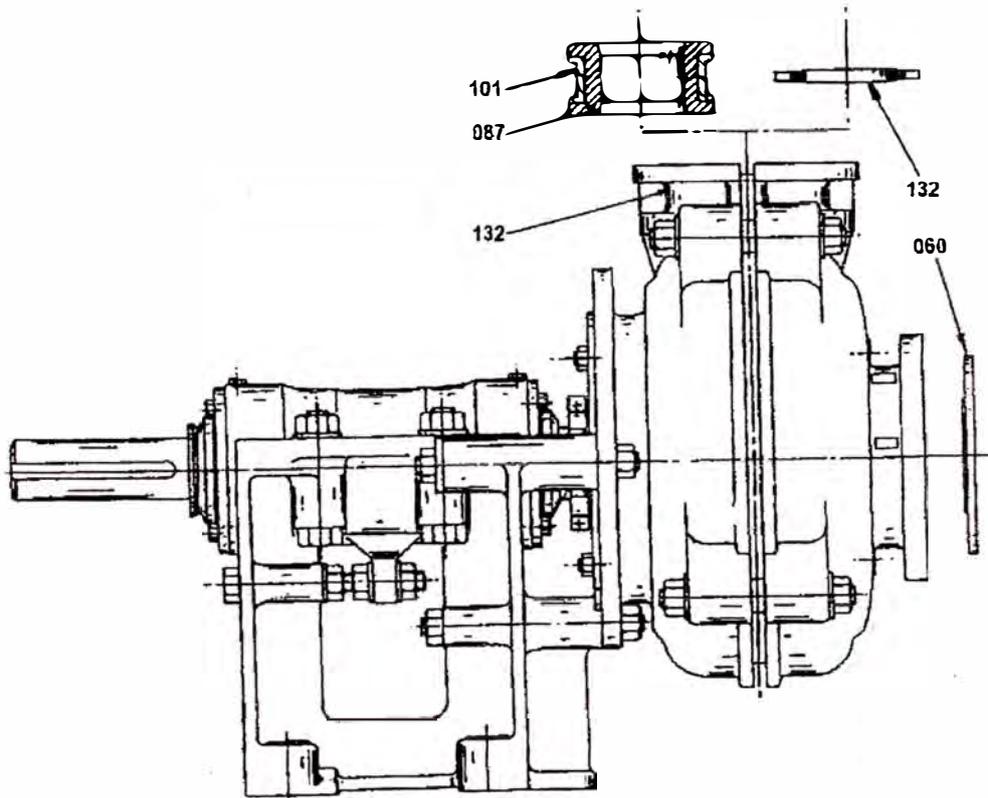


Figure 11

IMPELLER ADJUSTMENT - FIGURE 12

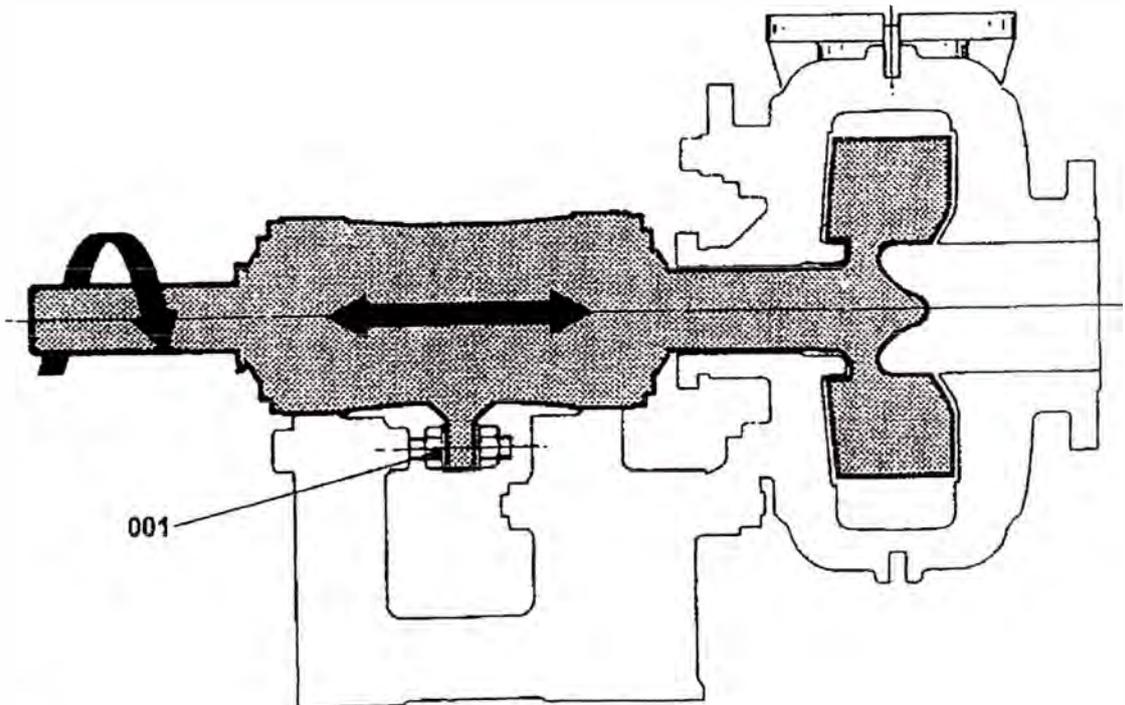


Figure 12

In both Metal and Rubber Lined Pumps the Impeller should just clear the front Liner (Throatbush). This is particularly important for High Efficiency Impellers without front vanes (type HE and HN).

1. Rotate Shaft clockwise by hand and move Bearing Assembly forward (towards front Liner) by tightening the rear Nut on the ADJUSTING SCREW (001) until the Impeller starts to rub on the front Liner.
2. Release the rear nut by one sixth of a turn, then move Bearing Assembly back by means of front Nut until Housing touches the rear lug.

Note:

Impeller adjustment is a key element in extending the wear life. Field tests on certain pumps indicate if Impellers are adjusted right forward when fitted and again at regular intervals during the wear life, then an increase of 40-50% in life can be achieved over pumps which were not correctly adjusted forward at the initial fit-up. Furthermore, pumps which were regularly adjusted over their life have shown a 20% increase over pumps which were only adjusted once at the initial fit up.

Recommended procedure:

- (a) On initial fit-up, adjust the Impeller so it "just touches" the Throatbush.
- (b) Re-adjust the Impeller to "just touch" the Throatbush after 50-100 hours.
- (c) Re-adjust a further two to three times at regular intervals during the wear life of the pump (this could coincide with the regular maintenance times - say 500 hours).
- (d) After adjustment of the impeller, it is important to tighten the Bearing Housing Clamp Bolt to a torque value given in the following Table.

**BEARING HOUSING CLAMP BOLT TORQUE TABLE**

FRAME SIZE	MAXIMUM TORQUE (Nm)	FRAME SIZE	MAXIMUM TORQUE (Nm)
A	10		
B	10	N	25
C	45	P	45
D	45	Q	45
E	185	R	185
F	185	S	185
G	325	T	525
H	1500	U	1500

**The pump is now complete and ready for assembly of drive components and installation.**



**Packing will require final adjustment during initial start-up.**

## **PUMP DISMANTLING AND IMPELLER REMOVAL**

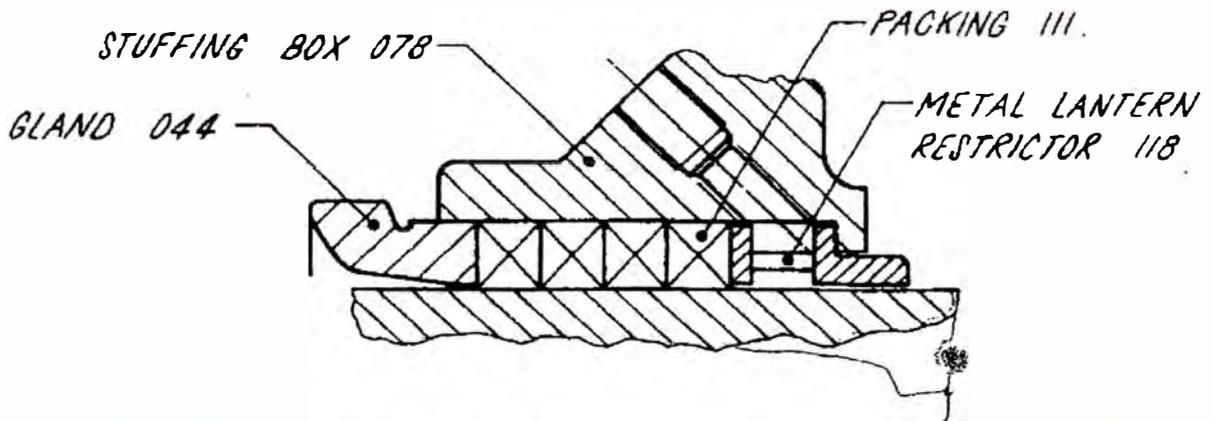
Dismantling the pump is the reverse of the instructions given for assembly purposes with the exception of removing the Impeller on the larger pumps.

To gain access to the IMPELLER (-) generally the Cover Plate complete with Liners or THROATBUSH (083) can be withdrawn from the pump by removing the nuts on the COVER PLATE BOLTS (015) and for metal lined pumps the metal VOLUTE LINER (110).

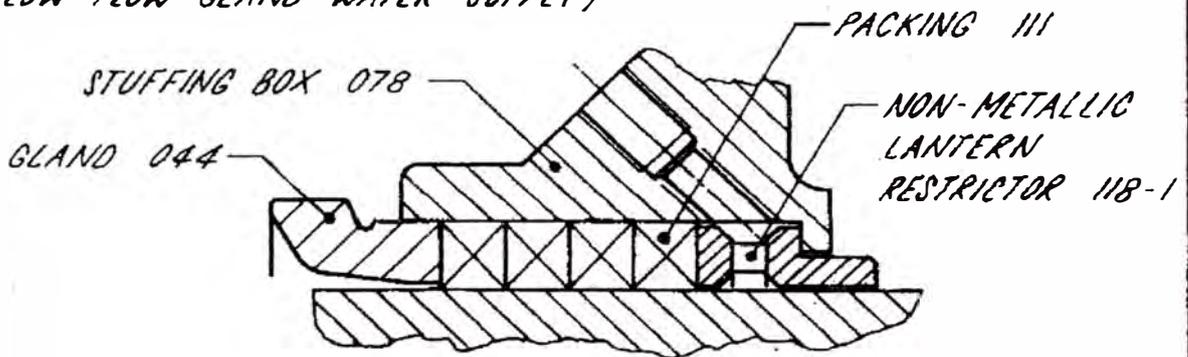
All Warman pumps utilise a threaded Shaft and Impeller. To assist in removing Impellers on large pumps they are fitted with an IMPELLER RELEASE COLLAR (239). The Impeller Release Collar is first removed which allows the Impeller to be unscrewed easily from the Shaft.

Full instructions relating IMPELLER RELEASE COLLARS (239) are given in Warman Supplement 'M2'.

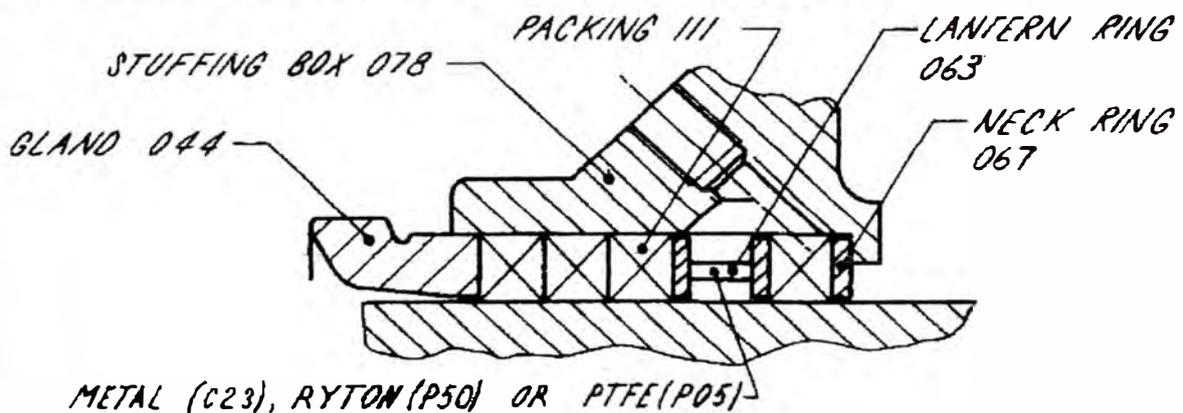
① SUITABLE FOR LOW LIFT & POSITIVE HEAD APPLICATIONS



② SUITABLE FOR HIGH LIFT APPLICATIONS  
 (LOW FLOW GLAND WATER SUPPLY)



③ SUITABLE FOR HIGH LIFT APPLICATIONS



REV.	1. 063 WAS 067 & 067 WAS 063. IN 6-1-83 2. METAL (C23), RYTON (P50) OR PTFE (P05) APPLIED P.C. 6/83		
DATE	21-9-84	DRN.	
SCALE	—		

WARMAN PUMPS  
 GLAND ARRANGEMENTS FOR  
 STUFFING BOXES

WARMAN INTERNATIONAL LTD.  
 OFFICE OF ORIGIN : SYDNEY

A4-110-0-115795 2

REV. 2

# WARMAN INTERNATIONAL LTD.



## WARMAN PUMPS

### ASSEMBLY AND MAINTENANCE INSTRUCTIONS

#### SUPPLEMENT 'M9'

#### GLAND SEALING

Warman International Ltd. is the owner of the Copyright subsisting in this Manual. The Manual may not be reproduced or copied in whole or in part in any form or by any means without the prior consent in writing of Warman International Ltd.

## **INTRODUCTION**

All end suction centrifugal Slurry Pumps normally have a shaft passing through the pump casing on the bearing side of the pump. All such pumps hence require a seal to seal the shaft. Packed gland seals have been traditionally used for many years and with proper care and attention can lead to a low cost and reliable sealing solution.

The packing is housed in a Stuffing Box at the back of the pump casing. The shaft is normally protected with a sleeve. The sleeve can be made from wear resistant materials to prolong life and also protect the shaft.

With water pumps, the pumped fluid can be used to cool and lubricate the packing running on the shaft sleeve. Slurry pumps have particles which would wear out a gland and lead to very short life. It is normal practice to inject clean sealing liquid (generally water) into the gland to flush solid particles away and also to cool and lubricate the gland.

## **GLAND ARRANGEMENTS**

Drawing A4-110-7-115795 shows the two main types of Warman Gland Arrangements for Stuffing Boxes.

Types 1 and 2 are basically the same and utilise a Lantern Restrictor on the pump (slurry) side of the gland. Gland water is injected in the Lantern Restrictor.

Type 1 uses a Metallic Lantern Restrictor and requires a high flowrate for the gland water. It is suitable for both Low Lift and Positive Head applications.

Type 2 differs from Type 1 as it utilises a Non-Metallic Lantern Restrictor. The gap between the Shaft Sleeve and bore of the Lantern Restrictor is smaller than Type 1. This reduces the amount of gland water flowrate required.

Type 3 utilises a Neck Ring for injection of Gland Sealing Water. Instead of a Lantern Restrictor, a single round of Packing is used at the bottom of the Stuffing Box. This ring of Packing acts like a Lantern Restrictor to control the flow of gland water into the pump. Type 3 arrangements are used for high lift applications and generally have lower gland water flowrate requirements than Type 2. One disadvantage with Type 3 glands is the difficulty of maintenance.

## **PACKING TYPES AND THEIR APPLICATION**

Warman has three types of Packing depending on the pump application. The Warman Material Codes are Q05, Q22 and Q23.

Q05 - This is a glass fibre filament and PTFE packing. It is a general purpose packing and is applied for lower pressure applications of 2 or 3 stages maximum. Q05 replaces the old asbestos Q01 post May 1989. Q05 is the standard Warman packing unless otherwise specified.

Q22 - This is a synthetic aramid fibre with PTFE packing. It is used for high pressure glands for three and more stages of pumps.

Q23 - This is a synthetic aramid fibre with PTFE packing. It is formulated to resist extrusion due to higher than normal gland water pressures and is the standard packing for the Warman Uniform Compression (type UC) gland.

All three packing are used with Tungsten Carbide coated shaft sleeves - Warman material code J21. All three packing types have scarf joints.

For multistage applications, packing Q22 has been proven to give long life. To reduce the extrusion of packing from the gland a packing retainer is normally used at the gland end of the stuffing box.

### **FITMENT OF PACKING IN A STUFFING BOX**

The packing should be placed around the shaft sleeve and the scarf ends should be brought together. The joint should then be pushed into the annulus between the stuffing box and shaft sleeve. The rest of the packing should then be pushed into the annulus by starting near the joint and working around to the opposite side of the ring. Once the packing ring is started, push evenly all the way around the packing and gently push to the bottom keeping the packing as a ring.

### **GLAND SEALING WATER FLOW AND PRESSURE REQUIREMENTS**

Gland water must be supplied at the correct pressure and flow to achieve a long packing and sleeve life. **Correct pressure is the most critical requirement** to achieving satisfactory gland life. **Flowrate is the next most important requirement.** Flowrate is governed to some extent by the gland dimensions and also is adjustable within limits by means of the gland adjustment using the gland nuts.

The gland water supply pressure must be controlled to acceptable limits. For normal gland operation, the gland water pressure should be set at +35 to +70 kPa above the pump discharge pressure. This ensures that water will enter the gland with sufficient pressure to flush solids away. If too low, the pump pressure can force slurry into the gland and even up the gland and even up the gland water pipe to the gland water pumps. This is too be avoid at all cost.

Gland pressure that is too high will cause extrusion of the packing at the gland and pump ends of the stuffing box. Extrusion of packing causes both a degradation of the packing and less flowrate from the gland overtime. Both these things lead to packing failure. Up to +200 kPa above the pump discharge pressure should not cause too much degradation although the packing life is likely to be greatly reduced and **high pressures are to be avoided.**

The recommended, minimum total gland sealing water (GSW) flowrates for standard applications are:

<b>MINIMUM TOTAL GSW FLOWRATES (L/min)</b>			
<b>Frame Size</b>	<b>TYPE 1 Metal Lantern Restrictor</b>	<b>TYPE 2 Non-Metallic Ryton (P50) Lantern Restrictor</b>	<b>TYPE 3 *Lantern Ring and Neck Ring</b>
A	9	4	0.8
B, N, NP	15	6	1.0
C, P	21	7	1.5
D, Q	33	9	2
E, R	42	12	4
F, SHH	60	16	6
FAM, G, ST, S, T	100	26	9
GAM, H, TU	120	34	11
U	185	-	17

\* Lantern ring is either metal (C23), Ryton (P50) or PTFE (P05)

**Notes:**

- The metal lantern restrictor may be used when a larger GSW flowrate can be tolerated and where the type of pump duty requires high GSW flowrate e.g. mill discharge.
- With the aging and deterioration of a pump gland the required GSW Flowrate can be up to three times (3x) higher than listed above. Any design of a GSW supply system should take this higher flowrate into account.

**GLAND SEALING WATER CONTROLS**

There are a number of different gland water control devices that can be used viz.

- Visual Flow Indicator
- Throttle Valve
- Constant Flow Orifice Valve

- Combined Rotatmeter and
- Flowrate regulator or selected length of capillary throttling tube.

The most common type is a Constant Flow Orifice Valve. This type of valve is essentially a synthetic rubber O-ring housed in a socket. The O-ring shrinks in diameter as the supply pressure increases. This maintains a reasonably constant flowrate into a gland irrespective of the gland sealing water pressure.

The Constant Flow Orifice is generally useful when there is considerable fluctuation in the gland water pressure. It can also assist when a group of pumps is fed by one gland supply line and one or more pumps are not operating or they have worn glands. In this instance, it can prevent starvation of gland water on the pumps which are operating.

## **TROUBLESHOOTING**

Most gland problems can be traced to two reasons:

### (a) Inadequate or Excessive Gland Water Pressure

Inadequate pressure results in contamination of the packing by the pumped slurry. Once solids are embedded in the packing, they cannot be flushed out and the packing must be replaced. Seal water pressure should be 35-70 kPa above the pump discharge pressure. Pressure in excess of this only results in more wear on the packing and shaft sleeve.

### (b) Inadequate Flow

Like inadequate pressure, this results in contamination of the packing by the pumped slurry. Often this problem occurs with a seal water system which supplies several pumps, without flow control to each pump. In this case, the low pressure pump takes all the available seal water and starves the higher pressure pump. **Flow to each gland should be controlled.**

To achieve the above limits, it may be necessary to filter the water to at least reduce any solids content to the lowest practical.

**The gland sealing water supply must be reliable, as slurry pumps must not be operated without gland water supply, otherwise major gland problems will be experienced due to the high pressure forcing slurry into the gland region and causing wear and leakage.**

PROBLEM	CAUSE	SOLUTION
<p>Short Packing Life</p> <p>Short Sleeve life</p> <p>Slurry exists gland</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Slurry wears packing</li> <li>• Slurry wears shaft sleeve</li> <li>• Packing over heating and burning due to low GSW flow</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Increase GSW pressure</li> <li>• Increase GSW flow</li> <li>• Loosen gland to increase flow</li> <li>• Stop, cool down, repack and than restart with correct GSW pressure and flow</li> </ul>
<p>Flow from gland too low in worst case steam exits from gland</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressure too high causing packing extrusion and flow restriction</li> <li>• Gland too tight</li> <li>• Packing too soft for high pressure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stop, cool down, repack and than restart with correct GSW pressure and flow</li> <li>• Loosen gland</li> <li>• Review packing type</li> <li>• Use packing retainer ring</li> <li>• Reduce GSW pressure</li> </ul>
<p>GSW flows around outside of packing rings</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Packing rings wrong size or fit-up wrong</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repack gland with correct packing</li> <li>• Review order of assembly</li> </ul>
<p>Too much flow from gland</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Shaft sleeve worn</li> <li>• Wrong size packing</li> <li>• Worn packing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disassemble and refurbish gland with new parts</li> </ul>

## CAUTION

1. On no account should the gland be loosened to such an extent that it disengages from the stuffing box.
2. Make adjustment to gland slowly and over a few hours time period. This particularly applies to new glands.
3. Putting more rings into a stuffing box when problems occur will only be a short term fix. Extra packing will only exaccrbate any problems. Repack and replace worn sleeve.
4. Corrosion by saline GSW may be minimised by the use of appropriate alloys e.g. stainless steel, for critical components. However, the leakage of saline GSW from the gland must be trapped and conveyed to waste to avoid corrosion of the pump base and other components and equipment in the vicinity.
5. Refer to further sealing instructions contained in Warman Supplement M1.

## REQUIREMENTS FOR THE GLAND WATER QUALITY

Water used for gland sealing should be clean and gencrally have the following properties. Failure to observe these conditions will result in excess time and effort being spent on gland maintenance. Many gland seal problems are blamed on pump design, when in fact, the seal water system can be the major cause.

### SUSPENDED AND DISSOLVED SOLIDS

Water quality is an extremely important factor in gland seal operation. The following is a recommended water quality specification which is attainable with relatively inexpensive filtration treatment equipment:-

pH 6.5 - 8.0

#### **Solids content:**

Dissolved: 1,000 ppm (mg/L)

Suspended: 100 ppm (mg/L)

100% of +250 mesh (60  $\mu$ m) particles removed.

#### **Maximum Individual Dissolved Ions:**

Hardness ( $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ) 200 ppm (mg/L) as  $\text{CaCO}_3$

Calcium Carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) 10 ppm (mg/L)

Sulphate ( $\text{S}_{04}$ ) 50 ppm (mg/L)

Chloride ( $\text{Cl}^-$ ) 1,000 ppm (mg/L)

**ANEXO IX : PUNTO DE OPERACIÓN DE BOMBAS WARMAN 6"X4"**

**Project Details**

Client: Empresa Minera Iscaycruz  
 Project: Nueva poza de relaves  
 Duty: Relave espesado  
 Item Number:  
 Number of: 6  
 Project Notes: Cálculo final en base a correo Arturo Geldres 20.06.05.  
 Diámetro interior tubería de succión = 203mm, acero  
 Diámetro interior tubería de succión y descarga = 147mm, acero  
 Longitud total tubería de succión = 16mt  
 Longitud total tubería de descarga = 705mt  
 Longitud equivalente tubería de succión = 25mt  
 Longitud equivalente tubería de descarga = 780mt  
 Altura estática succión = 5.5mt  
 Altura estática descarga = 224mt  
 Caudal = 44.5 lt/s  
 Tonelaje seco transportado = 128.16 ton/hr  
 Densidad de pulpa = 1.6  
 GE sólidos secos = 4  
 Cw% = 50%  
 D50 = 70 micrones  
 Dmax = 500 micrones  
 Temperatura de la pulpa = 10°C  
 6 bombas Warman 6/4 RYFC-AHPP en serie  
 RPM bomba = 1342  
 Velocidad periférica impulsor = 25.65 mt/s  
 Application Type: Horizontal

**Slurry Details**

Slurry Type		Single solid mix
Q	L/s	44.5
Mass Flowrate	Tonne/hr	140.98
H	m	249.8
SGm		1.6
SGs		3.14 (– User defined –)
SGL		1
Cw	%	55
Cg	g/L	880
Cv	%	28
Slurry HR		0.88
Slurry ER		0.88
d50	mm	0.07
Particle Shape		Rounded
Max. Particle Size	mm	0.5
OverSize		Occasional
Temperature	°C	20

**Pipe Details**

Intake		
Pipe ø	mm	147
Equivalent Length	m	25
Static Head	m	5.5
Pipe Material		Commercial Steel
Pipe Roughness		
Discharge		
Pipe ø	mm	147
Equivalent Length	m	780
Static Head	m	224
Pipe Material		Commercial Steel
Pipe Roughness		

## Pump Selection Data

Pump Details		Options
		1
Pump		6/4 R-AH
Pump Types		AHPP,AHPP,AHPP,AHPP,AHPP,AHPP
Pump System		Series
No. of Pumps		6
Flow per Pump	L/s	44.5
Head per Pump	m	41.6
Frame		R
Impeller Part No.		E4147
Impeller		Standard
Impeller Type		5VCM
Vane ø	mm	365
Impeller Material		Metal-A05
Volute Liner Material		Polymer
Side Liner Material		Polymer
Seal		Gland
Packing Material		Q22
Performance Curve		WPA64A01
Pump based HR		0.97
Pump based ER		0.97
Water Head (Hw)	m	257.0
Pump Water Eff.	%	59.4
Corr. Pump Water Eff.	%	
Pump Speed	r/min	1342
Pump Slurry Eff.	%	57.5
Corr. Pump Slurry Eff.	%	
Pump absorbed Power	kW	50.6
NPSH required	m	2.9
NPSH available	m	
<b>Drive Details</b>		
Motor	kW	110
Motor Frame		
Poles		
Drive Type		BELT
Belt Ratio		
Drive Arrangement		
Pulley Outside ø	mm	
Belt Face Width	mm	
Pulley Weight	kg	
Stage: 1		
Wet End Life	hr	> 100000
Drive End Life	hr	> 100000
Stress @ Drive End	%	13
Stress @ Wet End	%	23
Stress @ Thread	%	36
Stage: 2		
Wet End Life	hr	> 100000
Drive End Life	hr	> 100000
Stress @ Drive End	%	13
Stress @ Wet End	%	23
Stress @ Thread	%	36
Stage: 3		
Wet End Life	hr	> 100000
Drive End Life	hr	> 100000
Stress @ Drive End	%	13
Stress @ Wet End	%	23
Stress @ Thread	%	36
Stage: 4		
Wet End Life	hr	> 100000

WARMAN PUMP				IMPELLER: E4147						
SIZE	FRAME		TYPE	VANES	TYPE	IMPELLER MAT'L	VANE $\phi$	LINER MAT'L		
	D	DD		5	Closed	Metal	365	Metal/Polymer		
	E	EE		<b>GLAND SEALED PUMP</b>						
6/4	Q	R								
Frame		D	DD	E	EE	Q	R	Normal Max.	Metal	1800
Rating [kW]		60	110	120	225	150	300	[r/min]	Polymer	1325

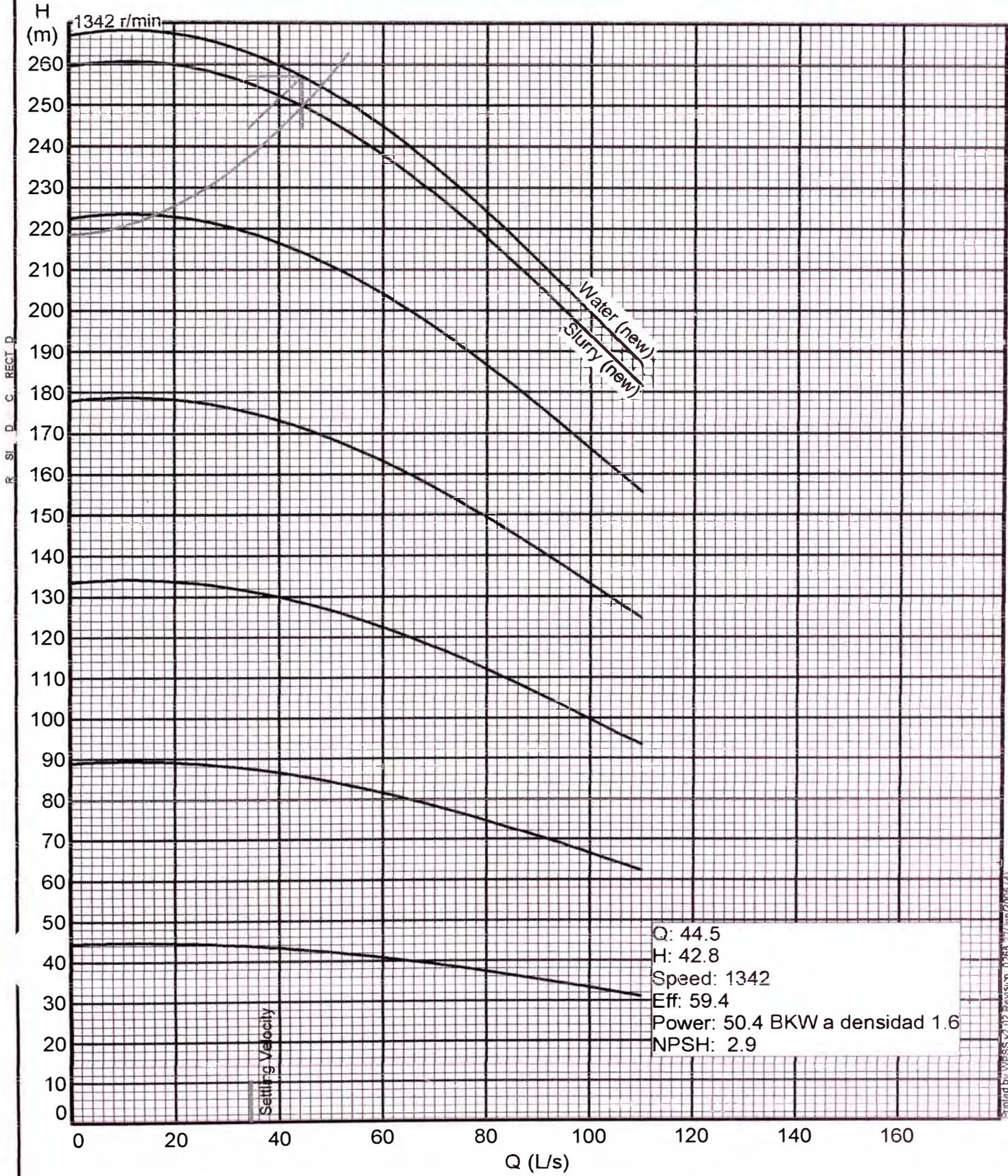
**WPA  
64A01**

**ISSUED  
SEP 1999**

MIN. PASSAGE SIZE  
51  
mm SPHERE

CURVE SHOWS APPROXIMATE PERFORMANCE FOR CLEAR WATER (to International Test Standard ISO9906 Grade 2 unless stated otherwise). For media other than water, corrections must be made for density, viscosity and/or other effects of solids. WEIR WARMAN LTD. reserve the right to change pump performance and/or delete impellers without notice. Frame suitability must be checked for each duty and drive arrangement. Not all frame alternatives are necessarily available from each manufacturing centre.

© 1998-2005  
WEIR WARMAN LTD.



Printed by: WEISS V2.02 Revision: 0268 22/Jun/2005 (4)

# WEIR MINERALS DIVISION

TYPICAL PUMP  
PERFORMANCE CURVES

## MAN PUMP

IMPELLER: E4147

**WPA  
64A01**

**ISSUED  
SEP 1999**

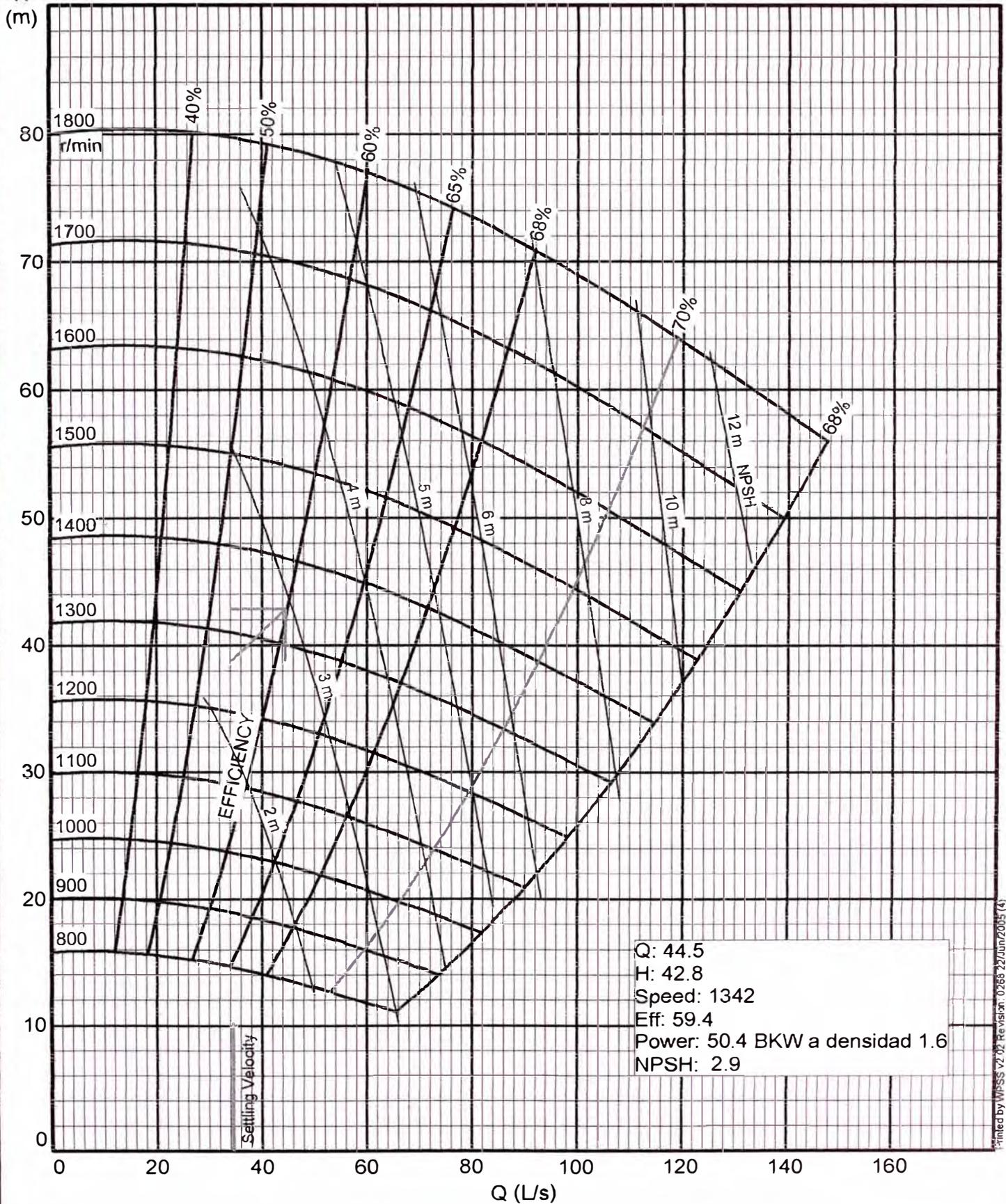
SIZE	FRAME		TYPE			VANES	TYPE	IMPELLER MATL	VANE $\phi$	LINER MATL	
	<b>6/4</b>	D	DD	<b>AH</b>			5	Closed	Metal	365	Metal/Polymer
		E	EE				<b>GLAND SEALED PUMP</b>				
Q		R									

Frame	D	DD	E	EE	Q	R	Normal Max.	Metal	1800
Rating [kW]	60	110	120	225	150	300	[r/min]	Polymer	1325

MIN. PASSAGE SIZE  
51  
mm SPHERE

CURVE SHOWS APPROXIMATE PERFORMANCE FOR CLEAR WATER (to International Test Standard ISO9906 Grade 2 unless stated otherwise). For media other than water, corrections must be made for density, viscosity and/or other effects of solids. WEIR WARMAN LTD. reserve the right to change pump performance and/or delete impellers without notice. Frame suitability must be checked for each duty and drive arrangement. Not all frame alternatives are necessarily available from each manufacturing centre.

© 1998-2005  
WEIR WARMAN LTD.



LAST ISSUE: MARCH 1988

REVISION DATA CORRECTED

REF. TEST 198

Printed by WPMSS v2.02. Revisor: 0265 22Jun2005 (4)

# WARMAN PUMPS-TORQUE/SPEED-CURVE

PUMP: 6/4 R - AH

IMPELLER & SHAFT POLAR MASS MOMENT of INERTIA = 1.418 kg/m<sup>2</sup>

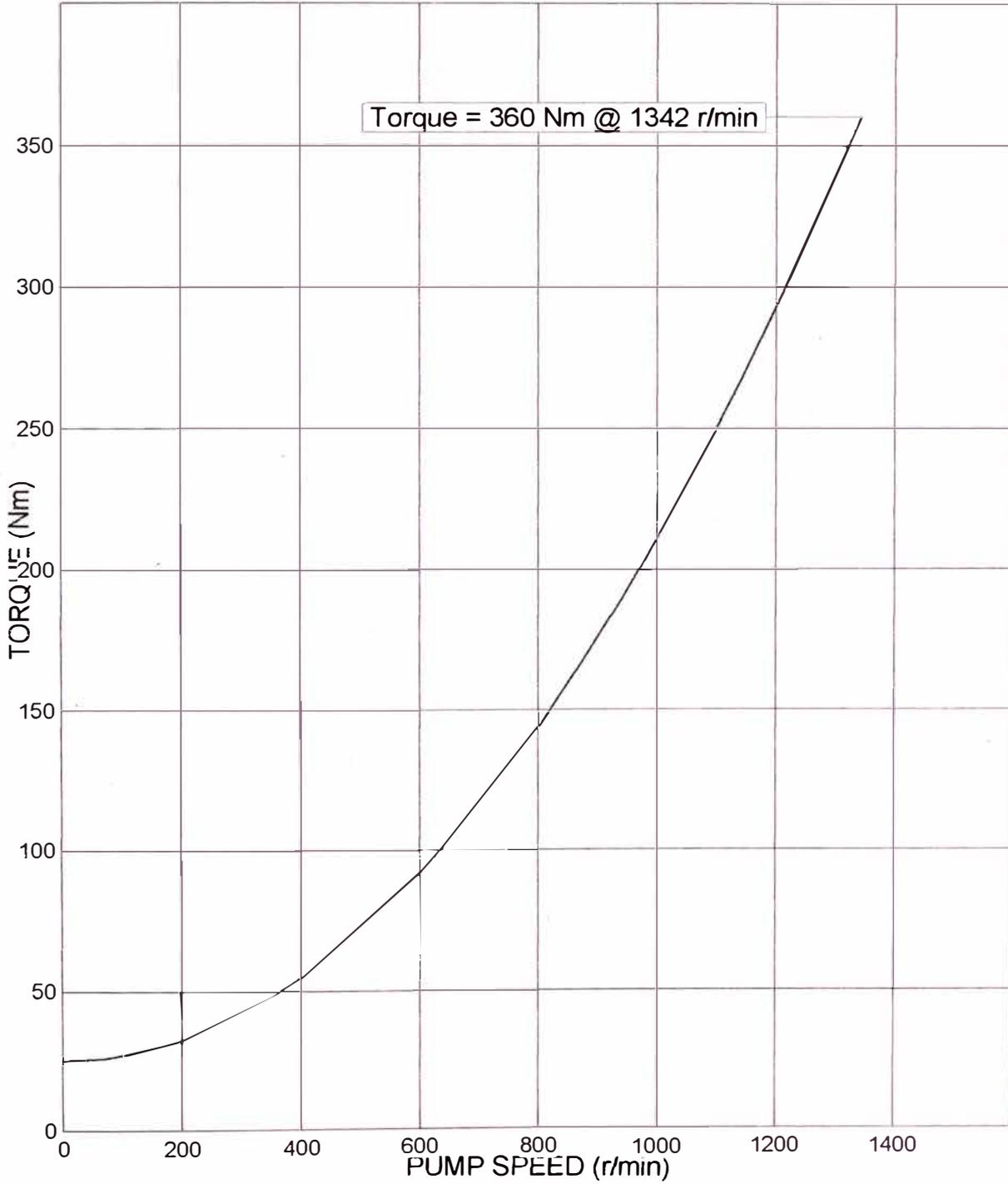
IMPELLER MASS = 64 kg

CUSTOMER: Empresa Minera Iscaycruz

DUTY: Relave espesado

PUMP INPUT POWER = 50.57 kW

PUMP SPEED = 1342 r/min



**ANEXO X : MANTENIMIENTO DE SUBESTACION ELECTRICA**

**TRANSFORMADOR DE 1600 KVA**

TIPO DE SERVICIO : ANALISIS DE ACEITE DIELECTRICO DEL  
TRANSFORMADOR

FRECUENCIA : 365 dias

PROCEDIMIENTO : Se dispone anualmente que la empresa tiene que analizar el aceite aislante del transformador para verificar los siguientes parámetros : rigidez dieléctrica, humedad, indice de neutralización, tensión superficial.

TIPO DE SERVICIO : MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADOR

FRECUENCIA : 365 dias

PROCEDIMIENTO : Disponer anualmente que empresa tercera tiene que realizar el mantenimiento, limpieza y rellenar el nivel de aceite en caso sea necesario.

**a) INFORME DE ANÁLISIS DE FURANOS N° 08/063**

TIPO DE INFORME: TERCERA PARTE (Norma ISO/IEC 17025:2005)

SUBESTACIÓN: N° 37 PLANTA RELAVERA N° SERIE: L 230461-01

FABRICANTE: ABB TENSIÓN: 4.16 / 0.48 kV

POTENCIA: 1.6 MVA CONMUTADOR BAJO CARGA?: NO

TANQUE SEPARADO?: NO AÑO DE FABRICACIÓN: 2003

CANTIDAD DE ACEITE: 735 Kg. TEMPERATURA DEL ACEITE: 25 °C

TEMPERATURA AMBIENTE: 13°C HUMEDAD RELATIVA: 26 %

FECHA DE EXTRACCIÓN: 14-08-2008

FECHA DE RECEPCIÓN: 21-08-2008 EN OPERACIÓN?: SI

MUESTRA EXTRAIDA POR: Personal de Laboratorio de Aceites.

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: 5FPE-9374-001 (propio del Laboratorio ABB)

SERVICIO REALIZADO: Análisis de contenido de compuestos furánicos disueltos en el aceite aislante realizado por la Empresa Weidmann (USA)

NORMA: ASTM D-5837: "Furanic Compounds in Electrical Insulating Liquids by HPLC"

RESULTADOS:

Compuesto Furánico	Resultados ppb (partes por billón)	Límite reportado (ppb)
2-Furfuraldehido	<10	10
5-Hidroxi-metil-furfuraldehido	<10	10
2-Acetilfurano	<10	10
5-Metil-2-furfuraldehido	<10	10
2-Furfuril alcohol	<10	10

b) INFORME DE ENSAYOS FISICO QUIMICOS N° 08/0936

TIPO DE INFORME: TERCERA PARTE (Norma ISO/IEC 17025:2005)

TEMPERATURA AMBIENTE: 13°C HUMEDAD RELATIVA: 26 %

FECHA DE EXTRACCIÓN: 14-08-2008

FECHA DE RECEPCIÓN: 21-08-2008 EN OPERACIÓN?: SI

MUESTRA EXTRAIDA POR: Personal de Laboratorio de Aceites.

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: 5FPE-9374-001 (propio del Laboratorio ABB)

SERVICIO REALIZADO: Análisis del aceite aislante.

EQUIPOS USADOS PARA LOS ENSAYOS: SA03, SA04, SA05, SA07 Y LAB 10

ENSAYOS FISICO-QUÍMICOS NORMA RESULTADOS VAL.ORIENTACIÓN (\*)

ÍNDICE DE NEUTRALIZACIÓN ASTM D-974-07 <0.01 mgKOH/g.aceite 0.20 máximo

PÉRDIDAS DIELECTRICAS @ 25 °C ASTM D-924-04 0.029 % 0.5 máximo

RIGIDEZ DIELECTRICA ASTM D-1816-04 65 kV/2.0mm 40 mínimo

TENSIÓN INTERFACIAL ASTM D-971-99a (2004) 43 mN/m 25 mínimo

CONTENIDO DE AGUA KFISHER ASTM D-1533-00 (2005) 4 ppmp 35 máximo

---

(\*) Norma de diagnóstico: *IEEE C57.106-2006*

CONCLUSIONES:

- Los resultados obtenidos de las pruebas de índice de neutralización (acidez), pérdidas dieléctricas, rigidez dieléctrica, tensión interfacial y contenido de agua están dentro de los valores recomendados por la Norma IEEE C57.106-2006 para un aceite en operación.

RECOMENDACIONES:

- De acuerdo al punto 8.2 de la Norma IEEE C57.106-2006 se recomienda un nuevo muestreo en doce meses.

**c) INFORME DE ENSAYO CROMATOGRAFICO N° 08/0727**

---

TIPO DE INFORME: TERCERA PARTE (Norma ISO/IEC 17025:2005)

CANTIDAD DE ACEITE: 735 Kg. TEMPERATURA DEL ACEITE: 25 °C

TEMPERATURA AMBIENTE: 13°C HUMEDAD RELATIVA: 26 %

FECHA DE EXTRACCIÓN: 14-08-2008

FECHA DE RECEPCIÓN: 21-08-2008 EN OPERACIÓN?: SI

MUESTRA EXTRAIDA POR: Laboratorio de Aceites ABB

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: 5FPE-9374-001 (propio del Laboratorio ABB)

SERVICIO REALIZADO: Análisis de los gases disueltos en el aceite aislante.

EQUIPO USADO PARA EL ENSAYO: SA08

#### GASES ANALIZADOS RESULTADOS VAL. REFERENCIA (\*)

ppmv ppmv

HIDRÓGENO ( H<sub>2</sub> ): ND 100 (máximo)

OXÍGENO ( O<sub>2</sub> ): 16516 -

NITRÓGENO ( N<sub>2</sub> ): 25799 -

METANO ( CH<sub>4</sub> ): ND 50 (máximo)

MONÓXIDO DE CARBONO ( CO ): 106 200 (máximo)

DIÓXIDO DE CARBONO ( CO<sub>2</sub> ): 564 5000 (máximo)

ETILENO ( C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> ): ND 50 (máximo)

ETANO ( C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> ): ND 50 (máximo)

ACETILENO ( C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> ): ND 5 (máximo)

TOTAL DE GASES COMBUSTIBLES: 106

TOTAL GENERAL DE GASES: 42985

*NOTA: ND = No Detectado*

*Norma de análisis: ASTM D 3612 -02 (\*) Norma de diagnóstico: IEC60599:1999+A1:2007*

#### CONCLUSIONES

- Las cantidades de gases detectados se encuentran dentro de los valores recomendados por la Norma IEC60599:1999+A1:2007.

#### RECOMENDACIONES:

- De acuerdo al punto 9 de la Norma IEC60599:1999+A1:2007 se recomienda un nuevo muestreo dentro de doce meses.

**d) REPORTE DE DESCARTE DE PRESENCIA DE CLORO****(PRUEBA INDIRECTA DE PCB)****N°08/0108**

---

**TIPO DE INFORME: TERCERA PARTE (Norma ISO/IEC 17025:2005)****FECHA DE RECEPCIÓN: 21-08-2008 EN OPERACIÓN?: SI****MUESTRA EXTRAIDA POR: Laboratorio de Aceites ABB****SERVICIO REALIZADO: Descarte de cloro (Prueba indirecta de PCB).****ENSAYO Descarte de PCB con kit de CLOR-N-OIL 20****NORMA Basado en la norma EPA METHOD 9079****RESULTADOS**

---

**< 20 ppm****Limite Detección del KIT < 20 ppm**

---

## BIBLIOGRAFIA

1. BARCELLI, Guillermo. "Gestión de Mantenimiento 12". Lima, Perú – AM BUSINESS – 2007.
2. PARRA, Carlos. "Introducción a las Técnicas de Ingeniería de Confiabilidad y Mantenimiento". Lima, Perú - ENGINZONE 2008.
3. BOUSO ARAGONES, Juan. "La Bomba, El Corazón de los Hidrociclones". Lima, Perú – VI Simposio Internacional de Mineralúrgia, TECSUP, 2006.
4. KELLY, A. y Harris, M.J. "Gestión del mantenimiento industrial". Madrid, España - Fundaciones REPSOL - 1998.
5. TOKUTARU SUZUKI, "TPM en Industrias de Proceso", Madrid, España – TGP HOSHIN – 1995.
6. FERNANDEZ DIEZ, Pedro, "Bombas Centrífugas y Volumétricas". Santander, España – UNIVERSIDAD DE CANTABRIA – 2001.
7. WILSON K.C., ADDIE G.R., SELIGREN A., CLIFT R. "Slurry transport Using Centrifugal Pumps". 3ra Edición. New York, USA. Editorial SPRINGER 2006.
8. BAHABULNAGA, P.E. "Slurry Systems Handbook". New York, USA. Editorial McGraw Hill – 2002.
9. WEIR GROUP P.L.C. "Slurry Pumping Manual". First Edition. Australia. Warman International L.T.D. – 2002.
10. CLARK, VICKERY AND BACKER. "Transport of Total Tailings Paste Backfill: Results of Full Scale Pipe Test Loop". Spokane, USA. US Department of Interior. – 1994.

<http://www.cdc.gov/Niosh/mining/pubs/pdfs/ri9573.pdf>

11. PATERSON A.J.C. "High Density Slurry and paste Tailings, Transport Systems". Sudáfrica. The South African Institute of minning and metallurgy – 2004.  
[http://www.platinum.org.za/Pt2004/papers/159\\_Paterson.pdf](http://www.platinum.org.za/Pt2004/papers/159_Paterson.pdf)
12. DUGNAN M.R. "RPP WTP Slurry Wear Evaluation: Slurry Abrasivity". Rev. 0. Savannah River site, USA. Westinghouse Savannah River Company. 2002.  
<http://sti.srs.gov/fulltext/tr2002062/tr2002062.pdf>