

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“MANTENIMIENTO MECÁNICO GENERAL DE 50000
HORAS Y CAMBIO DE EJE CENTRAL MEDIANTE
IZAMIENTO DE UNA PALA ELECTRO – MECÁNICA
MINERA”**

**INFORME DE INGENIERÍA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO MECÁNICO**

MIGUEL ANGEL GARCÍA RAMÍREZ

PROMOCION 1998 – II

LIMA – PERÚ

2003

Dedicatoria:

A la memoria de mi padre
y al amor de mi madre

CONTENIDO

	PÁG
PRÓLOGO	1
 CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	7
1.1 Objetivos	8
1.2 Alcances	8
1.3 Limitaciones	9
 CAPÍTULO II	
CONSIDERACIONES SOBRE EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRAS. IMPORTANCIA DEL EJE CENTRAL EN EL MOVIMIENTO DE GIRO DE UNA PALA	10
2.1 Tipos de movimientos básicos de una pala	11
2.1.1 Movimiento de Empuje	11
2.1.2 Movimiento de Izar	13
2.1.3 Movimiento de Giro	13
2.1.4 Movimiento de Traslación	13
2.2 Importancia del Eje Central en el Movimiento de Giro de una Pala	13

CAPÍTULO III

IZAMIENTO DE UNA PALA MINERA: OBJETIVO, DESCRIPCIÓN Y PRUEBAS REALIZADAS AL SISTEMA DE IZAMIENTO	17
3.1 Objetivo del Izamiento	17
3.2 Descripción del Sistema de Izamiento	18
3.2.1 Sistema de Izamiento Sincronizado	18
3.2.1.1 Unidad Oleohidráulica	19
3.2.1.2 Cilindros Hidráulicos	20
3.2.2 Torres Guadoras de los Cilindros	20
3.2.3 Sistemas de Vigas: Fabricación	21
3.3 Pruebas realizadas al Sistema de Izamiento	23
3.3.1 Pruebas de Velocidad en Vacío	23
3.3.2 Pruebas de Tolerancia (Toler) y Exactitud (Exact)	25

CAPÍTULO IV

IZAMIENTO PARA DESMONTAJE Y CAMBIO DEL EJE CENTRAL. TRABAJOS DE REPARACIÓN MECÁNICA	27
4.1 Trabajos a realizar para el izamiento de la pala para desmontaje de eje central (Desmontaje de la sala de máquinas con respecto al sistema de propulsión)	27
4.1.1 Traslado de la pala hacia la zona de trabajo establecida	28
4.1.2 Desmontaje del conjunto lápiz – cucharón	29
4.1.3 Ubicación de la pala dentro de las marcas de referencia	29

4.1.4 Movimiento de giro de la pala para ubicar el sistema de izamiento	30
4.1.5 Instalación del Sistema de Izamiento. Desmontaje de la Pluma y Seteo del Sistema a la Posición Inicial	31
4.1.5.1 Armado de las Torres Guiadoras	31
4.1.5.2 Habilitar el Sistema de Vigas	32
4.1.5.3 Montaje de vigas y torres guiadoras posteriores	32
4.1.5.4 Desmontaje de la pluma	33
4.1.5.5 Montaje de vigas y torres guiadoras delanteras	34
4.1.5.6 Alineamiento del sistema de izamiento	34
4.1.5.7 Realizar las conexiones hidráulicas y eléctricas del sistema de izamiento	36
4.1.5.8 Habilitar la sala de máquinas antes del izamiento	37
4.1.5.9 Izamiento inicial y seteo de límites de posición a cero	37
4.1.6 Desmontaje de la sala de máquinas mediante izamiento sincronizado	37
4.1.6.1 Configuración de parámetros del sistema de izamiento	38
4.1.6.2 Izamiento propiamente dicho	38
4.1.6.3 Fin de Izamiento para desmontaje	38
4.1.7 Movimiento del sistema de propulsión	39
4.1.8 Descenso de la sala de máquinas utilizando el sistema sincronizado	39
4.1.9 Desconexión de líneas hidráulicas y eléctricas del sistema	

de izamiento	42
4.2 Trabajos de reparación mecánica	42
4.2.1 Trabajos de cambio programado de componentes y reparación mecánica mediante soldadura del sistema de propulsión	42
4.2.1.1 Desconectar y retirar las cadenas de orugas	43
4.2.1.2 Retirar componentes programados para cambio	43
4.2.1.3 Limpieza de los bastidores y el cuerpo central o carbody ...	44
4.2.1.4 Inspección en busca de fisuras	45
4.2.1.5 Trabajos de reparación mecánica mediante soldadura.....	45
4.2.1.6 Preparar el sistema de propulsión para montaje	47
4.2.2 Trabajos de cambio programado de componentes de la sala de máquinas y reparación mecánica mediante soldadura	47
4.2.2.1 Reparación del transformador principal	47
4.2.2.2 Cambio de bocina del eje central	47
4.2.2.3 Cambio de cajas de reducción y ejes de giro delantero y posterior	48
4.2.2.4 Trabajos de reparación mecánica mediante soldadura de la sala de máquinas	48
4.2.2.5 Preparar la sala de máquinas para el montaje	49

CAPÍTULO V

**IZAMIENTO PARA MONTAJE FINAL DE LA SALA DE MÁQUINAS
CON RESPECTO AL SISTEMA DE PROPULSIÓN Y PRUEBAS**

FINALES	51
5.1 Izamiento para montaje final de la sala de máquinas con respecto al sistema de propulsión	51
5.1.1 Habilitar la zona alrededor del área de izamiento	52
5.1.2 Realizar las conexiones hidráulicas y eléctricas del sistema de izamiento	52
5.1.3 Izamiento propiamente dicho	53
5.1.4 Movimiento del sistema de propulsión	53
5.1.5 Descenso de la sala de máquinas utilizando el sistema sincronizado	54
5.1.6 Levantar los cilindros posteriores “3” y “4”	54
5.1.7 Desmontaje la parte delantera del sistema de izamiento	55
5.1.8 Montaje de la pluma	55
5.1.9 Colocar la tuerca central	56
5.1.10 Desmontaje de la parte posterior del sistema de izamiento	56
5.2 Arranque inicial de la pala y montaje final	57
5.3 Pruebas finales realizadas a la pala	58
5.3.1 Pruebas y ajustes correspondientes al sistema mecánico en movimiento	59

5.3.2 Pruebas correspondientes al sistema eléctrico	59
5.4 Entrega de la pala al personal de Operaciones Mina	59

CAPÍTULO VI

ESTRUCTURA DE COSTOS	61
6.1 Costos del Sistema Synchronlift	61
6.2 Costos de Trabajos realizados en el Sistema de Propulsión ..	62
6.3 Costos de Trabajos realizados en la Sala de Máquinas	62
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	68
PLANOS	69

APÉNDICE

Apéndice A. Consideraciones de seguridad a tener en cuenta en el mantenimiento mecánico general de 50000 horas y cambio de eje central mediante izamiento

Apéndice B. Consideraciones con respecto al sistema de izamiento

Apéndice C. Valores de pesos de algunos componentes de la pala

Apéndice D. Relación de figuras y cuadros

PRÓLOGO

Una pala electromecánica minera pertenece al grupo de equipos de movimiento de tierras y realiza el carguío del mineral hacia los camiones mineros. Esta pala debe trabajar de manera continua por lo que existe una sección encargada de su mantenimiento la cuál es responsable de mantener al equipo en óptimas condiciones dentro de los parámetros de operatividad permitidos. Para el logro de estos objetivos esta sección debe ejecutar las actividades incluidas en el cronograma de trabajos de mantenimiento programados en las fechas previstas con lo cuál se asegura que el equipo tenga una alta disponibilidad para continuar operativa. Este cronograma que figura en el cuadro 2.1, debe consultarse en todo momento para ver el avance de las actividades.

Dentro de esta gran gama de trabajos de mantenimiento, uno de los más importantes constituye el Mantenimiento Mecánico General de 50000 horas incluyendo el desmontaje de la sala de máquinas con respecto al sistema de propulsión para cambiar el eje central del sistema de giro y demás componentes conexos del mencionado equipo que no podrían realizarse sin el desensamble mencionado.

Considerando el alto número de horas de operación del equipo y los reportes alcanzados con respecto a los componentes críticos de la pala (llámense engranaje de giro, eje central y transformador eléctrico principal) los cuáles requerían ser cambiados, se programó este trabajo integrando a las diferentes secciones para lograr un trabajo en conjunto.

Este trabajo programado incluido el cambio de eje central se llevó a cabo en un período de 19 días efectivos etapa en la cuál el equipo quedó fuera de operación. Las diferentes actividades se realizan de acuerdo a los procedimientos establecidos en los manuales del fabricante de equipo así como procedimientos propios de la sección de Mantenimiento Palas. Cabe mencionar que a pesar de que el fabricante tiene sus estándares de número de horas de vida para cada componente, es el estándar de la empresa el que prevalece. Por este motivo existen componentes que ya han sido intervenidos y que no son materia de este informe.

Entre las actividades realizadas, éstas se detallan en cada capítulo del presente informe, así tenemos que:

En el capítulo I, se indican los objetivos, alcances y limitaciones del informe realizado.

Seguidamente en el capítulo II, se mencionan algunas consideraciones propias del equipo para aclarar algunos términos y dar algunos alcances sobre los trabajos a realizar.

En el capítulo III, se detalla el sistema de izamiento y sus componentes. Se mencionan también detalles de su funcionamiento e instalación así como pruebas realizadas al equipo en vacío. Estas pruebas tienen la finalidad de ver las deficiencias del equipo frente al izamiento de una carga de prueba mucho menor para la cuál ha sido diseñada. Corregidas estas deficiencias, el equipo queda listo para realizar el montaje en el lugar de trabajo.

En el capítulo IV, se indica la secuencia de actividades para el izamiento de la pala así como los trabajos programados de reparación mecánica de los componentes. Dentro de los trabajos de izamiento para desmontaje se consideran:

- Traslado de la pala hacia el lugar de trabajo.
- Desmontaje del conjunto lápiz – cucharón.
- Traslado de la pala a las posiciones establecidas para el izamiento.

- Desmontaje de la pluma y montaje del sistema de izamiento.
- Izamiento propiamente dicho, movimiento del sistema de propulsión y descenso de la sala de máquinas.
- Trabajos de reparación mecánica del sistema de propulsión y sala de máquinas además del cambio programado de componentes.

En el capítulo V, se describen los trabajos de izamiento para montaje final como son:

- Izamiento propiamente dicho, movimiento del sistema de propulsión y descenso de la sala de máquinas.
- Desmontaje del sistema de izamiento y montaje de la pluma.
- Arranque inicial y traslado hacia el lugar de montaje del conjunto lápiz cucharón.
- Trabajos finales para limpieza y pintura, realizar conexiones finales y colocar demás componentes.
- Pruebas finales y ajustes realizados a la pala.
- Entrega de la pala a Operaciones Mina.

En el capítulo VI, se mencionan los costos con respecto al presente trabajo indicándolos por sistemas, esto es, los correspondientes al Sistema Synchronlift, componentes del Sistema de Propulsión, Sala de Máquinas y demás trabajos involucrados en el Mantenimiento Mecánico General.

Finalmente se incluyen los siguientes apéndices:

- Apéndice A. Consideraciones de Seguridad a tener en cuenta en el Mantenimiento Mecánico general de 50000 horas y Cambio de Eje Central mediante Izamiento.
- Apéndice B. Consideraciones con respecto al Sistema de Izamiento.
- Apéndice C. Valores de Pesos de algunos componentes de la Pala.
- Apéndice D. Relación de Figuras y Cuadros.

NOTAS:

1. Cabe mencionar que el tema del informe se centraliza en el izamiento de la pala sin embargo adicionalmente se mencionan las actividades relacionadas con el Mantenimiento Mecánico General de la pala.

2. Para facilitar el entendimiento del presente informe, el tema se escribió utilizando un lenguaje sencillo sin embargo en algunas partes se mencionan palabras en inglés con su respectivo significado dado que su uso es ampliamente difundido en el mundo minero.

3. La información ofrecida en este informe utiliza básicamente el Sistema Internacional de Unidades, sin embargo dado que la mina estuvo durante mucho tiempo bajo la administración estadounidense, se conservan

algunas unidades del sistema americano como las pulgadas y libras pero cuando se trate de hablar de unidades se tratará de indicar su equivalencia para lograr el entendimiento en ambos sistemas.

4. Cabe mencionar el agradecimiento a la persona del Ing. Angel Herrera, al Ing. José Paredes, a los trabajadores de la Sección de Mantenimiento Mecánico General Sección Palas y en general a todo el personal involucrado sin el cuál no se hubiera logrado la culminación de este trabajo.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La pala electromecánica es el equipo de mayor envergadura en las minas llamadas de tajo abierto en la cuál los equipos trabajan sobre la superficie. En estas condiciones de trabajo, la sección de Mantenimiento Mecánico General Sección Palas tiene como objetivo realizar el mantenimiento general de la pala y el cambio del eje central del sistema de giro para lo cuál realiza las coordinaciones con los diferentes talleres involucrados en este trabajo como son el Taller Eléctrico Sección Palas, Taller de Lubricación y el Taller de Radio y Telecomunicaciones. Producto de esta coordinación se comunica a Operaciones Mina el inicio de

actividades para transportar los equipos y herramientas necesarias al área establecida como lugar de trabajo.

A continuación detallaremos los objetivos, alcances y limitaciones del trabajo presentado en este informe.

1.1 OBJETIVOS

1. Realizar el mantenimiento mecánico general de 50000 horas y el izamiento de la pala utilizando un sistema sincronizado.
2. Realizar los trabajos cumpliendo las normas de seguridad propias de una empresa minera.
3. Utilizar el presente informe como precedente para futuros trabajos de izamiento a realizarse con otras palas de similar o mayor tamaño.

1.2 ALCANCES

1. El presente trabajo abarca aquellos realizados por el Taller de Mantenimiento Mecánico General Sección Palas para lo cuál todo el personal está involucrado en la realización de dichas actividades.

2. En este informe se dará mayor énfasis al trabajo de izamiento mismo que es motivo de la realización de este trabajo.
3. El método de trabajo utilizado es uno de los tantos utilizados para el izamiento de la pala. En este caso se utilizará el Sistema de Izamiento Sincronizado basado en un Sistema Oleohidráulico.

1.3 LIMITACIONES

1. En el presente informe no se indica mayor detalle de los trabajos relacionados a la parte eléctrica dado que el enfoque se realiza al izamiento y al mantenimiento mecánico.
2. El uso de este sistema de izamiento debe modificarse en caso se aplique a otros modelos de palas dado que las dimensiones, capacidades de carga y demás parámetros se tomaron en cuenta para un modelo de pala establecido. Estas modificaciones a realizar son motivo de otro estudio.

Habiendo delineado el tema sobre el cuál tratará el presente informe, a continuación se mencionan algunas consideraciones sobre una pala minera.

CAPITULO II

CONSIDERACIONES SOBRE EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRAS. IMPORTANCIA DEL EJE CENTRAL EN EL MOVIMIENTO DE GIRO DE UNA PALA.

En una mina de tajo abierto los equipos utilizados para movimiento de tierras comúnmente son sometidos a grandes esfuerzos dadas las condiciones de operación existentes. No obstante, si bien estas condiciones de trabajo son muy exigentes, los componentes de los equipos mineros tienen una gran resistencia mecánica de lo cuál es posible relacionar las condiciones de trabajo adversas y la durabilidad de los componentes. Esa es una de las razones por las cuáles los

componentes de equipos mineros tienen períodos de intercambiabilidad mayores a los de otros equipos como por ejemplo una bomba de petróleo crudo en un ambiente salino en el cuál los períodos de intercambio de componentes son menores debido al ambiente de trabajo.

En este caso indicaremos lo referido a una pala electromecánica minera que está incluida dentro de este gran grupo de equipos de movimiento de tierras, se trata de un equipo de gran tamaño cuyo principal objetivo es remover el mineral de una zona de trabajo, recogerlo y descargarlo en los camiones mineros los cuáles llevarán el mineral a otra parte del proceso para continuar con el ciclo productivo dentro de las actividades mineras. Ver figura 2.1

2.1 TIPOS DE MOVIMIENTOS BÁSICOS DE UNA PALA

La pala electromecánica minera a la cuál nos referiremos en adelante como PALA, no es un equipo estático sino que tiene cuatro tipos de movimientos básicos los cuáles son:

2.1.1 Movimiento de Empuje.- para realizar este movimiento, el operador energiza el motor de empuje con lo cuál el cucharón es introducido en el terreno y queda listo para la operación de carguío.

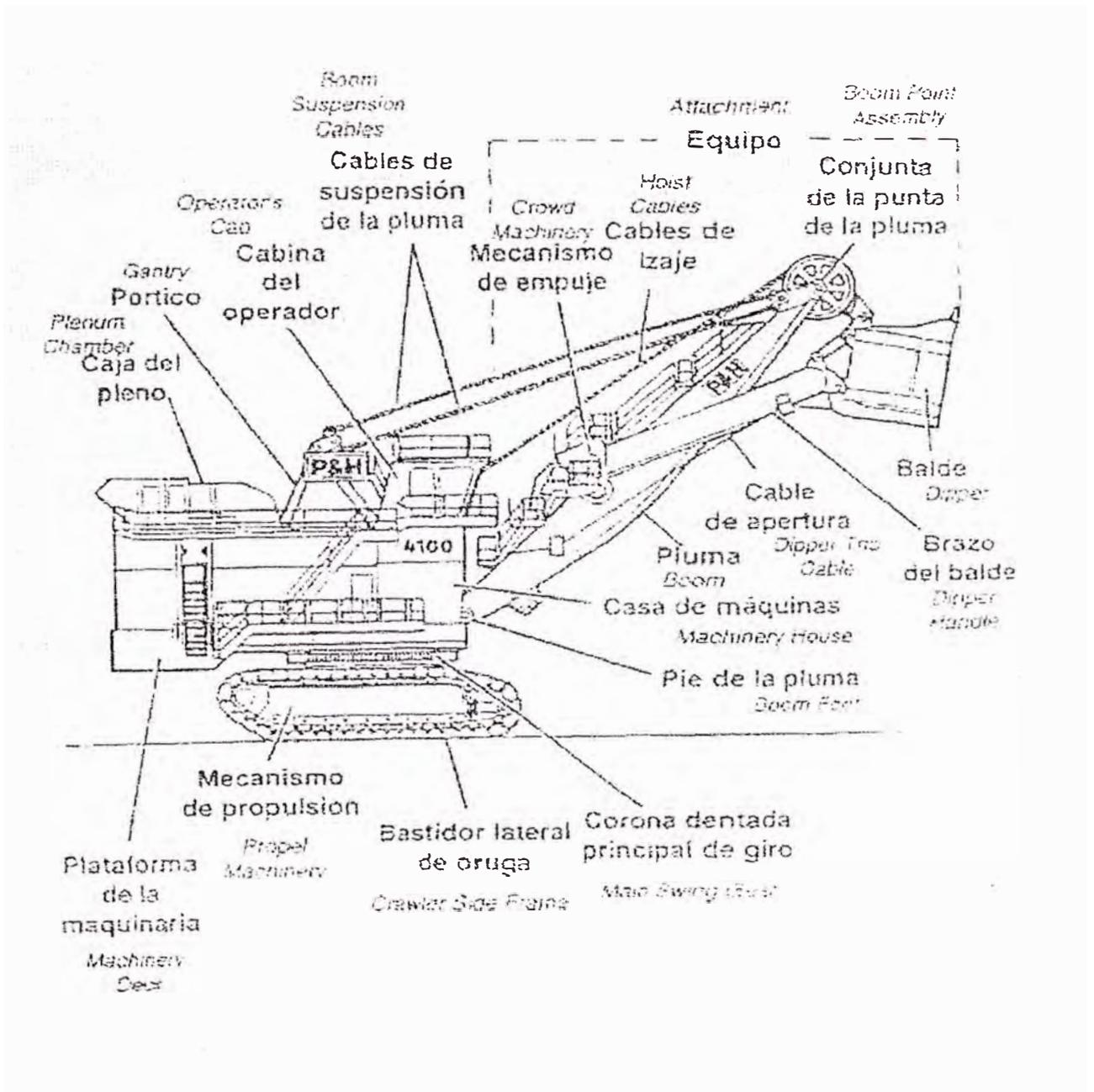


Figura 2.1: Vista general de una pala electromecánica minera y nomenclatura de sus principales componentes.

2.1.2 Movimiento de Izar.- una vez que el cucharón está listo para recoger el mineral (producto del movimiento anterior), el operador energiza los motores de izar para levantar el cucharón y realizar el carguío, este movimiento se realiza por acción del movimiento del tambor de izar que enrolla y/o desenrolla los cables para hacer la función de izar/bajar.

2.1.3 Movimiento de Giro.- cargada la pala, debe descargar el mineral en la tolva del camión para lo cuál el operador energiza los motores de giro para girar la pala hasta la posición del camión estacionado, abre la compuerta del cucharón y descarga el mineral.

2.1.4 Movimiento de Traslación.- terminada la remoción del material de una zona de trabajo establecida, la pala debe trasladarse a otro lugar, para lo cuál el operador energiza los motores de propulsión y la pala se traslada hasta la posición adecuada para continuar con sus operaciones.

2.2 IMPORTANCIA DEL EJE CENTRAL EN EL MOVIMIENTO DE GIRO DE UNA PALA

Habiendo descrito los movimientos básicos de una pala electromecánica minera, nos centralizaremos en el sistema que permite el movimiento de giro. El eje central forma parte de este sistema y tiene la función de guiar el movimiento de giro de la sala de máquinas con respecto al sistema de propulsión. Ver figura 2.2

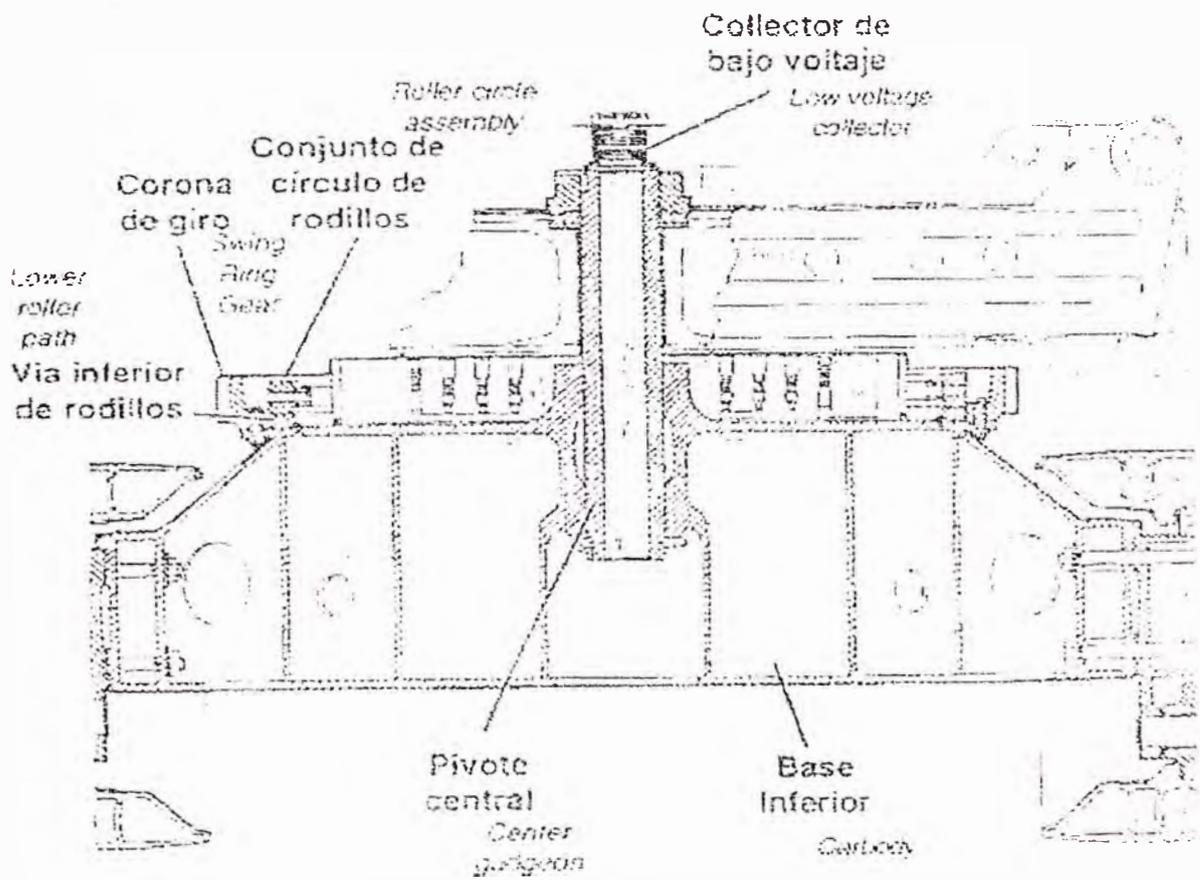


Figura 2.2 Vista general de componentes del sistema de giro de una pala.

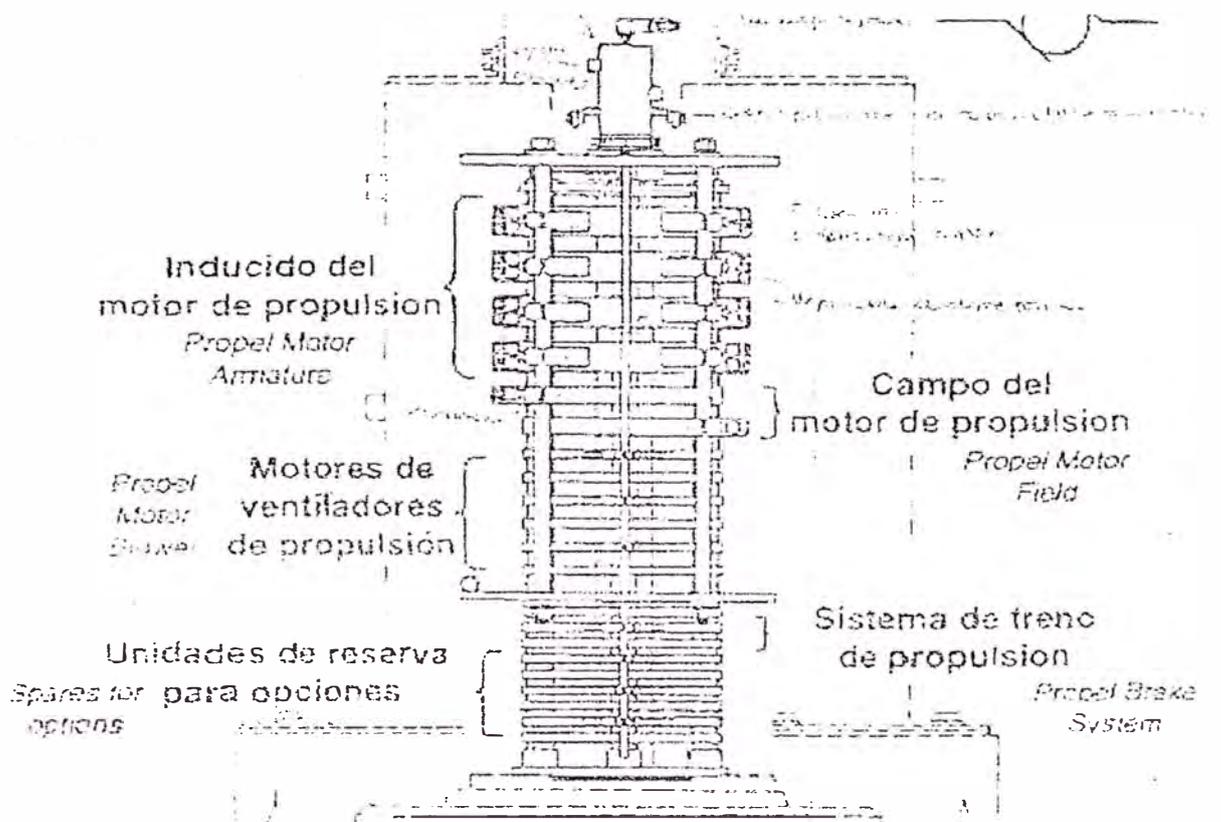


Figura 2.3 Vista en corte del rotasil. Componente del sistema de giro como medio de transporte.

El eje central no sólo permite realizar este movimiento de giro sino que se utiliza como un medio de transporte de mangueras de lubricación del sistema centralizado con control computarizado, cables eléctricos hacia los motores de propulsión y mangueras de aire hacia los frenos de propulsión dado que no se trata de un eje compacto sino que tiene forma de un cilindro con una abertura central. El rotasil instalado por la parte superior del eje central se utiliza también como medio de transporte de los componentes señalados. Ver figura 2.3

Es en el cambio del eje central donde se centrará la atención del trabajo para lo cuál se utiliza un sistema de izamiento para desmontar la sala de máquinas con respecto al sistema de propulsión pero además se realizará la reparación de componentes conexos cuya intervención no se podría realizar teniendo la máquina ensamblada. La secuencia de actividades se detalla en el cuadro 2.1 llamado "Actividades de Mantenimiento General de 50000 horas y Cambio de Eje Central mediante Izamiento" (Ver Apéndice D.2), y la descripción de estas actividades es lo que se explica a continuación y por ser el sistema de izamiento una herramienta importante para el logro de uno de los principales objetivos se tratará con mayor detalle en el capítulo que viene a continuación.

CAPITULO III

IZAMIENTO DE UNA PALA MINERA: OBJETIVO, DESCRIPCIÓN Y PRUEBAS REALIZADAS AL SISTEMA DE IZAMIENTO.

3.1 OBJETIVO DEL IZAMIENTO

El izamiento de la pala tiene como objetivo principal, separar la sala de máquinas del cuerpo central del sistema de propulsión o “carbody” con el fin de realizar el cambio del eje central del sistema de giro. A la vez permite cambiar otros componentes relacionados y realizar las tareas de reparación bajo la sala de máquinas que no podrían realizarse con todo el conjunto ensamblado.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE IZAMIENTO

El sistema de izamiento (Ver plano 3.1: Vista general de la pala) es una herramienta que permite levantar el conjunto de la sala de máquinas y con ello separarla con respecto del sistema de propulsión, para ello la pala debe estar ubicada sobre una superficie perfectamente nivelada y compactada para evitar el hundimiento del terreno y con ello producir que se desestabilice la carga cuando se realice el izamiento (Ver plano 3.2: Cimentación de la pala – Vista de planta). Asimismo el terreno debe tener los anclajes adecuados para la fijación del sistema y así eliminar cualquier riesgo de corrimiento (Ver plano 3.3: Puntos de perforación – Vista de planta). A continuación se describe cada componente del sistema utilizado.

3.2.1 Sistema de Izamiento Sincronizado

El sistema de izamiento sincronizado, llamado SYNCHROLIFT, forma parte de una tecnología de avanzada procedente de Italia. Este sistema permite realizar el izamiento de una carga mediante la acción de unos cilindros hidráulicos, cuyos puntos de contacto con relación a la carga, deben estar continuamente monitoreados para ver su comportamiento con respecto al tiempo durante el ascenso o descenso. Para ello el sistema controla los parámetros de tolerancia y exactitud que el usuario define antes de usar el sistema. Si alguno de los valores

instantáneos de posición sale fuera de las tolerancias establecidas, el sistema se bloquea y no permite ni el ascenso ni el descenso de la carga. Se trata de una medida de seguridad para evitar cualquier inconveniente producto de las maniobras realizadas con una carga de elevadas proporciones.

Seguidamente se describe cada uno de los componentes del sistema de izamiento sincronizado.

3.2.1.1.- Unidad Oleohidráulica

El sistema de izamiento está compuesto de una unidad oleohidráulica accionada por un motor eléctrico. Este motor al actuar sobre la bomba oleohidráulica permite el flujo de aceite desde el tanque a los cuatro (4) cilindros hidráulicos mediante mangueras diseñadas para alta presión (hasta 10000 psi = 700 bar aprox.). Ver Apéndice B, punto B1.1. donde se indican las especificaciones técnicas de la unidad oleohidráulica y demás componentes.

La unidad oleohidráulica tiene cuatro (4) bloques de válvulas independientes y cada uno de estos tiene su propia válvula de alivio regulable. Cada bloque de válvulas está compuesto de una válvula direccional del tipo 4/3 (designación ISO) con solenoide para tensión de 220 – 230 Voltios AC, sensor de presión en el puerto “P”, manómetro en

el puerto "A", conector del tipo "macho" (male fitting) en el puerto "A" y conector del tipo "hembra" (female fitting) en el puerto "B".

3.2.1.2.- Cilindros Hidráulicos

Cada cilindro hidráulico está diseñado para levantar una carga vertical de 350 TM, con lo cuál la capacidad de carga de todo el sistema conformado por los cuatro cilindros es de 1400 TM. La capacidad de levante de todo el sistema es mucho mayor que la carga representada por la sala de máquinas que no supera las 800 TM (toneladas métricas), esto quiere decir que se está utilizando el sistema de izamiento a un 57% de su capacidad de carga. Ver figura 3.1: Dimensiones del cilindro hidráulico del sistema de izamiento. Para la selección de los cilindros se ha considerado el peso de la sala de máquinas y la longitud de la carrera del vástago de cada cilindro, equivalente a 72" (1.82 m), superior a lo que se necesita en este caso.

3.2.2 Torres Guiadoras de los Cilindros

Cada torre guiadora aloja en su interior un cilindro hidráulico y la función de la torre es guiar la salida del vástago y actuar junto a cada cilindro como un solo cuerpo al momento de izar o bajar la carga. Estas torres guiadoras están fijadas al piso mediante uniones de soldadura entre la plancha base de la torre y la plancha de anclaje correspondiente a cada uno de los cuatro cimientos. En total se utilizan cuatro torres

el puerto "A", conector del tipo "macho" (male fitting) en el puerto "A" y conector del tipo "hembra" (female fitting) en el puerto "B".

3.2.1.2.- Cilindros Hidráulicos

Cada cilindro hidráulico está diseñado para levantar una carga vertical de 350 TM, con lo cuál la capacidad de carga de todo el sistema conformado por los cuatro cilindros es de 1400 TM. La capacidad de levante de todo el sistema es mucho mayor que la carga representada por la sala de máquinas que no supera las 800 TM (toneladas métricas), esto quiere decir que se está utilizando el sistema de izamiento a un 57% de su capacidad de carga. Ver figura 3.1: Dimensiones del cilindro hidráulico del sistema de izamiento. Para la selección de los cilindros se ha considerado el peso de la sala de máquinas y la longitud de la carrera del vástago de cada cilindro, equivalente a 72" (1.82 m), superior a lo que se necesita en este caso.

3.2.2 Torres Guiadoras de los Cilindros

Cada torre guiadora aloja en su interior un cilindro hidráulico y la función de la torre es guiar la salida del vástago y actuar junto a cada cilindro como un solo cuerpo al momento de izar o bajar la carga. Estas torres guiadoras están fijadas al piso mediante uniones de soldadura entre la plancha base de la torre y la plancha de anclaje correspondiente a cada uno de los cuatro cimientos. En total se utilizan cuatro torres

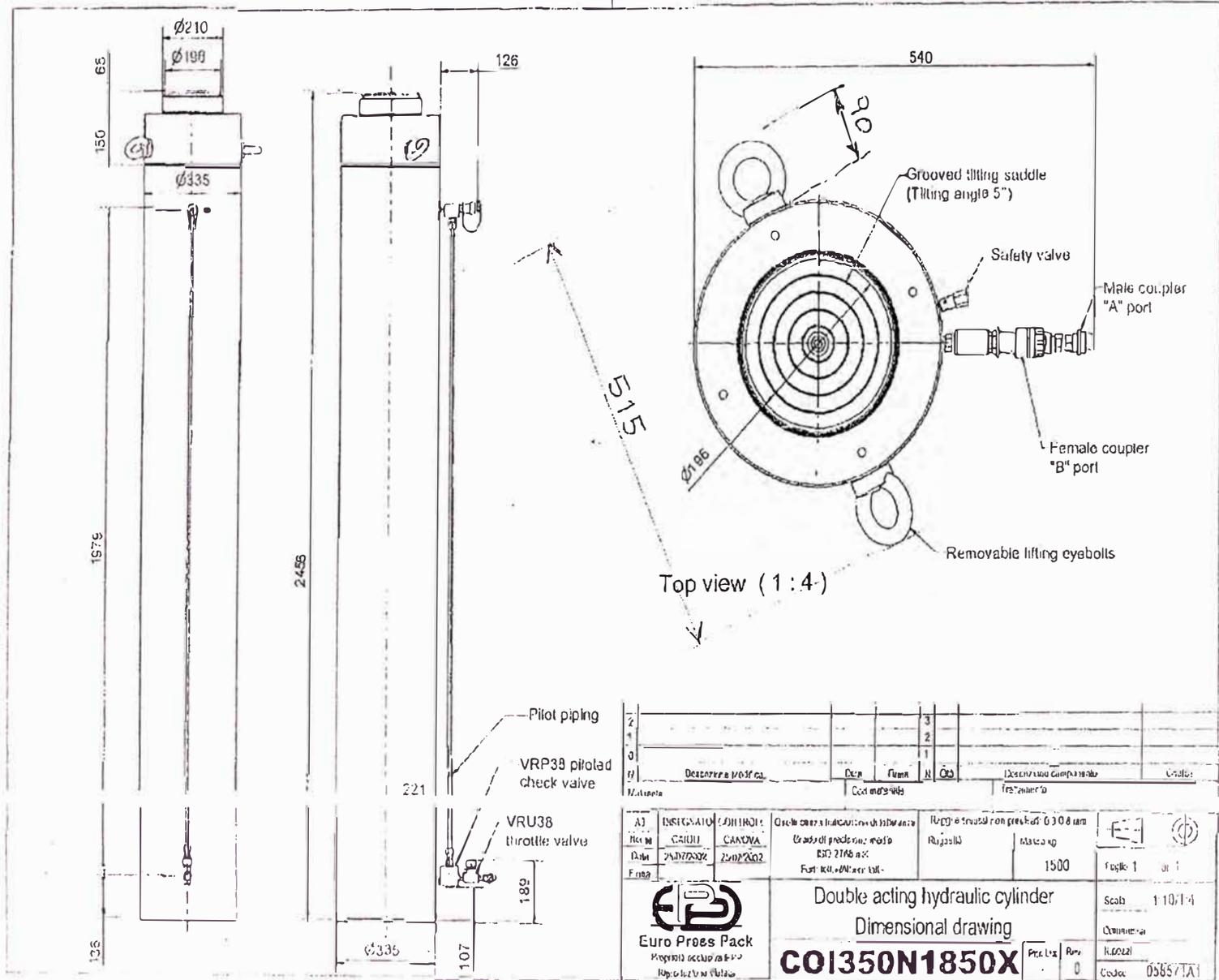
guiadoras, dos delanteras y dos posteriores. (Ver plano 3.1: Vista general de la pala).

3.2.3 Sistema de Vigas: Fabricación

Las vigas sirven como elemento de contacto entre la superficie inferior de la sala de máquinas y la superficie de trabajo del vástago de cada uno de los cilindros hidráulicos. Se trata de dos sistemas fabricados con vigas tipo "I" de 36x300, el sistema de viga delantera tiene una configuración de viga simple de 36x300 y el sistema de viga posterior es un arreglo doble de vigas de 36x300 unidas entre sí por sus alas mediante soldadura y reforzada con una plancha de unión fijada a las alas de ambas vigas. (Ver plano 3.1: Vista general de la pala, plano 3.4: Vista general de Viga delantera y plano 3.5: Vista general de Viga posterior). Estas vigas también han sido reforzadas con cartelas interiores y en cada uno de sus extremos se han fabricado superficies de apoyo para que actúe la fuerza de acción ejercida por cada cilindro hidráulico.

La viga posterior está en contacto directo con la superficie inferior de la sala de máquinas mientras que la viga delantera tiene un aditamento intermedio o extensión fabricado con vigas el cuál está instalado en la parte delantera de la pala. Es en este aditamento donde actuará directamente la fuerza ejercida por los cilindros delanteros.

Figura 3. 1 Dimensiones del cilindro hidráulico del sistema de izamiento



3.3 Pruebas realizadas al Sistema de Izamiento

Por motivos de seguridad y para ver el comportamiento del sistema en conjunto, se realizaron algunas pruebas del sistema de izamiento con una carga de prueba. Estas pruebas se realizaron antes de la fecha de inicio del trabajo y de cuyos resultados se obtuvieron ciertos detalles para tomar acciones correctivas y así lograr el buen desempeño del sistema.

Las pruebas realizadas se centran principalmente en el sistema oleohidráulico, principalmente los cilindros, cada uno de los cuáles está identificado con marcas de fábrica con los números "1", "2", "3" y "4". Cabe mencionar que la carga de prueba fue de 30 TM aproximadamente, mucho menor que la carga real a levantar pero de cuyos resultados obtendremos algunas conclusiones.

Así pues tenemos los siguientes resultados producto de las siguientes pruebas:

3.3.1 Pruebas de velocidad en vacío, realizado tanto en el movimiento ascendente como el descendente, de lo cuál se obtuvo el cuadro que se ve a continuación, donde se definen los siguientes términos:

Vascenso: Velocidad de ascenso

Vdescenso: Velocidad de descenso

	Cilindro 1 (delantero)	Cilindro 2 (delantero)	Cilindro 3 (posterior)	Cilindro 4 (posterior)
Carga (TM)	5	5	10	10
Vascenso (mm/min)	52.0	56.0	52.0	52.0
Vdescenso (mm/min)	14.0	12.0	12.0	14.0

Observaciones con respecto a la prueba:

- La velocidad de izamiento según datos de fábrica es de 40.7 mm/min, pero este valor se logra cuando el equipo trabaja a plena carga. en este caso dado que la carga de prueba es mucho menor, este valor de velocidad sólo se toma de referencia. (Ver Apéndice B, punto B.1.1.2: Especificaciones técnicas de los cilindros hidráulicos).

- La discrepancia entre los diferentes valores de velocidades obtenidos entre uno y otro cilindro (movimientos de ascenso y descenso) se explica por las mismas razones del punto anterior por lo cuál la carga no es la adecuada y por ello no se alcanzan valores efectivos de velocidades para los cuáles se han diseñado los cilindros. Además en la carrera de descenso, cuando el pistón se retrae y por ende el volumen de la cámara inferior es desplazado, el ajuste de la válvula que restringe la salida del flujo de aceite se realizó manualmente y por esa razón puede notarse esa pequeña variación en los diferentes valores de velocidades de algunos cilindros. Por ello se recomienda tener especial cuidado con el ajuste de

esta válvula buscando la misma regulación en los cuatro cilindros tal que cuando se realice el izamiento real se evite esta variación de valores.

3.3.2 Pruebas de Tolerancia (Toler) y Exactitud (Exact), realizado tanto en el movimiento ascendente como el descendente, obteniendo los siguientes resultados:

Ensayo	Parámetros		Carrera		Tiempos de ...		Velocidades de ...	
	Toler	Exact	Prefijada	Real	Asc	Desc	... Asc	... Desc
Nro.	mm	%	mm	mm	seg	seg	mm/min	mm/min
1	1.0	85.0	100.0	108.0	198.0	110.0	32.7	58.9
2	4.0	85.0	100.0	108.0	126.0	65.0	51.4	99.7
3	4.0	50.0	100.0	108.0	125.0	65.0	51.8	99.7

Observaciones con respecto a la prueba:

- Estas pruebas de tolerancia y exactitud se realizaron para ver la respuesta del sistema frente a alguna variación de parámetros. Lo observado durante las pruebas fue que ante variaciones fuera de la tolerancia permitida, el sistema no sube ni baja la carga, bloqueándose por completo hasta que no se solucione el problema con lo cuál la seguridad de las operaciones está garantizada.

- En este caso la carga total de prueba fue de 6 TM, es decir 1,5 TM en cada cilindro, equivalente al 0.43% de la capacidad de carga de todo el sistema.
- Las diferencias de los valores obtenidos entre la carrera deseada y la carrera real se explica por el bajo valor de la carga en cada cilindro lo que impide el frenado efectivo. Otro factor influyente corresponde a las condiciones de trabajo de la bomba hidráulica (trabajando a presión mínima de 2.75 bar comparada con la presión a plena carga de 700 bar, con lo cuál 2.75 bar es sólo un 0.39% de 700 bar).

CAPITULO IV

IZAMIENTO PARA DESMONTAJE Y CAMBIO DE EJE CENTRAL. TRABAJOS DE REPARACIÓN MECÁNICA

4.1 TRABAJOS A REALIZAR PARA EL IZAMIENTO DE LA PALA PARA DESMONTAJE DE EJE CENTRAL (DESMONTAJE DE LA SALA DE MÁQUINAS CON RESPECTO AL SISTEMA DE PROPULSIÓN)

Previo a la ejecución de trabajos, se realiza la programación de las actividades a realizar lo cuál es producto de un trabajo en conjunto entre el Taller de Mantenimiento Palas y Planeamiento Mina, ambas secciones

se encargan de la planificación, elaboración, ejecución y monitoreo del programa de actividades para el izamiento de la pala. La descripción de las tareas a realizar se puede observar en el cuadro 2.1 llamado “Actividades de Mantenimiento General de 50000 horas y Cambio de Eje Central mediante Izamiento” (Ver Apéndice D.2), de las cuáles explicaremos las siguientes:

4.1.1 Traslado de la Pala hacia la Zona de Trabajo Establecida

La pala es trasladada hasta la zona de trabajo que ha sido delimitada y habilitada para los trabajos de izamiento. Esta etapa de traslado tardó 4 horas, desde las 5 a.m. hasta las 9 a.m. del primer día. La duración de esta etapa depende de muchos factores, un factor importante es la demora de la pala por parada debido a la aparición de alarmas producto del largo recorrido ya que la pala no es un equipo que debe ser trasladado largas distancias pero tuvo que realizarse esta operación ya que se necesitaba ubicar la pala en una zona de fácil acceso y de condiciones seguras para las maniobras y la ubicación inicial donde se encontraba la pala no ofrecía estas garantías. Para solucionar estos inconvenientes de ocurrencia de alarmas de parada durante el recorrido, se tuvieron en cuenta todas las previsiones del caso contando con personal tanto del Taller Eléctrico como personal del Taller Mecánico de Palas quienes realizaron una labor en conjunto.

4.1.2 Desmontaje del conjunto Lápiz – Cucharón

Continuando con el traslado, la pala se ubica al final de toda la zona de trabajo delimitada y se deja el cucharón asentado en el terreno. En esa posición, con ayuda de un tractor se carga el cucharón de la pala con material de desmonte para dejarlo sin posibilidad de movimiento tal que facilite el retiro del lápiz-cucharón como un conjunto y no tenga que desmontarse individualmente ya que implicaría demorar mayor tiempo del estimado. Terminada la operación de carguío con el tractor, el conjunto del lápiz-cucharón queda asentado en el terreno, luego con ayuda de dos grúas de capacidad de carga suficiente ubicadas una a cada lado de la pala, se retiran las monturas que aseguran el lápiz con el sistema de empuje. Seguidamente, se energizan los motores del sistema de propulsión de la pala para realizar el movimiento de retroceso para desacoplar el conjunto lápiz-cucharón. La pala continuará retrocediendo hasta ubicarse dentro de las marcas de referencia establecidas. (Ver plano 3.1: Vista general de la pala).

4.1.3 Ubicación de la Pala dentro de las Marcas de Referencia

La pala debe quedar ubicada dentro de las marcas establecidas como referencia para instalar el sistema de izamiento dentro de los cimientos construidos (Ver plano 3.2: Cimentación de la pala - Vista de planta). Para la ubicación de la pala, en el terreno se han colocado

planchas de acero antidesgaste de 2 pulgadas (2") de espesor y de dimensiones 96"x120" para utilizarlos como plataforma de apoyo, estas planchas vienen a ser en número un total de 8, unidas por medio de cordones de soldadura tal que formen dos hileras de 4 planchas cada una (una hilera para cada oruga del sistema de propulsión. Teniendo lista la plataforma, la pala viene en retroceso desde la posición donde se desacopló el lápiz hasta ubicarse en las marcas establecidas; una vez aquí, se realizan otras marcas de referencia en la pala con respecto a las planchas sobre el terreno para que sirvan de guía y se pueda verificar la posición adecuada de la pala cuando se realice el montaje final de la sala de máquinas con el sistema de propulsión.

4.1.4 Movimiento de Giro de la Pala para ubicar el Sistema de Izamiento

Una vez realizado el movimiento de traslado en retroceso de la pala hasta las posiciones de referencia, se realiza el movimiento de giro energizando los motores correspondientes. En esta operación el plano vertical central imaginario que pasa por la sala de máquinas debe quedar a 90° con respecto al plano vertical central imaginario del sistema de propulsión. Para la verificación de la posición correcta, se toma como referencia las líneas medias verticales del frontis delantero y posterior de la sala de máquinas tal que el plano vertical formado por estas dos líneas quede formando un ángulo de 90° con el plano vertical central imaginario que pasa por el sistema de propulsión. Una vez alineada la sala de

máquinas con la posición adecuada con respecto al sistema de propulsión, puede instalarse el sistema de izamiento para realizar la siguiente etapa.

4.1.5 Instalación del Sistema de Izamiento, Desmontaje de la Pluma y Seteo del Sistema a la Posición Inicial

El sistema de izamiento debe ser ubicado según las marcas de referencia establecidas en el plano 3.2: Cimentación de la pala - Vista de planta y para ello es necesario el uso de grúas, camiones y montacargas. Cabe mencionar que el terreno sobre el cuál se realizarán las maniobras de izamiento ha sido previamente nivelado con motoniveladoras para lograr las características del terreno que necesita el sistema de izamiento. Asimismo, para este trabajo se contrataron los servicios de gente especializada en Topografía utilizando teodolitos para comprobar el nivelamiento del terreno.

Posterior a lo citado anteriormente, se da inicio a los trabajos de instalación del sistema de izamiento como sigue a continuación:

4.1.5.1 Armado de las Torres Guiadoras

El armado de cada una de las torres se realizó en el taller tal que el montaje del sistema en el lugar de trabajo se realice en el menor tiempo posible. Cabe mencionar que cada una de las cuatro torres debe ir

ubicada en cada una de las esquinas de la sala de máquinas por lo cual denominaremos a dos de ellas como torres delanteras y las otras dos como torres posteriores. (Ver plano 4.1: Vista general de torre delantera y plano 4.2: Vista general de torre posterior).

4.1.5.2 Habilitar el Sistema de Vigas

Las vigas ya fabricadas se llevan al lugar de trabajo para realizar el montaje del sistema de izamiento.

4.1.5.3 Montaje de Vigas y Torres Guidoras Posteriores

Habilitadas las torres guidoras y el sistema de vigas en el lugar de trabajo, se utilizan dos grúas para mantener en suspensión el sistema de vigas de la parte posterior y con otra grúa se acopla cada una de las torres posteriores numeradas como “3” y “4” tal que la superficie de apoyo de los extremos de las vigas quede dentro de la guía tipo corredera de cada torre (Ver plano 3.1: Vista general de la pala). El orden del montaje es como sigue, primero la viga y torres posteriores y luego el sistema correspondiente a la parte delantera (esta etapa se explicará más adelante, posterior al desmontaje de la pluma), esto debido a que cuando se retire la pluma habrá un desbalance de fuerzas producto de la fuerza ejercida por el contrapeso actuante en la pala. Por ello, antes de retirar la pluma se energiza la unidad oleohidráulica tal que los cilindros posteriores “3” y “4” levanten la pala unos 20 cm y ejerzan una fuerza contraria al

contrapeso que será la fuerza actuante de mayor valor cuando la pluma haya sido retirada.

4.1.5.4 Desmontaje de la Pluma

Con los cilindros “3” y “4” ejerciendo fuerza en el lado posterior de la pala, se instalan los equipos de trabajo utilizando una grúa de apoyo a cada lado de la pluma. Esta maniobra está catalogada como de alto riesgo considerando el gran peso de la pluma que bordea las 100 TM por lo cuál la supervisión debe observar que las actividades se realicen dentro de las consideraciones de seguridad establecidas (Ver Apéndice A).

Para el desmontaje de este componente, se levanta la pluma por el lado de las poleas con ayuda de las grúas y con esta operación se logra “destemplar” los cuatro (4) cables templadores que ya pueden ser retirados. Ver figura 2.1. Seguidamente la pluma es descendida lentamente hasta llegar al suelo donde queda apoyada temporalmente sobre bloques de madera. En esta etapa se cambian de posición las grúas para levantar ligeramente la pluma por la parte más pesada (lado inferior) y permitir así el retiro de los pines que aseguran la pluma a la estructura del revolving frame (piso de la sala de máquinas). Una vez retirada la pluma, nuevamente se deja apoyada sobre bloques de madera y luego cambiando otra vez la posición de las grúas, la pluma es alejada de la pala unos 10 a 15 metros para permitir la instalación del sistema de

izamiento delantero.

4.1.5.5 Montaje de Vigas y Torres Guiadoras Delanteras

Posterior al desmontaje de la pluma ya puede instalarse el sistema de izamiento de la parte delantera junto con las torres y cilindros numerados como "1" y "2". El montaje se realiza de la misma manera como se realizó con el sistema posterior. Seguidamente se explican los trabajos realizados para verificar el correcto montaje del sistema de izamiento.

4.1.5.6 Alineamiento del Sistema de Izamiento

Instalados los componentes y habiendo verificado las condiciones de los mismos, se procede a realizar la inspección del sistema de izamiento para lo cuál se realiza el alineamiento de las torres y cilindros de cada par (delanteras y posteriores). Se trata de revisar el paralelismo entre dos puntos de referencia análogos tanto en las torres como en los cilindros, luego se corrige este desalineamiento utilizando platinas metálicas (de 1" o 2" de espesor según se requiera) que serán colocados bajo la superficie de apoyo de cada una de las torres. El alineamiento es una etapa de verificación importante para evitar cualquier riesgo de volteo de los cilindros ya que según el fabricante, éstos están diseñados para trabajar con una desviación angular menor a +/- 4°.

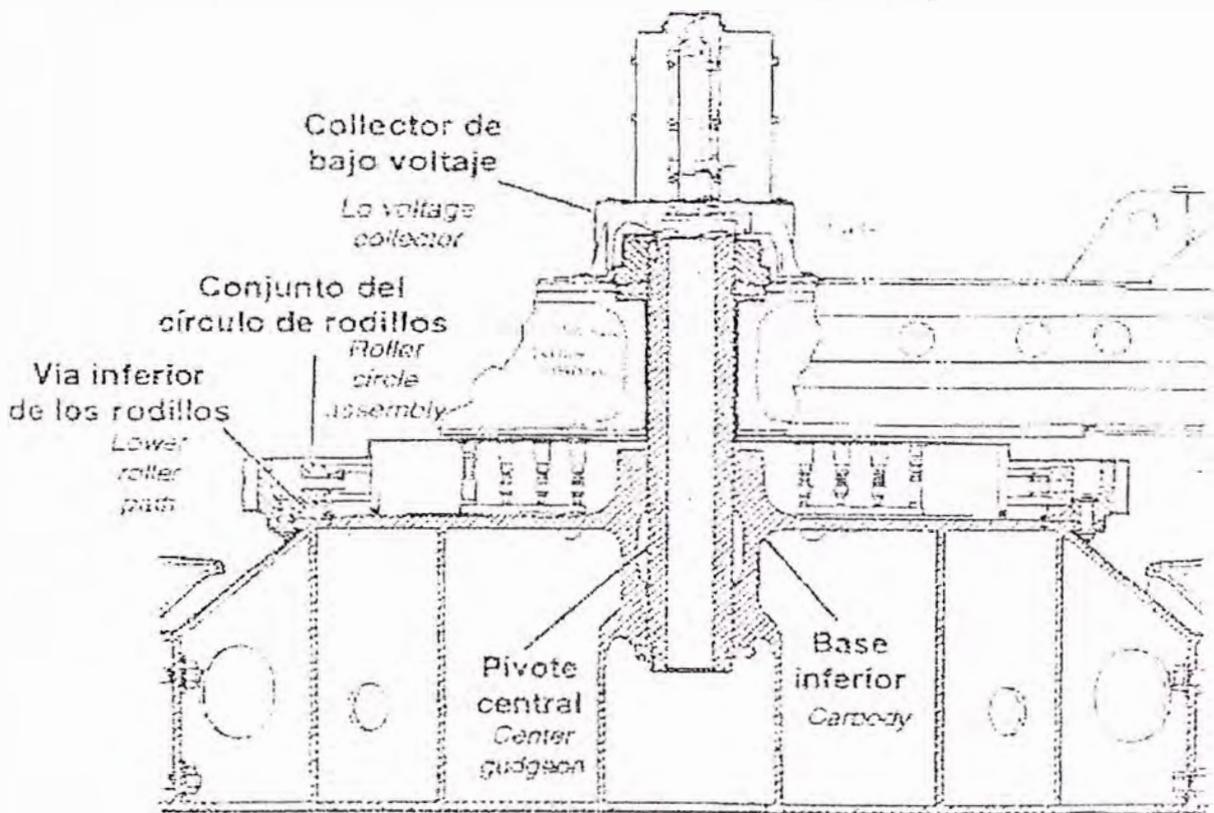


Figura 4.1 Vista de tuerca central como componente del sistema de giro

4.1.5.7 Realizar las Conexiones Hidráulicas y Eléctricas del Sistema de Izamiento

Terminada el alineamiento del Sistema de Izamiento, se procede a realizar las conexiones hidráulicas desde las válvulas ubicadas en la unidad oleohidráulica hasta los cilindros y las conexiones eléctricas desde el tablero de control hasta los sensores de posición de cada cilindro. Especial cuidado debe tenerse al realizar esta operación sin causar daños en las conexiones, mangueras, válvulas y sensores.

Adicionalmente se han numerado las conexiones de los “fittings” de las válvulas con números “1”, “2”, “3” y “4” para que vayan conectados mediante mangueras hasta los correspondientes “fittings” de los cilindros también numerados con los números “1”, “2”, “3” y “4”. Cabe mencionar que el tendido de las mangueras y cables eléctricos debe realizarse en línea recta tal que permita el uso de canaletas fabricadas tipo media luna que evitarán que el paso de vehículos y peatones los deterioren formando obstrucciones que originan pérdidas de presión en las líneas hidráulicas o pérdidas de señal en los cables eléctricos.

Posterior a la etapa de realizar las conexiones, es necesario retirar las mangueras de lubricación y líneas eléctricas que pasan al interior del eje central para permitir el desmontaje de la sala de máquinas.

4.1.5.8 Habilitar la Sala de Máquinas antes del Izamiento

Se retira la tuerca central antes del izamiento (Ver figura 4.1: Vista de tuerca central como componente del sistema de giro), esta tuerca asegura el eje central fijado en el carbody con respecto a la sala de máquinas. Esta operación se realiza cuando la sala de máquinas está en el plano horizontal y ya se ha instalado el sistema de izamiento. Además se verifican las condiciones de izamiento y se revisan las conexiones realizadas en el sistema desde cada punto inicial hasta su punto final con el objetivo de realizar una última inspección antes de energizarlo.

4.1.5.9 Izamiento Inicial y Seteo de Límites de Posición a Cero

Se energiza la unidad oleohidráulica y utilizando el software instalado en la computadora, se independiza cada uno de los cilindros hidráulicos para que cada uno realice su ascenso hasta lograr el contacto con la superficie de apoyo de la viga tanto en la parte delantera como posterior, luego se realiza el ascenso sincronizado de forma gradual tal que las vigas mantengan su horizontalidad. Una vez que las vigas estén en contacto con la sala de máquinas, se resetean los valores instantáneos de posición y éstos se adoptan como el punto inicial de izamiento.

4.1.6 Desmontaje de la Sala de Máquinas mediante Izamiento Sincronizado

Para realizar esta etapa del trabajo, primero se eligen las personas

que actuarán de supervisores, los cuáles verán el comportamiento del izamiento en cada uno de los cuatro puntos de apoyo. Además habrá un operador de la computadora quién será el encargado de operar el sistema de izamiento computarizado y un coordinador general externo que dirigirá las operaciones. Realizada la distribución de funciones al personal, ya puede iniciarse el izamiento de la pala que se subdivide en:

4.1.6.1 Configuración de Parámetros del Sistema de Izamiento, por medio del cuál se establece la sincronización de los cuatro cilindros hidráulicos para que realicen el movimiento de ascenso a la misma velocidad (Ver figura 4.2: Vista de pantalla de presentación del software utilizado por el Sistema Synchrolift).

4.1.6.2 Izamiento propiamente dicho, se inicia el ascenso sincronizado haciendo click en el botón de "INICIO" que aparece en la pantalla y durante todo el movimiento se controlan continuamente los parámetros instantáneos (altura de izamiento y presión hidráulica) hasta alcanzar el valor de altura instantáneo de 1,70 m que es la posición donde se detiene el sistema (Ver figura 4.2).

4.1.6.3 Fin de Izamiento para Desmontaje, habiendo alcanzado el valor predefinido de 1.70 m, por seguridad, hacer click sobre el botón de "PARADA" con lo cuál se detiene todo movimiento del sistema de

izamiento (Ver figura 4.2: Vista de pantalla de presentación del software utilizado por el Sistema Synchrolift y figura 4.3: Vista general del desmontaje de la pala).

4.1.7 Movimiento del Sistema de Propulsión

Una vez retirada la sala de máquinas se energizan cada uno de los motores del sistema de propulsión mediante la alimentación con máquinas de soldar con tensión de 440 V tal que permita su traslado a una distancia alejada de todo el sistema de izamiento donde se puedan realizar todos los trabajos programados sin dificultad.

4.1.8 Descenso de la Sala de Máquinas utilizando el Sistema Sincronizado

Una vez retirado el sistema de propulsión, se desciende la sala de máquinas utilizando el sistema de izamiento hasta el punto inicial para que a continuación se realicen los trabajos de desconexión.

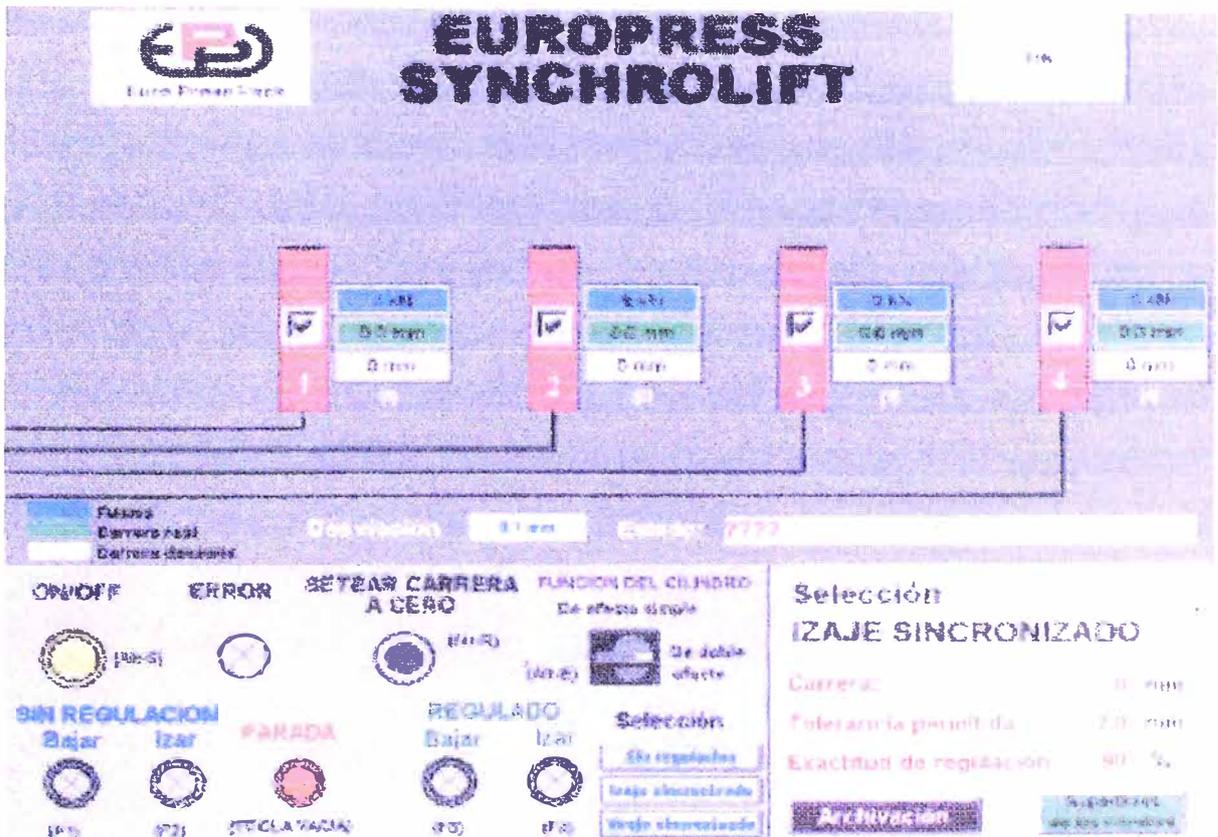


Figura 4.2 Vista de pantalla de presentación del software utilizado por el Sistema Synchrolift



Figura 4.3 Vista general del desmontaje de la pala

4.1.9 Desconexión de Líneas Hidráulicas y Eléctricas del Sistema de Izamiento

Esta operación tiene la finalidad de no deteriorar las mangueras y cables eléctricos del sistema de izamiento durante los trabajos de reparación mecánica, además dado que están involucrados trabajos de reparación por soldadura, es recomendable desconectar los cables eléctricos y sensores con el fin de no dañarlos por el paso de altas corrientes eléctricas cerca de estos componentes.

4.2 TRABAJOS DE REPARACIÓN MECÁNICA

Los trabajos realizados para el izamiento y desmontaje de la sala de máquinas con respecto al sistema de propulsión, involucran otros trabajos de acuerdo a la programación establecida para el cambio de componentes y/o reparación. Esta reparación está supeditada a la inspección realizada a cada uno de los componentes una vez desmontados de su posición inicial. A estos trabajos adicionales de cambio y/o reparación de componentes podemos clasificarlos en los siguientes subsistemas, los cuales a su vez están divididos en mayor número de trabajos. Así definimos:

4.2.1 Trabajos de Cambio Programado de Componentes y Reparación Mecánica mediante Soldadura del Sistema de Propulsión

Entre las actividades principales como parte del mantenimiento del

sistema de propulsión se pueden mencionar:

4.2.1.1 Desconectar y retirar las Cadenas de Orugas, como condiciones iniciales para la realización de este trabajo, el sistema de propulsión está en un lugar alejado de la sala de máquinas y para retirar las orugas debe levantarse el sistema de propulsión (lado por lado) con ayuda de la grúa de 200 TM de capacidad de carga y con cables de acero adecuados. Luego se desacoplan las cadenas de orugas y se extienden sobre el terreno, luego se levanta por el lado de uno de los bastidores hasta una altura superior a las 30" y debajo de ese lado se colocan pirámides fabricadas con planchas de acero para finalmente descender el sistema de propulsión tal que quede apoyado sobre las pirámides. La misma operación se realiza en el otro lado con el otro bastidor, con lo cuál se logra levantar todo el sistema unas 30" por encima de las cadenas de orugas. Estas cadenas de orugas que quedaron extendidas sobre el terreno ahora pueden ser retiradas utilizando un montacargas que debe jalarlas alejándolas de los bastidores.

4.2.1.2 Retirar Componentes programados para Cambio, estos componentes deben ser intervenidos dado que han cumplido el período de vida útil y deben ser reemplazados por otros nuevos o en el peor de los casos deben ser reparados si es que no se cuenta con los reemplazos.

Entre los principales trabajos tenemos:

- Cambio de eje central y sus conexiones (eléctricas y de lubricación). Ver Figura 2.2: Vista general de componentes del sistema de giro de una pala.
- Cambio de engranaje de giro y seguros. Ver figura 2.2.
- Cambio del sistema de rodillos de giro (rollers). Ver figura 2.2.
- Cambio de ejes de propulsión. Ver figura 4.4: Vista general de bastidores del sistema de propulsión.
- Cambio de sprockets y ruedas guías del sistema de propulsión. Ver figura 4.4.
- Cambio de motores de propulsión y sus conexiones eléctricas (dos unidades)
- Mantenimiento a la jaula de grasa

4.2.1.3 Limpieza de los Bastidores y el Cuerpo Central o Carbody, retirados los componentes anteriormente mencionados, se realiza la limpieza del cuerpo estructural del sistema de propulsión, etapa que debe ser realizada exhaustivamente tanto al exterior como al interior. Se trata de la aplicación de solventes sobre la superficie de los bastidores y del carbody para retirar la grasa acumulada que se ha apelmazado junto con la tierra con el paso de los años, luego de esto se realiza la inspección

visual en busca de fisuras que serán reparadas mediante soldadura.

4.2.1.4 Inspección en busca de Fisuras, se realiza con ayuda de líquidos penetrantes identificando cada fisura encontrada y delineando sus dimensiones tanto el ancho como su longitud. Como resultado de la inspección se elabora el informe final en el cuál se reportan cada una de las fisuras encontradas, las cuáles están identificadas por códigos. Este informe debe ser entregado al Supervisor de Soldadura quién será el responsable de la reparación mediante soldadura.

4.2.1.5 Trabajos de Reparación Mecánica mediante Soldadura, habiendo corroborado la ubicación de cada una de las fisuras encontradas, el Supervisor designa el personal que se encargará de repararlas. Si éstas son pequeñas (menores a 12" de longitud), pueden ser reparadas mediante soldadura manual con electrodo revestido más conocido como proceso de soldadura SMAW, pero si la fisura encontrada es demasiado grande, es necesario el empleo de soldadura semiautomática. En este último caso se utiliza el proceso de soldadura MAG para lo cuál se requiere el uso de la mezcla de gas, máquinas de soldar adecuadas y alimentadores de alambre con antorchas así como el aislamiento de la zona de trabajo mediante biombos de protección contra corrientes de aire para evitar la ocurrencia de defectos en los cordones de soldadura.

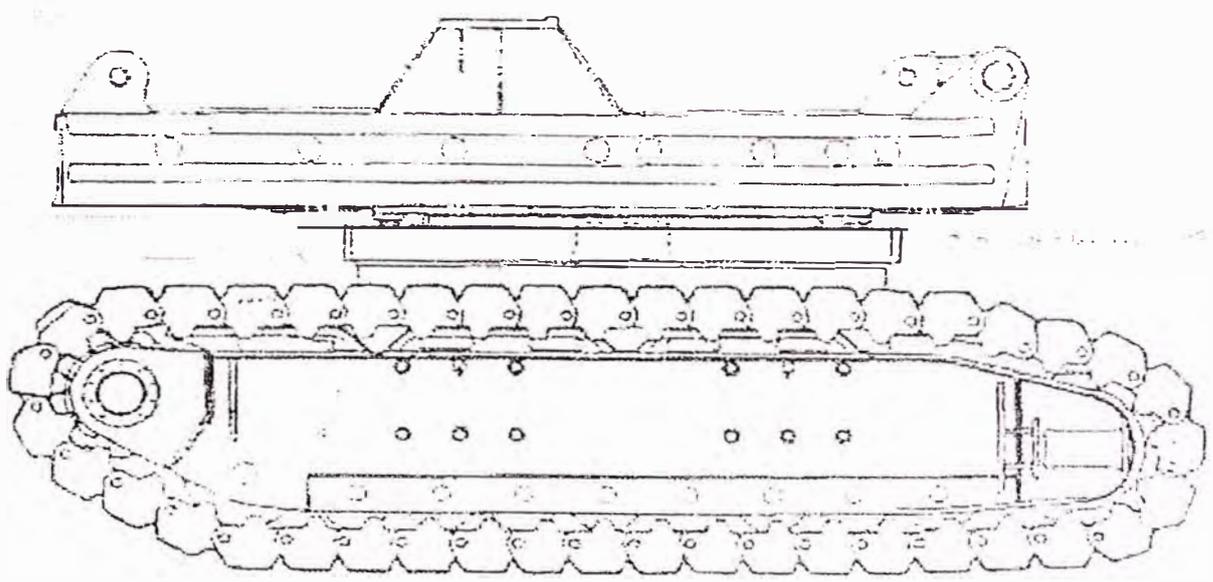


Figura 4.4 Vista general de bastidores del sistema de propulsión

4.2.1.6 Preparar el Sistema de Propulsión Montaje, terminados los trabajos de cambio programado de componentes y reparación mecánica mediante soldadura del sistema de propulsión, se ultiman detalles para que quede en situación de espera hasta culminar los demás trabajos y continuar en el capítulo V para el montaje final.

4.2.2 Trabajos de Cambio Programado de Componentes de la Sala de Máquinas y Reparación Mecánica mediante Soldadura

Entre las actividades realizadas como parte del mantenimiento de la sala de máquinas se pueden mencionar:

4.2.2.1 Reparación del Transformador Principal, el cuál debe ser retirado de su ubicación al interior de la sala de máquinas para realizar su mantenimiento. Para la realización de las maniobras, es necesario desmontar el techo de la sala de máquinas tanto para retirar como para instalar el transformador sobre sus bases. Posterior al mantenimiento del transformador, personal del taller Eléctrico se dispone a realizar las conexiones eléctricas.

4.2.2.2 Cambio de Bocina del Eje Central, se justifica su cambio debido al alto número de horas de trabajo para lo cuál se retira la bocina de bronce usada y se coloca la nueva en su reemplazo.

4.2.2.3 Cambio de Cajas de Reducción y Ejes de Giro Delantero y Posterior para el desmontaje de las cajas de reducción de giro, primero debe retirarse el motor eléctrico que está montado encima de la caja, luego se retiran las cajas y seguidamente los ejes de giro. Para el montaje de estos componentes se coloca primero la caja, luego el eje respectivo y finalmente el motor eléctrico. Esta operación se realiza de manera similar en la parte delantera y posterior. Ver figura 4.5: Vista general de motor eléctrico y caja de reducción del sistema de giro.

4.2.2.4 Trabajos de Reparación Mecánica mediante Soldadura de la Sala de Máquinas, entre los trabajos a realizar se pueden mencionar:

- Limpieza y reparación de fisuras encontradas al interior de la sala de máquinas, posterior a la limpieza, se realiza la inspección de la estructura de la sala de máquinas en busca de fisuras para su reparación por soldadura, en este caso no se hallaron fisuras que requieran reparación.
- Limpieza y reparación de fisuras encontradas al interior del revolving frame, posterior a la limpieza se realiza la inspección no destructiva aplicando líquidos penetrantes en los cajones interiores. En esta ocasión se encuentran fisuras pasantes en la estructura las cuáles requieren ser reparadas utilizando

procesos de soldadura. Durante la reparación por soldadura se realiza la inspección entre pase y pase de cordones de soldadura para verificar que no hayan defectos al interior de la unión soldada. Posterior a la culminación de los trabajos de soldadura se realiza una última inspección con lo cuál se verifica la no presencia de defectos en el trabajo realizado.

4.2.2.5 Preparar la sala de máquinas para el montaje, similar a lo realizado en el sistema de propulsión, terminados los trabajos de cambio programado de componentes y reparación mecánica mediante soldadura de la sala de máquinas, se ultiman detalles para continuar con el montaje final descrito en el capítulo V.

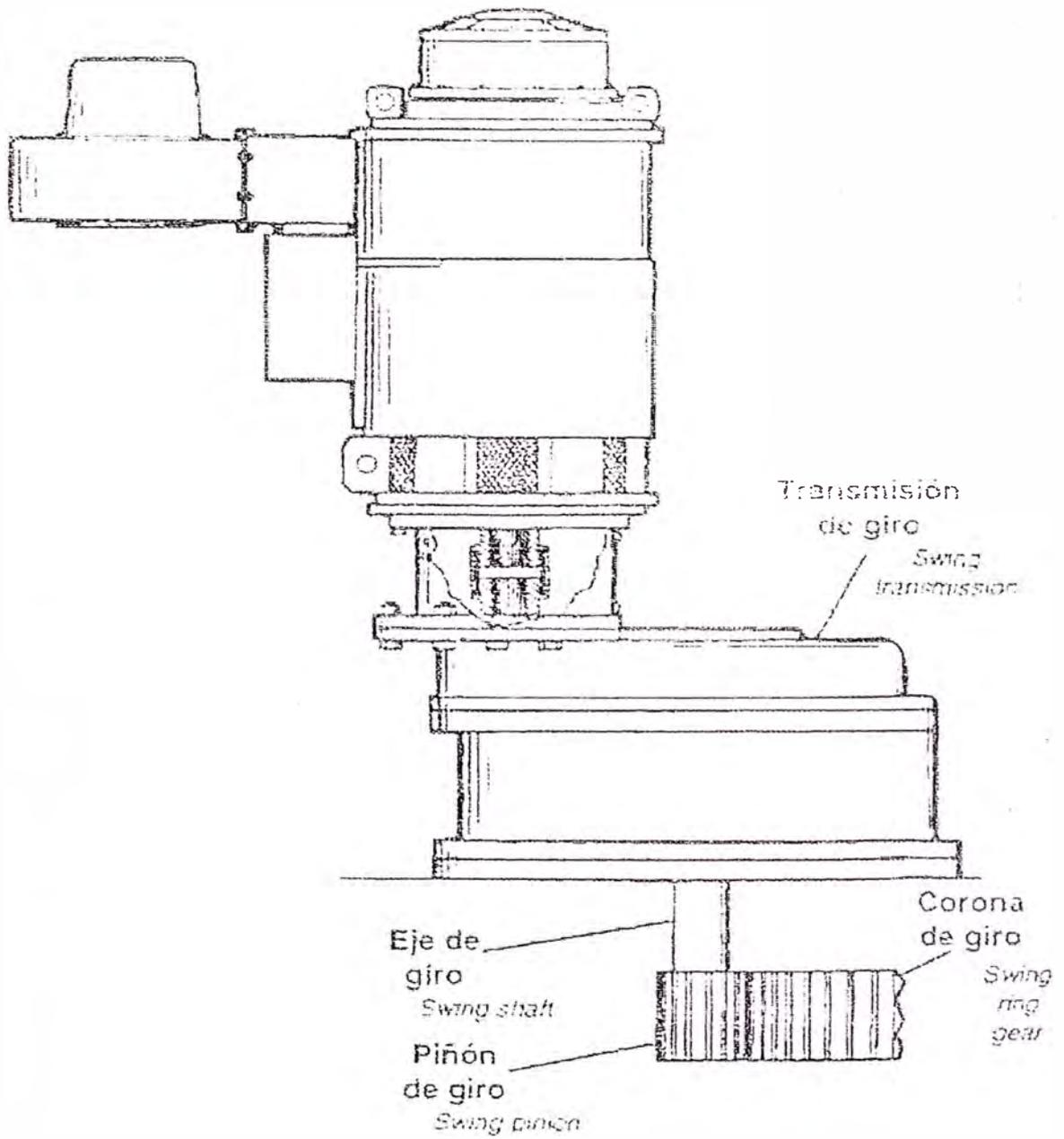


Figura 4.5 Vista general de motor eléctrico y caja de reducción del sistema de giro

CAPITULO V

IZAMIENTO PARA MONTAJE FINAL DE LA SALA DE MÁQUINAS CON RESPECTO AL SISTEMA DE PROPULSIÓN Y PRUEBAS FINALES.

5.1 IZAMIENTO PARA MONTAJE FINAL DE LA SALA DE MÁQUINAS CON RESPECTO AL SISTEMA DE PROPULSIÓN

Esta actividad se realiza posterior a la culminación de los trabajos realizados en la sala de máquinas y en el sistema de propulsión. Trabajos menores pueden realizarse con el equipo ensamblado y en paralelo con las demás actividades que aún faltan por realizar. Con respecto al personal de trabajo, similar a la operación de izamiento para desmontaje,

CAPITULO V

IZAMIENTO PARA MONTAJE FINAL DE LA SALA DE MÁQUINAS CON RESPECTO AL SISTEMA DE PROPULSIÓN Y PRUEBAS FINALES.

5.1 IZAMIENTO PARA MONTAJE FINAL DE LA SALA DE MÁQUINAS CON RESPECTO AL SISTEMA DE PROPULSIÓN

Esta actividad se realiza posterior a la culminación de los trabajos realizados en la sala de máquinas y en el sistema de propulsión. Trabajos menores pueden realizarse con el equipo ensamblado y en paralelo con las demás actividades que aún faltan por realizar. Con respecto al personal de trabajo, similar a la operación de izamiento para desmontaje,

se contará con la presencia de las mismas personas encargadas de la supervisión, así como el operador de la computadora y el coordinador general externo. Todos ellos ubicados en sus respectivas posiciones.

Cabe mencionar que los cilindros hidráulicos junto con las torres guidoras y vigas continúan instaladas soportando la carga que ejerce la sala de máquinas y para realizar el montaje final de la sala de máquinas con respecto al sistema de propulsión se realizará una operación similar a la que se realizó para el desmontaje. En este caso debemos levantar la carga por medio de los cilindros hasta la máxima altura y luego el sistema de propulsión volverá a la ubicación del inicio de las operaciones. Esto es lo que detallaremos en la relación de actividades siguientes:

5.1.1 Habilitar la Zona alrededor del Área de Izamiento, deben retirarse los equipos y herramientas utilizadas durante la realización de los anteriores trabajos tal que no impidan el tránsito del sistema de propulsión hasta la sala de máquinas.

5.1.2 Realizar las Conexiones Hidráulicas y Eléctricas del Sistema de Izamiento, habilitada la zona, se procede a realizar las conexiones hidráulicas desde las válvulas ubicadas en la unidad oleohidráulica hasta los cilindros y las conexiones eléctricas desde el tablero de control hasta los sensores de posición de cada cilindro. Nuevamente es necesario

recalcar el especial cuidado que debe tenerse a la hora de realizar este trabajo sin causar daños en las conexiones, mangueras, válvulas y sensores. Cada manguera y sensor debe ubicarse en su posición correcta. Asimismo el tendido de las mangueras y cables eléctricos debe realizarse en línea recta por los motivos antes mencionados en el párrafo referido al izamiento para desmontaje. Realizadas las conexiones se revisa por última vez la instalación desde cada punto inicial hasta su correspondiente punto final con el objetivo de realizar una última inspección antes de energizar el sistema de izamiento para el montaje final.

5.1.3 Izamiento propiamente dicho, se inicia el ascenso sincronizado similar a la operación realizada en el desmontaje hasta alcanzar el valor de la altura predefinido como límite superior, es decir 1,70 m, valor al cuál termina el ascenso.

5.1.4 Movimiento del Sistema de Propulsión, con la sala de máquinas detenida en la posición anterior, se acerca el sistema de propulsión hasta la ubicación de la sala de máquinas, esto se logra energizando los motores de propulsión mediante máquinas de soldar alimentadas con tensión de 440 V. Este primer movimiento es de aproximación hasta las marcas de referencia ubicadas en las planchas de piso previamente engrasadas con la finalidad de realizar el movimiento más preciso con

una menor fuerza de acción en el momento de encajar el eje central dentro de la bocina de la sala de máquinas.

5.1.5 Descenso de la Sala de Máquinas utilizando el Sistema Sincronizado, ubicado el sistema de propulsión, se realiza un primer descenso de la sala de máquinas deteniéndola unas 12” antes que ingrese el eje central en su bocina. Este primer acercamiento se realiza con la finalidad de tener una mejor aproximación a la hora de realizar el encaje. Detenido el descenso, se realizan mediciones para ver en qué dirección aplicar la fuerza de acción para mover el sistema de propulsión. Una vez ajustada la posición del carbody con respecto a la sala de máquinas, se inicia el segundo descenso ya con la corrección realizada hasta lograr el encaje completo del conjunto eje – bocina. Posterior a ello, se realizan las verificaciones tanto al interior como al exterior del conjunto eje – bocina, principalmente se revisa que la bocina central no haya salido de su posición de montaje. De haber alguna variación, debe volver a instalarse con ayuda de herramientas hidráulicas.

5.1.6 Levantar los Cilindros Posteriores “3” y “4”, esta operación se realiza con el fin de que al momento de retirar la parte delantera del sistema de izamiento, se equilibre la fuerza actuante producto del contrapeso de la parte posterior y evite el desbalance de fuerzas que puede causar que el eje central se mueva con respecto a la bocina central con el consecuente

deterioro de ambos. La altura a levantar es mínima, unas 8" (20 cm), para contrapesar el peso de la parte posterior y luego con ayuda de niveles, se verifica que la sala de máquinas esté en posición horizontal y que la viga del sistema delantero esté flotante con respecto al cilindro hidráulico para permitir su desmontaje.

5.1.7 Desmontaje de la Parte Delantera del Sistema de Izamiento, esta parte del sistema es retirada para permitir el montaje de la pluma en la parte delantera de la sala de máquinas, para lo cuál primero se procede a la desconexión de mangueras hidráulicas, sensores y cables eléctricos utilizados para los cilindros "1" y "2" (cilindros delanteros). A continuación ya cuando la presión hidráulica del circuito de los cilindros delanteros ha sido aliviada, se retira la viga para luego retirar las torres y soporte delanteros. Toda esta operación es llevada a cabo mediante dos grupos de trabajo (una para cada torre) y cada grupo utiliza una grúa para las maniobras. Finalmente se realiza la limpieza de la zona involucrada para que no impida las maniobras de montaje de la pluma en la pala.

5.1.8 Montaje de la Pluma, habiendo tomado las precauciones debidas en la etapa anterior, se procede a colocar la pluma, para lo cuál son necesarias las mismas grúas utilizadas en el desmontaje para realizar las maniobras en orden inverso a las efectuadas anteriormente. En este caso las medidas de seguridad son mayores dado que se requiere que el

personal esté cerca del lugar donde se realizarán las maniobras, las cuáles requieren mayor precisión de movimientos. Ver Apéndice A. Terminado el montaje de la pluma en la pala, existe un equilibrio de fuerzas entre las cargas ejercidas por la pluma y el contrapeso lo cuál permite que el eje tome su posición correcta dentro de la bocina central. Ver Apéndice C (Valores de Pesos de algunos Componentes de la Pala).

5.1.9 Colocar la Tuerca Central. existiendo el equilibrio de fuerzas en la pala, se coloca la tuerca central en el eje hasta lograr el torque recomendado por el fabricante. Así mismo deben instalarse las mangueras de lubricación y líneas eléctricas al interior del eje central que fueron retiradas para las maniobras de desmontaje de la Sala de máquinas. Terminada esta operación se continúa con el desmontaje del resto del sistema de izamiento.

5.1.10 Desmontaje de la Parte Posterior del Sistema de Izamiento. en esta etapa se realiza el descenso de los cilindros posteriores que habían sido elevados para el retiro de los cilindros delanteros, se alivia la presión hidráulica del circuito de los cilindros posteriores, se desconectan las mangueras hidráulicas, sensores y cables eléctricos para luego retirar todo el sistema de izamiento. Finalmente se retira la unidad oleohidráulica y se continúa con el resto de las actividades para la culminación del trabajo (Ver Cuadro 2.1).

5.2 ARRANQUE INICIAL DE LA PALA Y MONTAJE FINAL

Culminado el ensamble de la sala de máquinas con el sistema de propulsión, se ultiman todos los detalles para completar el montaje total de la pala, se instalan los demás componentes como el conjunto lápiz-cucharón y sus monturas, se colocan aditamentos del sistema de cable compuerta y cable de izar, se termina con los trabajos de pintura y se indica al personal de Lubricación y Taller Eléctrico para que terminen sus labores a fin de realizar las pruebas finales a la pala. La secuencia de los trabajos finales es como sigue:

Arranque inicial a la pala, antes de energizarla se toman todas las medidas de seguridad necesarias. Seguidamente se gira la pala para luego energizar los motores de propulsión y avanzar hasta la posición donde se encuentra el conjunto lápiz-cucharón.

Montaje del conjunto lápiz – cucharón, en esta tarea se requiere la sincronización del piñón de empuje con la cremallera del lápiz, para esto se acerca la pala hacia la ubicación del conjunto lápiz – cucharón cuidando que el número de dientes de un lado de la cremallera que sobresalen con respecto a los piñones de empuje sea igual al del otro lado. Esto se consigue haciendo que la pala se aproxime muy despacio para lograr la

sincronización.

- Colocar el cable de izar y cable de compuerta.
- Montaje de monturas, habiendo colocado el conjunto lápiz-cucharón, se coloca cada una de las monturas con ayuda de una grúa. Las grúas van ubicadas en cada lado del lápiz (lado izquierdo y derecho)
- Terminar con los trabajos de limpieza y pintura interna y externa.
- Personal de Lubricación y Taller Eléctrico realizan las conexiones finales de sus líneas, montaje de componentes y demás.
- Habiendo terminado con todos los trabajos, nuevamente se verifica el estado del interior y exterior de la pala para realizar las pruebas finales en la siguiente etapa.

5.3 PRUEBAS FINALES REALIZADAS A LA PALA

Debido a que se ha realizado el cambio de componentes de los diferentes subsistemas, se realizará en primer lugar el control de parámetros de funcionamiento de cada componente por separado para luego realizar pruebas a cada uno de los subsistemas en movimiento, esto es, realizar pruebas al Sistema Mecánico y Eléctrico durante los movimientos de empuje, izar, giro y propulsión.

5.3.1 Pruebas y Ajustes correspondientes al Sistema Mecánico en Movimiento

Comprende el monitoreo del nivel de vibraciones de los principales componentes móviles así como la realización de ajustes después del asentamiento de las partes mecánicas.

5.3.2 Pruebas correspondientes al Sistema Eléctrico

Comprende la regulación de limit switches de cada subsistema que ha sido intervenido ya que a pesar que se ha realizado la regulación aproximada mientras la pala estaba en reparación, es decir desenergizada, el ajuste final se realiza con el equipo en movimiento.

5.4 ENTREGA DE LA PALA AL PERSONAL DE OPERACIONES MINA

Después de la comprobación de los parámetros y habiendo realizado los ajustes pertinentes, la pala es entregada al personal de Operaciones para dar la continuidad del trabajo en la mina. Ver figura 5.1: Vista general de la pala en funcionamiento (Foto digital).



Figura 5.1 Vista general de la pala en funcionamiento

CAPITULO VI

ESTRUCTURA DE COSTOS.

En esta sección se indican los costos correspondientes al trabajo realizado por la parte mecánica que está resumido en el cuadro 6.1 (Ver Apéndice D.2), para lo cuál se ha realizado la siguiente subdivisión:

6.1 COSTOS DEL SISTEMA SYNCHROLIFT

Se indican los costos relacionados al Sistema Synchronlift, Sistema de Vigas, Sistema de Torres Guiadoras y demás componentes involucrados.

6.2 COSTOS DE TRABAJOS REALIZADOS EN EL SISTEMA DE PROPULSIÓN

En este caso se indican los costos correspondientes al engranaje de giro, eje central y su bocina y los que se relacionan con los bastidores.

6.3 COSTOS DE TRABAJOS REALIZADOS EN LA SALA DE MÁQUINAS

Finalmente se mencionan los costos involucrados en los componentes de la Sala de Máquinas así como los correspondientes a otros trabajos de Pintura y propios del personal de Lubricación.

CONCLUSIONES

1. Las actividades de trabajo fueron realizadas de acuerdo a las prácticas y procedimientos establecidos en las empresas mineras, para tal fin el cumplimiento de las normas de seguridad fue el objetivo principal. Se plantearon nuevas alternativas de solución para algunas actividades que no se habían realizado antes las cuáles pasarán a ser parte del know-how de la compañía.

2. El papel de la supervisión cumple notoria importancia dado que muchas veces se tratan de prácticas especializadas que deben realizarse de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes en cuanto a la seguridad. Estas actividades comprenden aquellas que utilizan gases inflamables y de baja temperatura, trabajos realizados en altura, cargas

suspendidas de gran envergadura así como equipos hidráulicos trabajando a altas presiones. La supervisión recae en personas altamente preparadas para enfrentar situaciones de riesgo inminente o cualquier eventualidad de índole mayor.

3. La finalidad del sistema de izamiento es permitir el ascenso y descenso de una carga de elevadas proporciones, en este caso se trata de la sala de máquinas de la pala con un peso que bordea las 800 TM. Para la operación de este equipo se contó con personal altamente especializado dadas las condiciones de riesgo existentes durante la operación. Estas personas fueron capacitadas en la operación del sistema, manejo de equipos hidráulicos, instalación y desmontaje así como la realización de los ajustes en los diversos componentes.

4. El sistema de izamiento puede ser utilizado para palas más grandes con capacidades de cucharón hasta de 82 TM, para lo cuál las vigas y torres utilizadas han sido diseñadas para soportar las cargas de estos equipos de mayor capacidad.

5. En cuanto a los trabajos de reparación por soldadura se realizaron de acuerdo a los procedimientos de trabajo de la empresa ya que se tratan de aceros estructurales. Se obedecen los procedimientos referidos a la limpieza de la superficie, la preparación de las juntas soldables, la

utilización del electrodo adecuado y la posición de soldadura utilizada, la temperatura de precalentamiento y la de interpase (entre pase y pase de cordones de soldadura) y la limpieza de la superficie terminada.

6. Para la realización de este trabajo, trabajaron de manera conjunta las secciones del Taller de Mantenimiento Palas, Taller Eléctrico – Palas, Taller de Lubricación, Taller de Radio y Telecomunicaciones. Cabe destacar el trabajo de la sección de Ingeniería de Proyectos quienes realizaron los cálculos en detalle del sistema conceptualizado inicialmente por el taller de Mantenimiento Palas. Este sistema es una herramienta adicional que ahora forma parte del know – how de la empresa.

7. En todo momento la seguridad es el principio fundamental en el cuál se basan las actividades realizadas. De existir algún acto o condición insegura, el trabajo es interrumpido hasta que no se solucione el inconveniente. En este trabajo por estar catalogado como de alto riesgo, la seguridad prevalece ante cualquier circunstancia.

RECOMENDACIONES

1. En este tipo de trabajos debe mantenerse la coordinación y buena comunicación entre las diferentes secciones involucradas para el logro de los objetivos de la empresa.
2. Antes de cada actividad del día, es recomendable una charla de seguridad con la participación de todos los trabajadores sin excepción donde se traten aspectos de riesgo relacionados a la actividad misma.
3. El personal involucrado en la realización de este trabajo debe estar capacitado en cuanto a la operación de los equipos y conocer de los peligros a los que está expuesto.

4. Al término del trabajo de izamiento realizado, debe realizarse una reunión de las personas competentes e involucradas para sacar conclusiones y recomendaciones acerca de lo que se hizo, corregir las malas prácticas, optimizar los recursos y aplicarlos en otras actividades similares.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cronograma de Actividades del Mantenimiento Mecánico General de 50000 horas y Cambio de Eje Central mediante Izamiento de una Pala Electro – Mecánica Minera. Elaborado por la Sección de Mantenimiento Mecánico General Sección Palas
2. Manual de Taller. Pala electromecánica minera con cucharón de capacidad de carga de 59 TM
3. Manual de operación de equipo de izamiento Synchronlift 4 x 350 - 1850. Fabricante Euro Press Pack.

PLANOS

La relación de planos se numeran de acuerdo a la aparición de los capítulos, así tenemos:

1. Plano 3.1: Vista general de la pala
2. Plano 3.2: Cimentación de la pala – Vista de planta
3. Plano 3.3: Puntos de perforación – Vista de planta
4. Plano 3.4: Vista general de Viga delantera
5. Plano 3.5: Vista general de Viga posterior
6. Plano 4.1: Vista general de torre delantera
7. Plano 4.2: Vista general de torre posterior

Seguidamente se aprecia cada uno de ellos en las páginas siguientes.

PLANO 1

PLANO 2

PLANO 3

PLANO 4

PLANO 5

PLANO 6

PLANO 7

APÉNDICE

APÉNDICE A

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD A TENER EN CUENTA EN EL MANTENIMIENTO MECANICO GENERAL DE 50000 HORAS Y CAMBIO DE EJE CENTRAL MEDIANTE IZAMIENTO.

Es política de toda empresa velar por los intereses de los trabajadores, de los equipos y de sus intereses propios en lo que se refiere a la seguridad durante los trabajos realizados tanto en las labores de mantenimiento como en las operaciones de producción, por tal motivo este trabajo de mantenimiento no escapa a esta disposición y debe ser acatada como tal.

La seguridad estará presente en todo momento y más aún en los diferentes trabajos que se indican a continuación:

- Trabajos con Equipos, los equipos deben ser revisados periódicamente de acuerdo al programa de mantenimiento de la empresa tal que no represente un riesgo durante la realización de los trabajos.

- Trabajos de Maniobra, realizado en su mayor parte con grúas de gran capacidad de carga con las cuáles se manipulan objetos de gran peso. Por tal motivo es prohibitivo el tránsito de peatones por debajo de la carga cuando éstas se encuentren suspendidas. Asimismo, ya que muchos de

estos objetos son izados con ayuda de cables de acero más conocidos como estrobos, es de mucha importancia revisar el estado de los mismos y su capacidad de carga antes de realizar algún trabajo de izamiento.

- Trabajos en Altura, el personal que trabaje sobre una altura mayor de 1,5 metros, debe utilizar un arnés adecuado a su peso y talla tal que le permita trabajar cómodamente. Además el arnés debe estar enganchado a una línea adicional de protección llamado línea de vida el cuál debe estar sujeto a un punto fijo que brinde condiciones de seguridad para que ante cualquier riesgo de caída, el trabajador quede sujeto por el arnés y la línea de vida que se comportarán como un solo cuerpo.

- Trabajo con Herramientas, éstas deben ser revisadas periódicamente tal que no representen un peligro para el trabajador. Consideraciones de seguridad más exigentes debe tenerse con aquellas herramientas que hayan sido fabricadas por los propios trabajadores con el fin de adecuarla a sus requerimientos de trabajo.

APÉNDICE B

CONSIDERACIONES CON RESPECTO AL SISTEMA DE IZAMIENTO

B1. COMPOSICIÓN DEL SISTEMA DE IZAMIENTO

Se refiere al conjunto conformado por aquellos componentes que al integrarse permiten el izamiento de la sala de máquinas de la pala minera. Para el logro de este objetivo están involucrados los siguientes componentes:

B1.1 Componentes del Sistema de Izamiento Sincronizado

Está compuesto de una computadora portátil que tiene instalado un programa de cómputo por medio del cuál se envían las órdenes al PLC. éste a su vez gobierna la actuación de las válvulas que permiten direccionar el flujo de aceite hacia los cilindros para realizar el ascenso / descenso de la carga en mención.

Este sistema de izamiento sincronizado se compone de los siguientes componentes:

B1.1.1 Unidad Oleohidráulica

Especificaciones Técnicas:

- Marca EUROPRESS PACK
- Modelo MEQ300E41X
- Procedencia Italiana

Características Generales:

- Bomba sumergible en aceite hidráulico sí
- Medidor de presión con glicerina con corte de presión manual
con dial de 2.5" de diámetro incluido
- Medidor de nivel de aceite incluido
- Válvula de alivio (pressure relief valve)incluida
- Retorno con alivio de seguridadincluido
- Ocho (8) mangueras completas (longitud).....320.0 m
- Peso de cada cilindro 180.0 kg
- Capacidad mínima del tanque de aceite..... 300.0 litros
- Presión de trabajo 10,145.0 PSI
- Caudal máximo (a 10,000 PSI) 8.0 l/min
- Motor asíncrono, trifásico, de arranque directosí
- Potencia15.0 HP
- Velocidad1400 RPM
- Tensión440-460 V
- Tipo de protecciónIP54
- Tipo de mando de la unidad Manual / Autom.

B1.1.2 Cilindros Hidráulicos

Especificaciones Técnicas:

- Marca EUROPRESS PACK

- Modelo COI350N1850X
- Procedencia Italiana

Características Generales de cada Cilindro:

- Capacidad de carga (efectiva) empujando 350.0 toneladas
- Capacidad de carga (efectiva) jalando 100.0 toneladas
- Diámetro de base 335.0 mm
- Diámetro interior 250.0 mm
- Altura total, retraído (sin cabezal autoalineante) 2,380.0 mm
- Altura total, extendido (sin cabezal autoalineante) 4,230.0 mm
- Carrera 1,850.0 mm (72.8")
- Velocidad máxima de izamiento 40.7 mm/min
- Cabezal autoalineante incluido
- Acabado exterior laqueado
- Acabado del pistón nitrurado
- Peso aproximado de cada cilindro 1,350.0 kg
- Cantidad 4.0 unidades

B1.1.3 Sensores de Carrera y Sensores de Presión

B1.1.3.1 Sensores de Carrera

- Modelo DWDS X1850

- Características Generales:

- Exactitud de cada sensor + / - 0.5 mm
 - Carrera máxima de medición 1,850.0 mm
 - Clase de protección IP65
 - Cantidad 4.0 unidades
- Estos sensores de carrera se colocan en cada punto de izamiento y miden el movimiento de subida y bajada de la carga, transmitiendo esta información por cables eléctricos hacia el controlador (PLC) instalado en la unidad oleohidráulica.
- Estos sensores externos se usan para asegurar una instalación flexible con diferentes cilindros estándar y para medir el movimiento directamente en el punto de apoyo.

B1.1.3.2 Sensores de Presión

- Modelo PT 1000

- Características Generales:

- Exactitud de cada sensor +/- 5 bar
 - Presión mínima 0.0 bar
 - Presión máxima 1,000.0 bar
 - Cantidad 4.0 unidades
- Cada cilindro tiene un sensor de presión para estar informado del valor instantáneo en cada circuito hidráulico.
- La fuerza de izamiento es calculada luego de ingresar el valor del área

de trabajo efectiva correspondiente a cada cilindro. Este valor de fuerza se muestra en la pantalla.

B1.1.4 Computadora Portátil con Software para Windows 95

Características Generales:

- Procesador Pentium 133 MHz
- Sistema Operativo Windows 98
- El programa instalado en la computadora grafica las carreras de cada punto de izamiento y las fuerzas en cada cilindro.
- El programa permite las siguientes acciones
 - Sincronizar e independizar los diferentes puntos de izamiento
 - Preseteo de un valor predeterminado, de forma tal que el trabajo de izamiento es terminado al llegar a este valor
 - Máxima tolerancia permitida del izamiento sincronizado
 - Ingresar los valores de las áreas de trabajo efectivas de cada cilindro (para determinar las fuerzas)
- El programa trabajando en el modo de izamiento puede ser interrumpido en caso sea necesario.
- El programa permite además imprimir los detalles del trabajo de izamiento para fines de documentación. Los valores de carreras y fuerzas de los puntos de izamiento son archivados en intervalos selectivos y el archivo creado puede ser impreso ó procesado mediante un programa de

hoja de cálculo por ejemplo utilizando el programa de hoja de cálculo Excel.

- El programa puede ser adaptado a las necesidades del cliente.

B.2 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD CON RESPECTO AL SISTEMA DE IZAMIENTO.

B.2.1 El programa de izamiento sincronizado ha sido diseñado para ser usado con cilindros de simple y/o doble efecto, ó con grupos de cilindros de capacidades y fabricantes diferentes y aplicados hasta en 32 puntos diferentes.

B.2.2 Para controlar el avance del izamiento, se muestran las fuerzas y carreras de cada punto de apoyo en una pantalla de una computadora portátil.

B.2.3 El sistema computarizado le informa de:

Carrera de cada punto de izamiento

Fuerza en cada punto de izamiento

Peso total de la carga

B.2.4 La bomba está diseñada para 4 cilindros (de cualquier marca y capacidad), y puede ser adaptada para más.

B.2.5 La presión máxima de la bomba es de 700 bar (10,000 PSI)

B.2.6 En todo momento, como medidas de seguridad se recomienda seguir el procedimiento siguiente:

Controlar el nivel de aceite antes de energizar el sistema.

Encender la computadora y verificar que no existan mensajes de error debido a la falta de continuidad en los contactos eléctricos (mayormente sensores de carrera o comunicación con la computadora o PLC).

Revisar el estado de las conexiones hidráulicas y eléctricas.

Antes de iniciar cualquier trabajo de izamiento (carrera de ascenso), cerrar las válvulas unidireccionales de control de flujo instaladas en el puerto "A" de los cilindros. Esta es una medida de seguridad para que la carga no descienda en caso ocurra la rotura de alguna manguera o que alguna válvula check no trabaje como antirretorno.

En cambio, para restringir el flujo en el movimiento de descenso, girar una o dos vueltas la perilla de la válvula unidireccional de control de flujo antes de iniciar el movimiento.

Realizar un pequeño ensayo de funciones verificando que los cilindros suban y bajen correctamente.

B.2.7 En lo que se refiere a los cilindros hidráulicos, por motivos de

seguridad y para permitir un descenso controlado cuando esté actuando con carga, cada cilindro tiene una válvula check pilotada montada en el puerto "A" (parte inferior del pistón) y una válvula de control de flujo unidireccional que controla la salida de aceite, además de evitar la caída libre en caso que ocurra la rotura de una manguera. Cerca del puerto "B" (parte superior, lado del vástago), se encuentra una válvula de seguridad para evitar daños en los cilindros por ejemplo en caso de ocurrir una equivocación al momento de conectar las mangueras en los conectores de los cilindros. Adicionalmente para eliminar errores al momento de realizar la conexión, el puerto "A" tiene un conector del tipo "hembra" (female fitting), mientras que el puerto "B" tiene un conector del tipo "macho" (male fitting).

B.2.8 Debe prestarse especial atención a las conexiones hidráulicas, para ello debe seguirse la numeración en los bloques de válvulas de la unidad oleohidráulica, conectando las mangueras con diámetro interior de 9.8 mm a los puertos "A" y las mangueras con diámetro interior de 6.3 mm a los puertos de retorno "B", además de conectar cada cilindro a su bloque de válvulas correspondiente. Los acoples han de ser ajustados completamente, enroscando la tuerca moleteada del conector hembra hasta chocar con el tope del conector macho sin dejar ningún espacio libre ya que existe el riesgo de obstruir el flujo de aceite causando un posible daño al sistema. En ningún caso deben retirarse las válvulas de

seguridad de los cilindros ubicadas cerca del puerto "B".

B.2.9 Análogamente al punto anterior, especial cuidado debe tenerse en cuenta con las conexiones eléctricas. La unidad viene con un cable eléctrico de 4x6 mm² (3 fases y tierra) y un enchufe estándar CE de 4 espigas, en caso de tener un enchufe diferente, debe ser cambiado de forma adecuada prestando atención a que la tierra sea el conductor de color verde/amarillo. La alimentación debe ser diseñada para un mínimo de 15 kW. El interruptor principal en el panel de control sólo corta la energía al circuito de control mientras que la tensión llega directamente al arrancador del motor. En caso de realizar trabajos en el circuito, debe desconectarse el enchufe o puede instalarse un interruptor general (de preferencia con protección contra cortocircuitos).

Las otras conexiones eléctricas a realizar son los cuatro cables del panel de control hacia los sensores de carrera. En este caso debe prestarse especial atención al conectar los cables de acuerdo a su numeración en los enchufes correctos como son: B1, B2, B3 y B4 en el panel y los correspondientes en los cilindros hidráulicos.

Estas conexiones correctas garantizan el buen funcionamiento del sistema.

APÉNDICE C

VALORES DE PESOS DE ALGUNOS COMPONENTES DE LA PALA.

Para tener un estimado de los valores de los pesos de componentes se recurre a los manuales de fábrica de uno de los modelos de palas. En este caso se utilizan los valores de una pala más grande que son mayores que los valores reales del equipo que es motivo de estudio, lo cuál constituye un factor de seguridad por exceso en nuestras maniobras. Así tenemos:

- Peso de la pluma (solamente estructura)	59 TM
- Peso de la pluma completa	105 TM
- Peso del lápiz	38 TM
- Peso del cucharón	69 TM
- Peso de cada bastidor sin orugas	79 TM
- Peso de cada cadena de orugas	64 TM
- Peso del cuerpo central o carbody con cadena de rodillos	84 TM
- Peso del eje central	3 TM

APÉNDICE D

RELACION DE FIGURAS Y CUADROS

APÉNDICE D.1. RELACION DE FIGURAS

Figura 2.1 Vista general de una pala electromecánica minera y nomenclatura de sus principales componentes.

Figura 2.2 Vista general de componentes del sistema de giro de una pala.

Figura 2.3 Vista en corte del rotasil. Componente del sistema de giro como medio de transporte.

Figura 3.1 Dimensiones del cilindro hidráulico del sistema de izamiento

Figura 4.1 Vista de tuerca central como componente del sistema de giro

Figura 4.2 Vista de pantalla de presentación del software utilizado por el Sistema Synchrolift

Figura 4.3 Vista general del desmontaje de la pala

Figura 4.4 Vista general de bastidores del sistema de propulsión

Figura 4.5 Vista general de motor eléctrico y caja de reducción del sistema de giro

Figura 5.1 Vista general de la pala en funcionamiento

APÉNDICE D.2. RELACION DE CUADROS

Cuadro 2.1 Actividades de Mantenimiento General de 50000 horas y Cambio de Eje Central mediante Izamiento.

Cuadro 6.1 Mantenimiento Mecánico General de 50000 Horas y Cambio de Eje Central mediante Izamiento de una Pala Electromecánica Minera. Costo de Horas de Trabajo y Materiales.

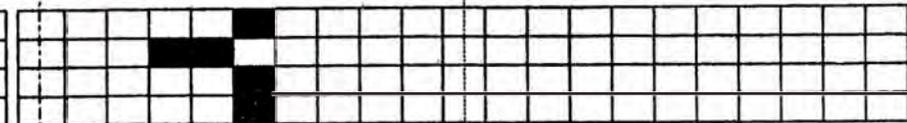
Estos cuadros pueden ser vistos a continuación.

CUADRO 2.1: ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO GENERAL DE 50000 HORAS Y CAMBIO DE EJE CENTRAL MEDIANTE IZAMIENTO

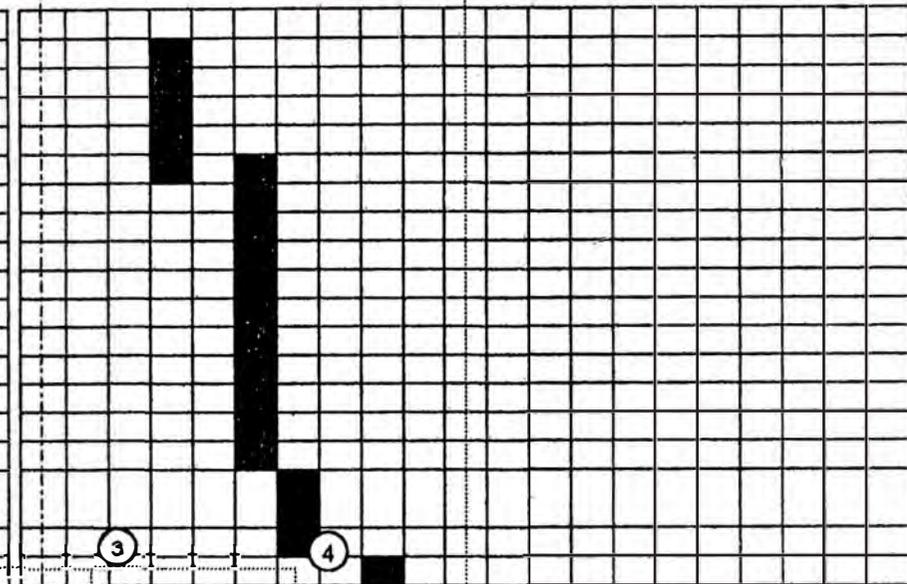
DIA	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20
TAREAS	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Preliminares																					
Eléctricos ubican sistema de iluminación																					
Transporte de materiales a zona de trabajo (ring gear, pistas de giro, rodillos inferiores, anillo y rodillos del roller (53ea), sprocket de avance, bocina del eje central)																					
Transporte de planchas para utilizarlas de apoyo de orugas de pala																					
Lunes 02 de Diciembre																					
Trabajos iniciales																					
Inicio: 5:00 am. Movimiento de la pala a la zona de trabajo																					
Llegada: 9:30 am. Llega la pala a la zona de trabajo																					
Ubicación de la pala a cierta distancia del terreno nivelado antes de iniciar el retroceso																					
Soldadura coloca planchas de 2" BHN 400 para apoyo de la pala en el piso																					
Realizar movimientos previos con la pala																					
Ubicar equipos de trabajo y grúas en sus lugares de trabajo																					
Soldadura corta tapas de monturas																					
Lubricación desconecta líneas en monturas, lápiz y pluma. Drenar aceite de la caja de empuje (grúa de 45T y canastilla)																					
Desconectar cable compuerta																					
Asentar el cucharón en el terreno (posición nivelada)																					
Retirar monturas RH y LH (grúa de 200T y grúa chica)																					
Limpieza de monturas																					
Cargar el cucharón con material (payloader 966 para el llenado)																					
Retirar cable de izar del arco de cucharón (ya cumplió horas 450 aprox)																					
Movimiento de la pala para retirar lápiz-cucharón																					
Energizar la pala																					
Eléctricos desconectan límites de hoist																					
Retirar lápiz - cucharón (grúa de 200T), para ello retroceder la pala manteniendo suspendido el conjunto al mismo tiempo que se desenrolla el cable de izar																					
Ubicar la pala en la zona de trabajo y girarla (aproximarla a la ubicación de las torres y gatas)																					
Corte de energía a la pala, conectar camión de soldadura M-58																					
Soldadura coloca guiadores para orugas																					

1

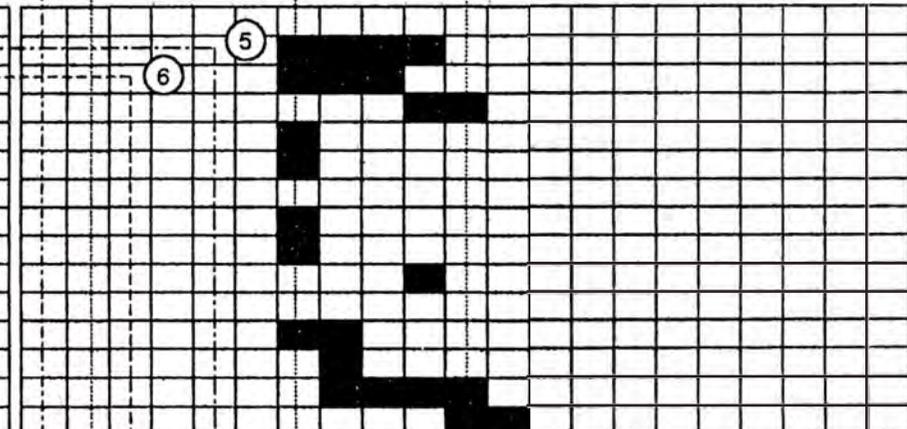
Soldadura fija la estructura de las torres a la cimentación (Uso de E7018 de 3/16" dia)
Conexión de mangueras hidráulicas y sensores desde la bomba a los pistones
Prueba de las gatas en vacío, se levantó 40 mm en la parte posterior
Agregar aceite al tanque de la bomba hidráulica



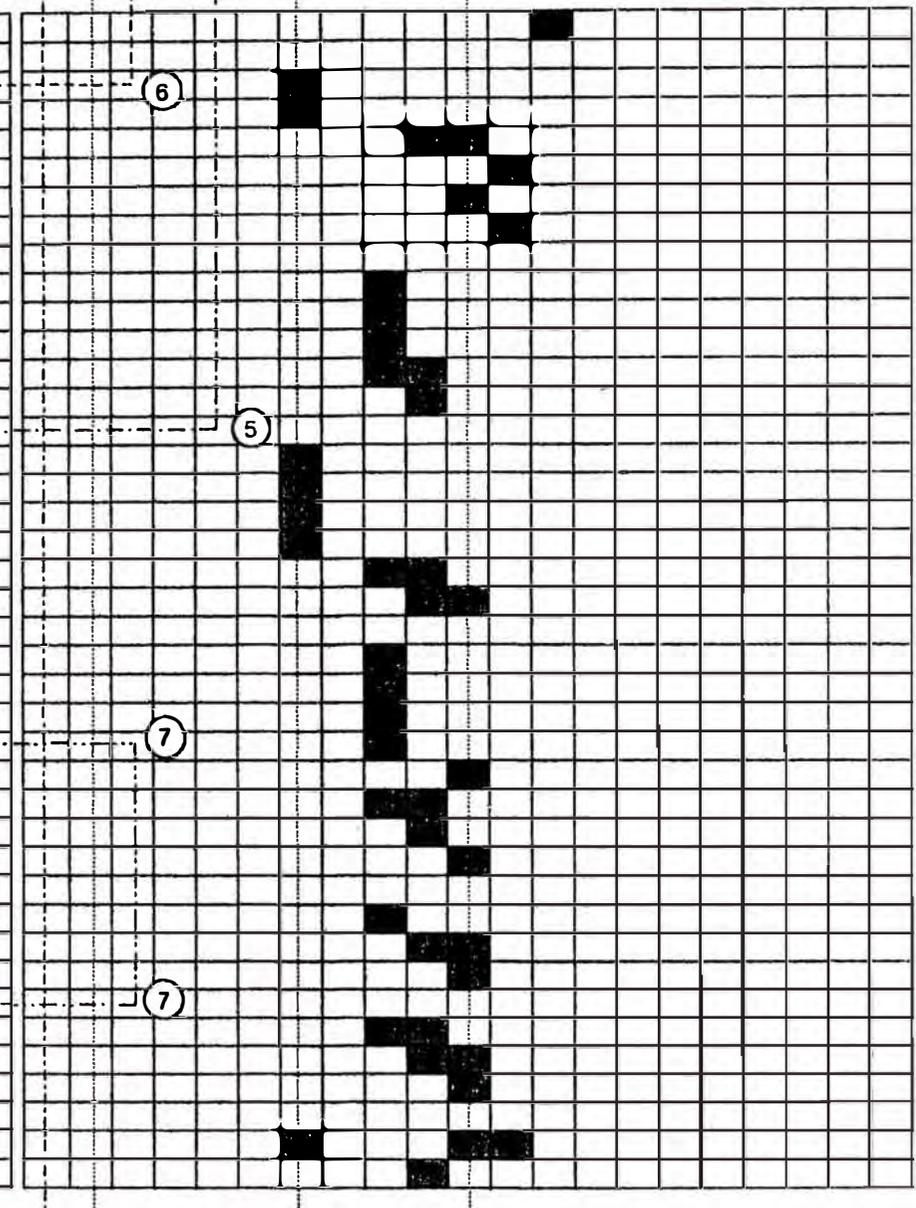
Izamiento de la pala para retirar carbody	
Retirar techo central	
Retirar rotasil	
Eléctricos desconectan colector de bajo voltaje	
Retirar colector de bajo voltaje	
Retirar tuerca central	
Eléctricos realizan conexiones para energizar los motores de propel con máquinas de soldar	
Realizar marcas de referencia de la pala con respecto a posiciones fijas	
Izaje de la pala	
Levantar la pala a 40mm sincronizadamente y observar	
Nivelación de la sala de máquinas: levantar 20 mm más en la parte posterior para nivelar	
Nivelar las gatas y setear a cero los sensores de posición	
Inicio de izamiento sincronizado hasta liberar el eje central del revolving frame	
Retirar el carbody energizando los motores de propel	
5:05 pm: Inicio de descenso sincronizado	
Fin de izamiento	
Revisión de unidad hidráulica de izaje: se prueba cada válvula independientemente para identificar posibles problemas durante el izaje	
Medición del nivel actual de las vigas con respecto al piso para verificar alturas	
Recoger mangueras y sensores de posición del sistema de izaje	



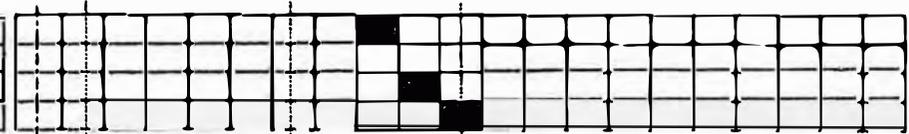
Trabajos en el carbody	
Inicio: Limpieza de carbody	
Inicio: Limpieza de bastidores	
Inicio: Limpieza al interior del carbody	
Eléctricos desconectan motores de propel que fueron energizadas mediante máquinas de soldar	
Eléctricos retiran conexiones y cables del carbody para limpieza	
Desconectar orugas y retirarlas (LH y RH)	
Retirar pines de oruga (levantar oruga para soltar los pines y jalarlos con montacargas)	
Levantar el carbody unas 30", colocar pirámides y suples	
Levantar la oruga con grúa de 200T y jalar para retirar	
Trabajos de Soldadura en el carbody	
Inspección por parte de Soldadura en busca de fisuras en los bastidores (LH y RH)	
Biselar fisuras encontradas en los bastidores	
Soldar las zonas biseladas	
Inspección por parte de Predictivo en busca de fisuras en el carbody (top e interior de cajones)	



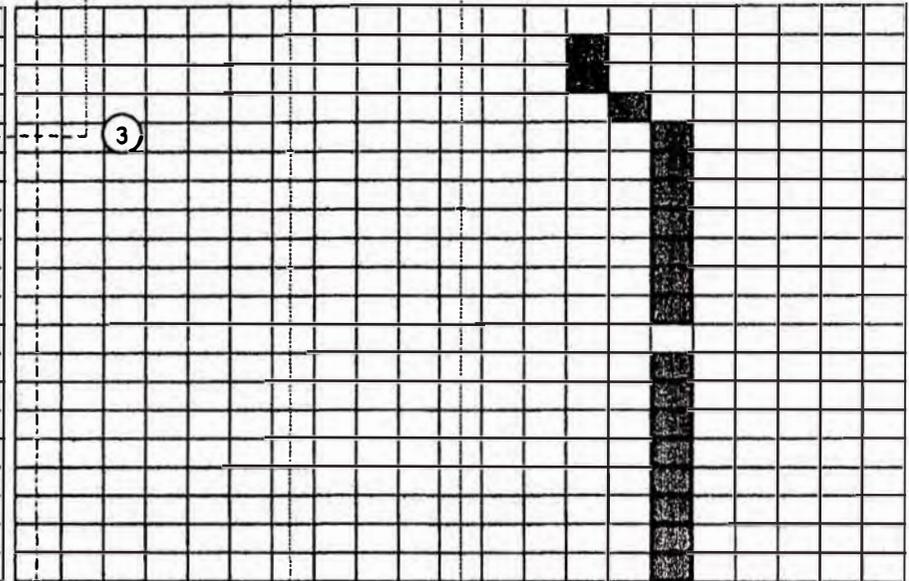
Soldar las zonas observadas por Predictivo
Componentes de bastidores
Retirar eje y sprocket de avance de los bastidores (LH y RH) ←
Retirar rueda guía del bastidor RH
Habilitar rueda guía del bastidor RH
Colocar rueda guía en bastidor RH
Retirar rueda loca del bastidor RH
Colocar rueda loca en bastidor RH
Colocar sprockets de avance
Limpieza de sprockets
Retirar bocinas de sprockets usados
Limpieza de bronce de sprockets
Colocar bronce en sprockets nuevos
Colocar sprockets nuevos en bastidor
Componentes del carbody
Retirar jaula de grasa del carbody
Retirar motores de propel (LH y RH)
Retirar rollers del carbody
Retirar rodillos inferiores de bastidores
Preparar herramienta para colocar rodillos inferiores nuevos en bastidores
Colocar rodillos inferiores en bastidores
Retirar ring gear
Colocar gatas por debajo del ring gear y por arriba suspender con grúa de 200T
Realizar la maniobra de levantar y dar presión con las gatas
Retirar ring gear
Retirar pines del ring gear
Eléctricos realizan limpieza del carbody
Habilitar ejes de avance en el taller, habilitar e instalar cápsula y rodamientos nuevos
Colocar ejes de avance RH con su cápsula
Colocar ejes de avance LH con su cápsula
Colocar rollers de giro
Habilitar componentes de rollers, anillo de rollers, rodillos y pines
Armar roller de giro
Colocar roller en carbody
Colocar ring gear
Habilitar pines del ring gear, limpieza
Colocar pines en el ring gear
Colocar ring gear
Trabajos en eje central
Transporte a la pala de materiales utilizados para montaje de eje central nuevo
Retirar puntos de soldadura en abrazadera del eje central



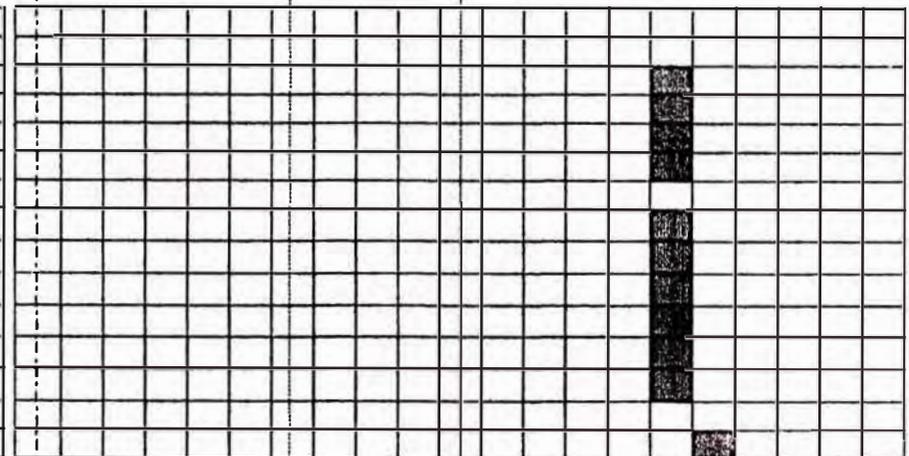
	Colocar bocinas del eje central
Tornos	
	Limpieza de anillos de voltaje bajo el revolving frame
	Mecanizado de anillos



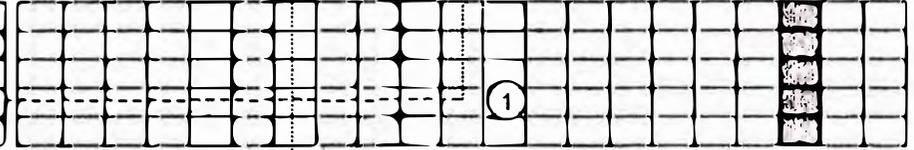
Montaje de sala de máquinas y carbody	
	Limpieza de la zona inferior del revolving frame
	Pintado de la zona inferior del revolving frame
	Colocar anillos bajo el revolving frame y colocar aisladores
	Realizar conexiones de mangueras hidráulicas y cables de sensores del sistema Synchrolift
	Tornos realizan mediciones para ver holgura entre el eje central y su respectiva bocina
	Habilitar la zona de trabajo para el movimiento del carbody (retirar equipos y herramientas utilizadas)
	Eléctricos realizan conexiones para energizar los motores de propel con máquinas de soldar
	Realizar conexiones de aire a frenos con reguladores de aire independientes
	Acercar el carbody a la sala de máquinas
	Engrasar planchas de piso para facilitar el movimiento del carbody
Izaje de la pala para montaje	
	Levantar la pala a 40mm sincronizadamente y observar
	Nivelación de la sala de máquinas: levantar o bajar donde se requiera
	Inicio de izamiento sincronizado hasta lograr la altura recomendada (1700 mm)
	Mover el carbody centrándolo en las guías del piso y ubicarlo bajo la sala de máquinas
	Verificar marcas de referencia de la pala con respecto a posiciones fijas
	Ajustar la posición exacta del carbody para bajar la sala de máquinas
	2:30 pm: Inicio de descenso sincronizado
	3:55 pm: Fin de izamiento para montaje



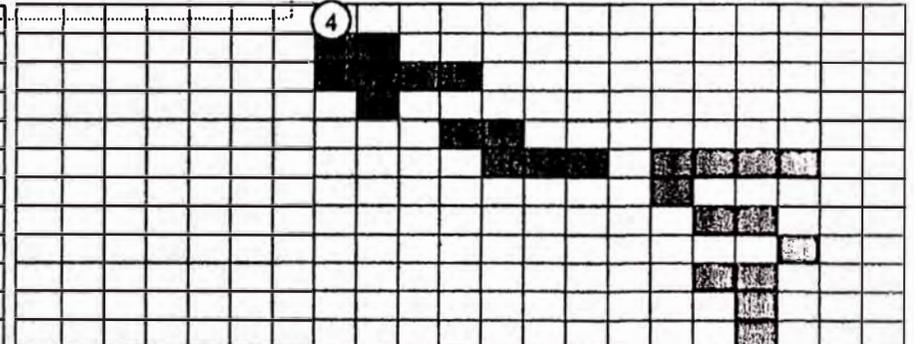
Desmontaje del sistema de izamiento	
Retirar parte delantera del sistema Synchrolift	
	Levantar 20 mm en la parte posterior para equilibrar la fuerza ejercida por el contrapeso
	Retirar las mangueras hidráulicas que van a las gatas
	Retirar sensores de posición
	Soldadura retira cordones de soldadura en la base de las torres delanteras y posteriores
Torres delanteras y cilindros hidráulicos	
	Retirar uniones centrales de torres delanteras
	Suspender la viga delantera
	Retirar lanas ubicadas entre las gatas y la viga
	Retirar el conjunto de las torres delanteras y cilindros hidráulicos (RH y LH)
	Retirar viga delantera (retirar pernos que la aseguran al tijeral delantero)
	Retirar tijeral delantero, manteniéndolo suspendido, retirar pines de pie de pluma
Montaje de pluma en estructura del revolving frame	
	Retirar orejas inferiores instaladas en la pala usadas para fijar el tijeral delantero



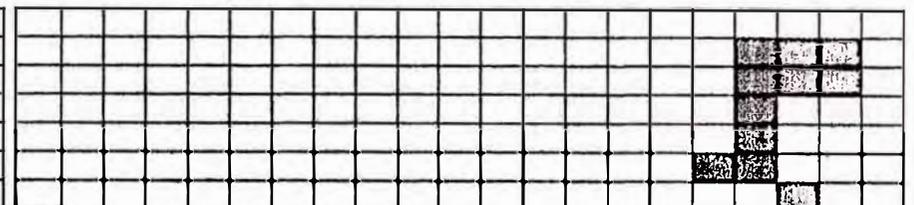
Colocar cable de compuerta
Colocar cable de izar
Levantar el lápiz y dejar horizontal
Colocar monturas
Lubricación conecta líneas en las monturas



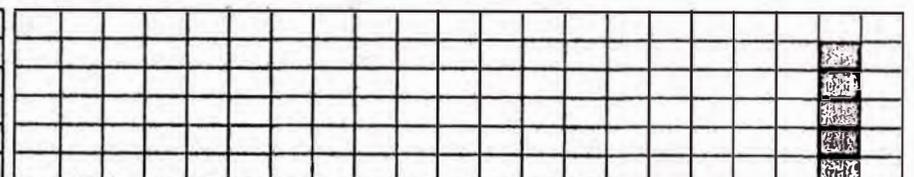
Montura
Preparar equipos y herramientas
Limpieza de la pluma: quemado de grasa, rasqueteado y limpieza con solventes
Traer man lifter a la pala, prueba del equipo
Limpieza del exterior de la pala (revolving frame y exterior de sala de máquinas)
Pintado del exterior del revolving frame y sala de máquinas
Retirar letreros de la pala
Limpieza y pintado de letreros de la pala
Colocar letreros en la pala
Pintado interior de sala de máquinas
Limpieza de bastidores y carbody
Pintado de bastidores y carbody



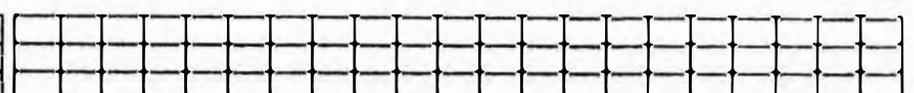
Otros trabajos
Eléctricos retiran iluminación, subestación y demás equipos y herramientas utilizadas
Mecánicos del taller de Palas retiran almacén móvil, equipos y herramientas utilizadas
Templado de orugas
Colocar barandas en lado de pluma y techo de pala
Limpieza de la zona de trabajo
Soldadura retira planchas de piso usadas para el trabajo



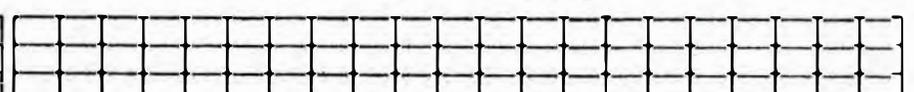
Pruebas finales
Eléctricos revisan parámetros eléctricos y realizan ajustes
Mecánicos controlan parámetros mecánicos y realizan ajustes
Prueba de todos los sistemas: izar, empuje, giro y propel
Entrega de la pala
Fin 12:30 pm



Ajustes post overhaul
Asentamiento: Revisar ajuste de tuerca central
Realizar inspección general (mecánica y eléctrica)



Otros
Seguridad: Auto evaluación del Overhaul: riesgos inminentes, mejoras a realizar en el trabajo
Problemas ocultos: Aplicación para las otras palas



CUADRO 6.1: MANTENIMIENTO MECÁNICO GENERAL DE 50000 HORAS Y CAMBIO DE EJE CENTRAL MEDIANTE IZAMIENTO DE UNA PALA ELECTRO – MECÁNICA MINERA
COSTO DE HORAS DE TRABAJO Y MATERIALES

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	Número de Horas Trabajo	Costo de Horas de Trabajo (\$)	Costos de Materiales (\$)	Costo Total (\$)
Sistema Synchrolift - Componentes				
Sistema Synchrolift (Compra a Terceros)			172120	172120
Sistema de Vigas (Taller Soldadura)			9250	9250
Torres Guiadoras de los Cilindros (Compra a Terceros)			31120	31120
Sistema de Propulsión - Componentes (Eje Central y Engranaje de Giro)				
Cambio de Engranaje de Giro	850	5865	532423	538288
Cambio de Eje y Bocina Central	56	386.4	132840	133226.4
Trabajos en el Eje Central (Taller Tornos)	180	1242	3200	4442
Cambio de Componentes de Bastidor	280	1932	22250	24182
Cambio de Eje de Propulsión LH	96	662.4	36250	36912.4
Cambio de Ruedas Guia (ambos lados)	250	1725	72250	73975
Sala de Máquinas - Componentes (Caja de Giro)				
Cambio de Caja de Reducción de Giro	96	662.4	135280	135942.4
Otros Trabajos				
Trabajos de Soldadura de Pista Superior	420	2898	4580	7478
Trabajos de Lubricación y Cambio de Mangueras	388	2677.2	12350	15027.2
Trabajos de Pintado General de la Pala (Interior y Exterior)	180	1242	7250	8492
			COSTO TOTAL (\$)	1190455.4

NOTA: COSTO DE LA PALA EN 1994 : \$ 8 ' 789 , 328