REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO ESTRATÉGICO PARA EL DESARROLLO DE UN MANTENIMIENTO OVERHAUL DE UNA PALA ELÉCTRICA DE CABLES BUCYRUS 495BII INCORPORANDO UNA MEJORA EN EL SISTEMA DE LEVANTAMIENTO (SYNCROLIFT)

Tesis presentada por los Bachilleres:

Quispe Galdos, Carlos Eduardo

Castro Torres, Lino Jose

para optar por el Título Profesional de

Ingeniero Mecánico

Asesor:

Mg. Carpio Rivera, Marco Antonio

Arequipa – Perú

2021

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 02 de Octubre del 2020

Dictamen: 001061-C-EPIMMEM-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 001061, presentado por:

2013200811 - CASTRO TORRES LINO JOSE
2012601011 - QUISPE GALDOS CARLOS EDUARDO

Titulado:

ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO ESTRATÉGICO PARA EL DESARROLLO DE UN MANTENIMIENTO OVERHAUL DE UNA PALA ELÉCTRICA DE CABLES BUCYRUS 495BII INCORPORANDO UNA MEJORA EN EL SISTEMA DE LEVANTAMIENTO (SYNCROLIFT)

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1895 - CARPIO RIVERA MARCO ANTONIO
DICTAMINADOR

2398 - RIVERA ACOSTA VICTOR GONZALO
DICTAMINADOR

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

Dedicatorias

Para:

Mi abuelo Eduardo, sé que hubieras estado orgulloso. Mis padres Eduardo y Rosa por enseñarme con su ejemplo el valor del trabajo duro y mi hermana Claudia por apoyarme incondicionalmente durante toda mi vida.

Quispe Galdos, Carlos Eduardo

Para:

Todo aquel que encuentre en este trabajo un apoyo en su labor profesional o investigativa en la rama del mantenimiento de la ingeniería mecánica.

Castro Torres, Lino Jose

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Agradecimientos

Agradezco a Dios y mi familia, porque sin ellos nunca hubiera podido llegar hasta este punto de mi vida profesional. También a los docentes de la UCSM que me impartieron sus conocimientos y personal en SPCC por permitirme ser parte de un gran equipo de trabajo. Agradezco especialmente a mi compañero de beca Matheo Gómez y a todos los que no puedo mencionar aquí que me brindaron su apoyo e hicieron ésta tesis realidad.

Quispe Galdos, Carlos Eduardo

Agradezco a Dios por permitirme experimentar un paso más en la vida académica. Agradezco a los docentes que apoyaron el desarrollo y culminación del presente proyecto. Estaré eternamente agradecido con las personas que no menciono aquí, pero aprecio todo su apoyo en este proceso.

Castro Torres, Lino Jose

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

Hoy en día para realizar un cambio de componente mayor o menor en una pala eléctrica se recurre al manual de mantenimiento del equipo como también a los procedimientos aprobados por la autoridad respectiva dentro de una compañía minera. Sin embargo, si nuestro objetivo es el desmontaje de los componentes en su totalidad para su inspección y correspondiente reemplazo de ser el caso, no disponemos de un instructivo que indique la secuencia de montaje o desmontaje. Es bajo esta causalidad que el presente trabajo es una sugerencia para la secuencia de montaje y desmontaje basada en mantenimientos overhaul a palas eléctricas ejecutados en el pasado, realizado por personal experto propio de las titulares mineras Southern Peru Cooper Corporation en la unidad productiva Cuajone.

Es menester indicar que el tiempo programado como duración para un overhaul de pala eléctrica depende netamente de las averías y estado de desgaste de esta. Por lo tanto, programar una duración de reparación sin tolerancia apropiada es impreciso, si no, descabellado.

Tanto para un mantenimiento overhaul como para uno de rutina, el objetivo planteado en el presente trabajo, debe ser reducir el indicador KPI MTTR (tiempo medio de reparación por sus siglas en español), siendo más crítico para equipos de producción como es el caso de las palas, en el que 1 hora de producción perdida oscila entre 4745 y 7908 USD dependiendo de la capacidad del balde, de acuerdo con el departamento de ingeniería de mantenimiento y planeamiento de la unidad productiva de Cuajone. Cabe indicar que el mecanismo que se utiliza en cambios de componentes que involucren levantar la pala para separar el revolving frame del truck frame es el “syncrolift”. El presente trabajo también contempla el diseño mejorado de un syncrolift seguro, simple y robusto, el cual no cuente con bloques de descanso como el que se usa actualmente en las unidades de Cuajone y Toquepala, que para su transporte consumen tiempo el cual podría ser asignado a producción.

Palabras claves:

Pala eléctrica, overhaul, componente mayor, componente menor, KPI, MTTR, producción, syncrolift, operación minera.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

Today, to make a major or minor component change in an electric shovel, the equipment maintenance manual is used as well as the procedures approved by the respective authority within a mining company. However, if our objective is the disassembly of the components in their entirety for their inspection and corresponding replacement, if applicable, we do not have an instruction manual that indicates the assembly or disassembly sequence. It is under this causality that the present work is a suggestion for the assembly and disassembly sequence based on overhaul maintenance to electric shovels carried out in the past, carried out by expert personnel from the mining licensees Southern Peru Cooper Corporation in the Cuajone productive unit.

It is necessary to indicate that the time programmed as the duration for an electric shovel overhaul depends clearly on the breakdowns and state of wear of this. Therefore, scheduling a repair duration without proper tolerance is imprecise, if not, far-fetched.

For both overhaul and routine maintenance, the objective set out in this work should be to reduce the KPI MTTR indicator (mean time to repair by its acronym in Spanish), being more critical for production equipment such as shovels, in which 1 hour of lost production ranges between 4,745 and 7,908 USD depending on the bucket capacity, according to the maintenance and planning engineering department of the Cuajone production unit. It should be noted that the mechanism used in component changes that involve lifting the blade to separate the revolving frame from the truck frame is the “syncrolift”. The present work also contemplates the improved design of a safe, simple and robust syncrolift, which does not have rest blocks like the one currently used in the Cuajone and Toquepala units, which consume time for transport which could be assigned to production.

Key words:

Electric rope shovel, overhaul, major component, minor component, KPI, MTTR, production, syncrolift, mining operation.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento overhaul, o también llamado cero horas, es un conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados antes de que aparezca algún fallo, o bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido de manera apreciable que es arriesgado hacer prever sobre su capacidad. Consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como nuevo. Se sustituyen o reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con una alta probabilidad un buen tiempo de funcionamiento fijado de antemano. (García Garrido, s.f.)

El mantenimiento overhaul en una pala eléctrica es un proceso que toma varias semanas y hoy en día en las mineras más importantes de nuestra localidad y cercanas a ella no cuentan con un procedimiento estratégico que facilite el trabajo.

En el presente proyecto, se abordan las condiciones necesarias para elaborar un procedimiento estratégico para un mantenimiento 0 horas, señalando la duración de los trabajos que se presentan en el desmontaje, reparación y montaje de los componentes mecánicos. Se revisará el impacto económico mediante una comparación de costos entre la opción de realizar el overhaul por personal contratado por la titular minera o por terceros.

Finalmente, presentamos también una mejora en el diseño del syncrolift que se utilizará en el procedimiento. Esta iniciativa parte del problema actual en la sincronización y longitud de carrera en los cilindros hidráulicos del dispositivo de levantamiento, que decae en un desalineamiento al desmontar/montar componentes críticos. La mejora procura cumplir con los requisitos de seguridad y funcionalidad

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

ÍNDICE

DICTAMEN APROBATORIO……i
DEDICATORIAS ……ii
AGRADECIMIENTOS …… iii
RESUMEN ……iv
ABSTRACT……v
INTRODUCCIÓN ……vi
ÍNDICE ……vii
ÍNDICE DE TABLAS ……xi
ÍNDICE DE FIGURAS……xii
CAPÍTULO 1 MARCO METODOLÓGICO ……1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA ……2
2. HIPÓTESIS ……2
3. VARIABLES……2
3.1 Variables Independientes ……2
3.2 Variables Dependientes……2
4. CAMPO, ÁREA, LÍNEA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN……3
5. ANTECEDENTES ……3
5.1 Ámbito nacional ……3
5.2 Ámbito internacional……3
6. OBJETIVOS……3
6.1 Objetivo General ……3
6.2 Objetivos Específicos……3
7. ALCANCES ……4
8. JUSTIFICACIÓN……4
9. LIMITACIONES……4
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO……5
1. DEFINICIÓN DE PALA ELÉCTRICA……6
1.1 Palas eléctricas de cable Caterpillar ……7
1.2 Palas eléctricas de cable P&H……8
1.3 Palas eléctricas de cable Bucyrus……9
2. PALAS ELÉCTRICAS VS. PALAS HIDRÁULICAS ……12
2.1 Variables de selección clave ……12
2.2 Ventajas clave de palas eléctricas ……12
2.2 Ventajas clave de palas hidráulicas……12
3. DESCRIPCIÓN DE UNA PALA ELÉCTRICA BUCYRUS 495 BII ……15
3.1 Ciclo de trabajo ……17

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1.1 Excavación....17
3.1.2 Giro....17
3.1.3 Descarga....17
3.1.4 Retorno....17
3.2 Movimientos de la pala....18
3.2.1 Levante o Hoist....18
3.2.2 Empuje o Crowd....18
3.2.3 Propulsión o Propel....19
3.2.4 Giro o Swing....19
3.3 Sistemas principales....21
3.3.1 Maquinaria inferior o truck frame....21
3.3.2 Anillos colectores....21
3.3.3 Plataforma giratoria....22
3.3.4 Sistema de izar....23
3.3.5 Sistema de giro....23
3.3.6 Sistema de empuje....24
3.3.7 Sistema de lubricación....25
3.3.8 Pluma....26
3.3.9 Sistema de balde o cucharón....27
4. DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO....28
4.1 Mantenimiento....28
4.2 Historia y evolución....28
4.3 Gestión del mantenimiento....30
4.4 Mantenimiento productivo total en equipos en gran minería....31
4.4.1 Pilares TPM....33
4.4.2 El TPM no asegura un índice acelerado de mejora....33
5. KPI'S DE MANTENIMIENTO....34
5.1 Falla y avería....36
5.2 Costos horarios....37
5.2.1 Costos horarios de posesión....37
5.2.2 Costos horarios de operación....38
6. DEFINICIÓN DE SYNCHROLIFT....40
6.1 Tipos de sistemas de elevación de palas mineras....40
6.1.1 De tipo puente....40
6.1.2 De 4 puntos....40
6.2 Usos del Synchrolift en minería....41
7. DEFINICIÓN SOFTWARE SAP ERP....43

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

7.1 Ventajas 43
7.2 Desventajas 43
8. CONSIDERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO 46
CAPÍTULO 3 DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO ESTRATÉGICO 49
1. DESARROLLO 50
1.1 Justificación para el uso del procedimiento 50
1.1.1 Work requests o solicitud de trabajo 51
1.1.2 Process requests o solicitud de proceso 51
1.1.3 Job planning o planificación del trabajo 51
1.1.4 Job scheduling o programación del trabajo 51
1.1.5 Job execution o ejecución del trabajo 52
1.1.6 Closeout and Feedback o cierre y retroalimentación 52
1.2 Documentación experimental 53
1.3 Mantenimiento Overhaul o mantenimiento 0 horas aplicado a palas 53
1.4 Uso del software SAP ERP 54
1.5 Variación de parámetros para un buen costo-beneficio 55
1.6 Análisis de criticidad por matriz impacto-esfuerzo 55
1.7 Sistemas y componentes críticos 57
2. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES 59
2.1 Programación 59
2.1.1 Actividades de ejecución de mantenimiento overhaul 59
2.1.2 Componentes, herramientas y equipos a emplear 64
2.1.3 Diagrama de Gantt de actividades diarias 67
2.1.4 Presupuesto estimado de trabajos a realizar 67
2.2 Software 72
3. METODOLOGÍA 73
3.1 Preparación de la información de mantenimiento previos 73
3.2 Consideraciones necesarias para mantenimiento tipo overhaul 74
3.2.1 Información de últimos mantenimientos preventivos 75
3.2.2 Información de últimos mantenimientos correctivos 75
3.2.3 Información de últimos reportes predictivos 75
3.3 Contenido del procedimiento estratégico 75
3.4 Plan de mantenimiento posterior a Overhaul 76
3.5 TPM y metodologías ágiles para un mejor mantenimiento 79
CAPÍTULO 4 PROPUESTA DE MEJORA EN SYNCHROLIFT 81
1. PROBLEMA Y LIMITACIONES 82
2. PROPUESTAS DE MEJORA 83

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

2.1 Modificar el equipo actual con tecnologías modernas 84
2.2 Comprar o rentar un equipo nuevo 86
3. PROPUESTA SUGERIDA 89
4. USO Y RECOMENDACIÓN DEL DISPOSITIVO 89
CAPÍTULO 5 RESULTADOS TEÓRICOS DE COSTOS 90
1. PRUEBAS EN VACÍO 91
2. PROYECTO OVERHAUL VS NUEVO EQUIPO 92
CAPÍTULO 6 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 95
1. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DESEADOS VS. RESULTADOS SIN PROCEDIMIENTO 96
CONCLUSIONES 98
RECOMENDACIONES 99
REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA 100
ANEXOS 104

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Datos Técnicos de Pala Eléctrica de Cables Modelo*.....2
Tabla 2 *Datos Técnicos de Capacidad de Carga de las Palas Eléctricas de Cables CAT* 8
Tabla 3 *Datos Técnicos de Capacidad de Carga de las Palas Eléctricas de Cables P&H* 9
Tabla 4 *Datos Técnicos de Capacidad de Carga de las Palas Eléctricas de Cables Bucyrus*11
Tabla 5 *Factores del Análisis de Criticidad* 56
Tabla 6 *Herramientas para Izaje de Elementos Mayores en el Armado de Pala*.....64
Tabla 7 *Herramientas para Izaje de Elementos Menores en el Armado de Pala*.....65
Tabla 8 *Duración aproximada de actividades a realizar* 69
Tabla 9 *Costos por hora de personal involucrado* 69
Tabla 10 *Costos de personal en conjunto* 70
Tabla 11 *Costos de materiales y consumibles* 71
Tabla 12 *Costos de repuestos* 72
Tabla 13 *Costos de mano de obra adicional* 72
Tabla 14 *Tabla Resumen de Costos* 91
Tabla 15 *Tabla Resumen de Costos con Overhaul con Proyección a 14 años*.....92
Tabla 16 *Tabla de Costos Adquiriendo un Equipo Nuevo con Proyección a 14 años* 93
Tabla 17 *Tabla de Diferencia de Costos entre Overhaul y Compra de Equipo Nuevo*.....94
Tabla 18 *Tabla de Diferencia de Costos entre Overhaul Realizado por la Misma Empresa y Overhaul Realizado por Tercerizadora* 96
Tabla 19 *Tabla de Diferencia de Costos entre Overhaul con Procedimiento y Overhaul sin Procedimiento* 97

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Pala Eléctrica P&H 4100* 6
Figura 2 *Pala Eléctrica de Cables CAT 7495* 7
Figura 3 *Pala Eléctrica de Cables P&H 4100XPC* 8
Figura 4 *Pala Eléctrica de Cables Bucyrus 495 HR* 11
Figura 5 *Costo de Equipo de Carguío por Metro Cúbico* 13
Figura 6 *Costo de Equipos a lo Largo del Tiempo de Vida de la Mina* 13
Figura 7 *Alcance de Excavación Comparativo de la Pala Hidráulica vs Eléctrica* 14
Figura 8 *Alcance Comparativo de la Pala Hidráulica vs Eléctrica* 14
Figura 9 *Partes Principales de la Pala Eléctrica Bucyrus BII* 16
Figura 10 *Ciclos de una Pala Eléctrica* 17
Figura 11 *Movimiento de Levante de la Pala Eléctrica* 18
Figura 12 *Movimiento de Empuje de la Pala Eléctrica* 19
Figura 13 *Movimiento de Propulsión de la Pala Eléctrica* 19
Figura 14 *Movimiento de Giro de la Pala Eléctrica* 20
Figura 15 *Rodajes y Límites de Operación de la Pala Eléctrica* 20
Figura 16 *Truck Frame de la Pala Eléctrica* 21
Figura 17 *Anillos Colectores de la Pala Eléctrica* 22
Figura 18 *Plataforma Giratoria de la Pala Eléctrica* 22
Figura 19 *Sistema de Izar de la Pala Eléctrica* 23
Figura 20 *Sistema de Giro de la Pala Eléctrica* 24
Figura 21 *Sistema de Empuje de la Pala Eléctrica* 25
Figura 22 *Sistema de Lubricación de la Pala Eléctrica* 26
Figura 23 *Cucharón de la Pala Eléctrica* 27
Figura 24 *Modelo del proceso de gestión del mantenimiento* 31
Figura 25 *Indicadores de Gestión (KPI) para Mantenimiento y Confiabilidad* 35
Figura 26 *Evolución de las Fallas* 37
Figura 27 *Vida Útil de Máquinas* 39
Figura 28 *Sistema de Izaje por Estructura Tipo Puente* 40
Figura 29 *Sistema de Izaje por 4 puntos* 41
Figura 30 *Izaje por equipos grúa* 42
Figura 31 *Módulos del software SAP R/3* 44
Figura 32 *Ítems que Debe Contener un Procedimiento de Trabajo* 47

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

Figura 33 *Procedimiento de Elaboración de las Instrucciones de Trabajo* 48
Figura 34 *Diagrama de Análisis y Gestión de Procesos* 50
Figura 35 *Plan de mantenimiento para después de overhaul* 76
Figura 36 *Tendencia Ideal de Desarrollo de Proyecto de Overhaul* 80
Figura 37 *Tendencia Errónea de Desarrollo de Proyecto de Overhaul* 80
Figura 38 *Plano Hidráulico del Sistema Synchrolift Actual* 85
Figura 39 *Uso de Estructura Puente de Levante Megalifter en Palas P&H* 86
Figura 40 *Uso de Sistema Synchro de Levante de 4 Puntos en Palas P&H* 87

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO 1

MARCO METODOLÓGICO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente el departamento de ingeniería de mantenimiento y planeamiento tanto como el área de mantenimiento mina no cuentan con una guía ni procedimiento para la ejecución de un mantenimiento 0 horas u overhaul por su traducción en inglés para palas eléctricas de cables Bucyrus 495BII.

2. HIPÓTESIS

Se plantea elaborar un procedimiento con la secuencia de desmontaje, reparación y montaje para una pala eléctrica de cables. Los datos del equipo tomado como referencia para la presente tesis se aprecian en la Tabla 1.

Tabla 1

Datos Técnicos de Pala Eléctrica de Cables Modelo

Parámetros	**Datos**
Código interno	PAC 04 (Pala N° 4)
Marca	Bucyrus International, Inc.
Modelo	495 BII
Ubicación	Unidad productiva de Cuajone en la provincia de mariscal Nieto, Moquegua.

Fuente: Elaboración propia (2020).

3. VARIABLES

3.1 Variables Independientes

- Orden de desmontaje y montaje.
- Tiempo de desmontaje y montaje.

3.2 Variables Dependientes

- Composición completa de componentes mayores y críticos.
- Mejora en los tiempo y recursos empleados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

4. CAMPO, ÁREA, LÍNEA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

- Campo: Ingeniería
- Área: Ingeniería Mecánica
- Línea: Confiabilidad

5. ANTECEDENTES

5.1 Ámbito nacional

Se encontró un trabajo de investigación presentado a la Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias Físicas y Formales, escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica con el nombre de:

"APLICACIÓN DE JACK KNIFE Y ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DE UNA FLOTA DE PALAS ELECTROMECÁNICAS MODELO CATERPILLAR 7495HR DE CAPACIDAD 120 TON", para optar por el título profesional de Ingeniero Mecánico por Carlos Enrique Viña Miranda, el cual aporta a la presente tesis consideraciones para el enfoque de ACR en componentes mayores críticos.

5.2 Ámbito internacional

No se encontraron referencias.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

- Elaborar un procedimiento estratégico para un mantenimiento 0 horas.

6.2 Objetivos Específicos

- Señalar la duración de los trabajos que se presentan en el desmontaje, reparación y montaje de los componentes mecánicos.
- Realizar una comparación de costos entre la opción de realizar el overhaul por personal contratado por la titular minera o por terceros.
- Presentar una mejora en el diseño de syncrolift que cumpla con los requisitos de seguridad y funcionamiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7. ALCANCES

El procedimiento contempla en detalle los problemas que puedan presentarse en el montaje y desmontaje de los componentes mecánicos, por otro lado, todo lo referido a componentes eléctricos va a ser mencionado mas no tratado con minuciosidad.

Adicionalmente, el procedimiento no pretende ser una guía rígida la cual debe cumplirse de forma cabal, la principal función de esta tesis es señalar la secuencia que se ha seguido en trabajos de mantenimiento 0 horas en el pasado y pueda servir de referencia para la planeación y programación de trabajos similares en el futuro.

8. JUSTIFICACIÓN

Ante la falta de una secuencia de montaje y desmontaje, se plantea elaborar un procedimiento que sirva de guía para futuros proyectos de mantenimiento overhaul en palas eléctricas para ser usado como consulta tanto por los encargados de la ejecución del proyecto como por los encargados de su programación.

9. LIMITACIONES

La principal limitación es la escasa cantidad de información relacionada a estos equipos, debido a que los proveedores brindan información sólo a empresas interesadas en utilizar sus productos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

1. DEFINICIÓN DE PALA ELÉCTRICA

La pala de cables eléctrica, también denominada pala electromecánica o simplemente pala mecánica, pala eléctrica o pala de cables, es un tipo de excavadora frontal eléctrica autopropulsada, sobre orugas, que usa cables para accionar el desplazamiento del cucharón (Caterpillar Inc., s.f.).

Las palas eléctricas son las excavadoras cargadoras de mayor tamaño que existen. Las más grandes con cucharones de 120 t de capacidad llegan a tener masas del orden de las 1400 toneladas, medir alrededor de 22 metros de altura, 14 metros de ancho y 30 metros desde las poleas de la pluma hasta el contrapeso. Aunque las palas de cables actuales sean eléctricas, han existido palas de cables de propulsión diésel. (Caterpillar Inc., s.f.)

Las palas eléctricas de cables son usadas como equipo principal de excavación en la gran minería de tajo abierto. La eficiencia total de las operaciones mineras es altamente dependiente de la eficiencia de la pala. La capacidad de carga de los cucharones se ha incrementado a lo largo de los años y en la actualidad algunas palas tienen capacidades de carga de 100 toneladas por pasada. Hasta la fecha destacan 2 grandes compañías en el mercado nacional que ofrecen estos gigantes de las maquinarias: Caterpillar Inc. y Komatsu Mining Corp.

Figura 1

Pala Eléctrica P&H 4100

Fuente: Elaboración propia (2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

1.1 Palas eléctricas de cables Caterpillar

Las palas eléctricas de cuerda o cables CAT pueden cargar más material, de manera más eficiente y rentable, que cualquier otra herramienta de carga del mercado. Combinan una inmensa capacidad de carga útil con bajos requisitos de mantenimiento y alta confiabilidad para ofrecer la solución de carga de menor costo por tonelada para minas de larga duración. Con una vida útil de 120.000 horas, son una opción viable para minas con vidas estimadas que cumplen o superan un plazo de 20 años. (Caterpillar Inc., s.f.)

Figura 2

Pala Eléctrica de Cables CAT 7495

Fuente: Caterpillar Inc. (2020).

La inversión en una pala de cuerda eléctrica es una asociación a largo plazo. Con el apoyo de la red global de distribuidores Cat junto con los recursos técnicos de Caterpillar, se puede esperar una vida útil prolongada de la pala de cuerda o cable. Brindan:

- Servicios de soporte (formación, evaluación del sitio, gestión de piezas, etc.).
- Modernizaciones / revisión de la máquina.
- Contratos de servicios.
- Piezas de repuesto.

A continuación, se adjunta las capacidades de carga de los equipos CAT y las dimensiones de sus cucharones en el trabajo diario.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Tabla 2

Datos Técnicos de Capacidad de Carga de las Palas Eléctricas de Cables CAT

Modelo	Carga útil (tm)	Capacidad nominal de balde (m3)
7295	45	19.1 a 38.2
7395	64	20.6 a 55.8
7495 HD	82	27.5 a 60.4
7495 HF con cuerda de avance	109	30.6 a 62.7
7495 HF con HydraCrowd	109	30.6 a 62.7
7495 con cuerda de avance	109	30.6 a 62.7
7495 con HydraCrowd	109	30.6 a 62.7

Fuente: Caterpillar Inc. (2020).

1.2 Palas eléctricas de cable P&H

Las palas eléctricas P&H están diseñadas y construidas para ayudar a las minas a mover más material a un menor costo por tonelada. Nuestro enfoque en el diseño de componentes modulares se traduce en la posibilidad de realizar actualizaciones y mantención de manera más eficiente. Este énfasis en la facilidad de mantención, combinado con los tradicionalmente robustos sistemas mecánicos de P&H y los sistemas de control cada vez más inteligentes y rápidos, nos permite ofrecer algunas de las máquinas de carga más confiables y productivas de la industria minera. (Komatsu, s.f.)

Figura 3

Pala Eléctrica de Cables P&H 4100XPC

Fuente: Komatsu (2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Desde su construcción inferior ultra robusta hasta las espaciosas plataformas de la sala de máquinas y su clásica configuración de balde y mango estilo brazos gemelos, las palas eléctricas de cable P&H se han ganado su lugar como la herramienta de carga preferencia para operaciones mineras de alta producción y gran eficiencia. (Komatsu, s.f.)

A continuación, se adjunta las capacidades de carga de los equipos P&H y las dimensiones de sus cucharones en el trabajo diario.

Tabla 3

Datos Técnicos de Capacidad de Carga de las Palas Eléctricas de Cables P&H

Modelo	Carga útil (tm)	Capacidad nominal de balde (m3)
P&H 1900XPC	18	10.7
P&H 2300XPC	45.4	18.3 a 25.5
P&H 2800XPC	59	26.8 a 33.6
P&H 4100C	81.6	45.9
P&H 4100C Boss	90.7	44.3
P&H 4100XPC	108.9	52.8 a 61.2
P&H 4100XPC AC-90	73 a 82	42 a 49
P&H 4800XPC	122.5	65.7 a 70.3

Fuente: Caterpillar Inc. (2020).

1.3 Palas eléctricas de cable Bucyrus

Las palas excavadoras Bucyrus estuvieron presentes en las grandes obras de ingeniería desde el inicio del siglo XX, por ejemplo, en la construcción del Canal de Panamá (1881-1914) de las ciento dos palas excavadoras que se utilizaron setenta y siete eran palas mecánicas Bucyrus movidas por vapor y que se desplazaban sobre rieles. Actualmente el principio de funcionamiento es bastante parecido al de aquellas primitivas máquinas, aunque ahora se desplazan por medio de orugas y el operador trabaja en una cabina con toda la tecnología y el confort disponibles. Su uso más popular hoy en día es en la minería a cielo abierto, en donde se hace necesario excavar grandes volúmenes de material. (Minero 21, 2020)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Bucyrus era un innovador y líder del mercado, en el diseño y fabricación de palas eléctricas para la minería. Su continuo esfuerzo en la investigación y el desarrollo culminó en el alto rendimiento de sus equipos. Las palas Bucyrus evolucionaron de forma constante a medida que emergían las mejoras en diseño y tecnología, proporcionando un máximo de productividad y el menor costo efectivo de operación. En línea con eso, se ha llevado a cabo la ingeniería, desarrollo y pruebas en terreno para ofrecer los siguientes avances técnicos:

- Empuje Hidráulico - HydraCrowd

Esta novedad representó el primer avance tecnológico en el empuje, aplicado a una pala excavadora en los últimos 80 años. Un cilindro hidráulico dentro del mango tubular elimina los cables de empuje/recoge, por lo que el tiempo de parada asociado a eventos no planificados se reduce enormemente, el HydraCrowd es retro ajustable en las palas Bucyrus de la serie 495 con pluma de 67 pies, y las mantenciones mayores del cilindro son planificadas cada 24 meses, representando un gran ahorro de tiempo con respecto al mantenimiento rutinario requerido.

- Sistema de apertura de balde sin pestillo - LatchFree

El sistema de apertura de balde sin pestillo LatchFree, patentado por Bucyrus, elimina el obstáculo de paradas no planificadas de una pala tal como se puede encontrar en la mayoría de las operaciones mineras. Un robusto eslabón de acero reemplaza el conjunto del pestillo que ha estado en uso en las palas de cable hasta el momento usadas en la minería. (Minería Chilena, 2009)

Hoy en día Caterpillar comercializa sus productos debido a que hace 10 años aproximadamente, compraron a Bucyrus por alrededor de 8000 millones de dólares, posicionándose, así como una de las empresas líderes en el rubro de máquinas para mina. Desde entonces Caterpillar desarrolla nuevos equipos, mejoras y tecnologías bajo el nombre de su empresa, pero manteniendo los códigos de modelos de Bucyrus en la mayoría de sus equipos. Asimismo, se cambió el color blanco con líneas rojas, usual de Bucyrus, por el amarillo pavimento con líneas negras representativas de la marca CAT.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 4

Pala Eléctrica de Cables Bucyrus 495 HR

Fuente: Bucyrus (2020).

A continuación, se adjunta las capacidades de carga de los equipos Bucyrus y las dimensiones de sus cucharones en el trabajo diario.

Tabla 4

Datos Técnicos de Capacidad de Carga de las Palas Eléctricas de Cables Bucyrus

Modelo	**Carga útil (tm)**	**Capacidad nominal de balde (m3)**
182M	18	7 a 18
295B/HD (7295HD)	38	14 a 20
295B/HR (7295)	45	18.4 a 39
395B/HR (7395)	63.5	19.1 a 56
495B/HD (7495HD)	81.8	19.1 a 61.2
495BI	73	19 a 61
495BII	73	19 a 61
495HF (7495 HF con cuerda de avance)	109	30.6 a 62.7
495HF2 (7495 HF con HydraCrowd)	109	30.6 a 62.7
495HR (7495 con cuerda de avance)	109	30.6 a 62.7
495HR2 (7495 con HydraCrowd)	109	30.6 a 62.7

Fuente: Bucyrus (2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

2. PALAS ELÉCTRICAS VS. PALAS HIDRÁULICAS

La selección del equipo de excavación es un proceso complejo. Las palas hidráulicas y eléctricas tienen inherentes ventajas para algunas situaciones de excavación. Todos los factores de selección deben considerarse en el contexto de un entorno de minería HPLC.

2.1 Variables de selección clave

Al momento de escoger entre un equipo u otro, tenemos que considerar los siguientes parámetros que brinden las mayores ganancias a la empresa como:

- Vida anticipada de la mina.
- Disponibilidad de capital.
- Infraestructura minera.
- Reticulación eléctrica.
- Requisitos de voladura.
- Requisitos de movilidad.
- Disponibilidad de camiones.
- Requisitos de reubicación de equipos.

2.2 Ventajas clave de palas eléctricas

- Proporciona factores de relleno máximos en todo el material, y tiene un mayor alcance.
- Combina bien con la mayoría de tamaños de tolvas de camiones y tiene excelentes tolerancias a la detección de camiones.
- Proporciona una mayor disponibilidad, mayor capacidad y menos falta del tiempo.
- Más fácil de mantener.
- Genera niveles de emisión más bajos.
- Tiene un menor costo por unidad cargada.

2.2 Ventajas clave de palas hidráulicas

- Al ser de tamaño más pequeño, produce una ventaja de movilidad.
- Tiempo mínimo de montaje.
- Tiene mayor control de la descarga de material.
- Puede cavar capa por capa y eliminar rocas grandes de la cara de excavación.
- Se requieren menos gastos de capital.

El la figura 5 se aprecia que a mayor producción anual los costos por carguío de metro cúbico se aminoran. En la figura 6 se observa los costos promedio a lo largo del tiempo en una

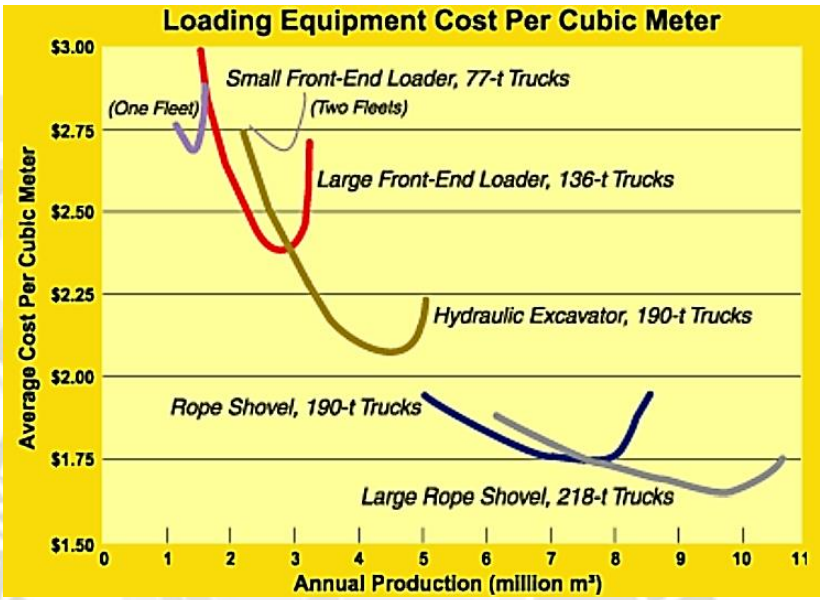
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

u otra pala. Son factores importantes a tomar en cuenta en minas de larga vida y con proyecciones de alta producción anual.

Figura 5

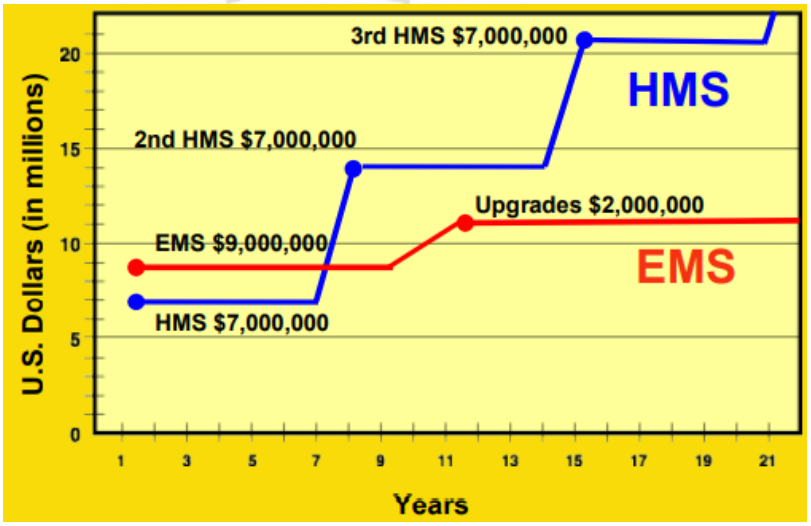
Costo de Equipo de Carguío por Metro Cúbico



Fuente: SME publication Mining Economics Strategy by Ian C.Runge (s.f.).

Figura 6

Costo de Equipos a lo Largo del Tiempo de Vida de la Mina



Fuente: SME publication Mining Economics Strategy by Ian C.Runge (s.f.).

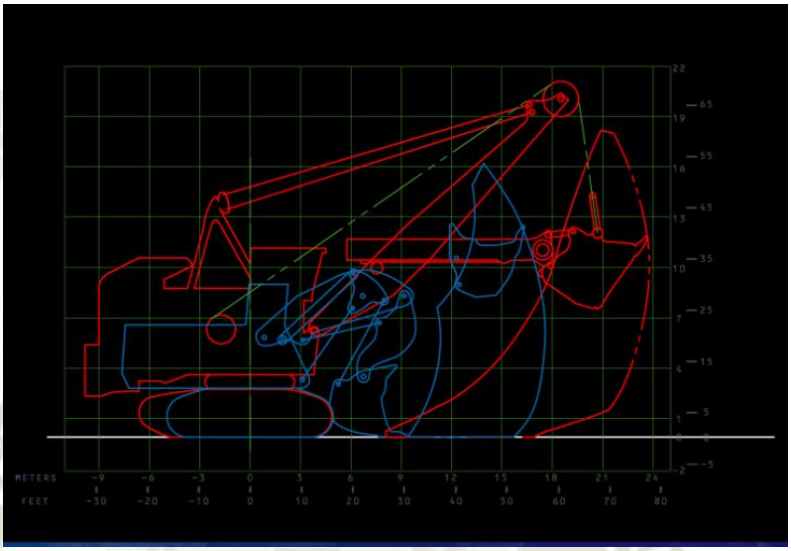
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Finalmente, en las siguientes figuras apreciaremos los alcances de cada equipo.

Figura 7

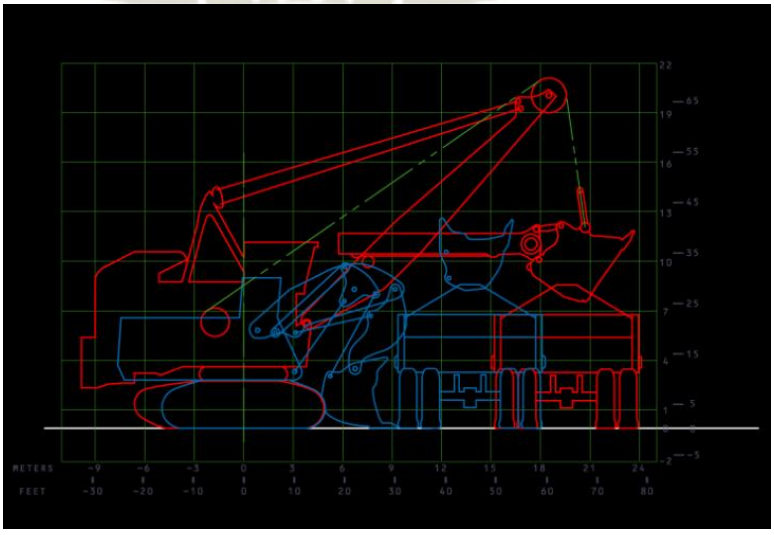
Alcance de Excavación Comparativo de la Pala Hidráulica vs Eléctrica



Fuente: MinePro Services (s.f.).

Figura 8

Alcance Comparativo de la Pala Hidráulica vs Eléctrica



Fuente: MinePro Services (s.f.).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

3. DESCRIPCIÓN DE UNA PALA ELÉCTRICA BUCYRUS 495 BII

Una pala Bucyrus 494 BII consta básicamente de un cuerpo inferior propulsor que se desplaza mediante orugas y el cuerpo superior que alberga a los motores eléctricos, cabina del operador y al sistema de excavación, ambos cuerpos están unidos por un engranaje circular que permite el giro de 360° del cuerpo superior. El sistema de excavación es bastante sencillo, consta de una pluma que sostiene a un brazo cilíndrico en cuyo extremo se encuentra el balde de carga, este brazo se desplaza longitudinalmente y a la vez permite que el balde describa un arco de 45° desde nivel de suelo hasta una altura de casi 17 metros. Estas palas tienen un tamaño descomunal y se pueden destacar algunos datos:

- El balde pesa aproximadamente 90 toneladas con su tapa y su volumen de carga es de 43 metros cúbicos.
- La altura de la pluma es de 18 metros.
- La cabina del operador está a 10,5 metros.
- La altura de las orugas es de 3,45 metros.
- El ancho total es de 13 metros.
- El peso total de la máquina es de 1113 toneladas.

Cargando camiones es bastante más ágil, carga por ambos lados y gira 360° gracias a un engranaje circular en el cual se desplazan dos piñones, el sistema de giro se mueve gracias a dos motores eléctricos de 505 hp mientras el sistema hidráulico de propulsión es alimentado por dos motores eléctricos de 700 hp.

El balde sube y baja gracias un sistema de cables denominado de levante, que es accionado por un motor eléctrico de 2237 hp, la acción de empujar y recoger el balde queda a cargo de otro motor eléctrico de 700 hp. Todos los motores son Siemens y el voltaje de trabajo es de 7200 voltios y la potencia máxima es de 3280 kW. La pala es alimentada por cable minero.

Toda la operación del equipo, ya sea cargando o en propulsión, cuando se desplaza, se comanda con dos joysticks, con un sistema muy parecido al que se utiliza en retroexcavadoras. Estas actividades dependen de la destreza del operador, y los movimientos pueden ser bastante suaves.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

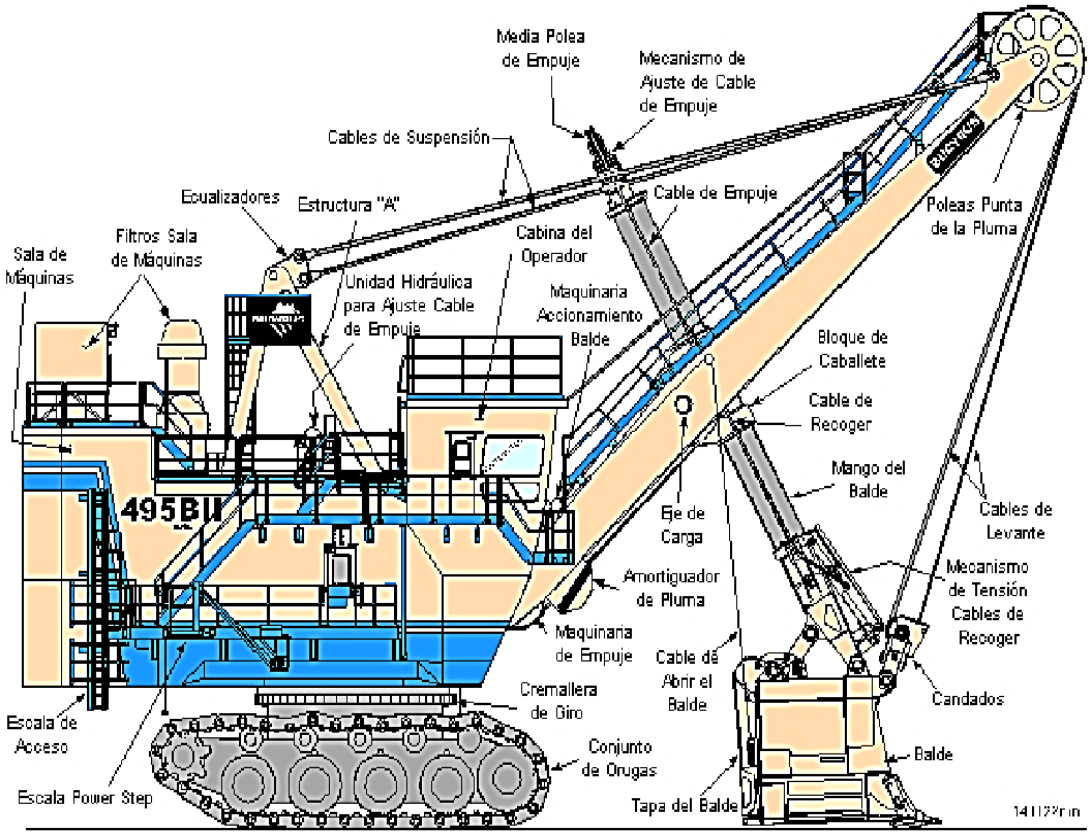
Cuando se desplaza lo hace a la vertiginosa velocidad de 3 km/h y puede trepar o descender pendientes del 12%.

La operación de una pala requiere meses de entrenamiento, es el principal equipo de producción y los parámetros de productividad están monitoreados permanentemente. Un operador experimentado puede cargar las 220 toneladas que carga un camión CAT 793 en un minuto y medio con tres pasadas del balde; son la élite de la operación y muchas veces el éxito está en sus manos. (Minero 21, 2020)

El modelo a trabajar en la presente tesis es el 495 BII. Sus partes principales se muestra en la figura siguiente.

Figura 9

Partes Principales de la Pala Eléctrica Bucyrus BII



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

3.1 Ciclo de trabajo

El ciclo de trabajo para las palas eléctricas de cables consiste en 4 etapas:

3.1.1 *Excavación*

Consiste en empujar el balde contra el banco al mismo tiempo que se levanta para llenar el balde.

3.1.2 *Giro*

Este movimiento ocurre cuando el balde está a cierta distancia del banco tanto horizontalmente como verticalmente. El operador controla el movimiento de rotación de la pala hasta que se posiciona sobre la tolva del equipo encargado de transportar el material.

3.1.3 *Descarga*

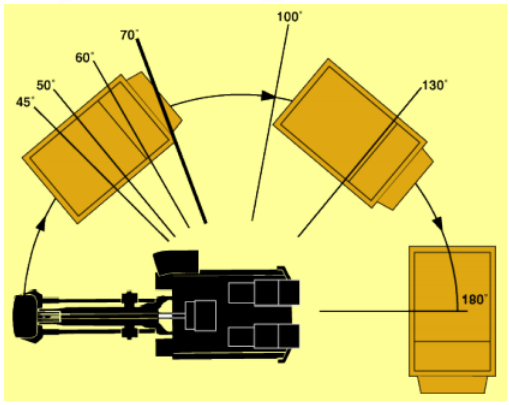
Este movimiento implica abrir la compuerta del balde para descargar la carga sobre una tolva mientras el balde se mantiene a una altura fija.

3.1.4 *Retorno*

Este movimiento implica el retorno del balde a la vez que baja su altura para cerrar la compuerta del balde y empezar otra vez el ciclo.

Figura 10

Ciclos de una Pala Eléctrica



Fuente: MinePro Services (s.f.).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

3.2 Movimientos de la pala

Para llevar a cabo el ciclo de trabajo, la pala eléctrica de cuerdas o cables cuenta con 4 movimientos característicos:

- Levante
- Empuje
- Propulsión
- Giro

3.2.1 *Levante o Hoist*

Controlado por un joystick en la cabina del operador, el tambor de levante en la sala de máquinas empieza a girar enrollando/soltando los cables de levante que están conectados al balde para así levantarlo o bajarlo.

Figura 11

Movimiento de Levante de la Pala Eléctrica

Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

3.2.2 *Empuje o Crowd*

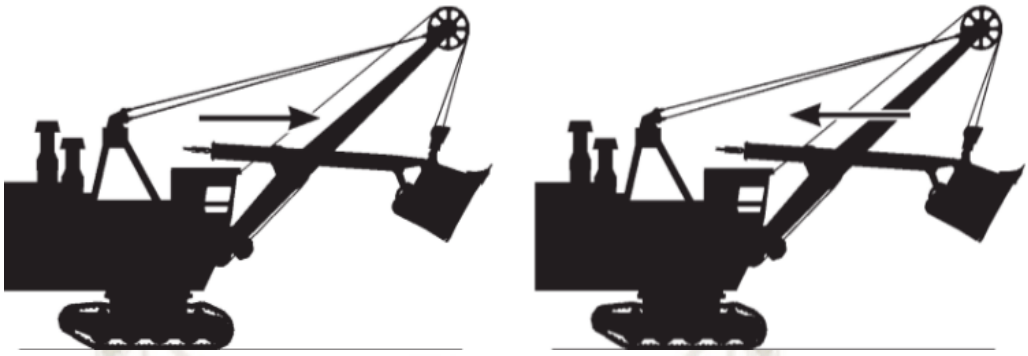
Este movimiento también está controlado por un joystick en la cabina del operador y empuja el balde a través del dipper handle o mango, esto se logra enrollando el cable de empuje en su respectivo tambor.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Figura 12

Movimiento de Empuje de la Pala Eléctrica



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

3.2.3 *Propulsión o Propel*

Este movimiento está controlado por un switch y los joysticks en la cabina del operador. Accionan los motores de propulsión que a través de una transmisión planetaria gira un engranaje dentado que le da movimiento al conjunto de orugas, moviendo así la pala hacia adelante o en reversa.

Figura 13

Movimiento de Propulsión de la Pala Eléctrica

Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

3.2.4 *Giro o Swing*

Este movimiento está controlado por un joystick en la cabina del operador. Se accionan dos motores eléctricos, los cuales a través de unas transmisiones planetarias giran unos piñones

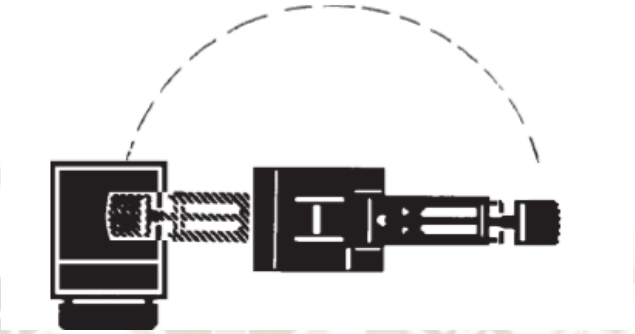
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

que engranan con la cremallera de giro de tamaño considerable en la parte baja de la carrocería dando así el movimiento de giro (eje de giro es el pin central).

Figura 14

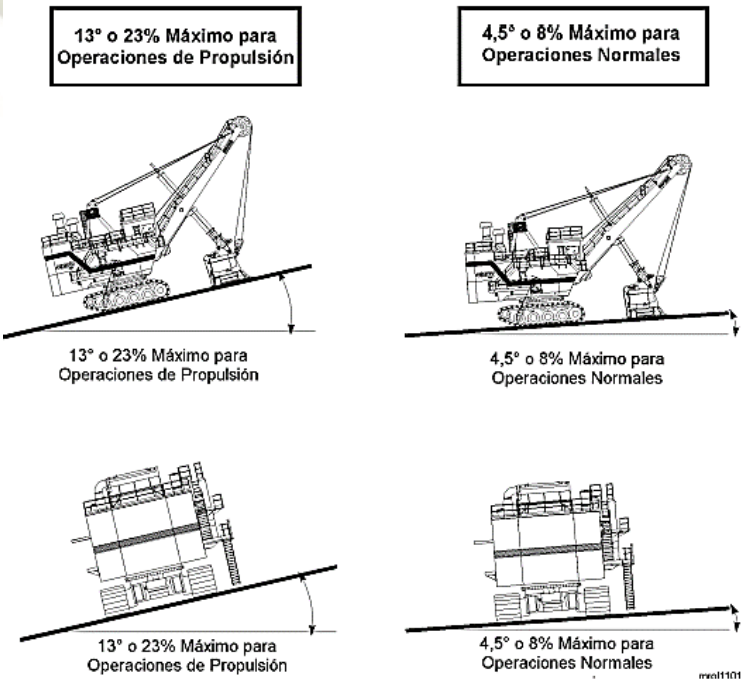
Movimiento de Giro de la Pala Eléctrica



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

Figura 15

Rodajes y Límites de Operación de la Pala Eléctrica



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

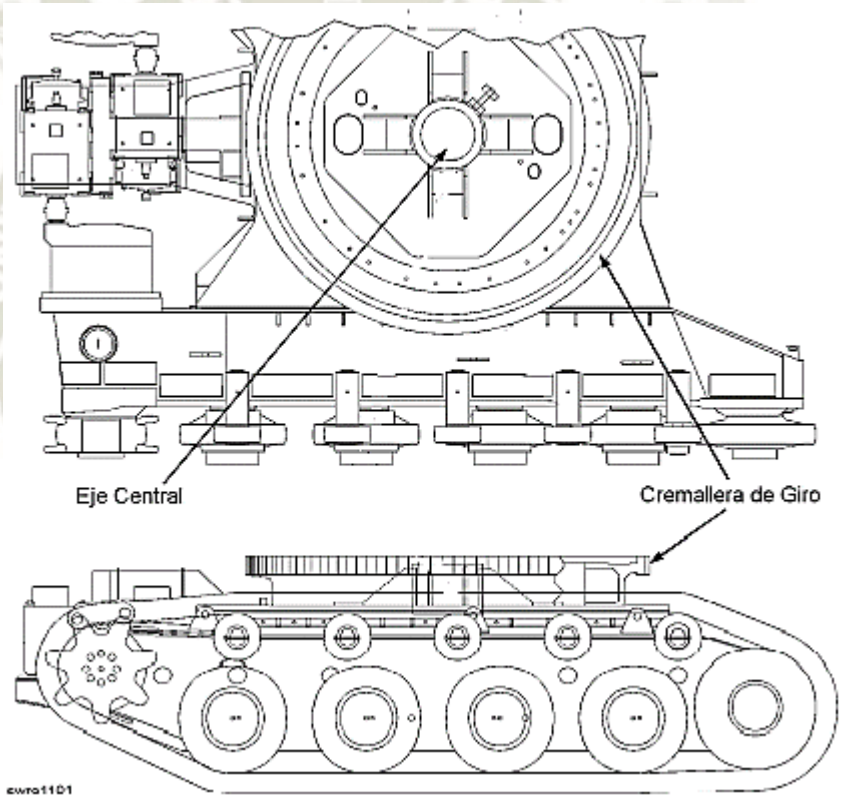
3.3 Sistemas principales

3.3.1 *Maquinaria inferior o truck frame*

El sistema de transporte de la Pala está compuesto por bastidores izquierdo y derecho (que incluyen rodillos que soportan la reacción de producto del desnivel del suelo), sistema de orugas de accionamiento independiente, sistema de propulsión (motor y transmisión), cremallera de giro y círculo de rodillos sobre los cuales gira toda la Pala.

Figura 16

Truck Frame de la Pala Eléctrica



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

3.3.2 *Anillos colectores*

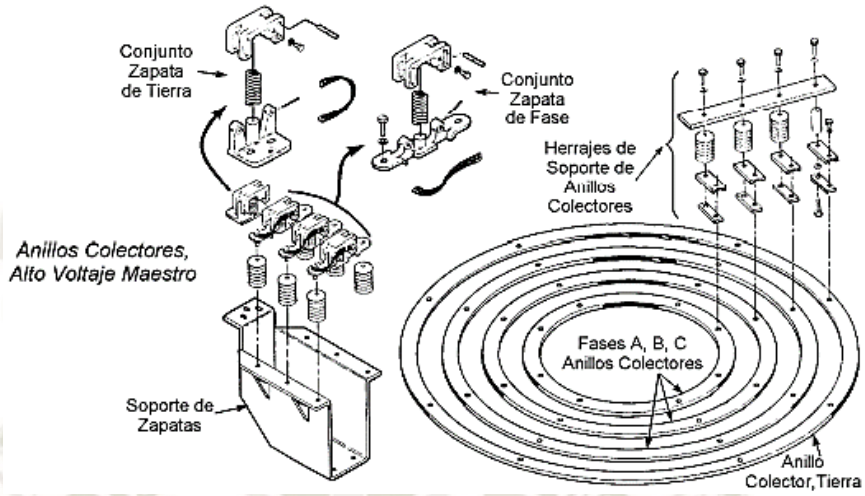
Son tres grupos de anillos colectores, alta tensión (ubicados en el sistema de transporte, dentro de la cremallera de giro), baja tensión y propulsión, la energía llega a los anillos de alta, es transmitida por zapatas hacia los anillos de baja y luego propel que se encuentran en la estructura principal giratoria.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Figura 17

Anillos Colectores de la Pala Eléctrica



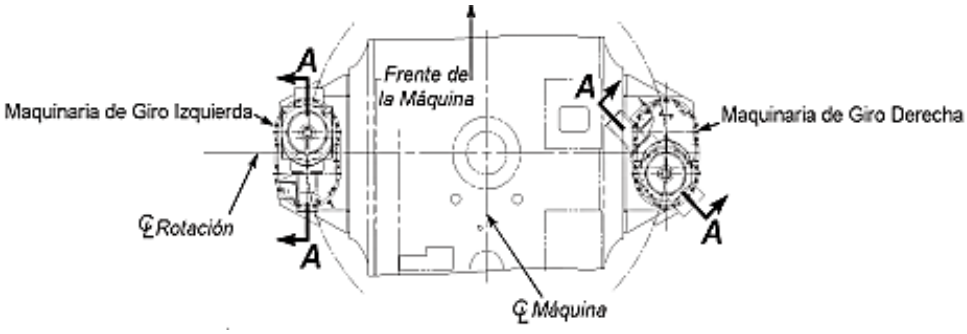
Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

3.3.3 *Plataforma giratoria*

Compuesta del eje central (eje hueco por donde pasan líneas de aire, grasa y cables eléctricos y está empernado a la plataforma giratoria), plataformas de extensión (deck extensions), contrapeso, cabina del operador y sala de máquinas (que incluyen los sistemas de giro, empuje y retracción, izaje, A-frame (soporte de la pluma mediante cables de acero), componentes y sistema eléctrico.

Figura 18

Plataforma Giratoria de la Pala Eléctrica



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

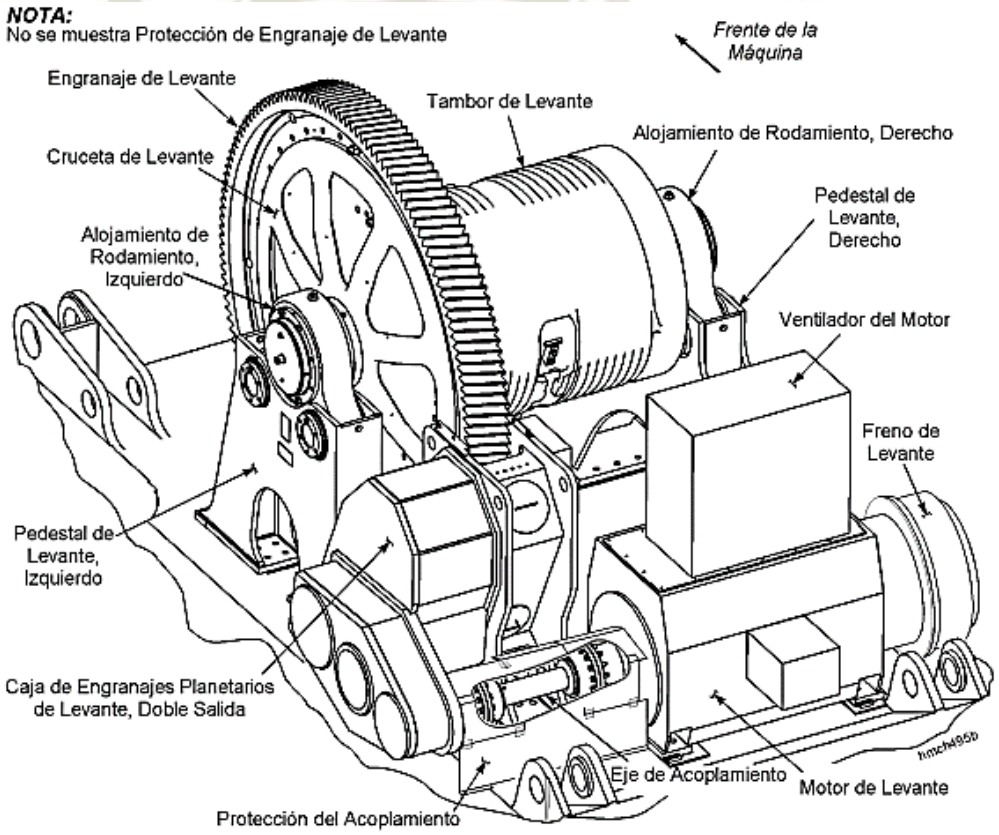
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

3.3.4 *Sistema de izar*

Compuesto por un motor acoplado a una reducción primaria de engranajes y una reducción secundaria del tipo planetario solar lubricadas por aceite, dos piñones de salida que engranan con el engranaje principal empernado con el tambor de izar (soportado en pedestales empernados a la plataforma de giro) que cuenta con ranuras para el cable de izar conectado desde el tambor hasta el cucharón.

Figura 19

Sistema de Izar de la Pala Eléctrica



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

3.3.5 *Sistema de giro*

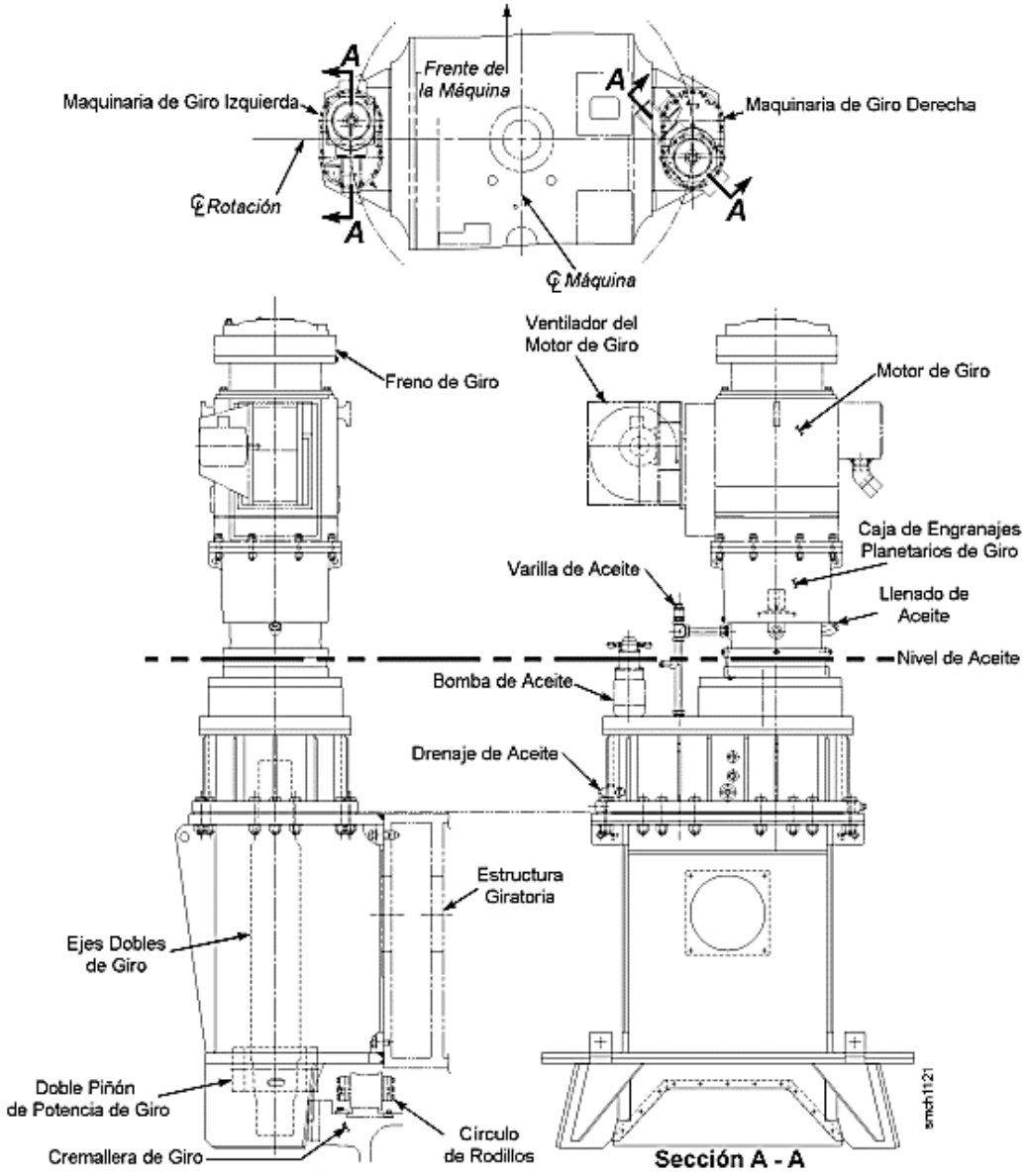
Dos motores verticales acoplados a transmisiones planetarias de giro de donde salen dos piñones respectivamente por cada transmisión que engranan con la cremallera de giro.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 20

Sistema de Giro de la Pala Eléctrica



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

3.3.6 *Sistema de empuje*

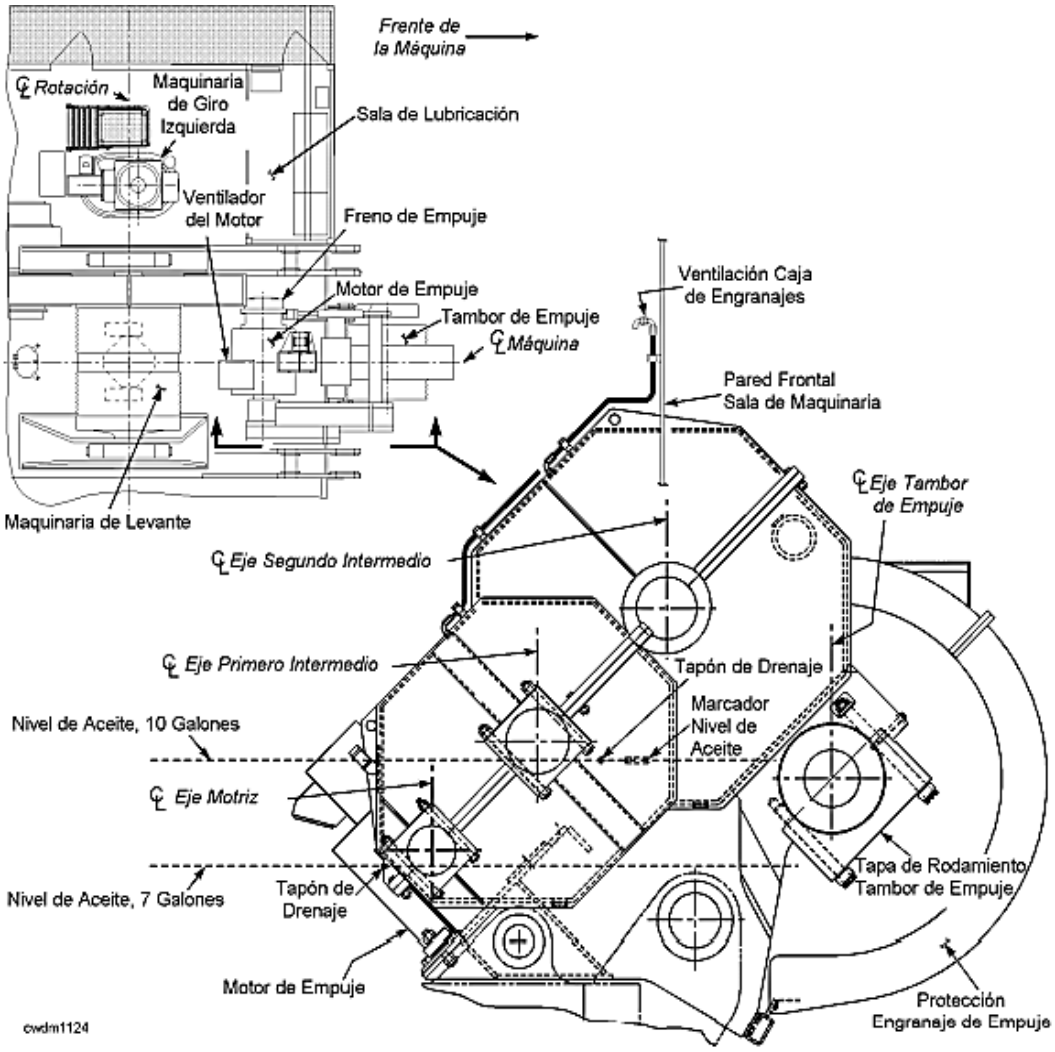
Compuesto por un motor acoplado a una transmisión simple de engranajes conectada al tambor de empuje, en donde dos cables (uno de empuje y otro de retracción), determinan el movimiento axial del mango que está conectado al cucharón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Figura 21

Sistema de Empuje de la Pala Eléctrica



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

3.3.7 *Sistema de lubricación*

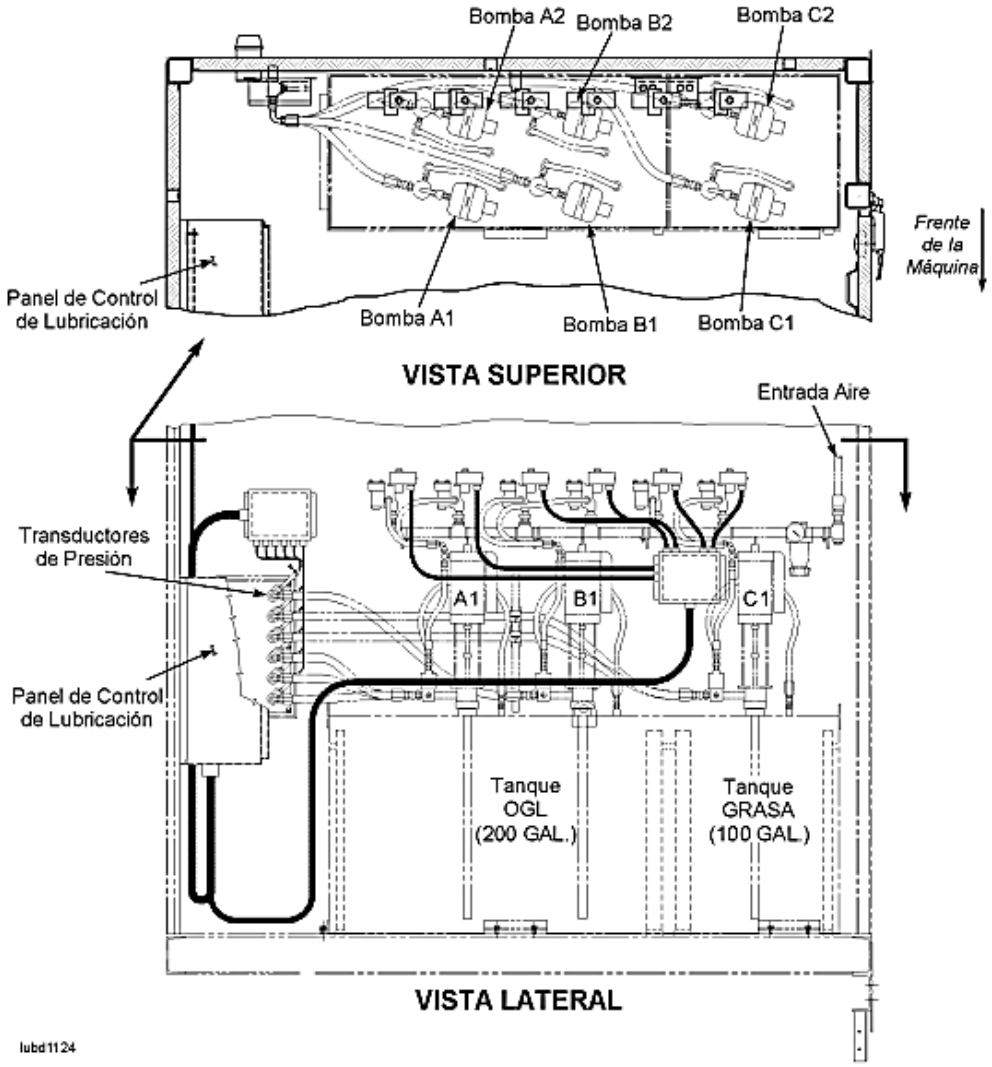
El sistema automático consta de 6 bombas de lubricación (4 para grasa OGL, 2 para grasa MPG) controladas por PLC, accionadas por aire y montadas sobre dos tanques que lubrican toda la pala a través de un circuito de mangueras e inyectores.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Figura 22

Sistema de Lubricación de la Pala Eléctrica



Detalles de Sala de Lubricación
(Mirando hacia la parte trasera de la máquina.)

Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

3.3.8 *Pluma*

Estructura de acero compuesta por dos vigas que está soportada por 4 cables de suspensión conectados a la estructura “A” o A-frame. En su parte media se encuentra el caballete (guía) y el mango y en el eje de carga dos poleas por donde pasan los cables de izar.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

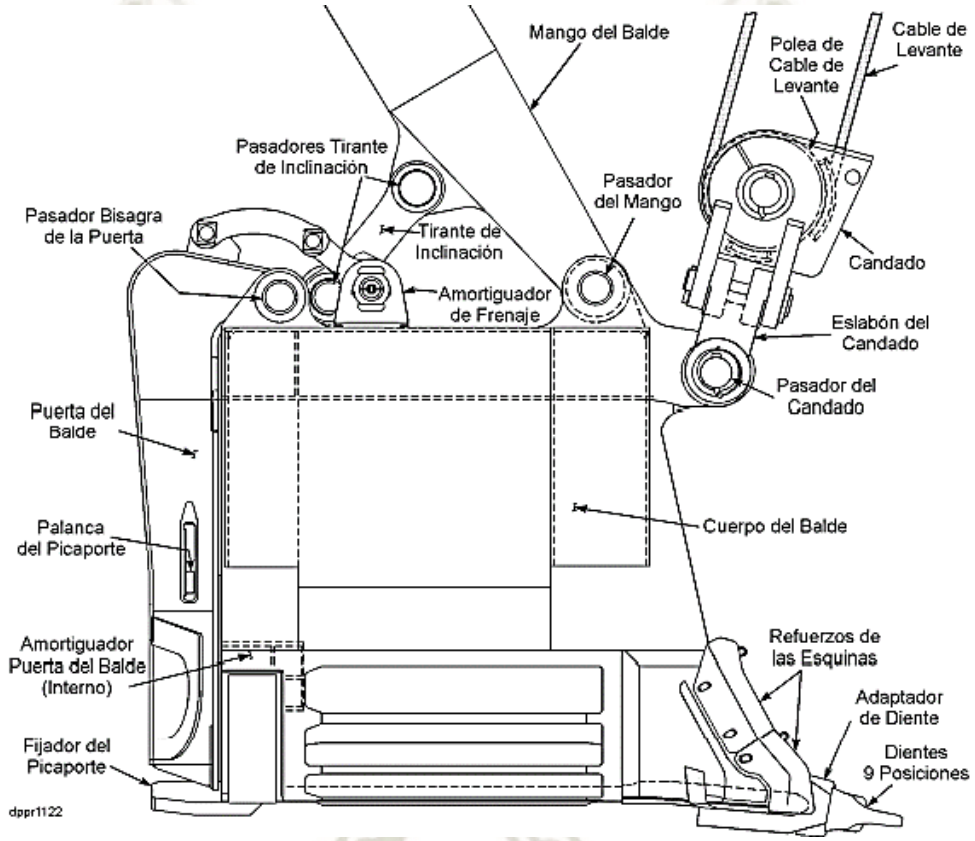
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

3.3.9 *Sistema de balde o cucharón*

El balde debe inspeccionarse antes del inicio de cada turno. La superficie de los costados y frontal proporcionan refuerzos críticos al balde. Por lo tanto, ellas deben ser revisadas regularmente por si hay quebraduras o desgaste de componentes

Figura 23

Cucharón de la Pala Eléctrica



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

4. DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

4.1 Mantenimiento

Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento (Garrido, 2003).

La realización de cualquier tarea de mantenimiento está asociada con unos costes, tanto en términos de coste de recursos de mantenimiento, como de coste de las consecuencias de no tener el sistema disponible para la operación. Por lo tanto, los departamentos de mantenimiento son unos de los mayores centros de coste, que exigen a la industria miles de millones de pesetas cada año, habiéndose convertido así en un factor crítico en la ecuación de rentabilidad de muchas compañías. En consecuencia, puesto que las operaciones de mantenimiento se vuelven cada vez más costosas, cada vez se reconoce más la importancia de la ingeniería de mantenibilidad. (Knezevic, 1996)

4.2 Historia y evolución

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos. (Garrido, 2003)

A partir de la Primera Guerra Mundial, y sobre todo, de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento: personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. El personal indirecto, que no está involucrado directamente en la realización de las tareas, aumenta, y con él los costes de mantenimiento. Pero se busca aumentar y fiabilizar la producción, evitar las pérdidas por averías y sus costes asociados. Aparece el Mantenimiento Preventivo, el

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Proactivo, la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador, y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM). El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Podríamos decir que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica. (Garrido, 2003)

Paralelamente, sobre todo a partir de los años 80, comienza a introducirse la idea de que puede ser rentable volver de nuevo al modelo inicial: que los operarios de producción se ocupen del mantenimiento de los equipos. Se desarrolla el TPM, o Mantenimiento Productivo Total, en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento son ahora realizadas por operarios de producción. Esas tareas «transferidas» son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Se pretende conseguir con ello que el operario de producción se implique más en el cuidado de la máquina, siendo el objetivo último de TPM conseguir cero averías. Colmo filosofía de mantenimiento, TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano, en lugar de la tecnología. (Garrido, 2003)

TPM y RCM no son formas opuestas de dirigir el mantenimiento, sino que ambas conviven en la actualidad en muchas empresas. En algunas de ellas, RCM impulsa el mantenimiento, y con esta técnica se determinan las tareas a efectuar en los equipos; después, algunas de las tareas son transferidas a producción, en el marco de una política de implantación de TPM. En otras plantas, en cambio, es la filosofía TPM la que se impone, siendo RCM una herramienta más para la determinación de tareas y frecuencias en determinados equipos. (Garrido, 2003)

Por desgracia, en otras muchas empresas ninguna de las dos filosofías triunfa. El porcentaje de empresas que dedican todos sus esfuerzos a mantenimiento correctivo y que no se plantean si esa es la forma en la que se obtiene un máximo beneficio (objetivo último de la actividad empresarial) es muy alto. Son muchos los responsables de mantenimiento, tanto de empresas grandes como pequeñas, que creen que estas técnicas están muy bien en el campo teórico, pero que en su planta no son aplicables: parten de la idea de que la urgencia de las reparaciones es la que marca y marcará siempre las pautas a seguir en el departamento de mantenimiento. (Garrido, 2003)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

4.3 Gestión del mantenimiento

La gestión de mantenimiento debe ser eficaz y eficiente. La eficacia muestra la bondad con que un departamento o función de mantenimiento consigue los objetivos impuestos en base a las necesidades de la empresa. La eficacia de la gestión se concentra entonces en lo correcto de los procesos que se emprenden y en que los procesos produzcan el resultado esperado de los mismos. La eficacia de la gestión de mantenimiento nos permitirá entonces minimizar los costes indirectos de mantenimiento, aquellos asociados con las pérdidas de producción y en última instancia con la insatisfacción del cliente. Por tanto, en el caso de mantenimiento, la eficacia de la gestión de esta función podemos entenderla como la satisfacción que la empresa tiene con la capacidad y condición de sus activos, o con la mejora general de los costes que experimenta cuando la capacidad de producción está disponible cuando se necesita. (Red Temática Nacional Sobre Seguridad de Funcionamiento y Calidad de Servicio de Sistemas Productivos, 2008)

Lorick se refiere a la gestión de mantenimiento, como la organización de un área gerencial de mantenimiento que exige la necesidad de establecer sistemas de gestión y operación mediante procesos, apoyándose en sistemas computarizados para manejar las actividades inherentes a mantenimiento, Los pasos que se requieren para implementar este proceso sistémico son: establecer una organización que permita gerenciar el sistema de mantenimiento, de tal forma que se pueda tener una planeación detallada global y específica de las rutas y actividades del mantenimiento a realizar, utilizar el sistema de información para definir en forma anticipada todos los servicios y los recursos necesarios para la operación de mantenimiento, instaurar metodologías que permitan el mejoramiento permanente tanto de las actividades como de gestión, conformar grupos interactivos de análisis y operación del mantenimiento, desarrollar sistemas de monitoreo de todas las actividades y del control de la gestión global incluidos sus costos, con permanentes reportes de indicadores de toda índole; indudablemente todo esto contribuye a elevar la eficiencia. (Gutiérrez, 2012)

Tal y como se indica en la figura a continuación, los primeros tres bloques condicionan la eficacia de la gestión, los siguientes bloques aseguran la eficiencia de las misma y su mejora continua de la siguiente forma: Los bloques 4 y 5 incluyen acciones para la planificación y programación del mantenimiento, incluyendo por supuesto la planificación de la capacidad del departamento de mantenimiento. Los bloques 6 y 7 están dedicados a la evaluación y control

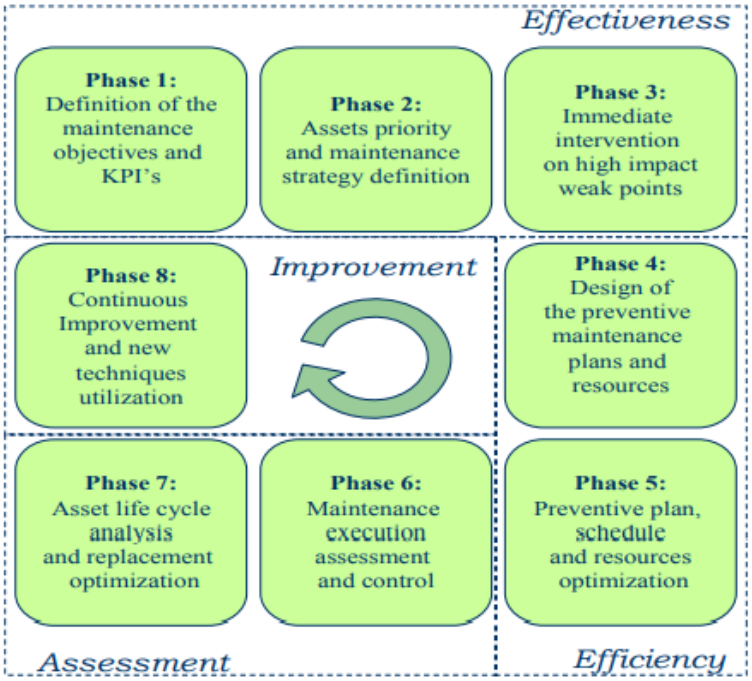
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

del mantenimiento y del coste de los activos a lo largo de su ciclo de vida. Finalmente, el bloque 8 se centra en acciones para asegurar la mejora continua de la gestión. (Red Temática Nacional Sobre Seguridad de Funcionamiento y Calidad de Servicio de Sistemas Productivos, 2008)

Figura 24

Modelo del proceso de gestión del mantenimiento



Fuente: Crespo (2007).

4.4 Mantenimiento productivo total en equipos en gran minería

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología Lean Manufacturing de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas. (López, 2019)

Es parte de la tercera generación de la evolución del mantenimiento y hoy en día, a nivel nacional e internacional las compañías de clase mundial ya tienen implementada esta metodología en sus corporaciones. Las grandes compañías mineras en Perú no son ajenas a estos conceptos y debido a la gran cantidad de equipos de planta, carguío, acarreo, soporte, etc.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

han adoptado estos recursos para una gestión de mantenimiento más eficiente, optimizando procesos y promoviendo el uso responsable de los recursos con los cuales cuenta la empresa.

Cuando se hace referencia a la participación total, esto quiere decir que las actividades de mantenimiento preventivo tradicional, pueden efectuarse no solo por parte del personal de mantenimiento, sino también por el personal de producción, un personal capacitado y polivalente (López, 2019).

El TPM retoma la idea de que los operarios de producción se ocupen del mantenimiento de los equipos, mediante la realización de tareas menores de conservación normalmente realizadas por el personal de mantenimiento.

El TPM enfoca sus objetivos hacia la mejora de la eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de fallas, no conformidades, tiempos de cambio, y se relaciona, de igual forma, con actividades que implican ganar espacio en el área de mantenimiento, mantener el orden de las cosas, velar por la limpieza de la zona de trabajo, estandarizar estos procesos una vez vueltos costumbre y darle seguimiento para que se mantengan las mejoras, todo esto como requisitos previos de la eficiencia del sistema. La suma de estas actividades forma parte de un método de trabajo de las 5S. Esta metodología 5S se aplica a todo tipo de empresas como en palas eléctricas de cables. Las 5S vienen referidas al mantenimiento integral de la empresa en todos los aspectos y no sólo las herramientas de trabajo. Las 5S son:

- Seiri (clasificación): separar elementos innecesarios y eliminar lo que no es útil.
- Seiton (orden): situar elementos necesarios y organizar el espacio de trabajo eficazmente.
- Seiso (limpieza): eliminar la suciedad, mejorando la limpieza.
- Seiketsu (normalización): señalizar anomalías, prevenir que aparezca desorden y suciedad.
- Shitsuke (mantener la disciplina): mejorar, fomentar esfuerzos para mejorar.

Las cinco etapas son muy simples de implementar, por lo que no se necesita una formación compleja ni ser grandes expertos en el tema. Simplemente se necesita de una metodología disciplinada y rigurosa para realizar con éxito las etapas de calidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Además, el TPM presenta las siguientes ventajas:

- Mejoramiento de la calidad, los equipos en buen estado producen mejor.
- Mejoramiento de la productividad, mediante el aumento del tiempo disponible.
- Flujos de producción continuos del sistema, benefician a la organización en función a la disponibilidad del tiempo y reduce la incertidumbre de la planeación.
- Aprovechamiento del capital humano.
- Reducción de gastos de mantenimiento correctivo, las averías son menores, así mismo se reduce el rubro de compras urgentes.
- Reducción de costos operativos.

Vale la pena considerar que los equipos son susceptibles a un desgaste natural, y a un desgaste forzoso. Las actividades del TPM se enfocan en eliminar los factores de desgaste forzoso, aumentando el cuidado sobre el equipo y las instalaciones (López, 2019).

4.4.1 *Pilares TPM*

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) se fundamenta sobre seis pilares (López, 2019):

- Mejoras enfocadas.
- Mantenimiento de calidad.
- Educación y entrenamiento.
- Seguridad y medio ambiente.
- Mantenimiento autónomo.
- Mantenimiento planificado.

Hoy en día suele considerarse la Excelencia Administrativa y la Gestión Temprana como pilares TPM (López, 2019).

4.4.2 *El TPM no asegura un índice acelerado de mejora*

Además de no considerar en su totalidad los cambios requeridos en el proceso de producción y en el social, el TPM reconoce la necesidad de asegurar la integración necesaria de los procesos, recursos y la organización. La experiencia ha demostrado que las compañías con procesos, recursos y organización altamente integrados presentan el índice de mejora más acelerado. Las compañías que no han integrado se limitan a una excelencia funcional. El desempeño obtenido por la excelencia funcional es estático y eventualmente la competencia lo deja atrás. (Rendon, 1997)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

5. KPI'S DE MANTENIMIENTO

La Gestión del Mantenimiento de Equipos pesados, incluye la Gestión de Ingeniería del Mantenimiento y la Gestión Administrativa del Mantenimiento. La primera tiene que ver con la solución técnica de los problemas presentados en las máquinas, implementación de las buenas prácticas para la solución de problemas mecánicos o atención de reparaciones, etc. La segunda se encarga de los procesos administrativos de recolección de datos, flujo de la información a fin de tener estos en el momento oportuno, planeamiento y programación, organización adecuada para atender las fallas en el menor tiempo posible, etc. La manera de saber si la gestión del mantenimiento es llevada adecuadamente es midiéndola y obteniendo valores que nos indiquen si los resultados se encuentran dentro de los parámetros esperados para la gestión. La elección de los KPI (Key Performance Indicators), va a depender del nivel en que se encuentren los procesos (transaccionales, supervisión, gerenciales). (Zegarra, 2016)

Para las flotas de maquinaria pesada en gran minería (dentro de ellos las palas eléctricas) los indicadores más usados en las corporaciones de clase mundial para la gestión del mantenimiento son los siguientes:

- Costos de Operación de equipos.
- MTBF (Mean Time Between Failures) o TMEF (Tiempo Medio Entre Fallas).
- MTBS (Mean Time Between Shutdowns) o TMEP (Tiempo Medio Entre Paradas).
- MTTR (Mean Time To Repair) o TMPR (Tiempo Medio Para Reparar).
- MA (Mechanical Availability) o DM (Disponibilidad Mecánica).
- MU (Machine Utilization) o UM (Utilización de Máquina).
- MTBFS (Mean Time Between Failures Shutdowns) o TMEPF (Tiempo Medio Entre Paradas por Fallas).
- R (Reliability) o C (Confiabilidad).
- PRP (Porcentaje de Reparaciones Programadas) (Primera, s.f.).

En el caso de las palas eléctricas el indicador de disponibilidad debe oscilar alrededor del 90%. La cifra del indicador de disponibilidad y otros KPI´s se miden en los reportes mensuales del área. Un número cercano al 100% indicaría que no se están realizando los mantenimientos en las fechas adecuadas y un número muy por debajo del 90% señalaría que se realiza un mantenimiento inadecuado por lo que el equipo para con mayor frecuencia para mantenimiento correctivos o de emergencia. En la Figura 25 se aprecia un cuadro resumen de KPI´s.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Figura 25

Indicadores de Gestión (KPI) para Mantenimiento y Confiabilidad

INDICADORES TECNICOS DE DESEMPEÑO - KPI					
Area	**N°**	**Designaciòn**	**Descripciòn**	**Formula**	**Meta**
MANTENIMIENTO	1	**MNP**	Mantenimientos No Programados	MNP = Fallas = MR + ME	**<10%**
	2	**MP**	Mantenimiento Planeado	MP = MPP + MPD	**>85%**
	3	**MPP**	Mantenimiento Preventivo	Del Plan	**40%**
	4	**MPD (PdM)**	Mantenimiento Predictivo (Reparos) (Generado por CBM+NDE)	Por Condición	**50%**
	5	**MR**	Mantenimiento Reactivo	No Programable en 20 dias	**8%**
	6	**ME**	Mantenimiento de Emergencia	Atenciones Inmediatas	**2%**
	7	**TPPR**	Tiempo Promedio para Reparar	$TPPR = \frac{\sum TPR}{N° Fallas}$	**Variable**
	8	**BL**	Back-Log	$BL = \frac{\sum HHMP}{\sum HH * N° Personas * dias}$	**3 - 4 Semanas**
CONFIABILIDAD	9	**D**	Disponibilidad	$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR} * 100$	**>97%**
	10	**TPEF**	Tiempo Promedio entre Falla	$TPEF = \frac{Periodo}{\# FALLAS}$	**Depende del Tipo de Equipo**
	11	**TPER**	Tiempo Promedio entre Reparos	$TPER = \frac{Periodo}{\# REPAROS}$	**Depende del Tipo de Equipo**
	12	**U**	Utilizacion	$U = \frac{HO}{HP} * 100$	**62-80%**
	13	**R(t)**	Confiabilidad	$R(t) = e^{-\frac{t}{TPPF}}$	**>98%**
	14	**EGE (OEE)**	Efectividad Global de Equipos	$OEE = D * U * MP$	**>85%**

Fuente: Primera (s.f.).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Los indicadores a su vez son medidas cuantitativas del grado de satisfacción de un requerimiento. En la gestión del mantenimiento, el departamento de mantenimiento, valga la redundancia, en toda empresa juega el papel de proveedor y el de operaciones el de cliente, cuyo fin se basa en 3 objetivos a brindar: (CONTEC Ltda., s.f.)

- Equipos operativos cuando se necesiten. (Disponibilidad)
- Equipos no fallen cuando están siendo utilizados. (Confiabilidad)
- Mínimo costo total de mantenimiento. (Costo Global del Mantenimiento)

La disponibilidad, es la probabilidad de que un sistema o equipo se encuentre operativo cuando se requiera su uso. La confiabilidad, es la probabilidad de que un sistema o equipo opere en forma satisfactoria por un período dado de tiempo cuando se utiliza bajo condiciones especificadas. El costo global abarca: (CONTEC Ltda., s.f.)

Costo global = costo de materiales + costo de mano de obra + costo de inventario + costo de contratistas + costo de administración

Costo de materiales = repuestos + lubricantes + insumos

Costo de mano de obra = costo improductivo + costo Horas Hombre en OT

Costo de inventario = costo capital + costos seguros + costo almacenar

A continuación, ampliaremos algunos conceptos clave para entender mejor la importancia de los KPI´s en el control de costos y cómo hacer rentable la gestión del mantenimiento en los equipos.

5.1 Falla y avería

La falla es el fin de la capacidad de un ítem para desempeñar la función requerida (MSc. Ing. Victor Manríquez, CMRP, Norma ISO 14224:2006). La falla de un componente o equipo se presenta cuando dicho componente o equipo sale de especificaciones. Las especificaciones son los límites de los parámetros de trabajo del equipo o componente. El tiempo que un componente trabaja una vez comenzada la falla, se encuentra en condición de averiado. Avería es el estado de un ítem caracterizado por la incapacidad de desempeñar la función requerida, excluyendo tal incapacidad durante el PM u otras acciones planeadas o debido a falta de recursos externos. (MSc. Ing. Victor Manríquez, CMRP, Norma ISO 14224:2006)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

En la Figura 26 se observa el rango ideal en el tiempo para detectar la falla y tomar un plan de acción correspondiente al mantenimiento de ese componente o sistema. El tiempo de este análisis será vital en llevar un buen control de KPI´s para evitar paradas prolongadas y frecuentes en el equipo.

Figura 26

Evolución de las Fallas

Fuente: ABB (s.f.).

5.2 Costos horarios

Los costos horarios están divididos en Costos Horarios de Posesión y Costos Horarios de Operación. Consideran costos directos.

5.2.1 *Costos horarios de posesión*

Los Costos de Posesión incluyen todos los costos incurridos en la compra de la máquina hasta que esta estuvo en los almacenes de la empresa. Estos costos abarcan principalmente:

- Costo de adquisición
- Intereses bancarios de préstamos
- Seguros
- Transportes

Los costos horarios de posesión se obtienen dividiendo el costo total entre las horas estimadas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

de vida del proyecto o de la máquina según sea el criterio a usar. Estos costos son los que se deben recuperar mediante el trabajo. Algunos propietarios de equipos consideran que a este costo se le debe deducir el valor de reventa de la máquina, pensando que esta será vendida al final de su vida útil. La determinación del tiempo esperado de vida del equipo o proyecto es una decisión económica a tomar analizando cada caso en particular y dependerá tanto de la rapidez que el propietario desea la recuperación de su inversión de acuerdo a las condiciones del mercado.

5.2.2 *Costos horarios de operación*

Los costos de operación incluyen todos los costos en que se incurre para que el equipo trabaje. Estos incluyen los siguientes elementos:

- Combustibles
- Lubricantes
- Filtros
- Repuestos
- Materiales
- Trabajos externos
- Mano de obra mecánico
- Operador

Normalmente el costo de filtros se separa de los repuestos, por un tema de control especial, de consumo horario y de abastecimiento. Existe además un elemento a considerar que es la Reserva de Reparaciones. Esta considera costos de las reparaciones futuras que se harán en la máquina. Si una máquina es nueva o relativamente nueva, es conveniente considerarlo en el costo de alquiler. Si una máquina no es nueva (por ejemplo, si tiene más de 15,000 horas de uso), normalmente ya ha tenido todas las reparaciones programadas hechas (correctivos programados), así como otras reparaciones no programadas, por lo que en este caso el cómputo histórico de repuestos, mano de obra, trabajos externos, materiales, etc. ya considera esta reserva de reparaciones.

En el caso de máquinas de las cuales no se tiene experiencias previas, es bueno conseguir del distribuidor de la marca toda la información de repuestos, lubricantes, filtros, etc. a usar, así como su frecuencia de uso cambio y el costo de futuras reparaciones a realizar a fin de obtener valores que nos permitan una línea base de los costos de operación.

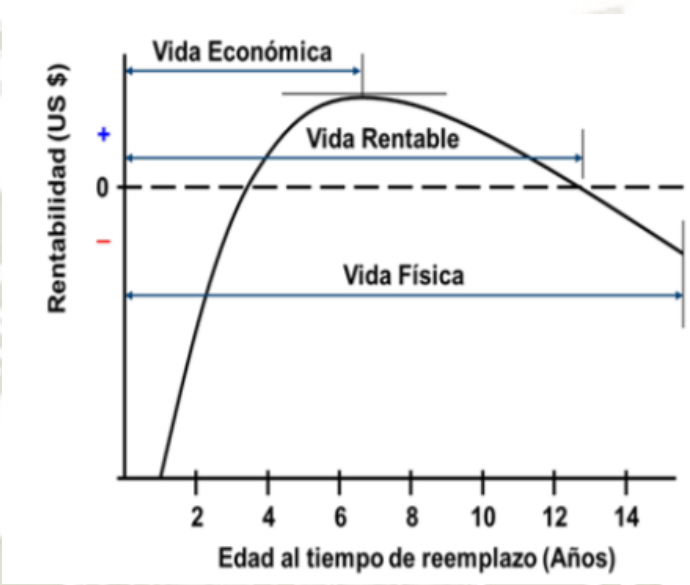
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Los costos horarios de operación se calculan dividiendo los costos de operación entre las horas trabajadas (para el caso de costos reales incurridos a dicha fecha) o entre las horas estimadas en las que se van a gastar los insumos considerados en el caso de cálculo futuro.

Figura 27

Vida Útil de Máquinas



Fuente: Caterpillar (s.f.).

Los valores de los indicadores o KPI´s, deberán ser establecidos de acuerdo a la realidad de cada operación y empresa ajustándose a sus necesidades y teniendo un equipo comprometido con las buenas prácticas de la corporación. Lo importante es que se tenga el hábito del uso de las buenas prácticas del mantenimiento y de la mejora contínua optimizando procesos.

Los indicadores servirán para que el responsable del mantenimiento sepa si existe algún problema en la gestión. La organización que se tenga para la gestión del mantenimiento servirá para que se pueda reaccionar rápida y eficientemente, así como para tener los datos e información de manera oportuna. Si los datos e información no se obtienen de manera oportuna y adecuada, no sirven para tomar decisiones de mejora antes de que los problemas sean mayores. (Zegarra, 2016)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6. DEFINICIÓN DE SYNCHROLIFT

El syncrolift está basado en una bomba de flujo dividido, lo que por sí ya garantiza un izaje parejo, ya que bombea el mismo flujo teórico para cada cilindro de área de empuje idéntica, independientemente de la presión en la cual se ha estabilizado el circuito. (EuroPress, s.f.)

6.1 Tipos de sistemas de elevación de palas mineras

6.1.1 *De tipo puente*

Este sistema de izaje hidráulico sincronizado consiste en dos estructuras de levante tipo puente (delantera y posterior), cada una con dos columnas extensibles con dos cilindros hidráulicos en cada columna (ENERGOTEC, 2019).

Figura 28

Sistema de Izaje por Estructura Tipo Puente

Fuente: Megalifter (s.f.).

6.1.2 *De 4 puntos*

Consiste en 4 gatas sincronizadas utilizadas para levantar el tractor inferior de la pala. Estas gatas trabajan sincronizadas utilizando el mismo sistema de control (ENERGOTEC, 2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 29

Sistema de Izaje por 4 puntos

Fuente: Megalifter (s.f.).

6.2 Usos del Synchrolift en minería

Antes de utilizar el sistema de levante sincronizado, el izaje de grandes componentes se hacía solamente utilizando equipos grúa:

Ventajas de utilizar un equipo grúa:

- Se eleva el componente.

Desventajas de utilizar un equipo grúa:

- El movimiento vertical no es sincronizado: el pin central puede agarrotarse, trancarse y/o dañarse.
- La cabina puede desplazarse horizontalmente, dificultando el remontaje.
- Cada grúa necesita, además del operario, una persona que le indique si tiene que subir o bajar la carga.
- Las grúas ocupan espacio adicional e impiden el fácil acceso a la pala.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Figura 30

Izaje por equipos grúa

Fuente: Martin Bachmann Keller EIRL (2020).

Posteriormente, las empresas fueron apostando por sistemas sincronizados, obteniendo los siguientes resultados:

Ventajas:

- Izaje rápido para el desmontaje: en sólo 40 minutos (41.3 mm/minuto), parejo (el nivel se mantiene en +/- 0.1 mm) y seguro.
- La gran carrera de hasta 1850 mm evita tener que taquear para hacer el izaje en dos o más tiempos.
- Los 4 cilindros con capacidad de 700 toneladas cada uno tienen suficiente reserva para el peso de la cabina: sólo 700 toneladas.
- El izaje es controlado por una sola persona, reduciendo riesgos de accidentes.
- El movimiento vertical es sincronizado: el pin central no puede agarrotarse, trancarse y/o dañarse.
- Gran rapidez también en el montaje: en tres horas se sube la cabina 1650 mm, se centra el carbody y se baja la cabina.
- El pin central no sufre daños (agarrotamiento, rayaduras, etc.) ya que el nivel se mantiene en +/- 0.1 mm.
- El izaje es controlado por una sola persona, reduciendo riesgos de accidentes.

Desventajas:

- Ninguna.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

7. DEFINICIÓN SOFTWARE SAP ERP

Es un software de planificación de recursos empresariales desarrollado por la compañía alemana SAP SE. SAP ERP, e incorpora las funciones empresariales claves de una organización. La última versión (SAP ERP 6.0) se publicó en 2006, y su paquete de mejoras más reciente (EHP8) se lanzó en 2016. (HandsonERP, 2012)

Los procesos de negocio incluidos en SAP ERP son: Operaciones (Distribución y Ventas, Gestión de Materiales, Planificación de Producción, Logística, Gestión de Mantenimiento y Gestión de Calidad), Finanzas (Contabilidad Financiera, Contabilidad de Gestión, Financial Supply Chain Management), Administración de Recursos Humanos (Formación, Nómina, Contratación) y Servicios Corporativos (Administración de Viajes, Medio Ambiente, Salud y Seguridad, y Gestión patrimonial). (Boeder & Groene, 2014)

7.1 Ventajas

- Permite una fácil integración global (las barreras de tipos de cambio, lengua, y cultura puede ser superadas de manera automática) (Boeder & Groene, 2014).
- Las actualizaciones solo necesitan hacerse una vez para implementarse en toda la empresa (Boeder & Groene, 2014).
- Proporciona información de tiempo real, reduciendo la posibilidad de error (Boeder & Groene, 2014).
- Puede crear un entorno de trabajo más eficiente a empleados (Boeder & Groene, 2014).
- Los proveedores tienen la experiencia y el conocimiento para construir e implementar un sistema de la mejor forma posible (Boeder & Groene, 2014).
- La Interfaz de usuario es completamente adaptable, permitiendo a los usuarios finales decidir la estructura operacional del producto (Boeder & Groene, 2014).

7.2 Desventajas

- La relación con el proveedor queda bloqueada por contrato y capacidad de administración. Un contrato puede adherir una empresa a su proveedor hasta que éste expira, pudiendo no ser rentable el cambio de proveedor si los costes del cambio son muy altos. (Boeder & Groene, 2014)
- Rigidez: los paquetes del proveedor pueden no encajar en el modelo de negocio de la empresa, y la adaptación puede ser costosa (Boeder & Groene, 2014).
- El retorno de la inversión puede llevar mucho tiempo para ser rentable (Boeder & Groene, 2014).
- Las implementaciones conllevan riesgo de fracaso del proyecto (Boeder & Groene, 2014).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

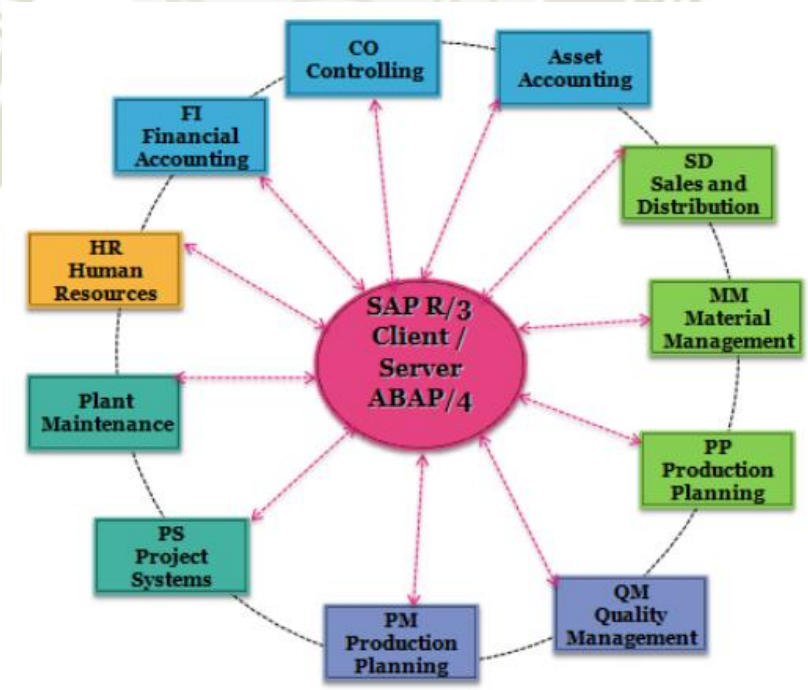
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

El uso del software SAP es rentable en empresas medianas (de más de 1000 trabajadores) hasta las grandes corporaciones multinacionales. Su costo de implementación oscila entre los 20 a 100 millones de dólares y conlleva varios años adaptarlo a las necesidades de la empresa. Al finalizar su implementación, el orden, soporte y el historial en data que brinda el software es muy beneficioso para la empresa.

Dentro del software existen módulos, cada uno con un fin distinto acorde a cada departamento de una empresa. Sin embargo, este hecho no implica que no estén conectados. Cada módulo cumple un rol diferente en el interfaz, pero al final todos trabajan con la misma data. En la figura siguiente se visualizan todos los módulos, siendo el más importante para la presente tesis el módulo PM relacionado a la gestión de mantenimiento.

Figura 31

Módulos del software SAP R/3



Fuente: SAP (s.f.).

Emplear el software SAP cada día va tomando más relevancia frente al Excel. Si bien ambos tienen sus ventajas y desventajas, en la practicidad y a la hora de realizar la gestión del mantenimiento optando por la metodología TPM es necesario considerar lo siguiente:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Sobre el Excel como base de datos:

- Solo es visible para el usuario.
- Distintas maneras de ingreso de información.
- Susceptible de pérdida.
- No se puede rastrear quien realiza cambios.
- No hay validación para el ingreso de información.

Sobre el SAP como base de datos:

- Información disponible para todos.
- Procesos estándar para el ingreso de información.
- Respaldo.
- Trazabilidad de cambios.
- Validación para el registro de información (recursividad, colisión, validez).

Estas ventajas permiten que todos los miembros del área de mantenimiento interactúen de manera rápida, segura y eficiente con los datos del área. Desde planificadores de mantenimiento, supervisores, personal técnico, equipo de confiabilidad, altos funcionarios y conectan con otras áreas como almacenes, logística, recursos humanos, etc. optimizando tiempos y haciendo a todos los trabajadores partícipes de muchas más funciones.

Una vez implementado el SAP en una empresa, el siguiente paso será implementar proyectos de gestión de equipos, donde se alimente la base de datos con todo lo necesario de cada máquina, su historial de mantenimientos, rotación de componentes mayores, planes de mantenimiento, estrategias de mantenimiento, hojas de ruta que almacenen las actividades a realizar por flota de cada máquina. Posterior a este primer paso, se capacita al personal en el uso correcto del software, se elaboran reportes acordes a los indicadores estimados por el área de mantenimiento y todo informe que sea necesario para el día a día del trabajo ideal.

La última versión (SAP ERP 6.0) se lanzó en 2006. Desde entonces, funcionalidad adicional para SAP ERP 6.0 ha sido entregada a través de Paquetes de Mejora de SAP. Estos paquetes de mejora permiten a los clientes de SAP gestionar e implementar nuevas funcionalidades. El paquete de mejora más reciente para SAP ERP 6.0 fue el EhP8, liberado en 2016 y sirve como la base para la transición a la nueva suite de negocio SAP S/4HANA. (Rau, 2016)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

8. CONSIDERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO

Los procedimientos en toda empresa son los documentos en los que se detalla la forma en que la organización desarrolla sus procesos y actividades para conseguir los objetivos de calidad que se han propuesto acorde a cada trabajo. Los procedimientos de trabajo son documentos muy útiles para las organizaciones. Permiten a todos los trabajadores saber cómo se debe trabajar, y cuáles son los criterios establecidos. Cuando se introducen mejoras o cambian los procesos se documenta a través de la revisión de los procedimientos. Según lo que deseen las organizaciones pueden tener mayor o menor nivel de profundidad. (García, 2016)
De forma orientativa, no imperativo, el índice contendría los siguientes elementos:

- Codificación.
- Fechas y firmas de presentación, revisión y puesta en aplicación.
- Distribución de ejemplares.
- Objeto.
- Ámbito de aplicación.
- Documentos de referencia de ser necesarios.
- Definiciones.
- Descripción del procedimiento.
- Responsabilidades.

En el ámbito minero a estos procedimientos se les conoce como PETS. Los Procedimientos Estratégicos de Trabajo Seguro (en adelante PETS), también conocidas como Instrucciones de Seguridad describen de manera clara y concreta la manera correcta de realizar determinadas operaciones, trabajos o tareas que pueden generar daños sino se realizan en la forma determinada. (García, 2016)

Estos instrumentos se consideran necesarios cuando:

- Las tareas son susceptibles de generar riesgos y con especial relevancia cuando hablamos de riesgos graves o muy graves (Por ejemplo, los trabajos en alta tensión).
- Las tareas son consideradas críticas, es decir, tareas en las que una acción u omisión puede generar un accidente.
- Las operaciones a ejecutar son de las llamadas No Rutinarias. Debido precisamente a la circunstancialidad de las tareas puede acarrear que no se sigan todos los pasos establecidos para el trabajo, bien por falta de costumbre, por olvido (Por ejemplo, determinados trabajos de mantenimiento que se realizan con poca frecuencia).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los principales destinatarios de los PETS son los trabajadores que realizan las tareas y trabajos objeto del procedimiento, los que deben cumplirlas. De forma subsidiaria deben disponer de estos procedimientos los responsables de las unidades productivas afectadas (García, 2016).

Para que sean correctamente aplicadas por sus destinatarios deben ser de fácil comprensión, sin literatura superflua que lo único que puede generar es confusión o falta de motivación para su aplicación. Mientras más visual sea, mejor interpretación tendrá en el destinatario (inserción de fotografías, pictogramas, diagramas, etc.). (García, 2016)

Figura 32

Ítems que Debe Contener un Procedimiento de Trabajo

PRINCIPALES ASPECTOS A CONTEMPLAR EN UN PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO	
Objetivos	Se detallarán los objetivos que se persiguen con la elaboración del Procedimiento o Instrucción.
Alcance	Debe definirse claramente el alcance, a quienes afectará, a qué puestos de trabajo, a qué procesos, actividades o tareas, incluyendo si es aplicable a contratistas o subcontratistas.
Responsabilidades	Se definirán las responsabilidades en la aplicación, gestión y seguimiento del Procedimiento o Instrucción y para ello debemos tener en cuenta a todas las partes, esto es, trabajadores, mandos, Servicio de Prevención...
Requisitos	Conviene detallar si las tareas/trabajos objeto del procedimiento se requieren determinados niveles de formación, adiestramiento o en su caso están limitadas a determinado personal.
Desarrollo	Esta es la parte más relevante del Procedimiento o Instrucción. En ella deberán detallarse los siguientes aspectos: Equipos de trabajo, herramientas, procesos utilizados, productos químicos, etc. Una buena forma de estructurar el desarrollo del Procedimiento puede ser identificando el detalle de las tareas a realizar, los riesgos y medidas preventivas a aplicar así como las medidas de protección personal a emplear antes de efectuar el trabajo/tarea, durante la realización del trabajo/tarea y después de la finalización del trabajo/tarea. No olvidar que para el desarrollo del Procedimiento o Instrucción deberán consultarse la Evaluación de Riesgos, manuales de Instrucciones de maquinaria y/o equipos de trabajo, Fichas de seguridad de productos químicos, etc.

Fuente: García (2016).

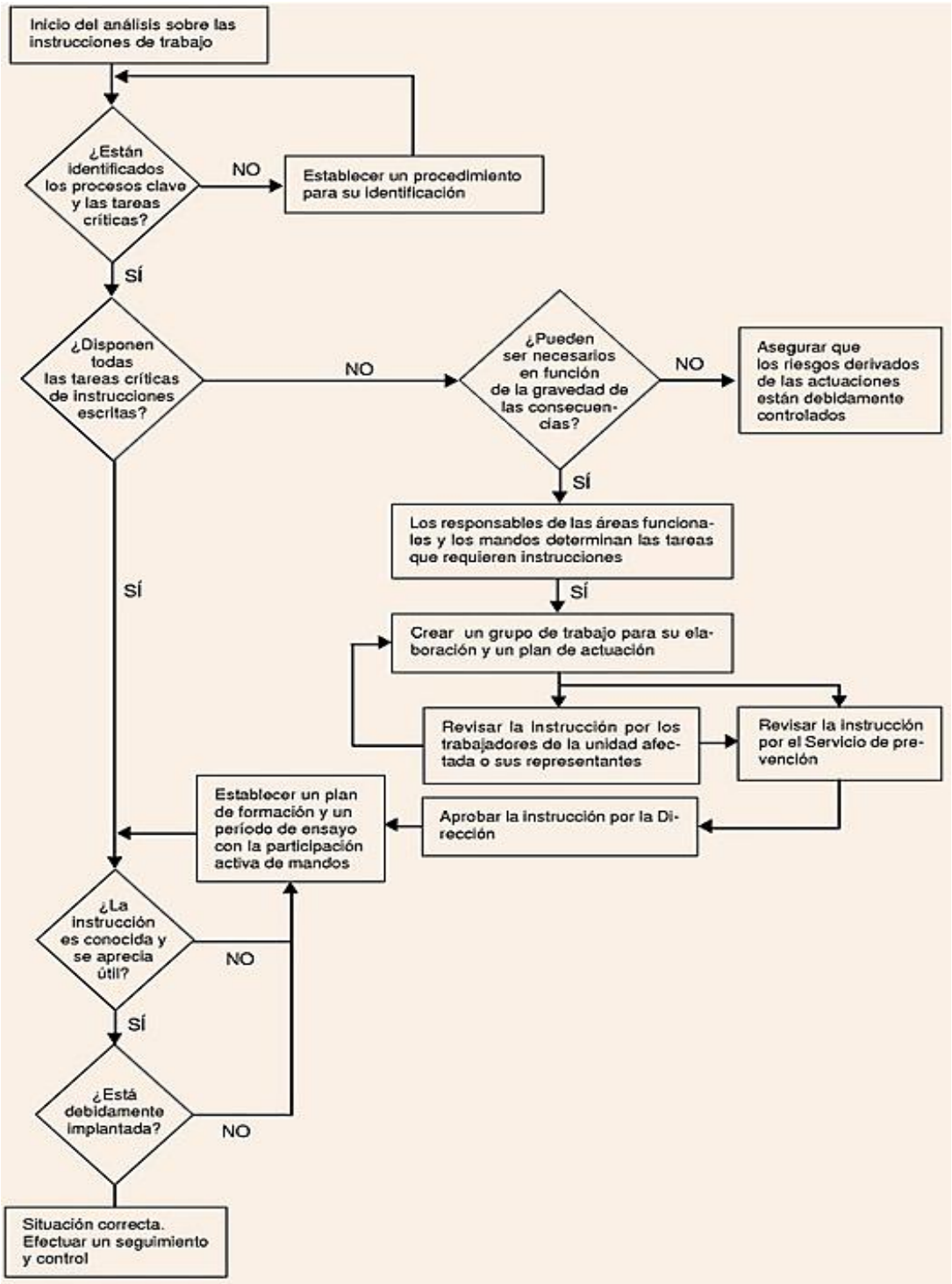
En la NTP 560 del INSHT sobre “Sistema de gestión preventiva: procedimiento de elaboración de las instrucciones de trabajo” se dan unas pautas a considerar y se incluye este diagrama como esquema de actuación para la elaboración de instrucciones de trabajo. (García, 2016)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 33

Procedimiento de Elaboración de las Instrucciones de Trabajo



Fuente: INSHT (s.f.).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO ESTRATÉGICO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

1. DESARROLLO

Para el desarrollo del procedimiento se tomarán en cuenta el número de personas que intervendrán en el mantenimiento, las horas de cada actividad, los apoyos en soldadura, el número de equipos auxiliares como camiones grúa y lubricadores, así como cubrir todos los aspectos de seguridad para minimizar el impacto de las actividades de alto riesgo en la ejecución de cada trabajo. El procedimiento en su totalidad está anexado al final de la presente tesis.

1.1 Justificación para el uso del procedimiento

Los tiempos han evolucionado si nos referimos a mantenimiento en gran minería en particular, se ha pasado desde las épocas en donde se hablaba sólo de mantenimiento reactivo y preventivo; en donde otros términos como mantenimiento basado en la condición, proactivo, mantenimiento total, etc. eran conceptos desconocidos hasta un punto en donde se han desarrollado nuevos métodos para asegurar la mayor eficiencia de acuerdo al negocio, esto indicado por el OEE (Overall Equipment Efficiency) generando la mayor cantidad de ingresos o disminuyendo los gastos innecesarios mediante la gestión estratégica de activos. La justificación del procedimiento para realizar un overhaul puede ser mejor señalada si nos basamos en el mantenimiento centrado en la confiabilidad y RCM por sus siglas en inglés.

Figura 34

Diagrama de Análisis y Gestión de Procesos

Fuente: Mobius Institute (2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

En el gráfico anterior, tenemos el proceso de administración efectiva de trabajo, comenzando del lado izquierdo se tiene:

1.1.1 *Work requests o solicitud de trabajo*

En este punto se comienza por generar la solicitud de trabajo, investigaciones demuestran que el 80% y el 90% de las solicitudes provienen de actividades de monitoreo de condición.

1.1.2 *Process requests o solicitud de proceso*

Las solicitudes de trabajo pueden ser o no convertidas en ordenes de trabajo de acuerdo con un sistema de prioridad bien establecido como por ejemplo una lista de prioridad de activos o lista de activos Paretto.

1.1.3 *Job planning o planificación del trabajo*

Una vez que se tiene la orden de trabajo se debe planificar y dentro de estas actividades se debe velar por:

- Piezas de cambio requeridas.
- Documentación de los trabajos a realizar.
- Herramientas requeridas.
- Requerimientos de equipo adicional.
- Número de personal requerido.
- Permisos requeridos de seguridad, procedimientos, etc. entre otros.

1.1.4 *Job scheduling o programación del trabajo*

Es momento de que el programador coordine con operaciones para encontrar el momento oportuno para realizar el trabajo y con el supervisor de mantenimiento para determinar quien realiza el trabajo. Adicionalmente sus actividades incluyen:

- Determinar las horas disponibles laborales.
- Selecciona los trabajos de acuerdo con criticalidad que deben realizarse hasta que el 80% de las horas disponibles laborales sean asignadas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

- Selecciona trabajos adicionales o break-in work en caso de que no todavía se tenga el 80% de las horas disponibles asignadas, entre otros.

1.1.5 *Job execution o ejecución del trabajo*

Idealmente el trabajo ha sido planificado y programado; y debe realizarse con precisión y seguridad bajo la supervisión del supervisor de mantenimiento asignado.

1.1.6 *Closeout and Feedback o cierre y retroalimentación*

Después de que el trabajo es ejecutado y el equipo está funcionado de nuevo, nos preguntamos si existe algo que podemos aprender del trabajo que se realizó.

- ¿Las personas encargadas tenía las habilidades necesarias?
- ¿Cuánto demoró el trabajo?
- ¿Hubo fallas cuando el equipo retornó a operación?
- ¿Faltaba alguna pieza?

Este último punto es crucial y la razón de ser de este trabajo y debemos formularnos las siguientes preguntas:

- ¿Cómo debe realizarse el trabajo?
- ¿Es la mejor forma de realizarlo o quizás de esa forma se ha realizado siempre?

El uso de procedimientos es una de las piedras angulares de la iniciativa de mantenimiento basado en confiabilidad y debe ser especialmente desarrollado con supervisores y técnicos con experiencia que posean el know-how.

Adicionalmente, los procedimientos son una forma de capturar el know-how de personas con experiencia y conocimientos únicos antes de que se retiren; de esa forma, el trabajo se realiza de la misma manera cada vez que se requiere.

Parte irrefutable del ciclo de administración del trabajo es la retroalimentación, es esencial de que exista un proceso en donde se pueda reportar, puesto que quizás faltó una pieza

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

en los repuestos que se ordenaron, el procedimiento carece de un paso o hay un error, la retroalimentación nos ayuda a mejorar en la siguiente oportunidad.

Este último paso es comúnmente obviado y es en donde se le debe prestar más atención, puesto que nos otorga el dinamismo que caracteriza a la mejora continua en la gestión del mantenimiento en las industrias con mejores estándares de calidad del mundo. Este paso esta personificado por los reportes que se presentan una vez culminados los proyectos overhaul y es objetivo crucial de esta tesis señalar los pasos en donde se han tenido dificultades en proyectos pasados para considerarlos en el futuro y disminuir la probabilidad de que vuelva a suceder.

1.2 Documentación experimental

Cada proceso de overhaul es un proyecto nuevo en el que trabaja el área de mantenimiento de una empresa bajo los parámetros del área de operaciones y la gerencia general.

Empíricamente, cada mantenimiento overhaul entrega un equipo reconstruido confiable y que mantenga las disponibilidades superiores al 89%, por lo que estigmatizar la reconstrucción de equipos por la compra necesaria de equipos nuevos queda obsoleta.

1.3 Mantenimiento Overhaul o mantenimiento 0 horas aplicado a palas

El mantenimiento overhaul no es más que una reconstrucción de los principales componentes de un equipo, restaurándolo físicamente, en funciones y comportamiento como si fuera una máquina nueva. Es importante anticiparnos en estos procesos de reconstrucción de palas eléctricas muchos años antes de sus horas de vida límite. La decisión de reconstruir una pala eléctrica de cables o comprar una nueva unidad, recae en si las nuevas generaciones de palas eléctricas tienen suficientes mejoras en eficiencia como para reducir costos a largo plazo y sea más rentable inclinarnos por una opción o la otra.

Cada unidad minera maneja sus propios programas de ciclos de vida de equipos (palas eléctricas, camiones de acarreo, equipos de soporte, equipo de planta) y de acuerdo a los fabricantes y precios de venta de los mismos optan por reconstruir los equipos más costosos, comprar unidades usadas o comprar unidades nuevas. Para los procesos de overhaul, durante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

la vida útil de un equipo considerado para su reconstrucción, se monitorea las condiciones de los componentes principales o mayores y sus horas de trabajo, para asegurarnos de que la reconstrucción se dé en el momento idóneo para extender la vida del equipo, optimizar el tiempo de mantenimiento y la confiabilidad de la máquina. Las palas eléctricas pueden tener hasta 3 vidas. Es decir, dos mantenimientos overhaul.

En el caso de las palas Bucyrus 495 BII, el overhaul se realiza cada 10 años aproximadamente o 100 000 horas de operación.

1.4 Uso del software SAP ERP

Al iniciar la programación del mantenimiento overhaul deberá crearse una Orden de Trabajo General para el proyecto y a ésta cargarle todo lo relacionado a costos del mismo a través de Órdenes de Trabajo Hijas (por ejemplo: pedidos de componentes, pedidos de herramientas, servicios de contratistas, etc.).

Cada Orden de Trabajo con respecto a las tareas en particular, deberá estar vinculada a la Orden General, recordemos que cada trabajo realizado es trabajo notificado por el mecánico o personal que realizó la actividad y que se le encargó liderarlo. Es deber del planificador llevar un control de avance de proyecto en el SAP día a día para no omitir información y saber si el mantenimiento overhaul anda de manera correcta. Por otra parte, el supervisor deberá emitir un informe diario del avance del proyecto, reporte que será contrastado con lo analizado por el planificador en el sistema SAP.

Una vez concluido el mantenimiento overhaul, a través del SAP podremos visualizar la data histórica del proyecto, sus costos, actividades, reportes; información que más adelante nos será de utilidad para otro mantenimiento overhaul de otro equipo similar. Así conoceremos con precisión todo lo relacionado al proyecto y los indicadores que obtendremos serán los más óptimos para compararlos y realizar un análisis de mejora continua para los siguientes proyectos.

Un óptimo uso del SAP permitirá que en adelante el mantenimiento de ese equipo cumpla con todo lo necesario para ser un equipo confiable debido a que cada cambio o inspección estará registrado en el sistema sin temor a pérdida.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

1.5 Variación de parámetros para un buen costo-beneficio

El costo de overhaul para una pala Bucyrus 495 BII oscila entre 8 a 9 millones de dólares. Un equipo nuevo, tiene un precio aproximado de 14 millones de dólares, por lo que resulta económicamente viable reconstruir antes que comprar ya que ahorramos entre 6 a 5 millones de dólares.

Vale aclarar que cada proceso de overhaul es diferente uno de otro, pues cada pala eléctrica de cables experimenta diferentes tipos de desgaste y operación, por lo que los costos de desarme, reparación, análisis y ensamble variarán en el forecast al momento de la reconstrucción que durante lo proyectado. Para reducir el riesgo de que suceda en un gran margen de diferencia, es vital realizar cada sesión de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo de la mejor manera posible, capacitando a los mecánicos y operadores constantemente.

Se destaca que el análisis de costos de la presente tesis trabaja con componentes mayores y menores nuevos y no REMAN o reparados, por lo que se aminorarían los gastos si se optan por estos últimos en el mantenimiento overhaul al momento de la planificación.

1.6 Análisis de criticidad por matriz impacto-esfuerzo

Las técnicas de Análisis de Criticidad son herramientas que permiten identificar y jerarquizar los activos según su nivel de relevancia para el negocio y, en consecuencia, orientar la asignación de recursos (humanos, económicos y tecnológicos) para iniciar cualquier proceso de optimización.

Específicamente, el proceso de análisis de criticidad ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan (Woodhouse. 1994).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 5

Factores del Análisis de Criticidad

A	B	C
Medio Ambiente		
Un fallo de estos equipos podría hacer que la empresa deba dar aviso a las autoridades por problemas que pudiesen afectar la salud de las personas o el medio ambiente.	Un fallo de estos equipos podría causar una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa.	Un fallo de estos equipos no produciría ningún tipo de contaminación medioambiental.
Seguridad		
Un fallo de estos equipos puede producir un accidente que provoque absentismo temporal o permanente en el lugar de trabajo.	Un fallo de estos equipos puede producir un accidente que provoque absentismo temporal.	Un fallo de estos equipos no puede crear consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.
Calidad		
Un fallo en la calidad puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse el fallo después de llegar el producto al cliente final.	Un fallo en la calidad produce sólo una consecuencia interna.	Un fallo en la calidad no ocasiona ningún impacto.
Tiempo de Trabajo		
Equipos que requieren 90 minutos o más como tiempo medio de reparación.	Equipos que requieren entre 45 y 90 minutos como tiempo medio de reparación.	Equipos que requieren menos de 45 minutos como tiempo medio de reparación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

A	B	C
Entrega		
Un fallo de estos equipos detiene más del 40% de la producción.	Un fallo de estos equipos detiene más del 25% de la producción.	Un fallo de estos equipos no produce una interrupción significativa de la producción.
Confiabilidad		
Si los equipos no se mantienen correctamente, tendrían una frecuencia de fallo menor a 5 horas.	Si los equipos no se mantienen correctamente, tendrían una frecuencia de fallo entre 5 y 10 horas.	Si los equipos no se mantienen correctamente, tendrían una frecuencia de fallo menor a 10 horas.
Mantenibilidad		
Equipos que requieren 90 minutos o más como tiempo medio de reparación.	Equipos que requieren entre 45 y 90 minutos como tiempo medio de reparación.	Equipos que requieren menos de 45 minutos como tiempo medio de reparación.

Fuente: Crespo (2007).

Los equipos de la flota de carguío (palas eléctricas de cables, palas hidráulicas y cargadores gigantes) son sometidos a este tipo de análisis. Como resultado obtenido tenemos que el nivel más alto de criticidad “A” es determinado por la flota de palas eléctricas de cables. Según ese motivo la corporación minera debe solicitar desarrollar la metodología en el mantenimiento de la flota de palas eléctricas de cables debido a que resulta ser un equipo crítico para la corporación.

1.7 Sistemas y componentes críticos

Frecuentemente las palas eléctricas de cables en su final de vida muestran fisuras en diferentes partes de su estructura, de la pluma, revolving frame, gantry y carbody.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Estas áreas son las primordiales a reconstruir y reforzar en el proceso de overhaul tras una buena inspección.

Es usual que en las palas eléctricas se presenten errores en zonas frecuentes en diferentes grados de desgaste, sea en Caterpillar o P&H, siendo el balde o cucharón uno de los sistemas que más paradas correctivas requiere, le sigue el sistema de empuje y el sistema hidráulico. Por supuesto que variará según sea el tipo de mantenimiento e inspección a lo largo de la vida útil, pero las máquinas suelen fallar en esos sistemas con mayor frecuencia.

Tomando en consideración las conclusiones realizadas en una investigación académica en palas CAT 495 HR en la unidad minera Antapaccay, obviando los relacionado con el sistema hydracrowd, podemos optar por las siguientes opciones de mejora:

El sistema de empuje tiene aproximadamente el 30% de mantenimientos correctivos (Viña Miranda, 2019).

En el sistema de giro, la fractura de los superbolts y pernos en las cajas de transmisión ocasionaron 220 horas de parada por mantenimiento correctivo o una pérdida de disponibilidad del 0.8%. Ocurrió por no torquear con la frecuencia recomendada de cada 2000 horas y no realizar las inspecciones de ultrasonido a los superbolts cada 4000 horas. A la vez el tiempo de reparación aumentó debido a que los pernos no se tenían en almacén. Se incluyeron las recomendaciones por el fabricante y se catalogaron los superbolt, pernos y tuercas como repuestos altamente críticos. Adicional a ello, el monitoreo de aceites no se realizaba con una frecuencia establecida. (Viña Miranda, 2019)

En el sistema de componentes adjuntos, el barretón del cucharón causa 80 horas de paradas o una pérdida de disponibilidad del 0.3% por regulaciones y cambios debido a su desgaste prematuro. Este desgaste prematuro es debido al impacto que tiene al momento del cierre de compuerta. No se realizaban inspecciones por lo cual su desgaste no era medido y se tenía que parar el equipo en un mantenimiento correctivo para su reparación. (Viña Miranda, 2019)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

2. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

2.1 Programación

La programación según el Gantt desarrollado en la presente tesis agrupa las actividades en 11 semanas. 9 semanas abarcan 63 días y se toman 2 días de la semana precedente y dos posteriores a la semana 10 para así sumar 11 semanas. Este tiempo puede reducirse a 10 semanas acorde a la fecha de inicio planificado por el equipo de proyecto. Al finalizar cada semana, en el desarrollo del procedimiento (ver anexos), se incluirán las recomendaciones de mejora de dicha semana basado en experiencias previas.

Se tomaron 67 días de referencia de trabajo debido a que los mantenimientos overhaul en el mercado nacional e internacional oscilan entre 60 a más de 140 días, por lo que 67 días es un número bastante razonable para terminar el proyecto cumpliendo los altos estándares que demanda el mantenimiento.

2.1.1 *Actividades de ejecución de mantenimiento overhaul*

- Llegada del equipo a la zona de trabajo.
- Desconexión de tirantes de inclinación (Pitch braces).
- Retiro de cable de empuje.
- Retiro del cable de retracción.
- Retiro del cable de izar o levante.
- Desmontaje del mango.
- Retiro de cables de suspensión y bajada de pluma.
- Retiro de tuerca de pin central.
- Desconexión de pluma respecto de la plataforma giratoria (revolving frame).
- Desconexión eléctrica de transformadores principales y auxiliares.
- Desconexión eléctrica de componentes en la sala de máquinas.
- Desconexión de anillos de baja tensión.
- Desmontaje de motores de giro.
- Desmontaje de transmisión de giro.
- Montaje de estructura del sistema Syncrolift.
- Desconexión del sistema contraincendios.
- Desmontaje del caballete (saddle block) y shipper shaft.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

- Desmontaje de poleas de punta de pluma.
- Desmontaje de estructura tipo “A”.
- Desconexión eléctrica de motores de izar, empuje y avance.
- Esta actividad está a cargo del personal eléctrico.
- Desmontaje de tambor y corona del sistema de izar .
- Desmontaje de transmisión de izar.
- Desmontaje de componentes en la sala de lubricación.
- Desmontaje de compresor.
- Retiro de Centro Control Motriz (MCC).
- Desmontaje de swivel en el pin central.
- Conexión de líneas hidráulicas y sensores del sistema Syncrolift.
- Desacople de la plataforma giratoria.
- Inspección y reparación de pluma.
- Desmontaje de anillos de alta tensión.
- Desmontaje de maquinaria de empuje.
- Desmontaje de rodillos bastidores.
- Desmontaje de ejes de giro.
- Desmontaje de pin Central.
- Desmontaje de motores de propulsión.
- Conexión de MCC.
- Retiro de aisladores de alta tensión.
- Desmontaje de transmisiones de avance.
- Relleno de alojamientos de anclaje en sala de máquinas.
- Ensamble de spider, tambor y corona de izar.
- Conexión de anillos de alta tensión.
- Mantenimiento de gabinetes de alta tensión ZHV.
- Armado de ejes de giro.
- Traslado de cucharón a zona de reparaciones.
- Relleno con soldadura en alojamientos de estructura “A” en la sala de máquinas.
- Mantenimiento módulo SKID SIEMENS.
- Desmontaje de bastidores.
- Desmontaje de cremallera y rodillos de giro (swing rack).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Limpieza de estructura de transporte.
- Inspección de fisuras en zona de anillos de alta tensión en la plataforma giratoria.
- Armado de poleas punta pluma.
- Armado de rodillos círculo de giro.
- Inspección y reparación de estructura de transporte.
- Ensamble de tambor en maquinaria de empuje.
- Inspección de ejes de rodillos inferiores en bastidores.
- Instalación de gabinete de control dipper trip.
- Reparación de plataforma giratoria en la zona de anillos de alta tensión.
- Armado de ejes de avance.
- Montaje de transformador dipper trip y gabinete Skid Siemens.
- Montaje de transformador principal y auxiliar.
- Inspección de piso de la plataforma giratoria.
- Limpieza del mango.
- Izamiento de estructura de transporte para reparación de rieles inferiores.
- Montaje de frenos de avance en motores de propulsión.
- Montaje de pedestales en la plataforma giratoria.
- Alineamiento de pedestales en la plataforma giratoria.
- Inspección de alojamientos de la transmisión de levante y tambor.
- Reparación de alojamientos de la transmisión de levante y tambor .
- Instalación de motor eléctrico en la transmisión de empuje.
- Maquinado de la plataforma giratoria.
- Conexión del gabinete de alta.
- Mantenimiento de la cabina del operador.
- Montaje de ejes de rodillos superiores en el bastidor.
- Montaje de la transmisión de izar.
- Limpieza y reparación de cremallera de giro.
- Maquinado de alojamientos de patas delanteras y posteriores de la estructura “A”.
- Reparación de escaleras y barandas de pluma.
- Conexión del tablero de iluminación .
- Limpieza de parte posterior de la pala.
- Montaje de vigas en la sala de máquinas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

- Montaje de compresor.
- Montaje de inyectores en la transmisión de izar.
- Montaje de componentes en la sala de lubricación.
- Montaje de rieles superiores en la plataforma giratoria.
- Montaje de pin central.
- Montaje de transmisiones de giro izquierdo y derecho.
- Montaje de transmisión y motor de giro.
- Montaje de motor eléctrico de izar.
- Maquinado de la estructura de transporte.
- Montaje de anillos de alta tensión.
- Montaje de Swivel.
- Montaje de conjunto tambor de izar.
- Montaje de poleas de punta de pluma.
- Pintado general de pala.
- Backlash y alineamiento de piñón y corona de levante.
- Conexión de líneas de lubricación en sala de máquinas.
- Montaje de pistas inferiores en la cremallera de giro.
- Conexión eléctrica de motores de giro.
- Montaje de escaleras y barandas en pluma.
- Montaje de estructura “A”.
- Conexión del sistema contra incendios.
- Montaje de amortiguadores de pluma.
- Montaje de techos en sala de máquinas.
- Reparación de alojamientos de shipper shaft.
- Montaje de rodillos superiores en bastidores.
- Instalación de líneas de lubricación en pluma.
- Montaje de la cremallera de giro.
- Montaje de caballete y shipper shaft.
- Conexión eléctrica del compresor.
- Montaje de bocina en estructura de transporte.
- Montaje de bastidores.
- Montaje de estructura “A”.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

- Montaje de winches eléctricos en sala de máquinas.
- Montaje de enfriador de la transmisión de izar.
- Instalación de zapatas anillos de alta.
- Montaje de transmisión de propulsión.
- Precomisionado de la parte eléctrica.
- Montaje de rodillos inferiores.
- Montaje de rodillos de círculo de giro en la estructura de transporte.
- Montaje de eje tensor en el bastidor.
- Montaje de rueda tensora.
- Montaje de zapatas.
- Montaje de motores eléctricos de avance.
- Conexión eléctrica de enfriadores de transmisión de izar.
- Instalación iluminación del techo.
- Levantamiento de la plataforma giratoria para acoplamiento con la estructura de transporte.
- Desmontaje del sistema Syncrolift.
- Ajuste de tuerca del pin central.
- Montaje de rodillos guiadores de cable de izar.
- Montaje de maquinaria de empuje.
- Montaje de pluma.
- Montaje de cables de suspensión.
- Montaje de lápiz.
- Conexión eléctrica del motor de empuje.
- Armado de cucharón.
- Montaje de cucharón en mango.
- Montaje de cable de izar.
- Montaje de cable de empuje y retracción.
- Templado de cables de empuje.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.2 *Componentes, herramientas y equipos a emplear*

Todas las herramientas para izaje de desmontaje y montaje de componentes deben estar certificadas. De no ser el caso, evitar continuar con cualquier operación. En las siguientes tablas se indican las principales herramientas a emplear tomando en consideración los pesos de componentes y la capacidad de los equipos de izaje.

Tabla 6

Herramientas para Izaje de Elementos Mayores en el Armado de Pala

Descripción	**Cantidad (Unidad)**	**Capacidad (t)**	**Longitud (m)**
Eslinga tubular.	4	100	10
Eslinga tubular.	4	45	7.6
Eslinga tubular.	4	15	9.7
Eslingas textiles 100% polyester de 10” de ancho de 3 capas en vertical (f.s. 5:1).	4	17.75	6
Estrobo de 4 ramales, cable de acero negro de 5/8” 6x25 torcido regular derecho, alma de acero tipo boa, ojos sin guardacables, unidos a anillo maestro con 4 ganchos a los extremos de 5t para carga de trabajo normal.	1	14	4.5
Estrobo cable acero 3" (Superlift).	4	46	10
Estrobo cable acero 3" (Superlift).	2	46	4
Grillete acero forjado galvanizado de 1 1/2".	8	17	
Grillete acero forjado galvanizado de 2".	8	35	
Grillete acero forjado galvanizado de 2 1/2".	6	55	
Grillete acero forjado galvanizado de 3".	6	85	

Fuente: Elaboración propia (2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Tabla 7

Herramientas para Izaje de Elementos Menores en el Armado de Pala

Descripción	Cantidad (Unidad)	Capacidad (t)	Longitud (m)
Eslingas Textiles de Cinta 100% polyester de 10” de ancho de 2 capas en vertical (f.s. 5:1).	4	10.5	6
Eslingas Textiles de Cinta 100% polyester de 6” de ancho de 2 capas en vertical (f.s. 5:1).	6	6.5	6
Eslingas Textiles de Cinta 100% polyester de 3” de ancho de 2 capas en vertical (f.s. 5:1).	8	3.5	3
Eslingas Textiles de Cinta 100% polyester de 2” de ancho de 2 capas en vertical (f.s. 5:1).	8	2.5	3
Eslingas Textiles de Cinta 100% polyester de 1” de ancho de 2 capas en vertical (f.s. 5:1).	8	1.45	3
Eslinga plana 6" de 2 capas.	4	6.5	4.5
Protector de eslingas de 100 mm.	10		
Protector de eslingas de 160 mm.	20		
Protector de eslingas de 320 mm.	20		
Estrobo de cable de acero negro de 1” 6x25, torcido regular derecho, alma de acero tipo boa, ojos sin guardacables (f.s. 5:1).	4	9.8	6
Estrobo de cable de acero negro de 3/4” 6x25, torcido regular derecho, alma de acero tipo boa, ojos SIN guardacables (f.s. 5:1).	4	5.6	3
Estrobo de cable de acero negro de 1/2” 6x25, torcido regular derecho, alma de acero tipo boa, ojos sin guardacables (f.s. 5:1).	4	2.5	4.5
Estrobo alma de acero de 1/2".	4	2.5	1

(continuación Tabla 6)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Descripción	Cantidad (Unidad)	Capacidad (t)	Longitud (m)
Grillete de 1/4".	4	1/2	
Grillete acero forjado galvanizado de 3/8".	6	1	
Grillete acero forjado galvanizado de 1/2".	12	2	
Grillete acero forjado galvanizado de 3/4".	12	4.75	
Grillete acero forjado galvanizado de 1".	12	8.5	
Grillete acero forjado galvanizado de 11/4".	5	12	
Cáncamo de acero forjado de 3/8” x 1 1/4”.	8	0.7	
Cáncamo de acero forjado de 1/2” x 1 1/2”.	8	1.3	
Cáncamo de acero forjado de 5/8” x 1 3/4”.	8	2	
Cáncamo de acero forjado de 3/4” x 2”.	8	3	
Cáncamo de acero forjado de 7/8” x 2 1/4”.	8	3.5	
Cáncamo de acero forjado de 1” x 2 1/2”.	6	4	
Cáncamo de acero forjado de 1 1/4” x 3”.	4	7.5	
Cáncamo de acero forjado de 1 1/2” x 3 1/2”.	4	9	
Cáncamo giratorio articulado de 3/8".	4		
Cáncamo giratorio articulado de 1/2".	4		
Cáncamo giratorio articulado de 1".	4		
Cáncamo giratorio articulado de 1 1/8".	4		
Cáncamo giratorio articulado de 1 1/4".	4		
Cáncamo giratorio articulado de 1 1/2".	4		

Fuente: Elaboración propia (2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

2.1.3 *Diagrama de Gantt de actividades diarias*

Entre las actividades destacan desde el comienzo la inducción al personal que realizará el proyecto, el traslado de componentes y equipos al área designada para el overhaul (7 días laborables de 8 horas), el desmontaje de componentes, la reparación, el montaje (44 días laborales de 12 horas en turnos A y B incluyendo 7 domingos x 8 horas, 51 días en total), orden, limpieza del área (7 días laborables de 8 horas) y entrega de la pala al área de mantenimiento y operaciones mina. Todo el proyecto tendrá una duración de 65 días de trabajo dentro de 67 días calendario.

2.1.4 *Presupuesto estimado de trabajos a realizar*

Para la evaluación de costo del overhaul se ha partido de la premisa de que el proyecto tiene una duración de 67 días calendarios, esto es:

- 14 días en trabajo normal (turnos de 8 horas).
- 44 días en turnos de 12 horas.
- 7 días de trabajo en días de descanso (turnos de 8 horas).

Esto suma un total de 65 días efectivos. Asimismo, para el proyecto se contempla 52 personas en un horario de lunes a sábado:

- 03 funcionarios.
- 01 técnico planificador.
- 01 técnico líder.
- 47 técnicos.

Adicionalmente se detalla:

- El costo labor de la hora normal incluye el sueldo / salario básico y todas las demás ganancias regulares mensuales y anuales que, por Convenio Colectivo, Política de la Empresa y/o Ley corresponden a estos puestos.
- Para el cálculo del sobretiempo se considera que se realiza en el turno B.
- El costo de las 4 HR de sobretiempo incluye alimentación.
- No incluye costos indirectos: colegio, hospital, campamento, etc.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

- El cálculo para llegar al valor hora considera el valor anual dividido entre las horas efectivas laboradas en el año (2,288 horas): 48 horas por semana por 47.67 semanas al año, no se considera un mes de vacaciones.

Los costos desarrollados en la presente tesis son basados en un trabajo ideal, donde se respeten los tiempos y se prevea todo con meses anticipación. Es fundamental el área de planificación en esta etapa previa, porque a través de un análisis adecuado se podrán aminorar gastos en cuestión de:

- Componentes mayores.
- Repuestos.
- Máquinas de izaje.
- Elementos de izaje.
- Disponibilidad de la pala.

Una buena gestión de pedido de repuestos con meses de anticipación a Caterpillar por medio de su representante en Perú Ferreyros, nos permitirá ahorrar costos en altos porcentajes en comparación de si pedimos todo a último momento.

Es primordial resaltar, que, al tener un equipo crítico sin cumplir sus funciones, representará para el área de operaciones mina un fuerte impacto en sus metas mensuales y anuales, por lo que cumplir las fechas establecidas en el procedimiento permitirá tener al equipo listo para ser utilizado y así recuperar a mediano plazo las ganancias perdidas en todo este tiempo de parada. Será tarea de todos los involucrados en el overhaul, cumplir las metas establecidas, los tiempos y los costos para brindar valor ganado al proyecto respondiendo las siguientes interrogantes:

- ¿Cómo estamos como área de mantenimiento con respecto al tiempo?
- ¿Qué tan eficiente somos empleando el tiempo?
- ¿Cuándo esperamos culminar el proyecto?
- ¿Cómo estamos en el costo del proyecto?
- ¿Estamos en presupuesto o desfasados en tiempo y costos?
- ¿Qué tan eficiente somos como área de mantenimiento empleando los recursos?
- ¿Cuánto nos costará finalmente el proyecto completo?

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se detalla en el siguiente cuadro la cantidad de días laborables:

Tabla 8

Duración aproximada de actividades a realizar

Actividades	**Días Calendario**	**Días laborables**	**Días de descanso**	**Semanas**	**Observaciones**
Inducción/Traslado de componentes	8	7	-	1	Turno A
Desmontaje/ Cambio y reparación/ Montaje de componentes	51	44	7	7	Turno A, B, TDD
Orden, limpieza y retiro de componentes	8	7	-	1	Turno A
Total	67	58	7	9	

Fuente: Elaboración propia (2020).

Para poder calcular el presupuesto, se detalla el costo por hora del personal involucrado:

Tabla 9

Costos por hora de personal involucrado

Puesto	**1 HR Normal**	**1 HR TDD (*)**	**1 HR Sobretiempo Turno B**	**4 HR Sobretiempo Turno B**
Funcionario	17.38 (*)	-	-	-
Empleado	13.56	20.76	21.93	92.55
Técnico	10.29	18.82	19.60	83.22
Obrero	11.60	17.41	15.28	65.95

Fuente: Elaboración propia (2020). Las cantidades están en dólares americanos. (*) Trabajo en día de descanso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Se procede a calcular todo el costo del personal en conjunto:

Tabla 10

Costos de personal en conjunto

Puesto	Cantidad	Posición	HR totales Turno A (58 días laborables)	HR totales Sobretiempo Turno B (44 días hábiles)	HR totales Trabajo día de D. (7 días de descanso)	Costo total H-H
Funcionario	1	Supervisor Mecánico	8,064.32	-	-	8,064.32
Funcionario	1	Supervisor Eléctrico	8,064.32	-	-	8,064.32
Funcionario	1	Ingeniero de Seguridad	8,064.32	-	-	8,064.32
Técnico	1	Planificador	4,774.56	3,661.68	1,053.92	9,490.16
Empleado	1	Líder	6,291.84	4,072.20	1,162.56	11,526.60
Obrero	3	Lubricadores	16,147.20	8,705.40	2,924.88	27,777.48
Obrero	10	Electricistas	53,824.00	29,018.00	9,749.60	92,591.60
Obrero	15	Mecánicos	80,736.00	43,527.00	14,624.40	138,887.40
Obrero	14	Soldadores	75,353.00	40,625.20	13,649.44	129,628.24
Obrero	2	Grueros	10,764.80	5,803.60	1,949.92	18,518.32
Obrero	2	Riggers	10,764.80	5,803.60	1,949.92	18,518.32
Obrero	1	Operador de Tráiler	5,382.40	2,901.80	974.96	9,259.16
Total			288,232.16	144,118.48	48 039.60	480,390.24

Fuente: Elaboración propia (2020). Las cantidades están en dólares americanos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tomando como referencia costos en proyectos de overhaul pasados, podemos estimar los materiales y consumibles:

Tabla 11

Costos de materiales y consumibles

Materiales y consumibles	**Costo**
Consumibles de soldadura (electrodos, abrasivos, acetileno, oxígeno, CO2, etc.)	48,000.00
EPP's y accesorios de seguridad	10,000.00
Planchas metálicas de 1 3/4", 1 1/2", 2", 2 1/2"	100,000.00
Herramientas y materiales mecánicos (estrobos, eslingas, grilletes)	23,000.00
Herramientas y materiales eléctrico (prensa para terminales, boquillas torch, multímetros, cintas aislantes, vulcanizante)	38,000.00
Fluidos (grasas, aceites)	25,000.00
Alquiler de 04 baños portátiles SSHH	2,000.00
Movilidad interna Mina (Bus, alquiler de 03 camionetas TAIR)	11,500.00
Servicio de vigilancia	14,723.93
Servicio del sistema Contraincendios	8,000.00
Materiales para análisis predictivo (líquidos penetrantes)	8,700.00
Pintura para pintado de pala, entre otros	4,000.00
Total	292,923.93

Fuente: Elaboración propia (2020). Las cantidades están en dólares americanos.

Los costos por repuestos mecánicos y eléctricos representan una buena parte del costo total, y dependen del estado en el que está la pala antes de ser intervenida. Es probable que si es el primer overhaul que se ejecuta las piezas no estén tan gastadas y no necesiten un cambio, sin embargo, si es el segundo overhaul es más que seguro que los costos por cambios de componentes se van a elevar considerablemente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Tomando un promedio de proyectos previos se tiene:

Tabla 12

Costos de repuestos

Repuestos	**Costo**
Repuestos mecánicos	4,000,000.00
Repuestos eléctricos	1,000,000.00
Total	5,000,000.00

Fuente: Elaboración propia (2020). Las cantidades están en dólares americanos.

Otras actividades primordiales y ejecutadas por contratistas son:

Tabla 13

Costos de mano de obra adicional

Mano de obra adicional	**Costo**
Refrentado de pistas de los rodillos de giro	272,000.00
Construcción de piso de concreto	117,000.00
Total	389,000.00

Fuente: Elaboración propia (2020). Las cantidades están en dólares americanos.

Tenemos un presupuesto total estimado de 6,162,314.17 dólares americanos.

2.2 Software

Para la presente tesis se considera utilizar desde el inicio el software SAP ERP módulo PM, puesto que permite un seguimiento completo de las órdenes de trabajo, las órdenes de compra, y así llevar un historial completo de todo el proceso y un correcto seguimiento en los costos, como en fechas de notificación de las labores realizadas por el personal técnico día a día. El objetivo de utilizar este programa es “Tarea realizada, tarea notificada”.

Un adecuado uso del SAP, permitirá a planificadores y supervisores conocer en qué parte del Gantt están con respecto a la ruta crítica, analizar las fotos alimentadas al sistema sobre inspecciones y una sinergia con las OT de trabajo con el área de predictivo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

3. METODOLOGÍA

El estudio se basa en la obtención de un procedimiento para mantenimiento overhaul o mantenimiento 0 y reducir las horas hombre en la tarea, promoviendo un trabajo seguro, de calidad y con ahorro de tiempo y costos empleando un syncrolift. Se contemplará el proceso que conlleva el montaje y desmontaje, horas hombre y recursos, posteriormente se realizará el procedimiento que optimizará la tarea. La investigación y desarrollo del proyecto se realizará en base a la información de una pala eléctrica de marca Bucyrus modelo 495 BII, equipos que operan en el sur del país. El tipo de investigación es experimental teórica.

3.1 Preparación de la información de mantenimiento previos

El programa de mantenimiento mecánico y eléctrico que gobierna la pala están fijados a los siguientes intervalos de operación:

- 300 horas
- 600 horas
- 1200 horas
- 2400 horas

Previo al proyecto overhaul se evalúa de acuerdo con los reportes de mantenimiento el estado de la pala y que componentes van a requerir cambio, esto es sumamente importante debido a que puede elevar el presupuesto significativamente.

Por supuesto, estas evaluaciones toman lugar con varios meses de anticipación, puesto que tales cambios de componentes necesitan ser autorizados por la dirección de operaciones debido al alto valor de adquisición. Más importante aún, es esencial ordenarlos con anticipación para que logística se encargue de tenerlos listos en el lugar de trabajo.

El área de mantenimiento predictivo también juega un rol importante en el diagnóstico de la pala previo al proyecto Overhaul y durante el desarrollo de este. Ellos pueden diagnosticar los componentes mayores recolectando las muestras de vibraciones y posteriormente diagnosticándolas. Ciertamente esto depende de factores como:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

- Si el departamento de predictivo tiene una base y registro de las vibraciones normales de cada equipo para realizar comparaciones.
- Si tiene una buena base de datos estructurada y organizada.

Es importante señalar esto porque los componentes mayores de la pala eléctrica no trabajan a velocidad constante (depende de la carga que manipula la pala) y esto representa una gran dificultad para el análisis de vibraciones y hace casi imposible la medición. Una solución posible que se ha estado tratando en los últimos años son los sistemas on-line que recolectan las vibraciones siempre y cuando la carga y velocidad de los equipos sean la misma que la última vez en que se registró la medición, una solución con un futuro prometedor para el diagnóstico de equipos en una pala eléctrica.

Durante el desarrollo del proyecto se va a requerir el apoyo del departamento de mantenimiento predictivo para el análisis de superficies mediante líquidos penetrantes en componentes críticos y en donde es posible que se presentes rajaduras debido a la operación como en la pluma, truck frame, pie de pluma, etc.

También deberán tomarse en consideración los documentos y permisos de trabajos de alto riesgo de supervisión y personal ejecutor para comprobar las buenas prácticas en todo acto de mantenimiento.

La suma de toda esta información será de gran ayuda al facilitar los análisis en campo una vez iniciado el overhaul y servirán de guía para un plan de acción rápido en la toma conjunta de decisiones.

3.2 Consideraciones necesarias para mantenimiento tipo overhaul

Para efectuar un mantenimiento overhaul de tal magnitud, es primordial velar por la seguridad de cada actividad tomando en cuenta lo que nos dice:

- Constitución Política del Perú.
- Ley N° 29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Ley 30222 que modifica la ley 29783.
- Decreto Supremo N°005-2012-TR que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29783.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

- Decreto Supremo N°024-2016-EM y sus modificatorias contenidas en el D.S. 023-2017-EM.
- Resolución Ministerial 050-2013TR que aprueba los Formatos Referenciales que contemplan información mínima que debe tener los registros obligatorios del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Reglamento Interno de Seguridad y Salud Ocupacional de la unidad minera.

3.2.1 *Información de últimos mantenimientos preventivos*

Permitirá conocer la frecuencia con el que se le brindaba los servicios básicos al equipo, comparando las fechas de planificación con las fechas de ejecución. Brindará un panorama del comportamiento que tuvo el departamento de mantenimiento con dicha pala y resolverá algunas dudas sobre fallas recurrentes o estado de desgaste fuera de lo usual en determinados componentes.

3.2.2 *Información de últimos mantenimientos correctivos*

De gran importancia. Conocer las causas frecuentes de paradas y mantenimiento correctivo nos dará un panorama sobre qué oportunidades de mejora tenemos para implementar y dónde hacerlas realidad. Se optará por utilizar repuestos mejorados, instalas sistemas que vuelvan confiable al componente de la pala eléctrica, etc.

3.2.3 *Información de últimos reportes predictivos*

Es la información más importante a tomar en cuenta, debido a que indicará con precisión y en corto tiempo los sistemas y componentes en estado más crítico para cambiar o reparar. A través del seguimiento de los reportes de estado de frenos, fisuras de estructura, de pluma, de cucharón, estado de motores, gantry, etc.

3.3 Contenido del procedimiento estratégico

El contenido del procedimiento desarrollado en esta tesis está anexado al final del documento. Está dividido según actividades por semana para facilitar su lectura y sea práctico de llevar en campo por el personal de funcionario y técnico en general. También está distribuido de tal manera que sea eficiente su visualización en algún gadget digital como celular o Tablet.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

3.4 Plan de mantenimiento posterior a Overhaul

Figura 35

Plan de mantenimiento para después de overhaul

Actividad	Tipo de Tarea	Frecuencia (horas)	Rotable	Reparable
Cambiar puntas GET.	Cambio Correctivo	250	No	No
Cambiar cable de compuerta de balde.	Cambio Correctivo	470	No	No
Cambiar wear cap GET.	Cambio Correctivo	500	No	No
Cambiar protector central GET.	Cambio Correctivo	1,500	No	No
Cambiar bumpers de compuerta.	Cambio Correctivo	1,500	No	No
Cambiar bumpers internos de cucharón.	Cambio Correctivo	1,500	No	No
Cambiar plancha talón.	Cambio Correctivo	2,000	No	No
Cambiar protector lateral.	Cambio Correctivo	3,000	No	No
Cambiar cantoneras.	Cambio Correctivo	3,000	No	No
Cambiar clavo de compuerta.	Cambio Correctivo	3,000	No	No
Cambiar plancha deslizante.	Cambio Correctivo	3,000	No	No
Cambiar plancha flotante.	Cambio Correctivo	3,000	No	No
Cambiar guiador de oruga frontal izquierda.	Cambio Correctivo	5,000	No	No
Cambiar guiador de oruga frontal derecha.	Cambio Correctivo	5,000	No	No
Cambiar guiadores de oruga posterior izq.	Cambio Correctivo	5,000	No	No
Cambiar guiadores de oruga posterior der.	Cambio Correctivo	5,000	No	No
Cambiar adaptador GET.	Cambio Correctivo	6,000	No	No
Cambiar espada de compuerta.	Cambio Correctivo	6,000	No	No
Cambiar asiento de operador.	Cambio Correctivo	7,000	No	No
Cambiar vidrio frontal de cabina.	Cambio Correctivo	7,000	No	No
Cambiar limpiaparabrisas.	Cambio Correctivo	7,000	No	No
Cambiar enfriador de compresor frontal.	Cambio Correctivo	15,000	No	Si
Cambiar enfriador de compresor posterior.	Cambio Correctivo	15,000	No	Si
Cambiar válvulas electroneumáticas de frenos.	Cambio Correctivo	15,000	No	No
Cambiar eje rueda guía frontal izquierdo.	Cambio Correctivo	25,000	No	No
Cambiar eje rueda guía frontal derecho.	Cambio Correctivo	25,000	No	No
Cambiar capsula de eje tumbler izquierdo.	Cambio Correctivo	40,000	No	No
Cambiar capsula de eje tumbler derecho.	Cambio Correctivo	40,000	No	No
Cambiar rodamiento de eje tumbler izq.	Cambio Correctivo	40,000	No	No
Cambiar rodamiento de eje tumbler der.	Cambio Correctivo	40,000	No	No
Cambiar acople de transmisión propel izq.	Cambio Correctivo	50,000	No	No
Cambiar acople de transmisión propel der.	Cambio Correctivo	50,000	No	No
Cambiar lubricador de aire.	Cambio Correctivo	85,000	No	No
Cambiar bocinas/pin ecualizador de gantry.	Cambio Correctivo	85,000	No	No

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cambiar pines inferiores de pluma.	Cambio Correctivo	85,000	No	No
Cambiar ecualizador de gantry.	Cambio Correctivo	85,000	No	Si
Cambiar escalera de abordaje izquierda.	Cambio Correctivo	85,000	No	Si
Cambiar escalera de abordaje derecha.	Cambio Correctivo	85,000	No	Si
Cambiar guiador de cable de izar.	Cambio Correctivo	85,000	No	No
Cambiar asa de balde.	Componente Mayor	6,000	Si	Si
Cambiar compuerta de balde.	Componente Mayor	6,000	Si	Si
Cambiar balde o cucharón.	Componente Mayor	6,000	Si	Si
Cambiar zapatas de lado izquierdo.	Componente Mayor	22,000	No	No
Cambiar zapatas de lado derecho.	Componente Mayor	22,000	No	No
Cambiar montura izquierda.	Componente Mayor	25,000	Si	Si
Cambiar montura derecha.	Componente Mayor	25,000	Si	Si
Cambiar intermediate de hoist frontal.	Componente Mayor	25,000	No	No
Cambiar intermediate de hoist posterior.	Componente Mayor	25,000	No	No
Cambiar 1ra reducción de hoist frontal.	Componente Mayor	25,000	No	No
Cambiar 1ra reducción de hoist posterior.	Componente Mayor	25,000	No	No
Cambiar rueda guía frontal izquierda.	Componente Mayor	25,000	No	Si
Cambiar rueda guía frontal derecha.	Componente Mayor	25,000	No	Si
Cambiar eje swing frontal izquierdo.	Componente Mayor	25,000	No	No
Cambiar eje swing frontal derecho.	Componente Mayor	25,000	No	No
Cambiar eje swing posterior.	Componente Mayor	25,000	No	No
Cambiar transmisión swing frontal izq.	Componente Mayor	25,000	Si	Si
Cambiar transmisión swing frontal der.	Componente Mayor	25,000	Si	Si
Cambiar transmisión swing posterior.	Componente Mayor	25,000	Si	Si
Cambiar 1ra reducción de crowd.	Componente Mayor	30,000	No	No
Cambiar 2da reducción de crowd.	Componente Mayor	30,000	No	No
Cambiar rueda guia posterior izquierda.	Componente Mayor	40,000	No	No
Cambiar rueda guía posterior derecha.	Componente Mayor	40,000	No	No
Cambiar rodillos inferiores de lado izq.	Componente Mayor	40,000	No	No
Cambiar rodillos inferiores de lado der.	Componente Mayor	40,000	No	No
Cambiar eje tumbler izquierdo.	Componente Mayor	40,000	No	No
Cambiar eje tumbler derecho.	Componente Mayor	40,000	No	No
Cambiar tumbler izquierdo.	Componente Mayor	40,000	No	No
Cambiar tumbler derecho.	Componente Mayor	40,000	No	No
Cambiar lapiz de balde o cucharon.	Componente Mayor	50,000	Si	Si
Cambiar eje shipper.	Componente Mayor	50,000	No	No
Cambiar piñones de shipper shaft.	Componente Mayor	50,000	No	No
Cambiar polea de punta de pluma.	Componente Mayor	50,000	Si	Si
Cambiar cables de suspensión.	Componente Mayor	50,000	No	No
Cambiar transmisión de propel izquierdo.	Componente Mayor	50,000	SI	SI
Cambiar transmisión de propel derecho.	Componente Mayor	50,000	Si	Si
Cambiar engranaje de tambor hoist.	Componente Mayor	75,000	No	No
Cambiar pluma.	Componente Mayor	85,000	No	SI
Cambiar carbody.	Componente Mayor	85,000	Si	Si
Cambiar pin central.	Componente Mayor	85,000	No	No
Cambiar gantry (compresor y tensor).	Componente Mayor	85,000	No	SI

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cambiar revolving frame.	Componente Mayor	85,000	Si	Si
Cambiar corona de giro.	Componente Mayor	85,000	No	No
Cambiar rodamiento de corona de giro.	Componente Mayor	85,000	No	No
Cambiar cable compuerta de balde.	Componente Menor	940	No	No
Cambiar rodillo talón de balde.	Componente Menor	3,000	No	No
Cambiar tambor de apertura de balde.	Componente Menor	6,000	No	Si
Cambiar polea de pluma de apertura de balde.	Componente Menor	6,000	No	Si
Cambiar polea de lápiz de apertura de balde.	Componente Menor	6,000	No	Si
Cambiar pitch braces.	Componente Menor	6,000	No	Si
Cambiar freno compuerta izquierdo.	Componente Menor	6,000	No	Si
Cambiar freno de compuerta derecho.	Componente Menor	6,000	No	Si
Cambiar freno de hoist frontal.	Componente Menor	6,250	No	Si
Cambiar freno de hoist posterior.	Componente Menor	6,250	No	Si
Cambiar bomba de grasa open gear.	Componente Menor	7,000	No	Si
Cambiar bomba de grasa black pearl.	Componente Menor	7,000	No	Si
Cambiar tornillos de air scrub.	Componente Menor	7,000	No	No
Cambiar compresor aire frontal.	Componente Menor	15,000	Si	Si
Cambiar compresor aire posterior.	Componente Menor	15,000	Si	Si
Cambiar freno de crowd.	Componente Menor	20,000	No	Si
Cambiar freno de propel izquierdo.	Componente Menor	22,000	No	Si
Cambiar freno de propel derecho.	Componente Menor	22,000	No	Si
Cambiar rodamientos de tambor de hoist.	Componente Menor	25,000	No	No
Cambiar bomba de lubricación de crowd.	Componente Menor	25,000	No	No
Cambiar bomba de lubricación de hoist.	Componente Menor	25,000	No	No
Cambiar bomba de lubricación swing front izq.	Componente Menor	25,000	No	No
Cambiar bomba de lubricación swing front der.	Componente Menor	25,000	No	No
Cambiar bomba de lubricación swing posterior.	Componente Menor	25,000	No	No
Cambiar freno de swing frontal izquierdo.	Componente Menor	25,000	No	Si
Cambiar freno de swing frontal derecho.	Componente Menor	25,000	No	Si
Cambiar freno de swing posterior.	Componente Menor	25,000	No	Si
Cambiar reductor de air scrub.	Componente Menor	30,000	No	Si
Cambiar reductores de air scrub.	Componente Menor	30,000	No	Si
Cambiar cables de izar.	Servicio mantenimiento	800	No	No
Cambiar bocinas/pines de asa de balde.	Servicio mantenimiento	2,000	No	No
Cambiar filtros de secador de aire.	Servicio mantenimiento	3,000	No	No
Inspección de rodamientos de polea de pluma.	Servicio mantenimiento	3,000	No	No
Regular monturas.	Servicio mantenimiento	3,500	No	No
Regular shipper shaft.	Servicio mantenimiento	3,500	No	No
Alinear motores/caja hoist.	Servicio mantenimiento	3,500	No	No
Cambiar válvulas pulso de air scrub.	Servicio mantenimiento	7,000	No	No
Cambiar filtros de air scrub.	Servicio mantenimiento	7,000	No	No
Regular tuerca de pin central.	Servicio mantenimiento	7,000	No	No
Retorquear tuercas de bastidores.	Servicio mantenimiento	7,000	No	No
Cambiar faja de crowd.	Servicio mantenimiento	10,000	No	No
Cambiar rack lápiz de balde.	Servicio mantenimiento	50,000	No	No

Fuente: Elaboración propia (2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

3.5 TPM y metodologías ágiles para un mejor mantenimiento

En el presente trabajo desarrollamos la metodología a tomar en cuenta o potenciarla dentro del área de mantenimiento centrándonos en promover la confiabilidad del ciclo de vida de la pala eléctrica de cables. Será una labor que comience con la planificación, una adecuada programación de actividades, la ejecución de cada tarea y la medición y análisis diario de cada trabajo realizado.

El proyecto inicia en el área de planificación. Una vez analizado los costos, fechas e impacto, se comenzará a programar en fechas establecidas, considerando todos los recuerdos, disminuyendo riesgos que puedan ocurrir en esos días como demoras, atrasos, fallas, etc. y se almacena toda la data en un software de gestión de datos como el SAP.

Cada tarea realizada deberá ser notificada por el personal técnico en el SAP. La notificación deberá contener los patrones establecidos por el área, indicando hora de inicio, hora de finalización, observaciones del trabajo y archivos adicionales como fotos que sustenten su trabajo sólo de ser necesario. Así llevaremos un control inmediato del proyecto y nos permitirá hacer un análisis idóneo de cómo vamos avanzando.

La misión de aplicar estos métodos es mantener a toda el área informada en cualquier lugar y a toda hora de cómo se va realizando el proyecto, siendo este un sistema de administración de clase mundial que apunte a:

- Integrar las mejores prácticas.
- Mejora contínua.
- Entregar un equipo confiable.
- Estandarizar procesos a futuro.

La comunicación efectiva juega un rol importante en los proyectos de hoy en día y gracias a las herramientas tecnológicas y las buenas prácticas corporativas permiten optimizar este proceso, manteniendo una comunicación rápida y lineal desde el jefe de alto rango hasta el empleado que trabaja directamente en el equipo.

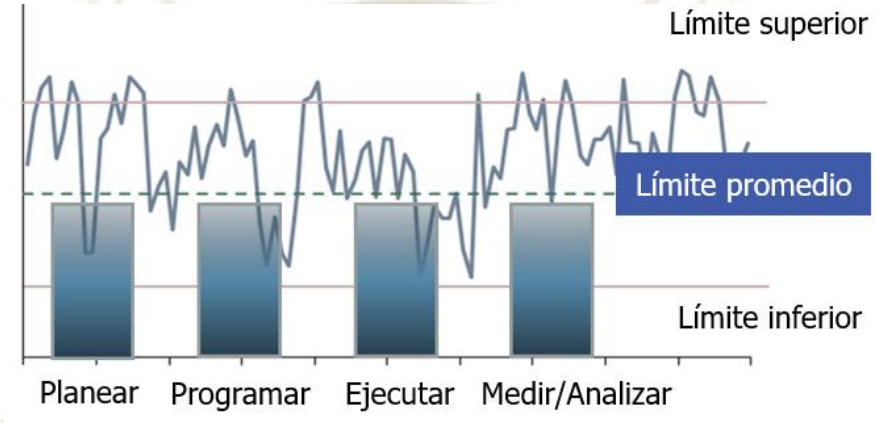
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

En las siguientes figuras se observa el correcto desarrollo del proyecto de overhaul y el desarrollo incorrecto del mismo. Sobrecargar a una parte del proceso de más trabajo, resultará contraproducente en el logro de objetivos trazados. Debe priorizarse un trabajo parejo desde el inicio del proyecto hasta el final del mismo, diversificando las tareas entre cada uno de los miembros de los equipos destinados al mismo.

Figura 36

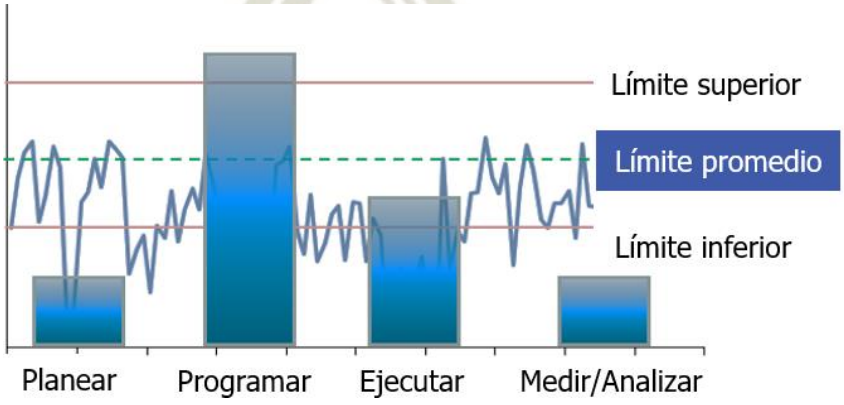
Tendencia Ideal de Desarrollo de Proyecto de Overhaul



Fuente: Elaboración propia (2020).

Figura 37

Tendencia Errónea de Desarrollo de Proyecto de Overhaul



Fuente: Elaboración propia (2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE MEJORA EN SYNCHROLIFT

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

1. PROBLEMA Y LIMITACIONES

El Sistema de levante sincronizado de revolving frame utilizado en este overhaul presenta muchas limitaciones, por lo que se debe buscar el reemplazo del Synchrolift hacia otro sistema de mayor capacidad y con otros mecanismos de Seguridad.

- Modelo: Synchrolift 4 x 350 – 1850 Euro Press Pack.
- Capacidad: 1400 toneladas.
- Carrera de vástago: 1850 mm.

Está compuesto por:

- 04 gatas hidráulicas COI350N1850.
- 01 bomba hidráulica de alta presión, compone la unidad oleohidráulica y cuenta con 4 bloques modulares independientes para válvulas, válvulas de alivio, válvulas de control direccionables, sensores de presión y manómetros.
- 01 laptop que controla el sistema.
- 01 panel eléctrico de control, montado en la unidad oleo hidráulica, contiene todo el equipo eléctrico, interruptores, luces indicadoras, socket de suministro de energía eléctrica, la laptop que controla el sistema, sensores de carrera de 0 – 2000 mm, con sus respectivos protectores y cable de 20 m.
- 15 mangueras flexibles de 15 m, diámetro interior de 6.3 mm, acoplan las líneas de retorno de los cilindros al tanque y como extensiones.
- 15 mangueras flexibles de 15 m, diámetro interior de 9.8 mm, acoplan las líneas de presión de los cilindros al tanque y como extensiones.

Los datos principales de los componentes hidráulicos son:

- Capacidad nominal de cada cilindro empujando a 700 bar: 350 toneladas.
- Capacidad efectiva de cada cilindro jalando: 100 toneladas.
- Superficie efectiva de empuje: 491 cm^2.
- Superficie efectiva de retracción: 145 cm^2.
- Volumen de aceite empujando: 90.8 litros.
- Volumen de aceite jalando: 26.7 litros.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

- Carrera: 1850 mm o 72.8 pulgadas.
- Peso aproximado: 1350 kg.
- Cantidad: 4 cilindros.

Los datos principales de la bomba y motor son:

- Bomba radial de flujo dividido de 4 x 2.5 l/min.
- Capacidad mínima de estanque: 300 litros.
- Presión de trabajo: 10145 PSI.
- Potencia del motor asíncrono trifásico: 15 kW.
- Tensión: 460 V.
- Ciclaje: 60 Hz.

Los problemas frecuentes son:

- Durante el izaje sincronizado el sistema excede la tolerancia permitida y para con error. Uno de los cilindros causa el error desalineando el izaje.
- Durante el descenso sincronizado el sistema excede la tolerancia permitida y para con error. Uno de los cilindros causa el error desalineando el acople con el pin central.

Estos errores se traducen en desalineamiento al separar y acoplar la pala eléctrica dañando componentes, pero lo más crítico es que pone en riesgo la seguridad de los trabajadores pudiendo desencadenar en accidentes trágicos. Es por ese motivo que este proceso de izaje o descenso debe contemplar la reducción de todos los riesgos posibles.

2. PROPUESTAS DE MEJORA

Al ser un equipo que no cuenta con las nuevas tecnologías en capacidad y dispositivos de seguridad modernos, proponemos dos opciones para un mejor desarrollo del trabajo de izaje:

- Modificar el equipo actual con tecnologías modernas.
- Optar por comprar o rentar un equipo moderno, acorde a las necesidades del momento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1 Modificar el equipo actual con tecnologías modernas

Equipar al equipo actual con instrumentos para potenciar su desempeño y maximizar su seguridad es una opción viable y la más económica. El costo dependerá de las mejoras a considerar por el área de mantenimiento y las ofertas del dealer. Aproximadamente ronda los 75 000 dólares.

Principalmente, se deberá equipar al sistema de bombeo con un sistema de contrabalanceo incorporado en el cuerpo de cada cilindro. En caso de la falla de un cilindro, el diseño nuevo deberá prever un sistema independiente de apoyo en la presión del aceite en el funcionamiento del cilindro en cuestión.

Figura 38

Módulo de Syncrolift Actual

Fuente: EuroPress (s.f.).

Sin embargo, se corre el riesgo de que las mejoras no sean compatibles o fallen en el uso del equipo, pudiendo ocasionar serios accidentes. Es importante que la empresa a cargo de estas mejoras, certifique los cambios hechos y brinden un servicio de garantía constante a su servicio.

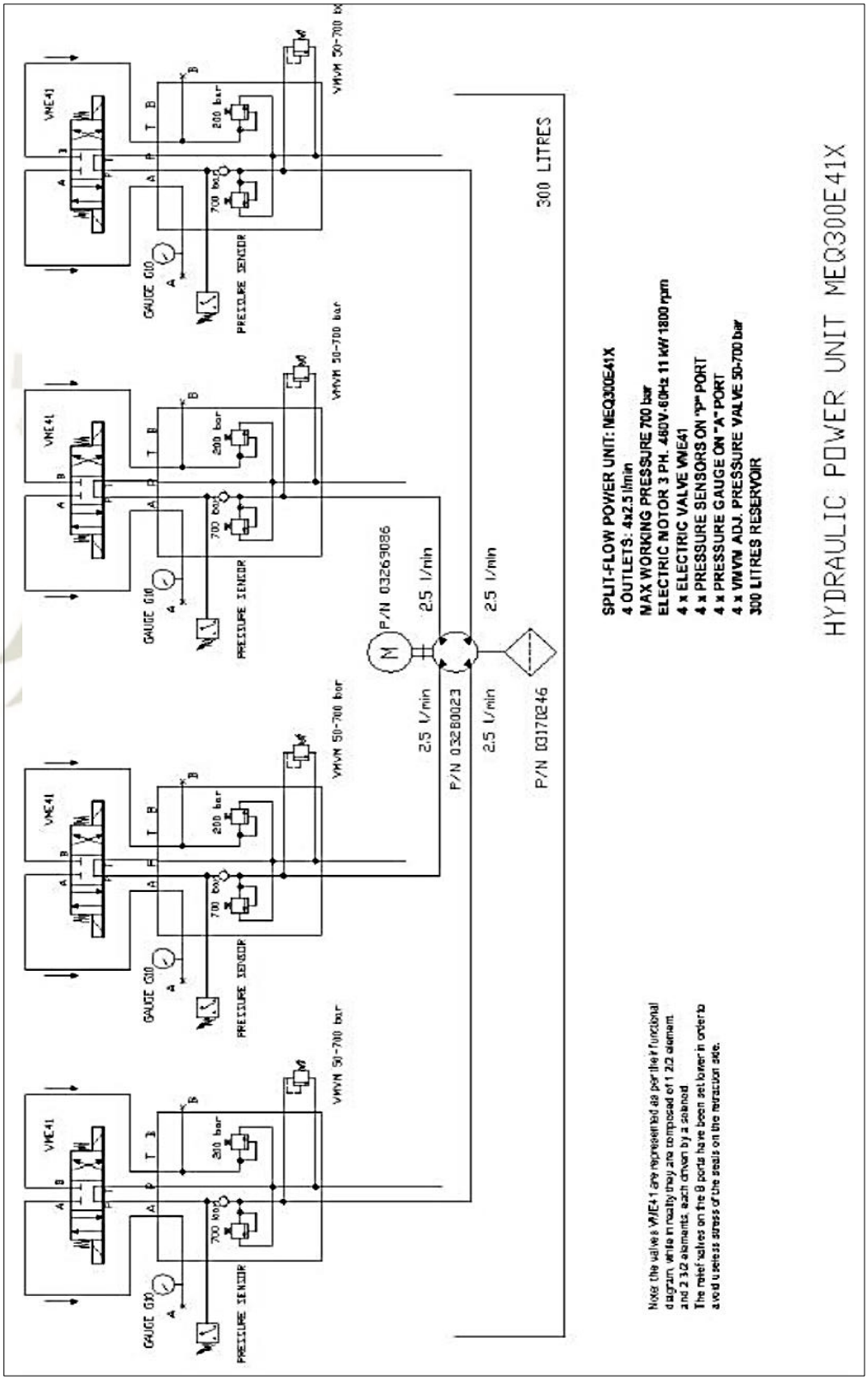
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 39

Plano Hidráulico del Sistema Synchrolift Actual



Fuente: EuroPress (s.f.).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

2.2 Comprar o rentar un equipo nuevo

En la industria minera tenemos que apreciar los avances en mantenimiento que todas las empresas implementan como parte de la mejora contínua. En las figuras siguientes se observa el equipo utilizado para el levante de una pala eléctrica. Este equipo de levante consta de equipo Megalifter y Synchro.

Figura 40

Uso de Estructura Puente de Levante Megalifter en Palas P&H

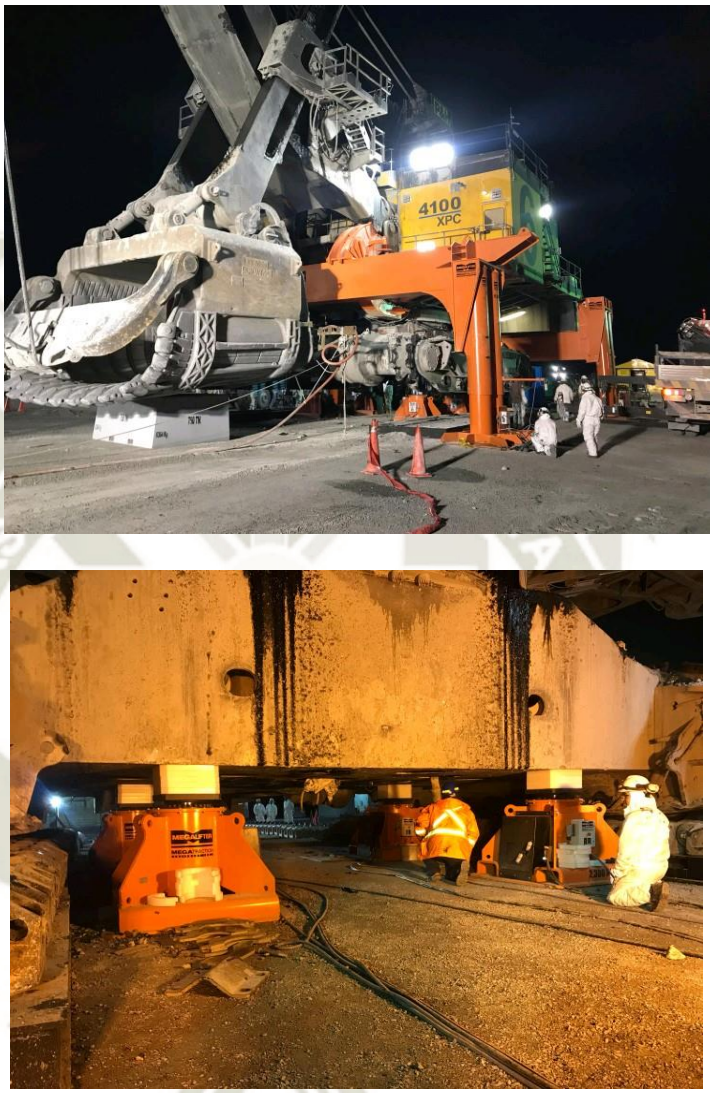
Fuente: Antamina (2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Figura 41

Uso de Sistema Synchro de Levante de 4 Puntos en Palas P&H



Fuente: Antamina (2019).

El desarrollo continuo del sistema, ahora en su cuarta generación, condujo a la introducción de SYNCHRO® en 2014. Esto permite cambiar de forma segura los componentes del tren de rodado, en particular los rodillos de carga y sus pasadores, o incluso el bastidor lateral en su totalidad. Todo este mantenimiento se puede realizar en una sola elevación, en cualquier pala hidráulica o eléctrica del mercado, con la pluma, el mango y el balde instalados o no.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Empíricamente este equipo ha demostrado tener:

- Un proceso de levante seguro y confiable de clase mundial, que permite eliminar procedimientos manuales con diferentes herramientas que no son específicamente diseñadas para levantar palas eléctricas.
- Eliminación de los riesgos de seguridad con los sistemas actuales de levante; tales como atrapamiento, trabajos en espacio confinado, volteo o caída de componentes.
- Repetitividad del proceso de levante, con un sistema altamente confiable que permite estandarizar prácticas.
- El control computarizado del sistema de levantamiento, sincroniza y asegura un plan horizontal perfecto, lo que impide que cualquier carga sea aplicada sobre los componentes del pivote central. Esta estabilidad infalible se aplica aun cuando la nivelación del suelo no es óptima y el levantamiento se efectúa en la mina, a proximidad de zonas de producción y explosión.
- Facilidad de acceso debajo de la pala eléctrica una vez que está levantada, sin la necesidad de instalar columnas que disminuyen el espacio disponible para el trabajo.
- Eliminación de los riesgos operacionales ante una falla de un sistema de levante durante la operación que impacta en el retraso del plan de mantenimiento, al ser un sistema altamente confiable y redundante.

Las características con respecto a tecnologías en seguridad del equipo Synchro son:

- El sistema de elevación permitirá la remoción parcial o completa de las cadenas de orugas y bastidores laterales.
- Será posible realizar tareas tales como desarmar cualquier sector de la parte inferior de la pala eléctrica mientras éste se encuentre sobre el sistema de elevación.
- Se suministran 4 puntos de elevación, cada punto de elevación con un par de cilindros hidráulicos dando un total de 8 cilindros.
- Cada uno de esos 8 cilindros está equipado con su propia válvula de contrabalanceo incorporada en el cuerpo de cada uno de los cilindros. Además, cada cilindro está diseñado para soportar la carga completa por sí mismo, proporcionando respaldo en el caso de falla.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Además, el diseño patentado asegura que cada cilindro sea completamente independiente y esté totalmente a salvo de una falla en cualquier otro componente del sistema de alimentación, ya sean mangueras, cables, aceite de bomba, etc (Synchro, 2019).
- En caso de emergencia (falla de un cilindro), el diseño proporciona dos sistemas hidráulicos completamente independientes, los dos trabajando en paralelo para soportar la misma carga, mientras que cada uno puede cumplir el trabajo de soporte por sí sólo, con un factor de seguridad mínimo de 2:1 en el cilindro que quede trabajando solo.

El costo aproximado es de 1 millón de dólares, suma considerable a tener en cuenta para la ejecución del mantenimiento overhaul. De escoger esta opción sería rentable puesto que a través del procedimiento y conociendo las pautas a llevar en el overhaul, lo ahorrado sería utilizado en la adquisición de este equipo. A su vez, permitirá a la unidad minera, específicamente al departamento de mantenimiento, contar con un equipo para el resto de mantenimientos overhaul de distintas palas eléctricas de su flota. Cabe destacar, que esta opción será rentable en minas de larga vida, donde las palas eléctricas necesiten reconstruirse hasta 3 veces.

3. PROPUESTA SUGERIDA

Analizando costo beneficio, la primera opción permite gastar menos dinero pero la segunda prioriza la seguridad en el trabajo. Por lo que teniendo en cuenta ese factor clave en beneficio del trabajador se recomienda optar por la segunda opción.

4. USO Y RECOMENDACIÓN DEL DISPOSITIVO

Los sistemas de levante sincronizado no requieren mantenimiento programado mas allá del cambio anual de aceite hidráulico.

De acuerdo al uso, en caso sea nulo durante todo un año, se recomienda poner en marcha la bomba cada 3 meses para evitar problemas con las válvulas de succión. De presentarse cualquier otro problema eléctrico o hidráulico, se recomienda contactar al personal especializado que vendió el sistema. Se incluye actividades como, por ejemplo: cambios de sellos de los cilindros, donde se requiere personal capacitado y tener todos los implementos adecuados en un ambiente limpio y seco para realizar un buen trabajo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO 5

RESULTADOS TEÓRICOS DE COSTOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. PRUEBAS EN VACÍO

Tenemos un presupuesto total estimado de 6,162,314.17 dólares americanos analizado en detalle en las Tablas 10, 11, 12 y 13. Este es el presupuesto estimado para el overhaul de la presente tesis.

Tabla 14

Tabla Resumen de Costos

Descripción	Costo	Porcentaje
Total de Costo de Horas Hombre	480,390.24	7.80
Total de Costo Repuestos	5,000,000.00	81.14
Total de Materiales y Consumibles	292,923.93	4.75
Total de Mano de Obra Adicional	389,000.00	6.31
Total	6,162,314.17	100

Fuente: Elaboración propia (2020). Las cantidades están en dólares americanos.

En la Tabla 14 podemos concluir que la mayor parte del costo de overhaul se destina a componentes mayores, menores y repuestos (Costos de Capital). El siguiente costo mayor se observa entre las horas hombre del personal que interviene trabajando en el proyecto y los trabajos adicionales que demanda el proyecto.

La mano de obra adicional como trabajos de refrentado en carrilería o bastidores, preparación del terreno y superficies de trabajo, dependerá de cada proyecto de overhaul y estado del mismo en su unidad minera por lo cual no podemos deducir costos en este concepto.

Por otra parte, una buena gestión de pedido de componentes mayores con meses de anticipación nos permitirá tener lo requerido en fechas establecidas y a costos menores, ya que cuando se solicita con poca anticipación componentes de baja rotación el precio es mayor.

Finalmente, cada día cuenta, por lo que trabajar acorde a lo establecido en el proyecto respetando fechas, no elevará los costos de horas hombre, manteniéndose por debajo del medio millón de dólares. Claro está que los precios competitivos de cada hora hombre acorde a la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

función del empleado varían de compañía en compañía, pero el porcentaje de gasto es similar frente al costo total del proyecto.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, el proyecto será rentable en el tiempo y de un impacto positivo al tener un activo en óptimas condiciones para usar.

2. PROYECTO OVERHAUL VS NUEVO EQUIPO

Debido a que toda empresa debe optimizar costos, es de suma importancia ver en el tiempo el impacto de adquirir un activo nuevo o reconstruir un activo que ya es parte de la compañía, por lo que en los anexos de la presente tesis se describe a detalle montos promedio del coste total de una opción u otra.

El tiempo de recuperación de la inversión dependerá de varios factores, pero los hechos han demostrado que se recupera lo invertido en menos de un año. Se toma en cuenta el precio de la libra de cobre, la producción de la compañía minera en un año, la utilización del equipo por parte del área de operaciones y la disponibilidad que ofrezca un buen mantenimiento.

Tabla 15

Tabla Resumen de Costos con Overhaul con Proyección a 14 años

CON OVERHAUL		
COSTOS		**TOTAL**
Costo Mantenimientos (PM + Fallas)	USD	24,900,000.00
Costo de Operación	USD	4,020,000.00
Costo de Energía	USD	6,300,000.00
Regalía Minera	USD	2,330,000.00
COSTOS TOTAL	USD	37,550,000.00
INVERSIÓN		
Total Bienes de Capital (Equipo)	USD	13,000,000.00
Repuestos	USD	0.00
INVERSIÓN TOTAL	USD	13,000,000.00

Fuente: Elaboración propia (2020).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Tabla 16

Tabla de Costos Adquiriendo un Equipo Nuevo con Proyección a 14 años

SIN OVERHAUL		
COSTOS		**TOTAL**
Costo Mantenimientos (PM + Fallas)	USD	23,400,000.00
Costo de Operación	USD	4,020,000.00
Costo de Energía	USD	6,300,000.00
Regalía Minera	USD	2,230,000.00
COSTOS TOTAL	USD	35,950,000.00
INVERSIÓN		
Total Bienes de Capital (Equipo)	USD	31,500,000.00
Repuestos	USD	0.00
INVERSIÓN TOTAL	USD	31,500,000.00
Componente Mayor	USD	6,500,000.00
Equipo nuevo	USD	25,000,000.00
INVERSIÓN TOTAL	USD	31,500,000.00

Fuente: Elaboración propia (2020).

Según la Tabla N° 17 apreciamos que el coste de un equipo nuevo a lo largo del tiempo será 1.33 veces más que si optamos por reconstruir el activo con una diferencia de USD 16,900,000.00. En este panorama tenemos dos opciones en base a dos parámetros:

- Tiempo de vida de la operación minera.
- Nuevas tecnologías que diferencian a una pala frente a otra.

Frente a estas dos variables formulamos 4 situaciones a tener en cuenta:

- Si la operación minera de ese momento en adelante tiene un tiempo de vida prolongado y las nuevas tecnologías del equipo a adquirir permiten un ahorro de energía y más capacidad de carga que la pala a reconstruir, la mejor opción será adquirir un nuevo equipo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

- Si la operación minera de ese momento en adelante tiene un tiempo de vida prolongado y las nuevas tecnologías del equipo a adquirir no permiten un ahorro de energía y más capacidad de carga que la pala a reconstruir, la mejor opción será el overhaul de la misma.

- Si la operación minera de ese momento en adelante tiene un tiempo de vida no mayor a diez años y las nuevas tecnologías del equipo a adquirir permiten un ahorro de energía y más capacidad de carga que la pala a reconstruir, la mejor opción será el overhaul de la misma.

- Si la operación minera de ese momento en adelante tiene un tiempo de vida no mayor a diez años y las nuevas tecnologías del equipo a adquirir no permiten un ahorro de energía y más capacidad de carga que la pala a reconstruir, la mejor opción será el overhaul de la misma.

Frente a estas alternativas en el caso presentado de la presente tesis se optó por la reconstrucción del activo o overhaul de la pala.

Tabla 17

Tabla de Diferencia de Costos entre Overhaul y Compra de Equipo Nuevo

CON OVERHAUL		
COSTO TOTAL	USD	50,550,000.00
SIN OVERHAUL		
COSTO TOTAL	USD	67,450,000.00
COSTO DE EQUIPO NUEVO VS OVERHAUL		
N° VECES DE COSTO		1.33
DIFERENCIA	USD	16,900,000.00

Fuente: Elaboración propia (2020).

Para el cálculo de las Tablas 15 y 16 estimamos un costo de USD 6,500,000.00, con un excedente de UDS 337,685.83 que es el margen que le atribuimos por cualquier gasto que la situación lo amerite como en la compra del Synchrolift. En caso no se utilice el monto excedente, este representa un costo menos de capital para el proyecto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DESEADOS VS. RESULTADOS SIN PROCEDIMIENTO

Los resultados de un trabajo de overhaul realizado por la misma compañía minera y no tercerizarla nos representa un ahorro reflejado en la Tabla N° 18.

Tabla 18

Tabla de Diferencia de Costos entre Overhaul Realizado por la Misma Empresa y Overhaul Realizado por Tercerizadora

Descripción		Total
Overhaul realizado por la misma empresa	USD	6,162,314.17
Overhaul realizado por tercerizadora	USD	9,000,000.00
Diferencia	USD	2,837,685.83
N° Veces De Costo		1.46

Fuente: Elaboración propia (2020).

Los costos varían con el tiempo, el contexto mundial, el precio del cobre, por lo que son referenciales, sin embargo, su importancia a la hora de considera una opción u otra es plenamente alta.

Por los márgenes de ganancia que debe tener la empresa contratista es que el costo total se incrementa. Esta opción deberá considerarse si no se cuenta con la fuerza laboral necesaria para afrontar un proyecto de mantenimiento de esta envergadura, como número de trabajadores, número de equipos de la misma clase que operan, producción de la operación minera, etc.

La ventaja de que el overhaul sea realizado por otra empresa (contratista) es que trasladamos la responsabilidad del proyecto a otra empresa y el lado contrario es el alto costo, sin embargo, si tenemos los recursos necesarios, las ventajas de realizarlo por la misma unidad minera son amplias al formar mejor a su personal, ya que les permite comprender mejor el cómo funciona el equipo al desarmarlo y armarlo desde cero.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los resultados de un trabajo de overhaul realizado por la misma compañía minera con procedimiento y sin procedimiento nos representa un ahorro reflejado en la Tabla N° 19.

Tabla 19

Tabla de Diferencia de Costos entre Overhaul con Procedimiento y Overhaul sin Procedimiento

Descripción		**Total**
Overhaul con procedimiento	USD	6,162,314.17
Overhaul sin procedimiento	USD	8,000,000.00
Diferencia	USD	1,837,685.83
N° Veces De Costo		1.30

Fuente: Elaboración propia (2020).

Los montos son referenciales, ya que cambian con el tiempo, como el precio de los componentes mayores, menores, horas hombre, etc.

En la tabla se aprecia la diferencia superior a USD 1,500,000.00, que según concepto se ve reflejado en repuestos y fechas extendidas en el proyecto overhaul. Este hecho aclara el panorama donde debemos prestar mucha atención al momento de realizar la planificación del mantenimiento overhaul.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

Se consiguió elaborar un procedimiento estratégico para un overhaul de una pala eléctrica Bucyrus BII con duración de 67 días calendario.

Se redujo el tiempo promedio de un overhaul sin procedimiento, situación que permitirá a la unidad minera tener un activo de alta prioridad operando lo más antes posible.

Se demostró el impacto económico para beneficio de la unidad minera al emplear un procedimiento de mantenimiento overhaul con un ahorro estimado en 16,900,000.00 de dólares frente a la opción de adquirir un activo nuevo.

Se indicó el impacto económico para beneficio de la unidad minera al emplear un procedimiento de mantenimiento overhaul con un ahorro estimado en 1,837,685.83 de dólares si optimizamos tiempos en planeamiento de tareas y pedidos, gestión de componentes y ejecución de tareas programadas.

Se demostró la mejora en el sistema hidráulico del sistema syncrolift con el objetivo de realizar un mantenimiento de calidad mundial, empleando menos tiempo y potenciando la seguridad en el trabajo mediante la adquisición de un activo que tendrá múltiples funciones en diversos usos del área de mantenimiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

Se sugiere, al momento de emplear nuestro procedimiento, comunicación efectiva desde el inicio con cada miembro del proyecto que participarán en el overhaul como parte de un mantenimiento productivo.

En toda labor contemplada en el overhaul, velar por el estricto trabajo en base a la seguridad, priorizando la vida humana sobre lo material.

Todo residuo que contemple el proyecto de overhaul deberá ser desechado en el lugar adecuado, tomando control de los puntos de acopio y el correcto almacenamiento y transporte fuera de la operación.

El procedimiento deberá ir de la mano al uso del manual de mantenimiento del equipo, manual de partes del equipo y procedimientos propios del área de mantenimiento de la unidad minera, ya que en estos se detallan números de parte de material, información adicional y ampliada de cada actividad y el correcto procedimiento en algunos trabajos de alto riesgo.

Todo retraso en el proyecto de overhaul deberá ser monitoreado por el planner de proyecto para determinar el EVA.

El armado de componentes debe de realizarse en talleres, sin presencia de contaminación y con todos los repuestos y recursos necesarios.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA

- Boeder, J., & Groene, B. (2014). The Architecture of SAP ERP: Understand how successful software works. Walldorf.
- Bucyrus International (2009). Manual de pala eléctrica 495hr Bucyrus – operación, mantenimiento y servicio.
- Bucyrus International (2009). Manual de sistema de mantenimiento de palas eléctricas y perforadoras Bucyrus.
- Bucyrus International Inc. (2001). Pala para minería 495 BII Manual de mantenimiento y operación N° 10159. Wisconsin: Bucyrus.
- Bucyrus International, Inc. (1996). Field welding swing rack to truck frame. Plano D022190. USA.
- Bucyrus International, Inc. (1997). G.A. Rails & rollers 177" Dia. Track. Plano E015526. USA.
- Bucyrus International, Inc. (1998). Crawler frame Modification. Plano E018850. USA.
- Bucyrus International, Inc. (1999). G.A. Lower works sections. Plano E018811. USA.
- Bucyrus International, Inc. (1999). G.A. Lower works sections. Plano E018812. USA.
- Bucyrus International, Inc. (1999). G.A. Lower works sections. Plano E019582. USA.
- Bucyrus International, Inc. (1999). G.A. lower works Plano E018810. USA.
- Bucyrus International, Inc. (2000). G.A. Boom bumper. USA.
- Bucyrus International, Inc. (2001). Assembly instructions vertical swing shaft. Plano D026797. USA.
- Bucyrus International, Inc. (2001). Clamp collar swing shaft. Plano E020746. USA.
- Bucyrus International, Inc. (2003). G.A. roller support 70" Hoist drum. Plano E020308. USA.
- Bucyrus International, Inc. (2005). G.A. Auxiliary winch 5HP Gearmotor 0.75 rope. Plano E019590. USA.
- Bucyrus International, Inc. (2009). Pala para minería Manual de mantención y operación 495HR. Manual nro. 10790_SP. USA.
- Bucyrus International, Inc. (2010). Preventive maintenance PM4. USA.
- Bucyrus International, Inc. (2011). Hoist Troubleshooting Bucyrus 495HR. USA.
- Bucyrus International, Inc. (2012). Presentación en powerpoint "Descripción de componentes mecánicos principales". Cuajone.
- Bucyrus International, Inc. (2012). Presentación en powerpoint "Lubrication". Cuajone.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

- Bucyrus International, Inc. (2012). Presentación en powerpoint "Overview 495HR". Cuajone.
- Bucyrus International, Inc. (2012). Presentación en powerpoint "Prácticas y ajustes de montaje". Cuajone.
- Bucyrus International, Inc. (s.f.). Roller, Hoist rope, Field assembly. S031323. USA.
- Caterpillar Inc. (s.f.). CAT. Obtenido de CAT: https://www.cat.com/en_US/by-industry/mining/surface-mining/surface-equipment/electric-rope-shovels.html
- CONTEC Ltda. (s.f.). CONTEC Ltda. Obtenido de CONTEC Ltda.: http://www.contec.cl/images/PDFs/MSCPKPI.pdf
- Corporation, S. P. (2019). Cuajone.
- ENERGOTEC. (2019). ENERGOTEC NEWS. Obtenido de ENERGOTEC NEWS: https://news.energotecsac.com/news38/proy1.php
- EuroPress. (s.f.). Instrucciones de mantenimiento y operación para sistema de izaje sincronizado SYNCHROLIFT 4x350-1850. Instrucciones de mantenimiento y operación para sistema de izaje sincronizado SYNCHROLIFT 4x350-1850. Italia.
- Ferreyros S.A.A. (2017). Reportes de avance de reparación de bastidor. Arequipa.
- García Garrido, S. (s.f.). Mantenimiento Petroquimica. Obtenido de Mantenimiento Petroquimica: http://www.mantenimientopetroquimica.com/tiposdemantenimiento.html
- García, D. R. (14 de 03 de 2016). AEPSAL. Obtenido de AEPSAL: https://www.aepsal.com/procedimientos-de-trabajo-seguro-necesarios-y-eficaces-en-la-gestion-preventiva/
- Garrido, S. G. (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- Gutiérrez, A. M. (2012). Mantenimiento Industrial Efectivo. Medellín: Coldi Limitada.
- Gutiérrez Espinoza, P.A. (2013). Parámetros que influyen al llenado del cucharon de palas eléctricas para optimizar el carguío en minería a tajo abierto.
- Haddock, K. (2002). The Earthmover Encyclopedia.
- HandsonERP. (23 de 09 de 2012). YouTube. Obtenido de YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=7qpOgx99S9E
- Knezevic, J. (1996). Mantenimiento. Madrid: Isdefe.
- Komatsu. (s.f.). Komatsu. Obtenido de Komatsu: https://mining.komatsu/es/miner%C3%ADa-de-superficie/palas-el%C3%A9ctricas-de-cable

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

- López, B. S. (01 de 11 de 2019). Ingeniería Industrial . Obtenido de Ingeniería Industrial: https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/
- Mantenimiento mina. (2019). Reporte final proyecto overhaul PAC04-495BII. Cuajone.
- Mantenimiento predictivo SPCC. (2019). Informe técnico "Ensayos no destructivos en ejes de rodillos bastidor PAC04". Cuajone.
- Mantenimiento predictivo SPCC. (2019). Informe técnico "Inspección de tintes penetrantes al swing rack". Cuajone.
- Mantenimiento predictivo SPCC. (2019). Informe técnico "Inspección de tintes penetrantes en la plataforma giratoria". Cuajone.
- Mantenimiento predictivo SPCC. (2019). Informe técnico "Inspección por tintes penetrantes a ejes de rodillos bastidor PAC04". Cuajone.
- Mantenimiento predictivo SPCC. (2019). Informe técnico "Inspección por tintes penetrantes a soporte de tambor de izar". Cuajone.
- Mantenimiento predictivo SPCC. (2019). Informe técnico "Inspección por tintes penetrantes al Truckframe PAC04". Cuajone.
- Mantenimiento predictivo SPCC. (2019). Informe técnico "Inspección por tintes penetrantes en sala de máquinas". Cuajone.
- Mantenimiento predictivo SPCC. (2019). Informe técnico "Inspección tintes penetrantes PAC04". Cuajone.
- METCOM. (2017). Refrentado y maquinado pala Bucyrus 495BI . Toquepala.
- Minería Chilena. (28 de 04 de 2009). Minería Chilena. Obtenido de Minería Chilena: https://www.mch.cl/2009/04/28/bucyrus-presenta-dos-innovaciones-para-palas-de-carguio/#
- Minero 21. (2020). Pesado Blog. Obtenido de Pesado Blog: https://autoblog.com.ar/pesadoblog/2020/10/23/la-gigantesca-pala-electrica-bucyrus-495/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=la-gigantesca-pala-electrica-bucyrus-495
- Viña Miranda, Carlos Enrique (2019). aplicación de jack knife y análisis de causa raíz de una flota de palas electromecánicas modelo caterpillar 7495hr de capacidad 120 ton. Arequipa, Perú.
- Mobius Institute. (2020). Asset reliability practitioner - Engineer manual . USA.
- Orleman, E.C. (2003). Power Shovels: The World's Mightiest Mining and Construction Excavators.
- Peak services P&H Mining equipment. (2007). Manual del operador P&H.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

- Primera, E. (s.f.). Machinery & Reliability Institute. Obtenido de Machinery & Reliability Institute: http://www.ernestoprimera.com/documents/MRI%20Indicadores%20de%20Gestion%20de%20Mantenimiento%20y%20Confiabilidad.%20Mejores%20Practicas%20de%20Metas%20para%20la%20Industria%20Petrolera%20Upstream.pdf
- Rau, S. (16 de 04 de 2016). SAP Community. Obtenido de SAP Community: https://blogs.sap.com/2016/04/13/relased-in-the-first-quarter-2016-enhancement-package-8-what-is-new/
- Red Temática Nacional Sobre Seguridad de Funcionamiento y Calidad de Servicio de Sistemas Productivos. (2008). Aproximación a la confiabilidad. Aplicaciones prácticas. Madrid: Ingeman.
- Rendon, M. A. (12 de 1997). Implementación del mantenimiento productivo total. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.
- Riquelme Hernández, M.A. (2013). Proyecto en monitoreo de condiciones para mantenimiento predictivo de palas electromecánicas.
- Southern Peru Cooper Corporation. (2003). Ensamble de pala 04 Bucyrus. Cuajone.
- Southern Peru Cooper Corporation. (2009). Galería de fotos de armado de pala Bucyrus 495HR. Cuajone.
- Southern Peru Cooper Corporation. (2011). Informe final del overhaul Pala 4-495BII. Cuajone.
- Southern Peru Cooper Corporation. (2011). Reparación del 04 de Noviembre . Cuajone.
- Southern Peru Cooper Corporation. (2017). Overhaul de pala P&H 3100A - PAC03. Cuajone.
- Southern Peru Cooper Corporation. (2017). Reparación de pluma. Cuajone.
- Southern Peru Cooper Corporation. (2018). Reparación de bastidor por fisura. Cuajone.
- Southern Peru Cooper Corporation. (2019). Galería de fotos del proyecto overhaul. Cuajone.
- Southern Peru Cooper Corporation. (2019). Reportes de avance diario de proyecto Overhaul PAC-04. Cuajone.
- Southern Peru Cooper Corporation. (2019). SCJ-MANTMINA-PETS-073 Procedimiento de cambio de cable de empuje Bucyrus. Cuajone.
- Southern Peru Cooper Corporation. (2019). SCJ-MANTMINA-PETS-294 Procedimiento de cambio de cables de izar de palas eléctricas Bucyrus. Cuajone.
- Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. Ciencia y Desarrollo, 13.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXOS

- Especificaciones Típicas de la Máquina (Tomado del Manual de Mantenimiento)
- Dimensiones y Rangos de Trabajo (Tomado del Manual de Mantenimiento)
- Pesos de los componentes (Tomado del Manual de Mantenimiento)
- Costos Relativos de Proyecto Overhaul vs Compra de Equipo Nuevo
- Diagrama de Gantt
- Procedimiento de Overhaul

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Especificaciones Típicas de la Máquina (Tomado del Manual de Mantenimiento)

ESPECIFICACIONES TÍPICAS DE LA MÁQUINA

Éstas especificaciones describen los aspectos mecánicos principales de una pala 495BII standard de Bucyrus International, Inc. controlada por IGBT Acutrol. La máquina es totalmente giratoria, montada sobre orugas y equipada para operar desde una fuente de potencia de corriente alterna.

NOTA: Éstas son especificaciones típicas de la máquina.

Pesos

	(libras)	(kilogramos)
Peso de Trabajo (c/Balde)	2,688,000	1,219,300
Balde (60 yd^3, 46 m^3)	138,000	62,600
Contrapeso	700,000	318,200
Peso Neto, menos Contrapeso y Balde	1,850,000	839,200

Equipamiento del Extremo Frontal

Pluma	Soldada, Acero Resistente al Impacto	
Poleas de Punta Pluma	Gemelas con Ranuras, Endurecidas a Fuego	
Diámetro Poleas de Punta Pluma	96"	243.84cm
Poleas Eje de Carga	Gemelas con Ranuras, Endurecidas a Fuego	
Diámetro Poleas Eje de Carga	72"	182.88cm
Diámetro Mango del Balde	34"	86.36cm
Espesor de Pared Mango del Balde	3" (nominal)	7.62 cm

Características de Cables

	# Cables	Diámetro	Tipo	Construcción
Levante	2	2 3/4" 69.88mm	Doble Gemelo	6X37
Empuje	1	2 1/2" 63.5mm	Simple	6X37
Recoger	1	2 1/2" 63.5mm	Simple	6X37
Desenganche Balde	1	5/8" 15.9mm	Simple	6X37
Suspensión Pluma	4	3 1/4" 82.6mm	Ecualizados	Cable Estructural

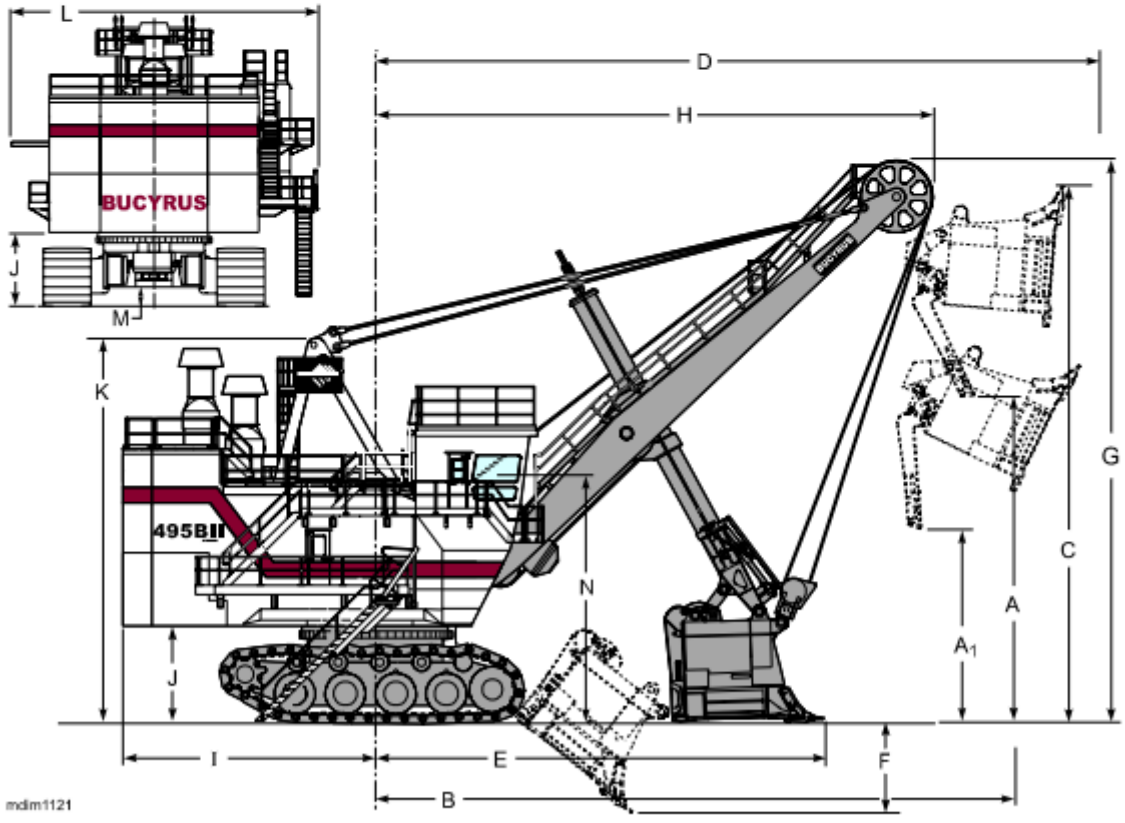
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Dimensiones y Rangos de Trabajo

	US	Métrico
Capacidad Balde (nominal)	60 yd³	46 m³
Capacidades de Baldes (rango)	40-80 yd³	30.6-61.2 m³
Longitud de la Pluma	67'	20.4 m
Ángulo de la Pluma		45°
Longitud Efectiva del Mango del Balde	35'-10"	10.9 m
Longitud Total del Mango del Balde	47'	14.3 m
A: Altura de Descarga	34'-10"	10.6 m
A_1: Altura de Descarga a Radio Máximo	28'-3"	8.61 m
B: Radio de Descarga - Máximo	66'-9"	20.34 m
C: Altura de Corte - Máximo	59'-3"	18.1 m
D: Radio de Corte - Máximo	78'-2"	23.83 m
E: Radio a Nivel del Suelo	56'-1"	17.1 m
F: Profundidad Bajo Nivel del Suelo - Máxima	10'-6"	3.20 m
G: Altura Libre @ Poleas Punta Pluma	68'-6"	20.9 m
H: Radio Libre @ Poleas Punta Pluma	63'-1"	19.02 m
I: Radio Libre @ Estructura Giratoria	29'-7"	9.02 m
J: Altura Libre - Estructura Giratoria al Suelo	10'-10"	3.3 m
K: Altura de la Estructura "A"	44'-4"	13.51 m
L: Ancho Total de la Máquina	42'-8"	13.01 m
M: Altura al Suelo (Punto Inferior Estructura Transporte)	22"	0.57 m
N: Nivel Visual desde Cabina del Operador	29'-0"	8.84 m



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Dimensiones y Rangos de Trabajo (Tomado del Manual de Mantenimiento)

PESO DE LOS COMPONENTES

	Cantidad	Peso C/Uno (Libras U.S.)
Maquinaria Inferior		
Estructura Transporte	1	126,426
Riel Inferior	12	215
Buje Eje Central	1	300
Caja Engranajes Planetarios Propulsión	2	17,100
Adapatador Freno Propulsión	2	438
Freno Propulsión	2	650
Maza Freno Propulsión	2	129
Motor Propulsión	2	4,500
Ventilador Motor Propulsión	2	300
Zapatas Oruga	74	3,058
Tambor de Transmisión	2	6,930
Eje Tambor de Transmisión	2	5,760
Rodamiento Tambor de Transmisión	2	1,330
Rueda Tensora	2	6,394
Eje Tensor	1	24,275
Cilindro Tensor	1	96
Tapa Maza Rueda Tensora	2	200
Vía de Rodillo Inferior	8	7,650
Tapa Maza Rodillo Inferior	8	272
Eje Rodillo Inferior	8	4,178
Vía Eje Superior	8	620
Rodillo, Frontal Superior	2	740
Eje, Frontal Superior	2	460
Soporte Articulación Giratoria de Aire	1	1,013
Buje Rodillo Inferior	8	952
Estructura de Oruga c/módulo montaje	2	34,750
Collarin Dividido de Rodillo Inferior	16	209
Platina Eje Tensor (1.00")	16	43
Plancha de Empuje Eje Tensor	2	500
Camisa Eje Central	1	8,349
Mordaza Superior Dividida Eje Central	1	589
Tuerca Inferior Eje Central	1	1,080
Punzón	1	260

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

	Cantidad	Peso C/Uno (Libras U.S.)
Maquinaria Superior		
PATA FRONTAL ESTRUCTURA "A"	1	23,000
PATA TRASERA ESTRUCTURA "A"	2	6,221
CONJUNTO WINCHE DOBLE	2	2,340
PASADOR PIE DE PLUMA	2	460
RIEL SUPERIOR	10	200
CAJA ENGRANAJES PLANETARIOS GIRO	2	9,300
EJE DE GIRO	4	2,350
SOPORTE RODAMIENTO DE GIRO	4	304
RODAMIENTO EJE DE GIRO	4	200
PIÑÓN DE GIRO	4	520
ADAPTADOR FRENO DE GIRO	2	270
FRENO DE GIRO	2	490
MOTOR DE GIRO	2	3,600
PIÑÓN ACCIONAMIENTO EMPUJE	1	127
EJE 2° INTERMEDIO EMPUJE	1	2,000
ENGRANAJE 2° INTERMEDIO EMPUJE	1	2,638
ACOPLAMIENTO EJE MOTOR EMPUJE	1	150
ESTRUCTURA DE EMPUJE	1	11,444
PROTECCIÓN PIÑÓN DE EMPUJE	1	277
TAPA CAJA ENGRANAJES EMPUJE	1	2,115
PROTECCIÓN ENGRANAJE SUP. EMPUJE	1	170
TAPA ENGRANAJE EMPUJE - INFERIOR	1	340
TAMBOR DE EMPUJE	1	12,800
ENGRANAJE RECTO TAMBOR DE EMPUJE	1	4,970
EJE 1° INTERMEDIO EMPUJE	1	127
ENGRANAJE 1° INTERMEDIO EMPUJE	1	1,082
FRENO DE EMPUJE	1	490
ADAPTADOR FRENO DE EMPUJE	1	270
MOTOR DE EMPUJE	1	4,000
COMPRESOR DE AIRE Y TANQUE	1	1,625
ARTICULACIÓN GIRATORIA DE AIRE	1	150
ALOJAMIENTO FRONTAL ARTICULACIÓN	1	133
ALOJAMIENTO TRASERO ARTICULACIÓN	1	133
GRUPO ANILLO COLECTOR ARTICULADO	1	330

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Cantidad	Peso C/Uno (Libras U.S.)
Maquinaria Superior *(Cont.)*		
Caja Engranajes Planetarios Levante	1	24,300
Piñón Levante	2	1,639
Soporte Rodamiento Piñón Levante	2	456
Protección Maquinaria Levante - Inferior	1	1,900
Protección Maquinaria Levante - Trasera	1	1,110
Protección Maquinaria Levante - Frontal	1	1,110
Alojamiento Rodamiento Levante	2	2,990
Tambor de Levante	1	26,495
Cruceta de Levante	1	15,612
Engranaje Tambor de Levante	1	11,980
Estructura de Levante - L. D.	1	8,600
Enfriador de Aceite Levante	2	565
Motor de Levante	1	15,000
Freno de Levante	1	1,744
Adaptador Freno de Levante	1	500
Maza Freno de Levante	1	206
Conjunto Acoplamiento Eje Motor Levante	1	1,350
Protección Acoplamiento Motor Levante	1	260
Escalera de Abordaje	1	334
Escala Power Step	1	625
Escala de Abordaje	1	1,806
Conjunto Filtro Sala de Máquinas	2	1,325
Conjunto Filtro Sala de Control	1	5,000
Elemento de Filtro Sala de Control	50	15
Techo Sala de Control (Solo)	1	10,074
Estructura Giratoria (Sola)	1	158,512
Extremo Frontal		
Pluma (Sola)	1	138,500
Conjunto Amortiguador Pluma	8	30
Conjunto Polea Punta Pluma	1	6,900
Eje Punta Pluma	2	1,033
Polea Punta Pluma	2	4,230

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Cantidad	Peso C/Uno (Libras U.S.)
Extremo Frontal *(Cont.)*		
Conjunto Bloque de Caballete (Sin Eje)	1	13,700
Eje de Carga	1	4,875
Cable Empuje/Recoger	2	2,073
Cable de Levante	1 par	10,400
Cable de Suspensión	4	2,720
Conjunto Rodillo Levante	1	1,740
Ecualizador - L..D.	1	1,820
Ecualizador - L..I.	1	1,820
Polea Empuje	2	2,600
Balde Completo sin Revestimiento	1	132,926
Incluye:		
Cuerpo del Balde	1	89,488
Barra Picaporte	1	592
Palanca Picaporte	1	372
Conjunto Pasador Palanca Picaporte	1	40
Tapa Pasador Palanca Picaporte	1	20
Bloque Rodamiento Palanca Picaporte	1	40
Amortiguadores de Frenaje	2	1,745
Tirantes de Inclinación	2	650
Entredientes	8	411
Refuerzos Esquinas	4	465
Amortiguador Puerta Balde	4	10
Dientes	9	205
Ensamblaje Soldado del Mango	1	46,712
Mecanismo Tensor de Empuje	1	10,500
Guía Tensor de Empuje	1	2,155
Tornillo Sinfin Tensor de Empuje	1	610
Alojamiento Engranaje Tensor de Empuje	1	442
Barra Tornillo Tensor de Empuje	1	4,515
Polea Tensor de Empuje	1	3,956
Cilindro Tensor de Recoger	2	145
Guía Tensor de Recoger	1	500
Distribuidor y Detención Recoger	1	2,100

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Costos Relativos de Proyecto Overhaul vs Compra de Equipo Nuevo

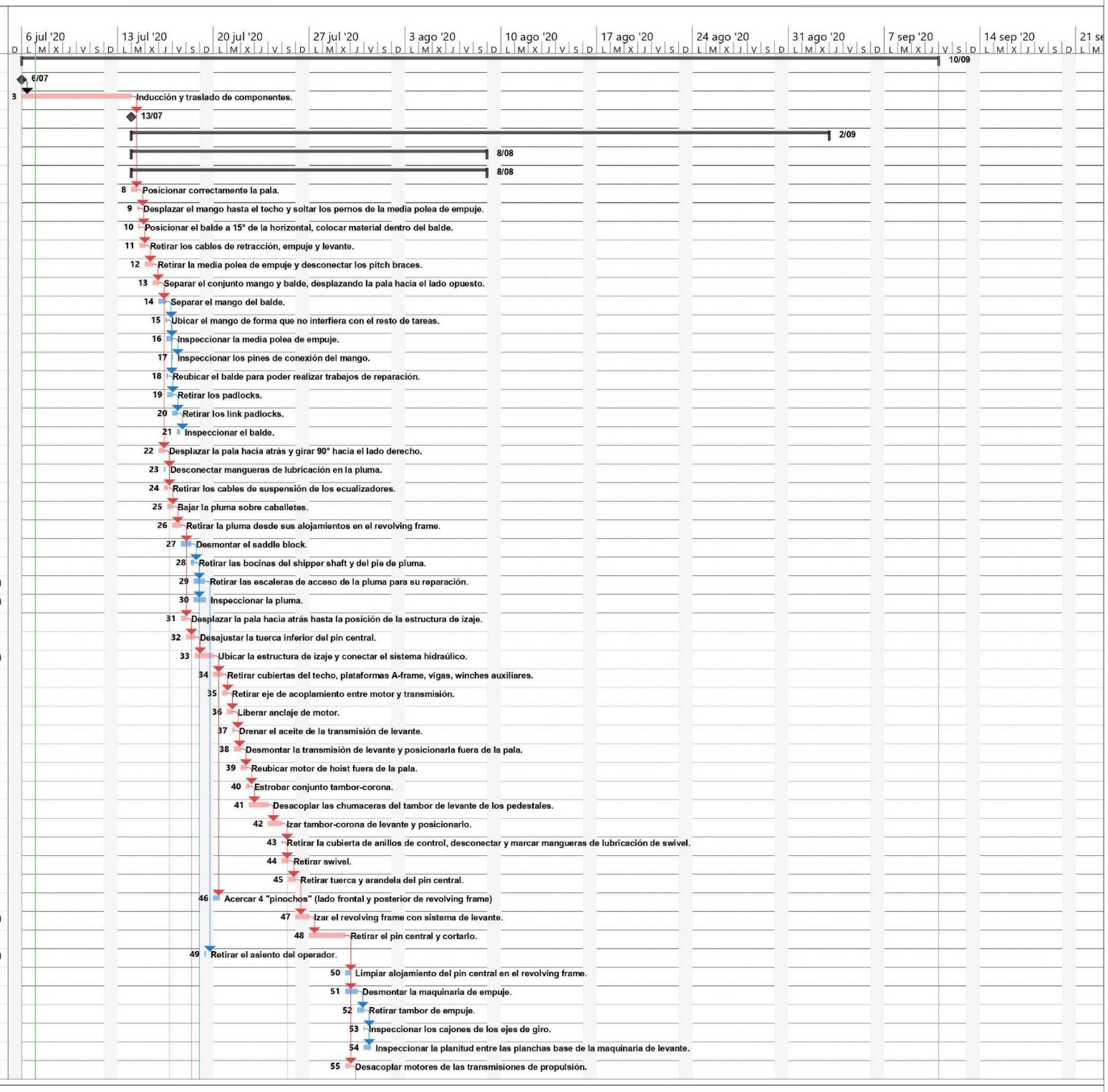
CON OVERHAUL		Overhaul 01								Overhaul 02				
COSTOS		**Año 1**	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**Año 5**	**Año 6**	**Año 7**	**Año 8**	**Año 1**	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4 a más**	**TOTAL**
Costo Mantenimientos (PM + Fallas)	USD	1,300,000.00	1,800,000.00	2,000,000.00	2,300,000.00	2,600,000.00	2,500,000.00	2,500,000.00	2,500,000.00	1,300,000.00	1,800,000.00	2,000,000.00	2,300,000.00	24,900,000.00
Costo de Operación	USD	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	4,020,000.00
Costo de Energia	USD	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	6,300,000.00
Regalía Minera	USD	140,000.00	175,000.00	190,000.00	210,000.00	225,000.00	225,000.00	225,000.00	225,000.00	140,000.00	175,000.00	190,000.00	210,000.00	2,330,000.00
COSTOS TOTAL	USD	2,300,000.00	2,835,000.00	3,050,000.00	3,370,000.00	3,685,000.00	3,585,000.00	3,585,000.00	3,585,000.00	2,300,000.00	2,835,000.00	3,050,000.00	3,370,000.00	**37,550,000.00**
INVERSIÓN														
Total Bienes de Capital (Equipo)	USD	6,500,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6,500,000.00	0.00	0.00	0.00	13,000,000.00
Repuestos	USD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
INVERSIÓN TOTAL	USD	6,500,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6,500,000.00	0.00	0.00	0.00	**13,000,000.00**
DEPRECIACIÓN														
Componente Mayor	20%	0.00	1,300,000.00	1,300,000.00	1,300,000.00	1,300,000.00	1,300,000.00	0.00	0.00	0.00	1,300,000.00	1,300,000.00	3,900,000.00	13,000,000.00
Equipo nuevo	20%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPRECIACIÓN TOTAL	USD	0.00	1,300,000.00	1,300,000.00	1,300,000.00	1,300,000.00	1,300,000.00	0.00	0.00	0.00	1,300,000.00	1,300,000.00	3,900,000.00	**13,000,000.00**
SIN OVERHAUL		**Nuevo Equipo**								**Overhaul 01**				
COSTOS		**Año 1**	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**Año 5**	**Año 6**	**Año 7**	**Año 8**	**Año 1**	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4 a más**	**TOTAL**
Costo Mantenimientos (PM + Fallas)	USD	1,300,000.00	1,300,000.00	1,800,000.00	1,800,000.00	2,300,000.00	2,300,000.00	2,500,000.00	2,500,000.00	1,300,000.00	1,800,000.00	2,000,000.00	2,500,000.00	23,400,000.00
Costo operación	USD	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	335,000.00	4,020,000.00
Costo energia	USD	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	525,000.00	6,300,000.00
Regalía Minera	USD	140,000.00	140,000.00	175,000.00	175,000.00	210,000.00	210,000.00	225,000.00	225,000.00	140,000.00	175,000.00	190,000.00	225,000.00	2,230,000.00
COSTOS TOTAL	USD	2,300,000.00	2,300,000.00	2,835,000.00	2,835,000.00	3,370,000.00	3,370,000.00	3,585,000.00	3,585,000.00	2,300,000.00	2,835,000.00	3,050,000.00	3,585,000.00	**35,950,000.00**
INVERSIÓN														
Total Bienes de Capital (Equipo)	USD	25,000,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6,500,000.00	0.00	0.00	0.00	31,500,000.00
Repuestos	USD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
INVERSIÓN TOTAL	USD	25,000,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6,500,000.00	0.00	0.00	0.00	**31,500,000.00**
Componente Mayor	USD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6,500,000.00	0.00	0.00	0.00	6,500,000.00
Equipo nuevo	USD	25,000,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25,000,000.00
TOTAL	USD	25,000,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6,500,000.00	0.00	0.00	0.00	**31,500,000.00**
DEPRECIACIÓN														
Componente Mayor	20%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,300,000.00	1,300,000.00	3,900,000.00	6,500,000.00
Equipo nuevo	6%	0.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	11,250,000.00	25,000,000.00
DEPRECIACIÓN TOTAL	USD	0.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	1,375,000.00	2,675,000.00	2,675,000.00	15,150,000.00	**31,500,000.00**

Nota: El cálculo de la depreciación se realizó en función del tiempo de vida de la máquina. Este cálculo puede variar dependiendo de la organización minera y el modelo de equipo. Sin embargo, el monto es referencial para recuperar algún porcentaje de inversión en caso se opte por la venta de la misma en una determinada fecha y circunstancia.

PROYECTO OVERHAUL DE PALA ELÉCTRICA BUCYRUS 495 BII

DIAGRAMA DE GANTT

Id	Mo	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1		**PROYECTO OVERHAUL DE PALA ELÉCTRICA BUCYRUS 495 BII**	**65.25 días**	**lun 6/07/20**	**jue 10/09/20**
2		Inicio de proyecto.	0 días	lun 6/07/20	lun 6/07/20
3		Inducción y traslado de componentes.	7 días	lun 6/07/20	lun 13/07/20
4		Fin inducción y traslado de componentes.	0 días	lun 13/07/20	lun 13/07/20
5		**Inicio de tareas programadas de desmontaje y montaje.**	**49.5 días**	**mar 14/07/20**	**mié 2/09/20**
6		**DESMONTAJE DE COMPONENTES.**	**25.88 días**	**mar 14/07/20**	**sáb 8/08/20**
7		**Mecánico**	**25.88 días**	**mar 14/07/20**	**sáb 8/08/20**
8		Posicionar correctamente la pala.	3 horas	mar 14/07/20	mar 14/07/20
9		Desplazar el mango hasta el techo y soltar los pernos de la media polea de empuje.	2 horas	mar 14/07/20	mar 14/07/20
10		Posicionar el balde a 15° de la horizontal, colocar material dentro del balde.	2 horas	mar 14/07/20	mar 14/07/20
11		Retirar los cables de retracción, empuje y levante.	5 horas	mar 14/07/20	mar 14/07/20
12		Retirar la media polea de empuje y desconectar los pitch braces.	6 horas	mié 15/07/20	mié 15/07/20
13		Separar el conjunto mango y balde, desplazando la pala hacia el lado opuesto.	6 horas	mié 15/07/20	mié 15/07/20
14		Separar el mango del balde.	5 horas	jue 16/07/20	jue 16/07/20
15		Ubicar el mango de forma que no interfiera con el resto de tareas.	1 hora	jue 16/07/20	jue 16/07/20
16		Inspeccionar la media polea de empuje.	3 horas	jue 16/07/20	jue 16/07/20
17		Inspeccionar los pines de conexión del mango.	2 horas	jue 16/07/20	jue 16/07/20
18		Reubicar el balde para poder realizar trabajos de reparación.	2 horas	jue 16/07/20	jue 16/07/20
19		Retirar los padlocks.	2 horas	jue 16/07/20	jue 16/07/20
20		Retirar los link padlocks.	3 horas	jue 16/07/20	vie 17/07/20
21		Inspeccionar el balde.	4.5 horas	vie 17/07/20	vie 17/07/20
22		Desplazar la pala hacia atrás y girar 90° hacia el lado derecho.	2 horas	jue 16/07/20	jue 16/07/20
23		Desconectar mangueras de lubricación en la pluma.	2 horas	jue 16/07/20	jue 16/07/20
24		Retirar los cables de suspensión de los ecualizadores.	6 horas	jue 16/07/20	jue 16/07/20
25		Bajar la pluma sobre caballetes.	4 horas	jue 16/07/20	jue 16/07/20
26		Retirar la pluma desde sus alojamientos en el revolving frame.	8 horas	vie 17/07/20	vie 17/07/20
27		Desmontar el saddle block.	5 horas	vie 17/07/20	sáb 18/07/20
28		Retirar las bocinas del shipper shaft y del pie de pluma.	5 horas	sáb 18/07/20	sáb 18/07/20
29		Retirar las escaleras de acceso de la pluma para su reparación.	7 horas	sáb 18/07/20	dom 19/07/20
30		Inspeccionar la pluma.	9 horas	sáb 18/07/20	dom 19/07/20
31		Desplazar la pala hacia atrás hasta la posición de la estructura de izaje.	4 horas	vie 17/07/20	vie 17/07/20
32		Desajustar la tuerca inferior del pin central.	8 horas	sáb 18/07/20	sáb 18/07/20
33		Ubicar la estructura de izaje y conectar el sistema hidraúlico.	12 horas	sáb 18/07/20	dom 19/07/20
34		Retirar cubiertas del techo, plataformas A-frame, vigas, winches auxiliares.	8 horas	lun 20/07/20	lun 20/07/20
35		Retirar eje de acoplamiento entre motor y transmisión.	4 horas	lun 20/07/20	lun 20/07/20
36		Liberar anclaje de motor.	2 horas	mar 21/07/20	mar 21/07/20
37		Drenar el aceite de la transmisión de levante.	3 horas	mar 21/07/20	mar 21/07/20
38		Desmontar la transmisión de levante y posicionarla fuera de la pala.	7 horas	mar 21/07/20	mar 21/07/20
39		Reubicar motor de hoist fuera de la pala.	2 horas	mié 22/07/20	mié 22/07/20
40		Estrobar conjunto tambor-corona.	5 horas	mié 22/07/20	mié 22/07/20
41		Desacoplar las chumaceras del tambor de levante de los pedestales.	17 horas	mié 22/07/20	jue 23/07/20
42		Izar tambor-corona de levante y posicionarlo.	9 horas	vie 24/07/20	vie 24/07/20
43		Retirar la cubierta de anillos de control, desconectar y marcar mangueras de lubricación de swivel.	3 horas	vie 24/07/20	vie 24/07/20
44		Retirar swivel.	4 horas	sáb 25/07/20	sáb 25/07/20
45		Retirar tuerca y arandela del pin central.	8 horas	sáb 25/07/20	sáb 25/07/20
46		Acercar 4 "pinochos" (lado frontal y posterior de revolving frame)	3 horas	lun 20/07/20	lun 20/07/20
47		Izar el revolving frame con sistema de levante.	8 horas	dom 26/07/20	dom 26/07/20
48		Retirar el pin central y cortarlo.	32 horas	lun 27/07/20	mié 29/07/20
49		Retirar el asiento del operador.	2 horas	dom 19/07/20	dom 19/07/20
50		Limpiar alojamiento del pin central en el revolving frame.	4 horas	mié 29/07/20	mié 29/07/20
51		Desmontar la maquinaria de empuje.	9 horas	mié 29/07/20	jue 30/07/20
52		Retirar tambor de empuje.	4 horas	jue 30/07/20	jue 30/07/20
53		Inspeccionar los cajones de los ejes de giro.	3 horas	jue 30/07/20	jue 30/07/20
54		Inspeccionar la planitud entre las planchas base de la maquinaria de levante.	4 horas	vie 31/07/20	vie 31/07/20
55		Desacoplar motores de las transmisiones de propulsión.	4 horas	mié 29/07/20	mié 29/07/20

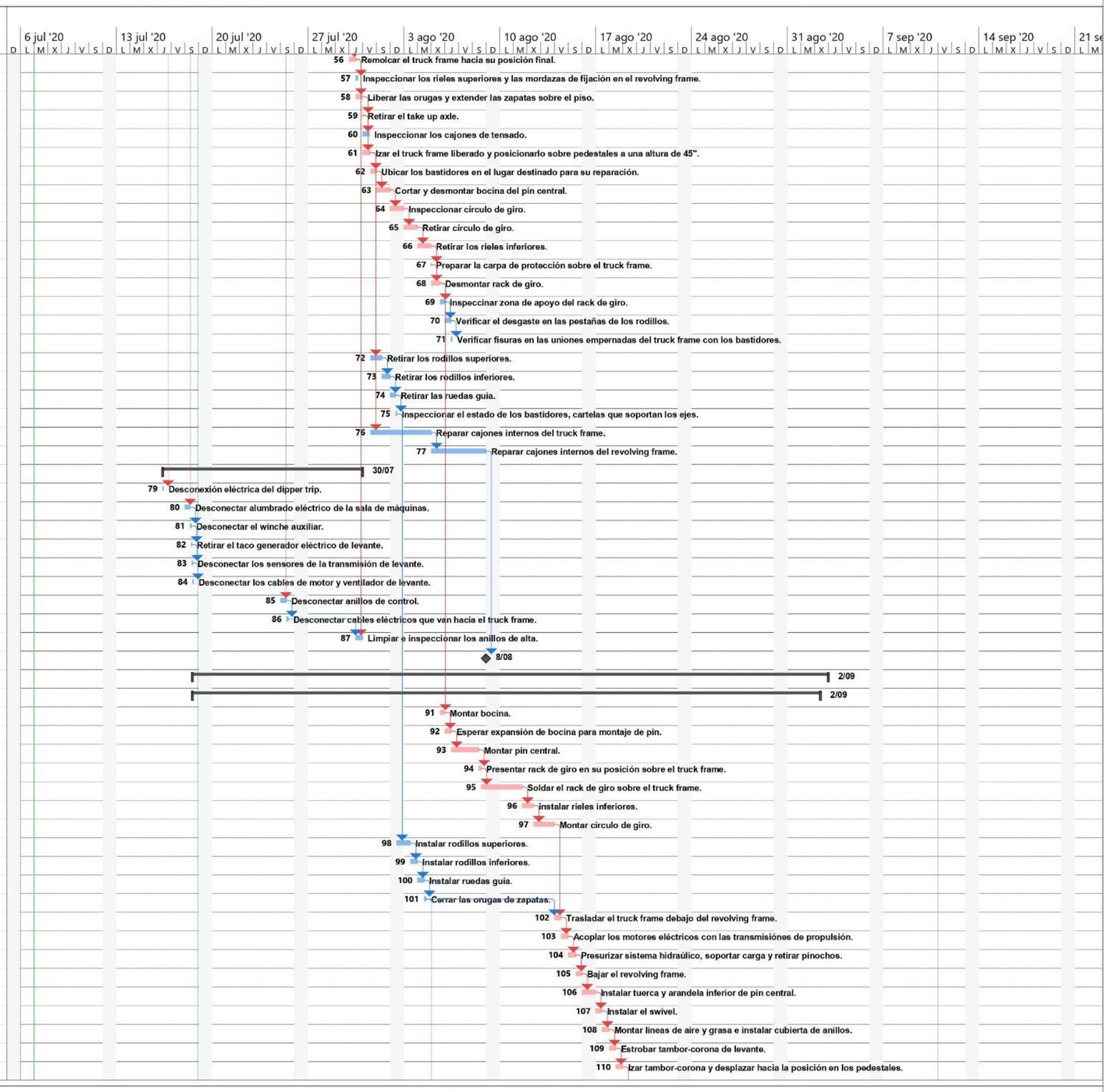


Tareas críticas
División crítica
Progreso de tarea crítica
Tarea
División
Progreso de tarea
Tarea manual
solo el comienzo
solo fin
solo duración
Línea base
División de la línea base
Hito de línea base
Hito
Progreso del resumen
Resumen
Resumen manual
Resumen del proyecto
Tareas externas
Hito externo
Tarea inactiva
Hito inactivo
Resumen inactivo
Fecha límite

PROYECTO OVERHAUL DE PALA ELÉCTRICA BUCYRUS 495 BII

DIAGRAMA DE GANTT

Id	Modo	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
56		Remolcar el truck frame hacia su posición final.	4 horas	jue 30/07/20	jue 30/07/20
57		Inspeccionar los rieles superiores y las mordazas de fijación en el revolving frame.	4 horas	jue 30/07/20	jue 30/07/20
58		Liberar las orugas y extender las zapatas sobre el piso.	5 horas	jue 30/07/20	jue 30/07/20
59		Retirar el take up axle.	3 horas	jue 30/07/20	jue 30/07/20
60		Inspeccionar los cajones de tensado.	4 horas	vie 31/07/20	vie 31/07/20
61		Izar el truck frame liberado y posicionarlo sobre pedestales a una altura de 45".	6 horas	vie 31/07/20	vie 31/07/20
62		Ubicar los bastidores en el lugar destinado para su reparación.	6 horas	vie 31/07/20	vie 31/07/20
63		Cortar y desmontar bocina del pin central.	10 horas	sáb 1/08/20	sáb 1/08/20
64		Inspeccionar círculo de giro.	10 horas	sáb 1/08/20	dom 2/08/20
65		Retirar círculo de giro.	12 horas	lun 3/08/20	lun 3/08/20
66		Retirar los rieles inferiores.	9 horas	mar 4/08/20	mar 4/08/20
67		Preparar la carpa de protección sobre el truck frame.	3 horas	mar 4/08/20	mar 4/08/20
68		Desmontar rack de giro.	8 horas	mié 5/08/20	mié 5/08/20
69		Inspeccinar zona de apoyo del rack de giro.	4 horas	mié 5/08/20	mié 5/08/20
70		Verificar el desgaste en las pestañas de los rodillos.	3 horas	jue 6/08/20	jue 6/08/20
71		Verificar fisuras en las uniones empernadas del truck frame con los bastidores.	2 horas	jue 6/08/20	jue 6/08/20
72		Retirar los rodillos superiores.	8 horas	vie 31/07/20	sáb 1/08/20
73		Retirar los rodillos inferiores.	8 horas	sáb 1/08/20	sáb 1/08/20
74		Retirar las ruedas guía.	4 horas	sáb 1/08/20	dom 2/08/20
75		Inspeccionar el estado de los bastidores, cartelas que soportan los ejes.	2 horas	dom 2/08/20	dom 2/08/20
76		Reparar cajones internos del truck frame.	48 horas	vie 31/07/20	mar 4/08/20
77		Reparar cajones internos del revolving frame.	48 horas	mar 4/08/20	sáb 8/08/20
78		**Eléctrico**	**14.38 días**	**jue 16/07/20**	**jue 30/07/20**
79		Desconexión eléctrica del dipper trip.	1 hora	jue 16/07/20	jue 16/07/20
80		Desconectar alumbrado eléctrico de la sala de máquinas.	2 horas	sáb 18/07/20	sáb 18/07/20
81		Desconectar el winche auxiliar.	2 horas	sáb 18/07/20	sáb 18/07/20
82		Retirar el taco generador eléctrico de levante.	1 hora	sáb 18/07/20	sáb 18/07/20
83		Desconectar los sensores de la transmisión de levante.	1 hora	sáb 18/07/20	sáb 18/07/20
84		Desconectar los cables de motor y ventilador de levante.	2 horas	sáb 18/07/20	sáb 18/07/20
85		Desconectar anillos de control.	3 horas	sáb 25/07/20	sáb 25/07/20
86		Desconectar cables eléctricos que van hacia el truck frame.	3 horas	sáb 25/07/20	sáb 25/07/20
87		Limpiar e inspeccionar los anillos de alta.	5 horas	jue 30/07/20	jue 30/07/20
88		Fin de desmontaje de componentes.	0 días	sáb 8/08/20	sáb 8/08/20
89		**MONTAJE DE COMPONENTES.**	**44.25 días**	**sáb 18/07/20**	**mié 2/09/20**
90		**Mecánico**	**43.5 días**	**sáb 18/07/20**	**mié 2/09/20**
91		Montar bocina.	4 horas	mié 5/08/20	mié 5/08/20
92		Esperar expansión de bocina para montaje de pin.	4 horas	jue 6/08/20	jue 6/08/20
93		Montar pin central.	24 horas	jue 6/08/20	sáb 8/08/20
94		Presentar rack de giro en su posición sobre el truck frame.	4 horas	sáb 8/08/20	sáb 8/08/20
95		Soldar el rack de giro sobre el truck frame.	32 horas	sáb 8/08/20	mar 11/08/20
96		instalar rieles inferiores.	8 horas	mar 11/08/20	mié 12/08/20
97		Montar círculo de giro.	20 horas	mié 12/08/20	jue 13/08/20
98		Instalar rodillos superiores.	8 horas	dom 2/08/20	lun 3/08/20
99		Instalar rodillos inferiores.	8 horas	lun 3/08/20	lun 3/08/20
100		Instalar ruedas guía.	4 horas	mar 4/08/20	mar 4/08/20
101		Cerrar las orugas de zapatas.	3 horas	mar 4/08/20	mar 4/08/20
102		Trasladar el truck frame debajo del revolving frame.	4 horas	vie 14/08/20	vie 14/08/20
103		Acoplar los motores eléctricos con las transmisiónes de propulsión.	8 horas	vie 14/08/20	vie 14/08/20
104		Presurizar sistema hidraúlico, soportar carga y retirar pinochos.	6 horas	sáb 15/08/20	sáb 15/08/20
105		Bajar el revolving frame.	6 horas	sáb 15/08/20	sáb 15/08/20
106		Instalar tuerca y arandela inferior de pin central.	8 horas	dom 16/08/20	dom 16/08/20
107		Instalar el swivel.	4 horas	lun 17/08/20	lun 17/08/20
108		Montar líneas de aire y grasa e instalar cubierta de anillos.	8 horas	lun 17/08/20	lun 17/08/20
109		Estrobar tambor-corona de levante.	4 horas	mar 18/08/20	mar 18/08/20
110		Izar tambor-corona y desplazar hacia la posición en los pedestales.	8 horas	mar 18/08/20	mar 18/08/20

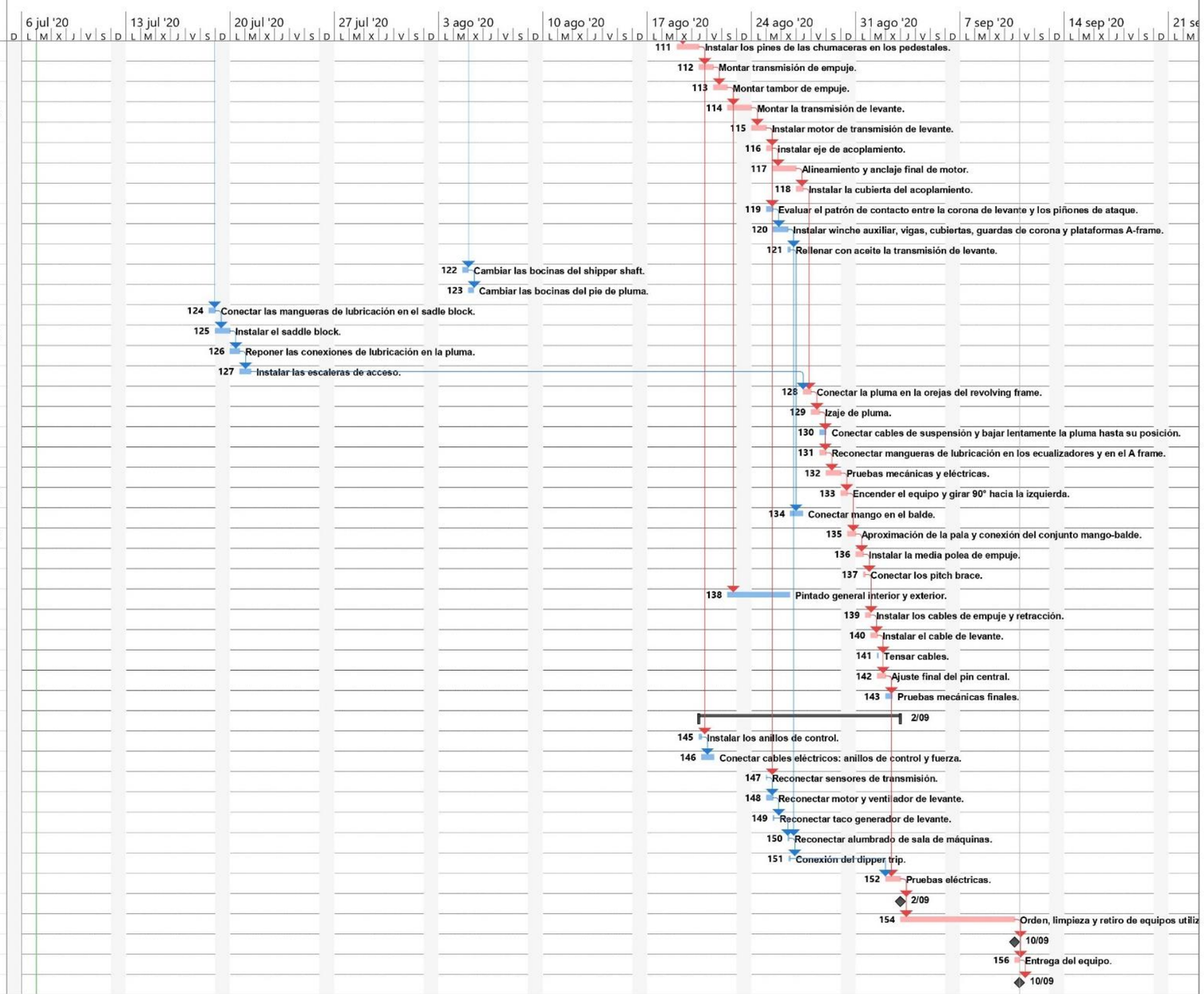


Tareas críticas
División crítica
Progreso de tarea crítica
Tarea
División
Progreso de tarea
Tarea manual
solo el comienzo
solo fin
solo duración
Línea base
División de la línea base
Hito de línea base
Hito
Progreso del resumen
Resumen
Resumen manual
Resumen del proyecto
Tareas externas
Hito externo
Tarea inactiva
Hito inactivo
Resumen inactivo
Fecha límite

PROYECTO OVERHAUL DE PALA ELÉCTRICA BUCYRUS 495 BII

DIAGRAMA DE GANTT

Id	Modo	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
111		Instalar los pines de las chumaceras en los pedestales.	16 horas	mié 19/08/20	jue 20/08/20
112		Montar transmisión de empuje.	11 horas	jue 20/08/20	vie 21/08/20
113		Montar tambor de empuje.	11 horas	vie 21/08/20	sáb 22/08/20
114		Montar la transmisión de levante.	18 horas	sáb 22/08/20	dom 23/08/20
115		Instalar motor de transmisión de levante.	10 horas	lun 24/08/20	lun 24/08/20
116		instalar eje de acoplamiento.	4 horas	lun 24/08/20	mar 25/08/20
117		Alineamiento y anclaje final de motor.	22 horas	mar 25/08/20	mié 26/08/20
118		Instalar la cubierta del acoplamiento.	4 horas	jue 27/08/20	jue 27/08/20
119		Evaluar el patrón de contacto entre la corona de levante y los piñones de ataque.	5 horas	lun 24/08/20	mar 25/08/20
120		Instalar winche auxiliar, vigas, cubiertas, guardas de corona y plataformas A-frame.	12 horas	mar 25/08/20	mié 26/08/20
121		Rellenar con aceite la transmisión de levante.	4 horas	mié 26/08/20	mié 26/08/20
122		Cambiar las bocinas del shipper shaft.	3 horas	mar 4/08/20	mar 4/08/20
123		Cambiar las bocinas del pie de pluma.	3 horas	mar 4/08/20	mié 5/08/20
124		Conectar las mangueras de lubricación en el sadle block.	6 horas	sáb 18/07/20	sáb 18/07/20
125		Instalar el saddle block.	8 horas	dom 19/07/20	dom 19/07/20
126		Reponer las conexiones de lubricación en la pluma.	8 horas	lun 20/07/20	lun 20/07/20
127		Instalar las escaleras de acceso.	6 horas	lun 20/07/20	mar 21/07/20
128		Conectar la pluma en la orejas del revolving frame.	8 horas	jue 27/08/20	jue 27/08/20
129		Izaje de pluma.	6 horas	vie 28/08/20	vie 28/08/20
130		Conectar cables de suspensión y bajar lentamente la pluma hasta su posición.	3 horas	vie 28/08/20	vie 28/08/20
131		Reconectar mangueras de lubricación en los ecualizadores y en el A frame.	6 horas	vie 28/08/20	vie 28/08/20
132		Pruebas mecánicas y eléctricas.	12 horas	sáb 29/08/20	sáb 29/08/20
133		Encender el equipo y girar 90° hacia la izquierda.	3 horas	dom 30/08/20	dom 30/08/20
134		Conectar mango en el balde.	8 horas	mié 26/08/20	jue 27/08/20
135		Aproximación de la pala y conexión del conjunto mango-balde.	5 horas	dom 30/08/20	dom 30/08/20
136		Instalar la media polea de empuje.	5 horas	lun 31/08/20	lun 31/08/20
137		Conectar los pitch brace.	3 horas	lun 31/08/20	lun 31/08/20
138		Pintado general interior y exterior.	48 horas	sáb 22/08/20	mié 26/08/20
139		Instalar los cables de empuje y retracción.	4 horas	lun 31/08/20	lun 31/08/20
140		Instalar el cable de levante.	3 horas	mar 1/09/20	mar 1/09/20
141		Tensar cables.	2 horas	mar 1/09/20	mar 1/09/20
142		Ajuste final del pin central.	8 horas	mar 1/09/20	mar 1/09/20
143		Pruebas mecánicas finales.	4 horas	mar 1/09/20	mié 2/09/20
144		**Eléctrico**	**13 días**	**jue 20/08/20**	**mié 2/09/20**
145		Instalar los anillos de control.	4 horas	jue 20/08/20	jue 20/08/20
146		Conectar cables eléctricos: anillos de control y fuerza.	8 horas	jue 20/08/20	vie 21/08/20
147		Reconectar sensores de transmisión.	2 horas	lun 24/08/20	lun 24/08/20
148		Reconectar motor y ventilador de levante.	3 horas	mar 25/08/20	mar 25/08/20
149		Reconectar taco generador de levante.	2 horas	mar 25/08/20	mar 25/08/20
150		Reconectar alumbrado de sala de máquinas.	2 horas	mié 26/08/20	mié 26/08/20
151		Conexión del dipper trip.	2 horas	mié 26/08/20	mié 26/08/20
152		Pruebas eléctricas.	13 horas	mar 1/09/20	mié 2/09/20
153		Fin de montaje de componentes.	0 días	mié 2/09/20	mié 2/09/20
154		Orden, limpieza y retiro de equipos utilizados.	55.5 horas	jue 3/09/20	jue 10/09/20
155		Fin de orden, limpieza y retiro de componentes.	0 días	jue 10/09/20	jue 10/09/20
156		Entrega del equipo.	0.5 horas	jue 10/09/20	jue 10/09/20
157		Fin del proyecto.	0 días	jue 10/09/20	jue 10/09/20



Tareas críticas	División	solo fin	Hito de línea base	Resumen manual	Tarea inactiva
División crítica	Progreso de tarea	solo duración	Hito	Resumen del proyecto	Hito inactivo
Progreso de tarea crítica	Tarea manual	Línea base	Progreso del resumen	Tareas externas	Resumen inactivo
Tarea	solo el comienzo	División de la línea base	Resumen	Hito externo	Fecha límite

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO (PETS) **OVERHAUL DE PALA ELÉCTRICA DE CABLES BUCYRUS 495 BII**			(LOGO DE EMPRESA MINERA)
ÁREA:	**Mantenimiento Mina**	**VERSIÓN N°:**	**01**
CÓDIGO:	**SupManMin-Pr01**	**PÁGINAS:**	**223**

ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**
Fecha de elaboración:	**Fecha de revisión última:**	**Fecha de aprobación:**

CONTENIDO

1. OBJETIVO

2. RESPONSABLES

3. REQUERIMIENTOS

3.1. REQUERIMIENTO DE PERSONAL

3.2. REQUERIMIENTO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

3.3. REQUERIMIENTO DE EQUIPOS / HERRAMIENTAS

3.4. REQUERIMIENTO DE CONSUMIBLES

4. PROCEDIMIENTO

4.1. CORDINACIÓN PARA EL INGRESO DE EQUIPO

4.2. POSICIONAMIENTO DEL EQUIPO

4.3. DESENERGIZACIÓN DEL EQUIPO

5. DESARROLLO

5.1. SEMANA 01

5.2. SEMANA 02

5.3. SEMANA 03

5.4. SEMANA 04

5.5. SEMANA 05

5.6. SEMANA 06

5.7. SEMANA 07

5.8. SEMANA 08

5.9. SEMANA 09

5.10. SEMANA 10

5.11. SEMANA 11

1. OBJETIVO

Indicar el procedimiento a realizar durante el mantenimiento 0 u Overhaul paso a paso de forma segura y eficiente en cuanto a tiempos.

2. RESPONSABLES

- 01 Supervisor Mecánico
- 01 Supervisor Eléctrico
- 01 Ingeniero de Seguridad
- 01 Planificador
- 01 Líder

3. REQUERIMIENTOS

3.1. Requerimiento de Personal

- 01 Supervisor Mecánico
- 01 Supervisor Eléctrico
- 01 Ingeniero de Seguridad
- 01 Planificador
- 01 Líder
- 03 Lubricadores
- 10 Electricistas
- 15 Mecánicos
- 14 Soldadores
- 02 Grueros
- 02 Riggers
- 01 Operador de Tráiler

3.2. Requerimiento de Equipos de Protección Personal

El planificador y líder deberán haber coordinado los EPP´s necesarios para las diversas actividades que implican el proyecto y no falten, debido a que es de alta prioridad la protección de cada uno de los integrantes que intervengan en el overhaul acorde a la actividad que realicen. Por otra parte, es tarea importante que todos cuiden de todos, informando a los compañeros cuando no estén utilizando correctamente los EPP´s.

3.3. Requerimiento de Equipos / Herramientas

- Grúa de 45 Tn (para actividades específicas)
- Grúa de 60 Tn (para actividades específicas)
- Grúa de 90 Tn
- Grúa de 200 Tn (para actividades específicas)
- Grúa de 300 Tn
- Equipo auxiliar (tractor de orugas o ruedas dependiendo de la actividad)
- Cargador Frontal 992k
- Montacargas
- Synchrolift

3.4. Requerimiento de Consumibles

El planificador y líder deberán haber coordinado los consumibles necesarios para las diversas actividades que implican el proyecto y no falte en ninguna tarea para evitar retrasos de tiempo.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. Coordinación Para el Ingreso de Equipo

El operador de la pala deberá comunicarse con los supervisores de operaciones y mantenimiento para desplazar la pala de su ubicación en el tajo a la posición donde el mantenimiento será llevado a cabo.

4.2. Posicionamiento del Equipo

Desplazar la pala a la ubicación designada por el área de operaciones tomando todas las medidas de seguridad, solicitando los permisos adecuados y velando por los recursos necesarios para efectuar la actividad.

4.3. Desenergización del Equipo

El equipo de electricistas y supervisores asignados para esta tarea deberán bloquear y desenergizar el equipo y los tableros, cumpliendo con llenar los documentos requeridos por el área de mantenimiento y seguridad.

5. DESARROLLO

5.1. *SEMANA 01*

5.1.1. Llegada del equipo a la zona de trabajo

Una vez que la pala ha llegado a la zona de Overhaul, se la posiciona cerca del lugar designado para el desmontaje.

Figura 42

Llegada del equipo a la zona designada de overhaul

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Se debe solicitar un camión cisterna para realizar la limpieza de los bastidores y de las tapas laterales, esto va a facilitar el desmontaje posterior. Desenergizar el equipo antes de proceder con el lavado.

Figura 43

Camión cisterna suministrando agua para limpieza de cubierta

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Previamente en la zona designada para el desmontaje se deben haber colocado planchas metálicas de 2” de espesor sobre las zapatas de concreto construidas bajo la supervisión del departamento de ingeniería.

Figura 44

Personal de soldadura en instalación de planchas de acero sobre zapatas de concreto

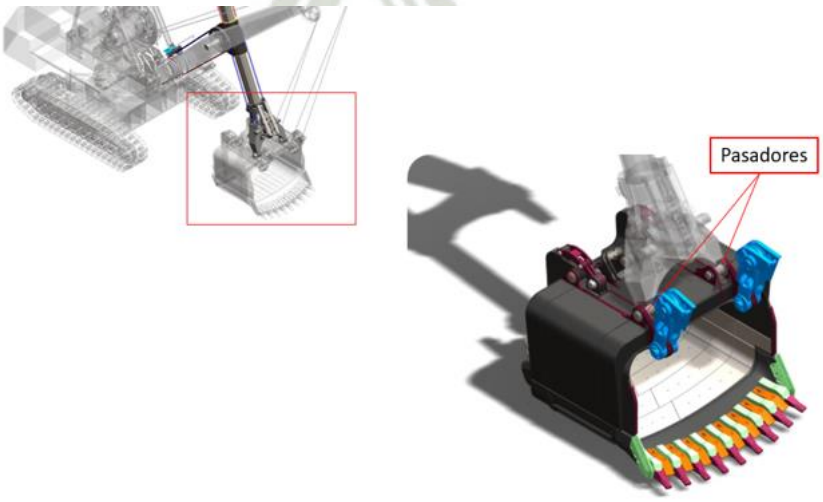
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

5.1.2. Desconexión de tirantes de inclinación (Pitch braces)

El balde está fijo al mango o dipper handle en 2 posiciones. La primera es mediante 2 pasadores por el lado de la abertura del balde, esto se muestra en la siguiente imagen.

Figura 45

Ubicación de pasadores entre el balde y el mango



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Y por el lado posterior (lado de la compuerta) se encuentran los tirantes de inclinación.

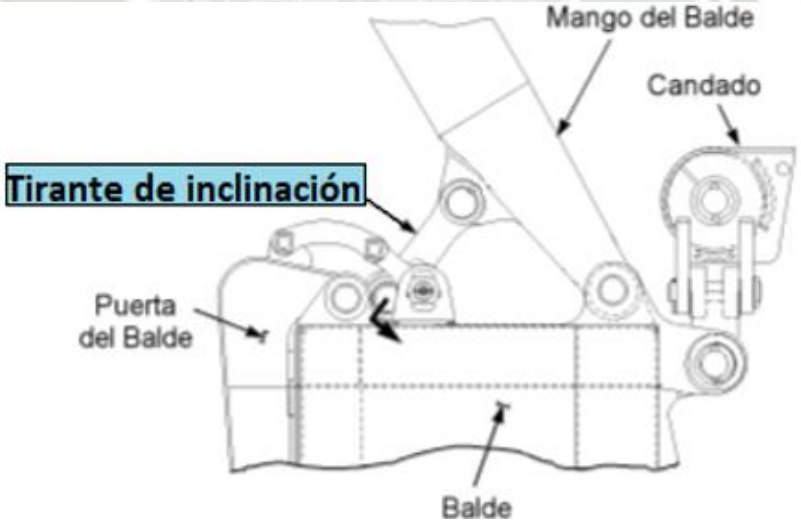
Figura 46

Balde de pala Bucyrus 495HR, similar al balde del modelo 495BII.

Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Figura 5.b

Diagrama de las partes del balde



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

Los tirantes de inclinación están conectados mediante 2 pasadores al mango, con el apoyo de un técnico soldador cortar los seguros y soldar orejas en estos para realizar el desmontaje.

Figura 47

Desmontaje de pasadores superiores en el tirante de inclinación

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Una vez que se han removido los pasadores, con ayuda del operador retroceder en línea recta la pala para colocar el cucharón con la abertura del balde apuntando al cielo. Esta maniobra es necesaria para posteriormente desmontar el mango de la pluma.

Figura 48

Abertura del balde apuntando en dirección vertical

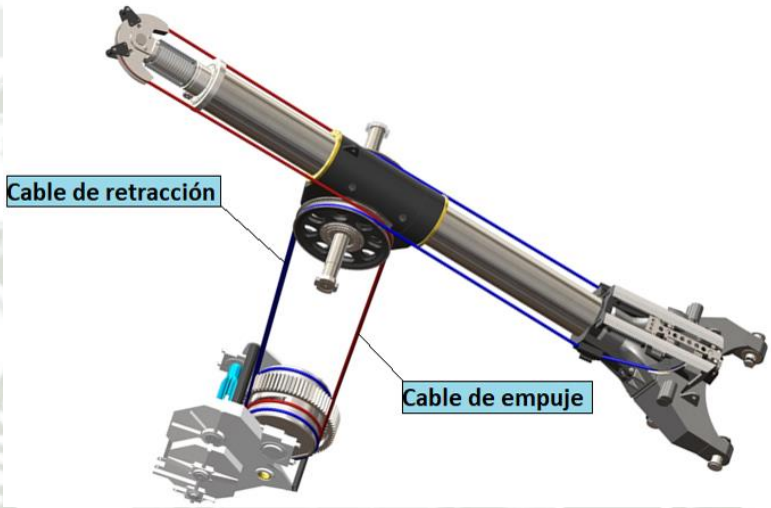
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

5.1.3. Retiro de cable de empuje

En la siguiente imagen se aprecia el cable de empuje y de retracción, ambos son parte del sistema de empuje o crowd.

Figura 49

Disposición del cable de empuje y retracción



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Para poder desmontar el cable de empuje debe seguirse los siguientes pasos:

1. Poner el mango del balde horizontal y retraerlo hasta que el mecanismo de empuje quede cerca de la unidad hidráulica sobre el techo de la sala de la maquinaria.

Figura 50

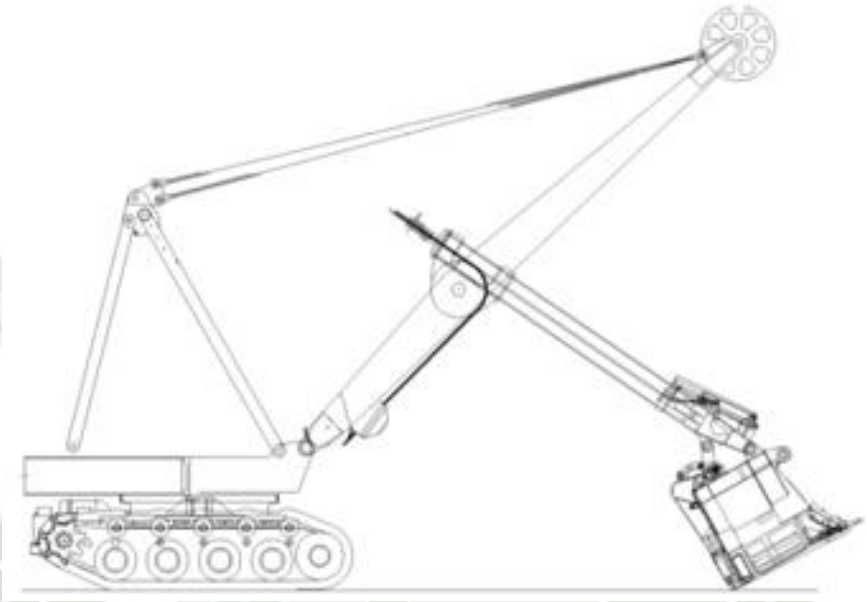
Destemplado del cable de empuje

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. Usar la unidad hidráulica para retraer el mecanismo de tensión del cable de empuje.
3. Bajar el balde cuidadosamente hasta que el talón del balde quede descansando en el piso como se muestra en la siguiente figura.

Figura 51

Ubicación del balde en el piso



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

4. Desconexión de los límites del cucharón por parte del técnico electricista.
5. Bajar las botas o padlocks del cable de izar.

Figura 52

Ubicación del candado en el balde

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

6. Bajar la plataforma con ayuda del camión grúa.

Figura 53

Plataforma bajo la maquinaria de empuje

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

7. Destensar el cable de retracción y desconectarlos del tambor con ayuda de los winches de la pala, amarrarlos con tecles de 1-1/2” uno a cada lado.
8. Desenrollar el cable de empuje con ayuda del operador y camión grúa
9. Sacar los ferrules del cable de empuje de los casquillos y bajar el cable con ayuda de los 02 winches y el camión grúa.
10. Usar el equipo de arrastre para remover el cable del suelo.

5.1.4. Retiro del cable de retracción

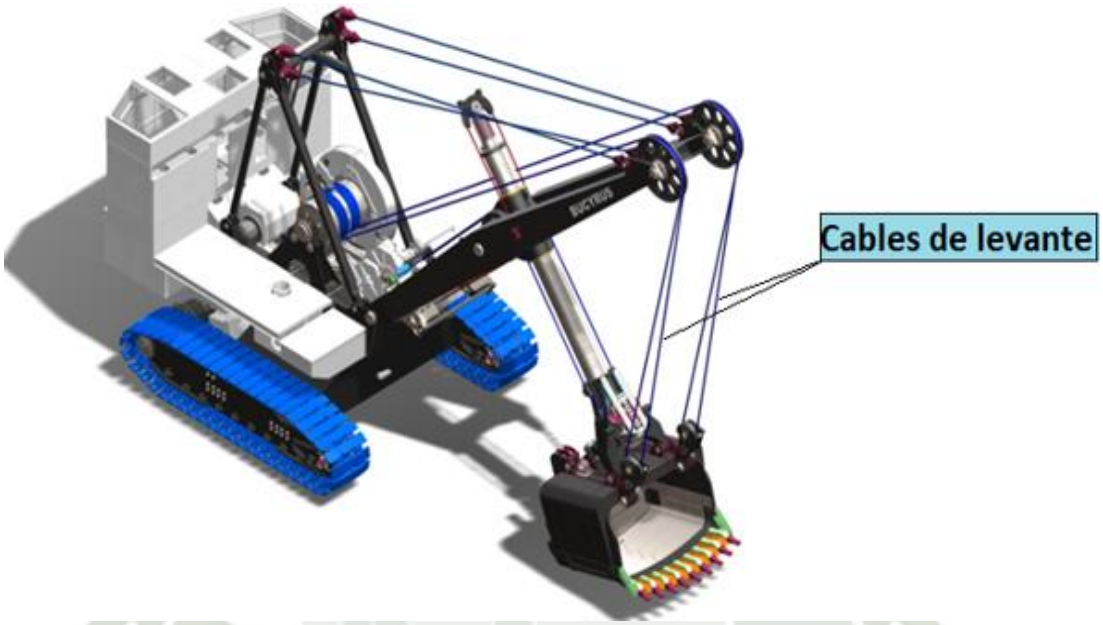
1. Asignar un equipo de radio al operador del winche auxiliar y otra radio para el líder de la maniobra para mantener la comunicación en ambos frentes.
2. Sacar los ferrules del cable de retracción de su alojamiento del tambor con ayuda de los winches auxiliares.
3. Enrollar una vuelta el cable al tambor con ayuda de los winches de tal manera que quede libre.
4. Retirar el seguro de las lainas de retracción.
5. Retirar los seguros de los costados encima de la media luna del cucharón (quesos).
6. Retirar los seguros cónicos de la media luna.
7. Jalar el cable con el camión grúa y equipo auxiliar hasta que las puntas sobrepasen ligeramente el tambor, conectar los winches a las puntas de los cables. Usar 02 grilletes de 5/8” para esta maniobra.
8. Comenzar a jalar el cable con el equipo auxiliar al mismo tiempo que el operador de la pala deberá ir soltando el cable girando el tambor hasta llegar al piso (delante del cucharón)
9. Desconectar los cables de los winches de los cables de retracción (cuando estén en el piso).
10. Colocar con el equipo auxiliar los cables salientes en un costado.

5.1.5. Retiro del cable de izar o levante

La pala tiene 02 cables de levante, en la siguiente imagen se aprecian estos.

Figura 54

Ubicación de cables de levante

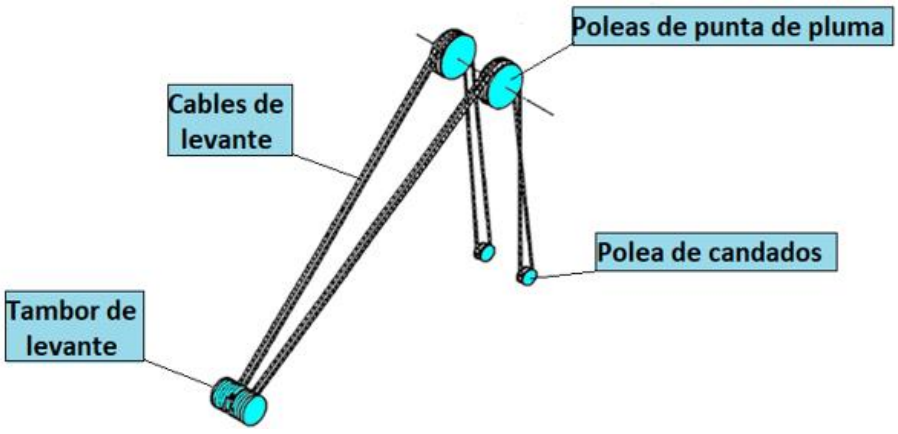


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

La ruta de los cables de levante es como se muestra en la siguiente figura.

Figura 55

Disposición de los cables de levante



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Para desmontar los cables de levante debe seguir los siguientes pasos:

1. Mantener el cucharón firmemente en el piso de la actividad anterior.
2. Mantener los límites del cucharón desconectados de la actividad anterior.
3. Colocar un estrobo de 5/8” o una eslinga de largo suficientemente grande entre los cables de izar y conectarlo al pin de la parte trasera del equipo auxiliar.
4. Comenzar a jalar el cable con el equipo auxiliar al mismo tiempo que el operador de la pala deberá ir soltando el cable girando el tambor de izar en reversa hasta llegar a la posición para poder desconectar los cables del tambor de izar.

Figura 56

Retiro de los cables de levante con apoyo del tractor TRC-836

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5. Retirar los dos terminales (ferrules) del alojamiento en el tambor de izar y asegúrelos con tecles.

Figura 57

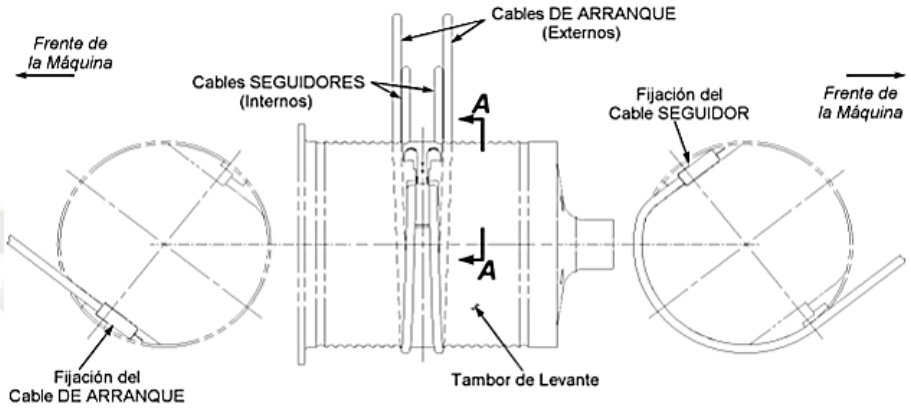
Ubicación de ferrules en el tambor de levante

Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

6. Jalar el cable con el equipo auxiliar y al mismo tiempo el operador deberá ir soltando el cable girando el tambor nuevamente hasta llegar a la posición opuesta (180º giro del tambor de izar) en donde también están los alojamientos de los ferrules de los cables de levante. Esto se aprecia mejor en la siguiente imagen.

Figura 58

Ubicación de los ferrules del cable de levante en el tambor de levante



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

7. Retirar los 2 terminales restantes (ferrules) del alojamiento en el tambor de izar.
8. Apagar la pala y coordinar con Operaciones y el técnico electricista para ejecutar el procedimiento de bloqueo y etiquetado del sistema de arranque de la pala.
9. Unir los 02 extremos del cable del lado izquierdo y conectarlos al winche del lazo izquierdo. De igual forma unir los 02 extremos del cable del lado derecho y conectarlos al winche del lado derecho, se vuelve a jalar con el equipo auxiliar a su vez que se va soltando los 02 winches, el cable del winche debe estar conectado directamente al cable que pasa por el canal exterior de las poleas punta pluma.

Figura 59

Winches conectados a los extremos de los cables de izar

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

10. Desconectar los winches de los cables de izar cuando estén en el suelo.

Figura 60

Cables de izar desmontados al nivel del suelo

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

11. Cortar los cables con equipo de oxicorte por parte del soldador. Este paso facilita la remoción del cable de izar, de otra forma tendría el equipo auxiliar que recorrer una distancia larga para terminar de remover los cables de izar de los candados.

Figura 61

Soldador cortando los cables de izar

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

12. Colocar con el equipo auxiliar los cables salientes en un costado.

5.1.6. Montaje de rieles laterales guiadores para las orugas

Con apoyo de los soldadores, se procede a soldar planchas laterales para crear un riel que facilite el traslado y posteriormente el montaje de las orugas en ambos lados (RH y LH).

Figura 62

Riel guía para oruga

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2017).

También soldar un tope en la parte en la parte de los motores de tracción.

Figura 63

Tope trasero para fijar la ubicación exacta de la estructura de transporte

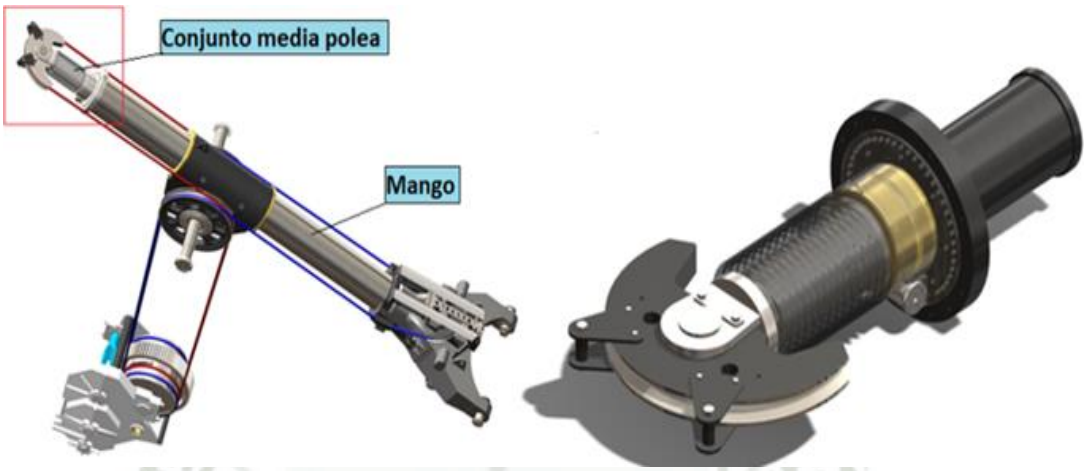
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2017).

5.1.7. Desmontaje del mango

Se muestra la ubicación de estos componentes en la siguiente imagen.

Figura 64

Ubicación de conjunto de media polea en el mango



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Para remover el dipper handle o mango, primero debe desmontarse el conjunto de media polea.

1. En este punto es necesario que los cables de empuje y retracción hayan sido desmontados.
2. Con el apoyo de una grúa de 200 toneladas soportar el conjunto de media polea, tanto desde la media polea como desde la guía del tensor.
3. Remover los 48 pernos de ¾'' que fijan el alojamiento del engranaje sin fin y guía del tensor al mango.

Figura 65

Técnicos mecánicos retirando los pernos entre el conjunto de media polea y el mango

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

4. Con los pernos mencionados ya removidos, deslizar cuidadosamente el mecanismo tensor fuera del mango y luego sáquelo afuera del mango y colocarlo sobre un soporte de madera.

Figura 66

Izaje y ubicación del conjunto de media polea sobre bases de madera

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5. Asegurar una grúa al mango del balde entre el bloque de caballete y el balde. La grúa de 200 Ton soportará sin inconvenientes el extremo libre del mango. Se debe asegurar adicionalmente para evitar que el cable de la grúa se deslice afuera del extremo del balde del mango como se observa en la imagen.

Figura 67

Maniobra con grúa de 200 Ton para el desmontaje de mango

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

6. Soportar el bloque de caballete para prevenir que rote en cualquier dirección cuando el mango haya sido removido.
7. Mientras el mango es soportado por la grúa, dirija lentamente la máquina hacia atrás en línea recta. El mango del balde se deslizará desde el bloque de caballete.

8. Colocar lentamente el mango sobre el suelo.

Figura 68

Ubicación del mango en el suelo

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.1.8. Retiro de cables de suspensión y bajada de pluma

Con los cables y el mango desmontado, se procede a mover la pala sobre las planchas metálicas de 2".

Figura 69

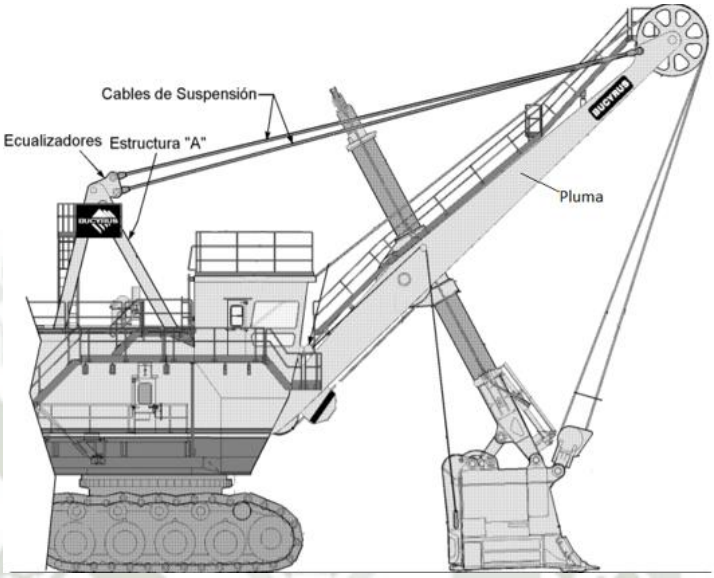
Posición de pala sobre planchas metálicas de 2"

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Se observa en la siguiente imagen que la pluma está únicamente soportada por los cables de suspensión mediante 4 pasadores (2 a cada lado) a los ecualizadores de la estructura "A".

Figura 70

Ubicación de los cables de suspensión

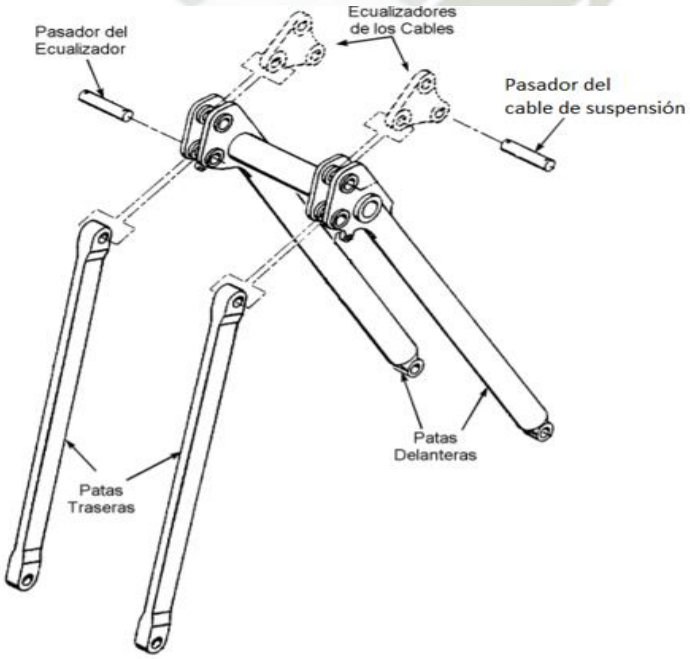


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

Para desmontar la pluma, es necesario remover 4 pasadores que sujetan los cables de suspensión a los ecualizadores, se muestran en la siguiente imagen.

Figura 71

Vista en explosión de los componentes de la estructura "A"



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

1. Colocar eslingas en las orejas de izaje cerca de la punta de pluma. Con la grúa de 200 toneladas levantar la pluma para destensar los cables de suspensión.

Figura 72

Grúa soportando la pluma mediante eslingas en la punta

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

2. Se procede a cortar los seguros de los 4 pines ecualizadores que sujetan los cables de suspensión.

Figura 73

Soldador cortando el seguro del pasador en el ecualizador

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

3. Se utiliza una grúa de 90 toneladas para levantar un extremo del cable de suspensión, con el fin de asegurar su retiro y que tenga juego radial.

Figura 74

Grúa soportando el extremo del cable de suspensión para facilitar el desmontaje del pasador

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

4. Se retira los pines del cable de suspensión, para esto se utiliza una grúa de 45 toneladas para sostener los pines.

Figura 75

Grúa de 200 Ton soportando la pluma, grúa de 90 Ton soportando el cable de suspensión y grúa de 45 Ton para el retiro e izaje del pasador

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5. Mientras se va realizando las actividades anteriores, con la ayuda de un montacarga traer y posicionar los soportes sobre los cuales la pluma descansará.

Figura 76

Ubicación de soportes sobre los cuales descansa la pluma

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

6. Utilizar la grúa de 90 y 45 toneladas para sostener los cables de suspensión en el extremo donde fueron separados con los pines del ecualizador y colocarlos en el suelo.
7. Cuidadosamente colocar la pluma sobre los soportes con la grúa de 200 toneladas.

Figura 77

Grúa soportando y bajando la pluma en una pala P&H. Este punto del procedimiento es similar en palas Bucyrus.

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2017).

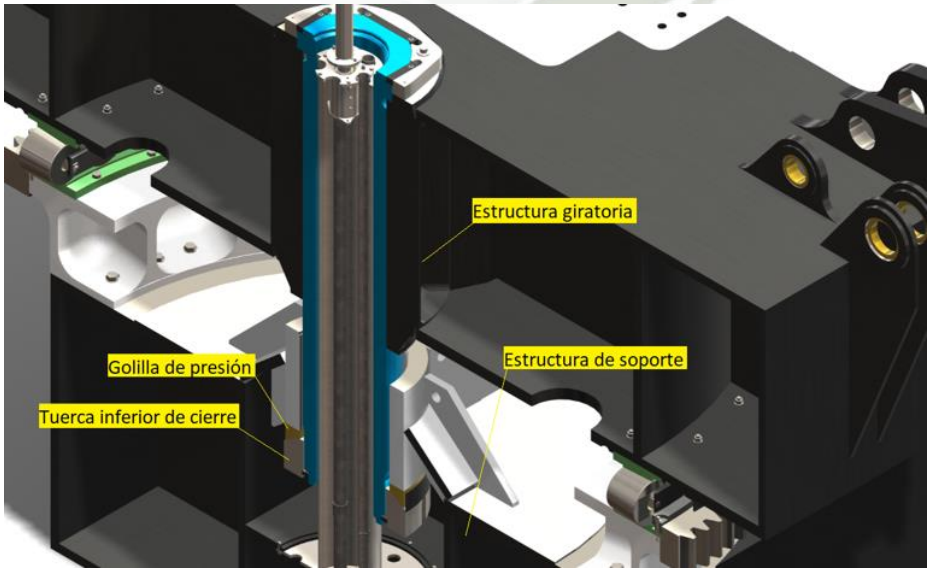
8. Finalmente remover los pines de los cables de suspensión en el lado punta de pluma y desmontar los cables de suspensión.

5.1.9. Retiro de tuerca de pin central

La zona en donde se encuentra la tuerca del pin central debe limpiarse de la grasa acumulada antes de proceder a desmontar la tuerca. Como se observa en la siguiente imagen, la parte inferior está compuesta principalmente de la golilla de presión, y la tuerca inferior de cierre.

Figura 78

Vista en corte de la plataforma giratoria, pin central y estructura de transporte de pala Bucyrus 495HR, similar al modelo 495BII.



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Se deben retirar los seguros de la tuerca inferior de cierre para poder desmontar el pin central. Para esta actividad es necesario emplear 2 gatas hidráulicas que aplicarán la fuerza necesaria para desajustar la tuerca.

Para ingresar a esta zona es necesario desmontar la tapa inferior en la estructura de transporte. Se requiere a técnicos soldadores para realizar esta actividad.

Figura 79

Soldador retirando la tapa inferior para ingresar a la tuerca del pin central

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

5.1.10. Desconexión de pluma respecto de la plataforma giratoria (revolving frame)

Para el retiro de la pluma, se deben remover primero los pasadores en el pie de pluma.

1. Con la grúa de 300 toneladas se sostiene la pluma en el lado polea y con las grúas de 200 y 90 toneladas en el lado pie de pluma.

Figura 80

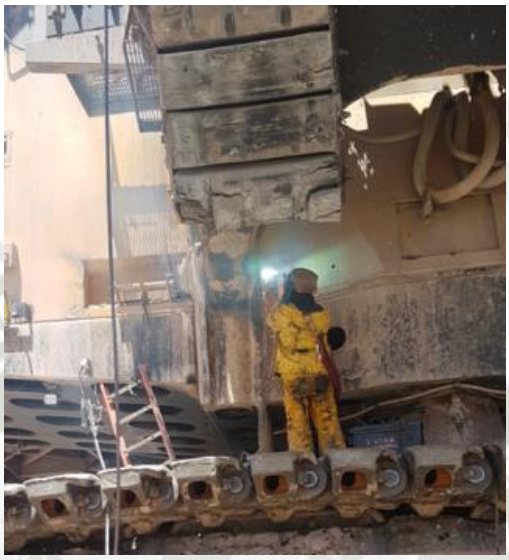
Bajada de pluma en pala P&H. Este procedimiento es similar en palas Bucyrus.

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2017).

2. Con el apoyo de los soldadores, se procede a cortar los seguros de los 2 pasadores y soldar una oreja de anclaje en el pasador para su respectiva extracción.

Figura 81

Soldador cortando el seguro en el pasador del pie de pluma



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2017).

3. Utilizar un equipo auxiliar y estrobos sujetados en las orejas de izaje soldadas en los pasadores para su extracción.

Figura 82

Grúa ejerciendo fuerza axial para retirar el pasador del pie de pluma

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

4. Puede ser el caso de que los pasadores presenten interferencia al momento de removerlos, de ser el caso usar gatas hidráulicas de 100 toneladas. Para ello se debe soldar 2 bases semicirculares como se muestra en la imagen.

Figura 83

Uso de gatas hidráulicas de 100 Ton para el retiro del pasador del pie de pluma

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

5. Una vez extraídos los pasadores en el pie de pluma, cuidadosamente colocar la pluma sobre los soportes previamente puestos debajo de la pluma.

Figura 84

Montaje de pluma sobre soportes

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

5.1.11. Desconexión eléctrica de transformadores principales y auxiliares

Esta actividad se lleva a cabo por parte del personal eléctrico.

5.1.12. Desconexión eléctrica de componentes en la sala de máquinas

Esta actividad se lleva a cabo por parte del personal eléctrico y se debe desconectar el CVT, MCC y el gabinete de control de potencia.

5.1.13. Desconexión de anillos de baja tensión

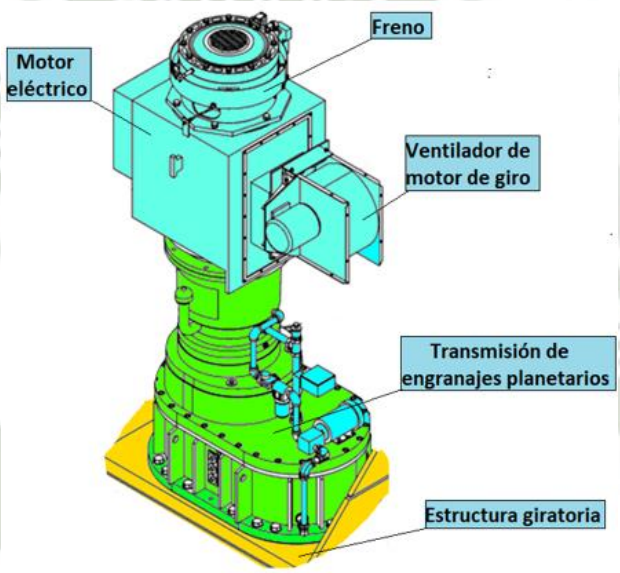
Esta actividad se lleva a cabo por parte del personal eléctrico.

5.1.14. Desmontaje de motores de giro

La maquinaria de giro la apreciamos en la siguiente imagen.

Figura 85

Maquinaria de giro. La maquinaria del lado derecho e izquierdo son completamente iguales



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

Para realizar el desmontaje del motor de giro, es necesario que previamente:

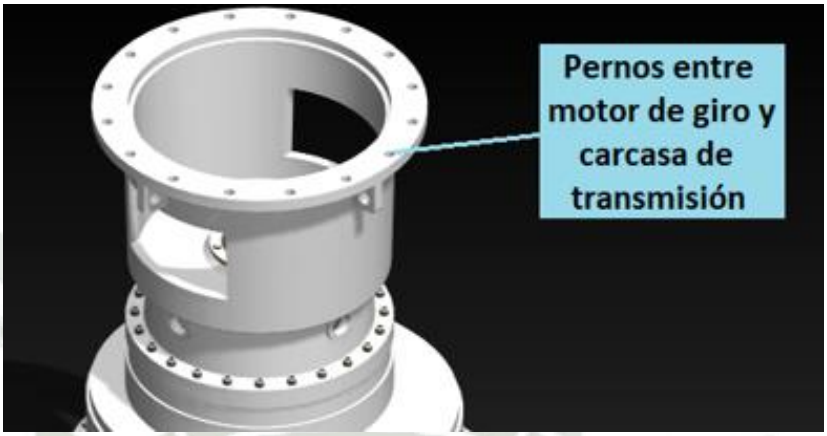
1. Se haya realizado la desconexión del motor con la respectiva rotulación de los cables por parte del técnico electricista.
2. Se hayan removido los paneles de techo, al menos, en el área de la transmisión de giro izquierdo.
3. Si se desea, el motor de giro y freno pueden removerse como una unidad.

Posteriormente, seguir lo siguiente:

1. Remover el ventilador del motor de giro.
2. Quitar los pernos que mantienen juntas las unidades del acoplamiento de accionamiento del motor.
3. Fijar una eslinga al motor eléctrico de giro y fijarla a la pasteca de la grúa de 45 toneladas.
4. Sacar los pernos que aseguran el motor a la carcasa de la caja de engranajes planetarios.

Figura 86

Agujeros para pernos entre motor eléctrico de giro y transmisión de giro

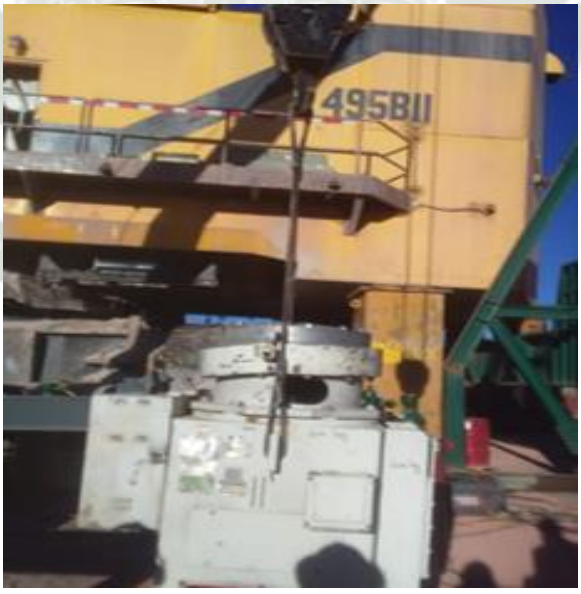


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

5. Quitar el motor desde la caja de engranajes planetarios y almacenarlo en un lugar seco si va a ser reinstalado. El peso es aproximadamente 3600 libras.

Figura 87

Ubicación del motor eléctrico de giro en el suelo



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

6. Realizar esta actividad para el motor de giro izquierdo y derecho.

5.1.15. Desmontaje de transmisión de giro

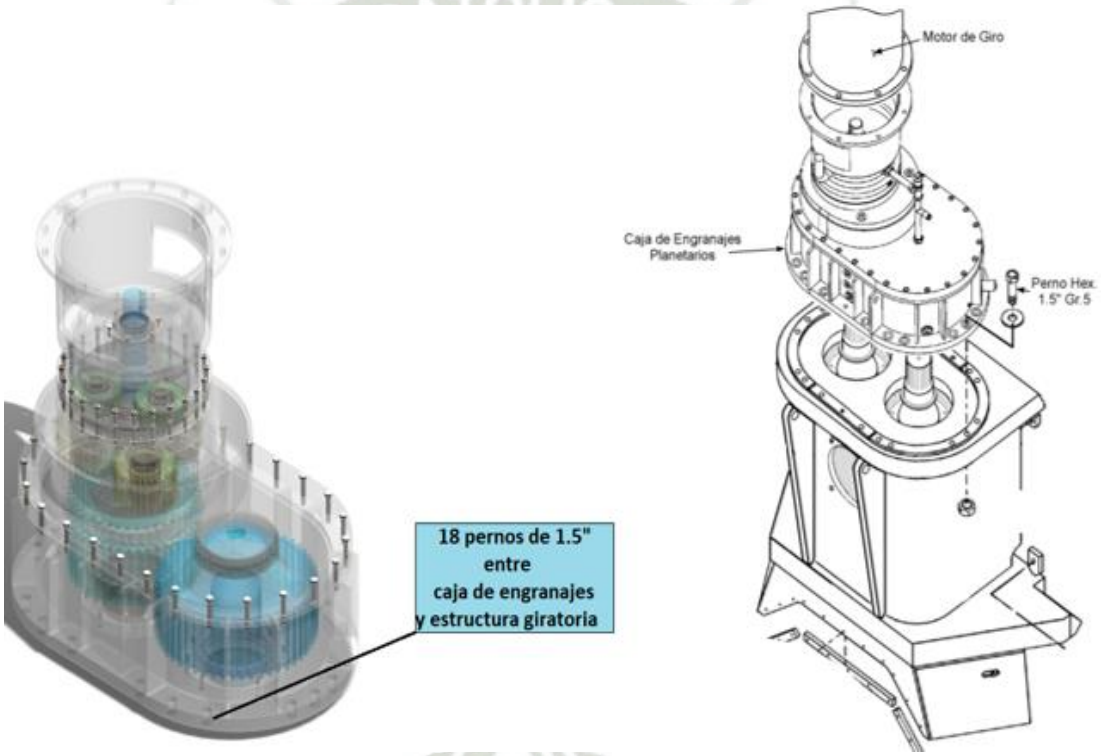
Para realizar el desmontaje de la transmisión, se debe haber realizado previamente el retiro de motor de giro con su respectivo freno.

Seguir los siguientes pasos:

1. Remover los 18 pernos de 1.5'', tuercas y golillas de cierre que fijan la caja de engranaje al soporte en la estructura giratoria.

Figura 88

Transmisión de giro



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

2. Fijar una eslinga a la transmisión y con el apoyo de una grúa remover la transmisión.
3. Realizar esta actividad para la transmisión de giro izquierda y derecha.

5.1.16. Montaje de estructura del sistema Syncrolift

Para poder retirar las orugas es necesario levantar la plataforma giratoria, esto se logra mediante el Syncrolift. Con la grúa mover la viga delantera de la estructura Syncrolift en posición para montarla.

Figura 89

Posicionamiento de viga de la estructura del sistema syncrolift

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

La parte delantera de la estructura del Syncrolift soporta el peso de la estructura giratoria mediante 2 puntos de apoyo, uno en la parte del pie de pluma y otro por debajo de la plataforma giratoria.

En el lado inferior de la parte delantera soldar con un técnico soldador unas orejas por las cuales se introducirá pasadores.

Figura 90

Ubicación de los puntos de apoyo de la estructura syncrolift en la parte delantera y soldador fijando el pasador entre el tijeral y la parte inferior de la plataforma giratoria

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

En la parte superior, colocar pasadores entre los alojamientos del pie de pluma y el tijeral.

Figura 91

Parte delantera del sistema syncrolift instalada

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

En la siguiente imagen se observa la viga que soportará el peso de la plataforma giratoria en el lado posterior.

Figura 92

Viga posterior de la estructura del sistema Syncrolift

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Con apoyo de un montacargas se procede a llevar las estructuras del Syncrolift a la parte posterior de la pala (opuesto al lado de la pluma).

Figura 93

Instalación de la viga posterior de la estructura del sistema Syncrolift

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.1.17. Desconexión del sistema contraincendios

Se debe solicitar el apoyo del personal encargado de los sistemas contra incendios para el debido desmontaje. Esta actividad no debe realizarse por los técnicos mecánicos.

Figura 94

Personal contratista realizando el desmontaje de las líneas del sistema contraincendios

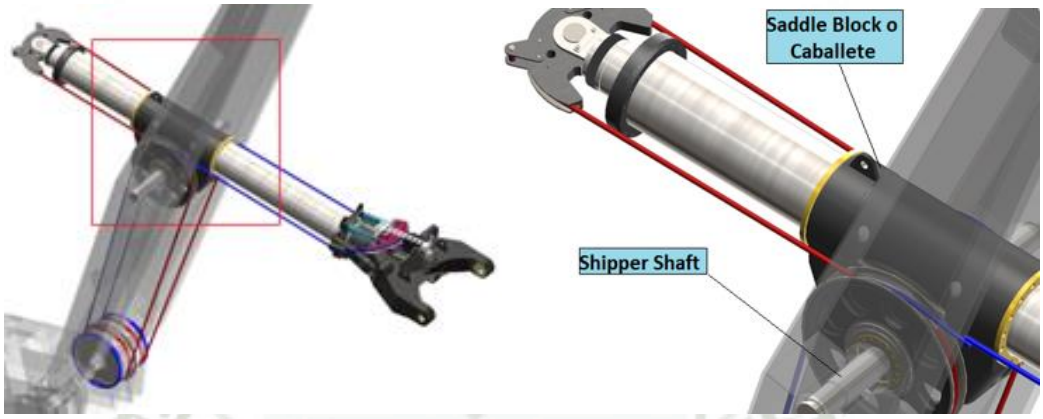
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.1.18. Desmontaje del caballete (saddle block) y shipper shaft

Para esta maniobra la pluma ya se encuentra sobre los bloques de soportes. En la siguiente imagen se aprecia la ubicación del caballete en la pluma.

Figura 95

Ubicación de caballete y eje de carga (shipper shaft) en la pluma



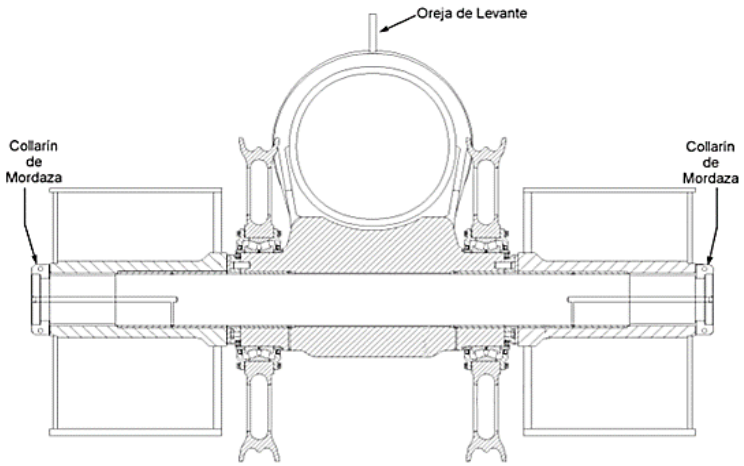
Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Para desmontar el caballete deben seguirse los siguientes pasos:

1. Remover las líneas de lubricación hacia el bloque de caballete.
2. Con la grúa de 200 toneladas fijar una eslinga al bloque de caballete.
3. Quitar los collarines de mordaza del eje de carga (shipper shaft) a ambos lados y deslizarlo hacia cualquier lado para removerlo desde el bloque de caballete y la pluma.

Figura 96

Vista en sección del caballete y eje de carga



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

4. Fijar otra eslinga entre el shipper shaft y una grúa adicional para sostener el peso de este. Amarrar un estrobo al extremo del lado del shipper shaft (del lado que se va a jalar) y sujetarlo a un equipo auxiliar para que ejerza la fuerza necesaria para removerlo.

Figura 97

Desmontaje de eje de carga o shipper shaft

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

5. Bajar el bloque de caballete hasta el suelo.

Figura 98

Desmontaje de caballete y eje de carga

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.1.19. Desmontaje de poleas de punta de pluma

Esta máquina usa 2 conjuntos de poleas de punta de pluma para redireccionar los cables de levante desde los candados del balde al tambor de izar.

Figura 99

Ubicación de las poleas del cable de levante en la pluma

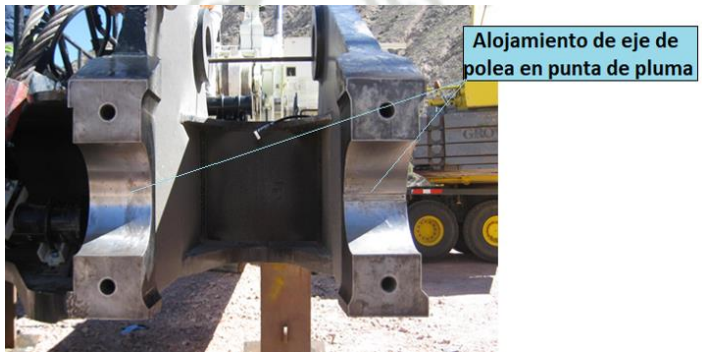
Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Se debe remover 1 conjunto de polea a la vez. Para remover los conjuntos aplicar lo siguiente:

1. Desconectar las líneas de lubricación en las poleas de punta de pluma.
2. Fijar una eslinga a la polea de punta de pluma y usar una grúa apropiada para soportar el peso.
3. Fijar una eslinga a las tapas de punta de pluma y usar una grúa apropiada para soportar el peso de las tapas.
4. Remover los 2 pernos por lado de 1.5” que aseguran el eje de la polea a la pluma. Realizar esto para las 2 poleas.

Figura 100

Alojamiento de eje de polea de punta de pluma



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

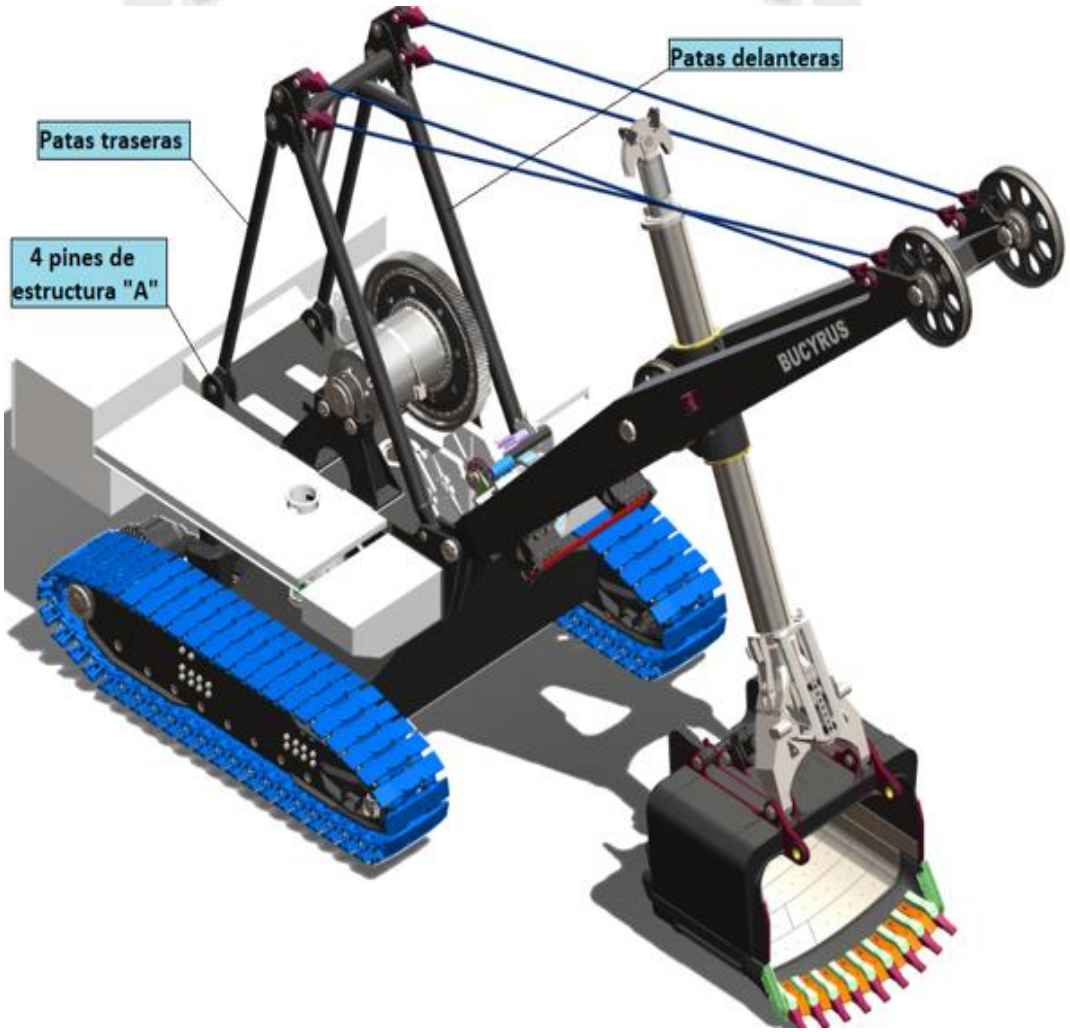
5. Levantar el conjunto de la polea y colocarlo en el piso.

5.1.20. Desmontaje de estructura tipo “A”

Para realizar esta actividad, los cables de suspensión, los paneles del techo y las vigas ya deben haber sido desmontados. Se observa en la siguiente imagen que la estructura tipo A está fija a la plataforma giratoria mediante 2 pines en las patas traseras y 2 pines en las patas delanteras.

Figura 101

Vista de estructura “A” de pala modelo 495HR, similar al modelo 495BII



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Para remover la estructura “A” seguir lo siguiente:

1. Fijar unas eslingas en la parte superior de la estructura “A” a la pasteca de la grúa de 200 toneladas y manipular cuidadosamente.
2. Remover los 04 pasadores en las bases de las patas de la estructura “A”.
3. Colocar la estructura cuidadosamente en el suelo.

Figura 102

Desmontaje de la estructura "A"

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

5.1.21. Desconexión eléctrica de motores de izar, empuje y avance

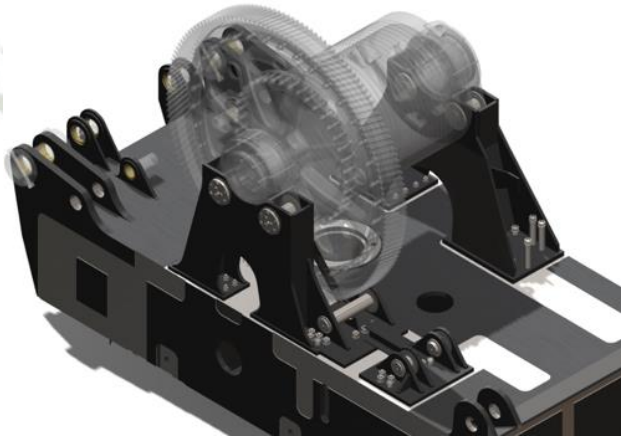
Esta actividad está a cargo del personal eléctrico.

5.1.22. Desmontaje de tambor y corona del sistema de izar

En la siguiente imagen podemos apreciar el tambor de izar.

Figura 103

Tambor de levante montado sobre los pedestales en la sala de máquinas



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Antes de proceder a desmontar el tambor de izar, se debe asegurar que se haya desmontado:

- Paneles
- Vigas de techo
- Estructura "A"

Para desmontar el tambor seguir lo siguiente:

1. Desconectar las líneas de drenaje y de lubricación desde los rodamientos de levante y protección del engranaje.
2. Remover las secciones delanteras y traseras de la protección superior del engranaje de levante. (Peso aproximado de cada una es 1110 libras).

Figura 104

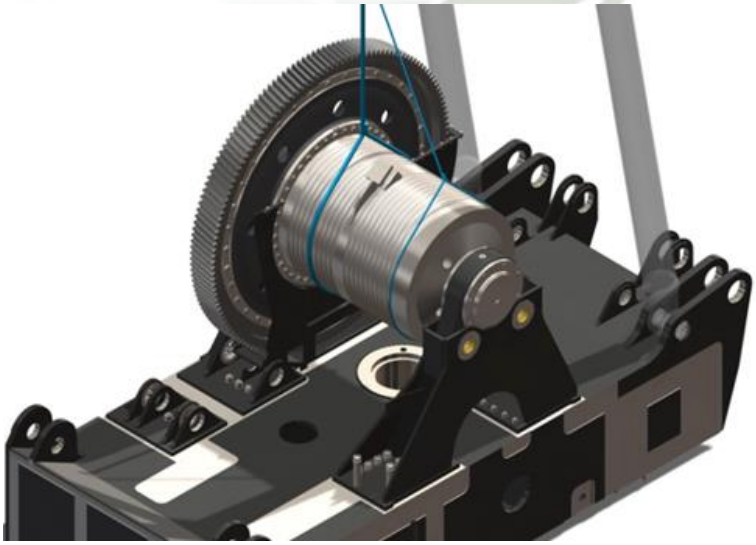
Guarda de engranaje y otros componentes desmontados

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

3. Fijar eslingas al tambor y una grúa para soportar el conjunto del tambor de levante.

Figura 105

Eslingas soportando el peso del tambor de levante

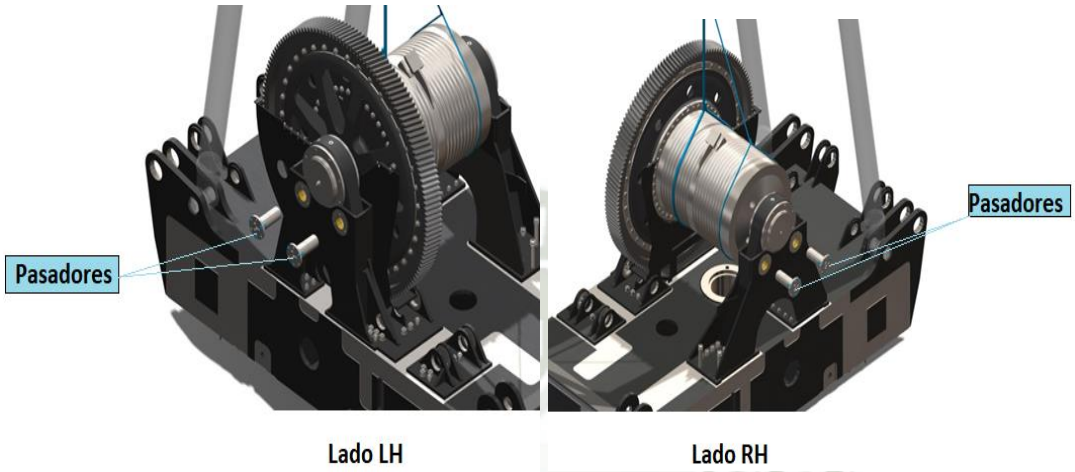


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

4. Sacar los 3 pernos de 1” desde cada uno de los pasadores que fijan los alojamientos de rodamiento a los pedestales de levante.
5. Sacar los pasadores de los alojamientos.

Figura 106

Desmontaje de pasadores en los pedestales



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

6. Es posible que los pines se amarren y la dificultad para removerlos incremente. Para estos casos se suelda una plancha de forma de “T” en los pines como se muestra en la figura y se usa gatas hidráulicas para extraerlos.

Figura 107

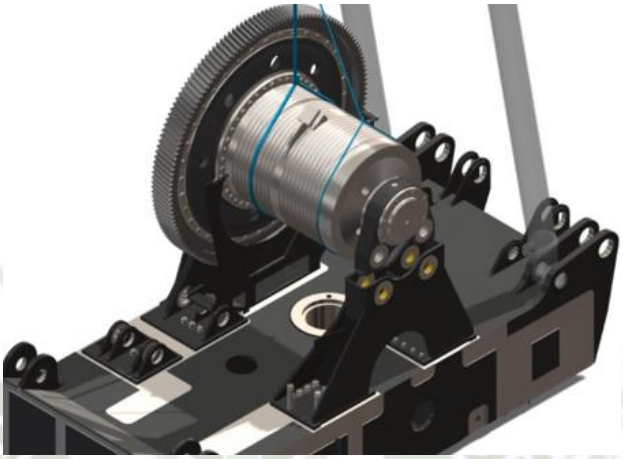
Uso de gatas hidráulicas para remover el pasador amarrado en el pedestal

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

7. Finalmente, el conjunto del tambor puede ser ahora levantado desde la máquina.

Figura 108

Izaje de tambor de levante



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

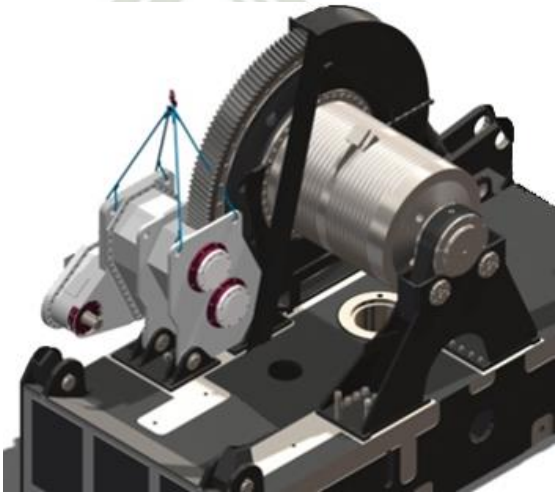
5.1.23. Desmontaje de transmisión de izar

Para poder retirar la transmisión de levante deben seguirse los siguientes pasos:

1. Drenar el aceite de la caja de engranajes.
2. Desconectar la línea de la bomba de aceite al radiador y la línea del radiador al distribuidor.
3. Con la grúa de 200 toneladas y eslingas, soportar levemente la caja de engranajes usando las 4 orejas de izaje en la parte superior de la caja.

Figura 109

Eslingas ubicadas en las 04 orejas de izaje de la transmisión de levante



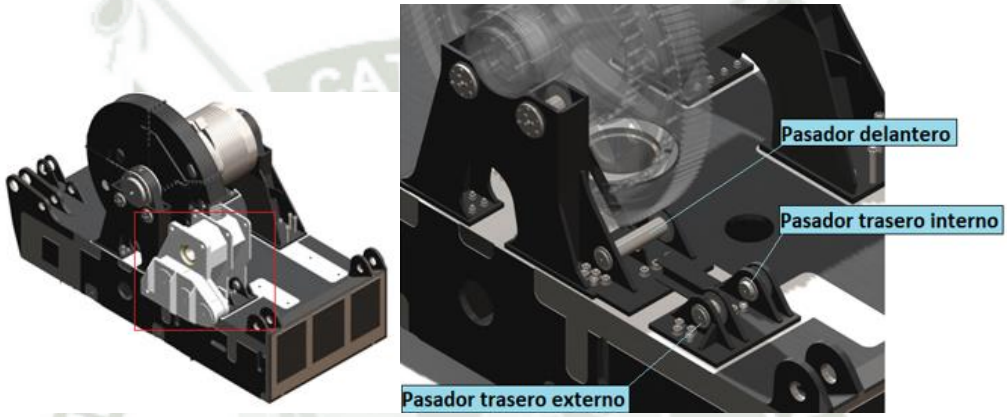
Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

4. Sacar los 03 pasadores que fijan la caja de engranajes al pedestal de levante. Marcar los pasadores para facilitar la reinstalación en el caso de que vuelvan a usarse. El peso de los pasadores es:

    - Pasador delantero (Largo)……509 libras
    - Pasador trasero externo (corto)…191 libras
    - Pasador trasero interno (corto)…168 libras

Figura 110

Ubicación de los pasadores que fijan la transmisión de levante



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

5. Verificar que no haya ninguna obstrucción por encima de la caja de engranajes, levantarla a través del techo de la sala y hacia afuera de la máquina.

Figura 111

Izaje de la transmisión de levante

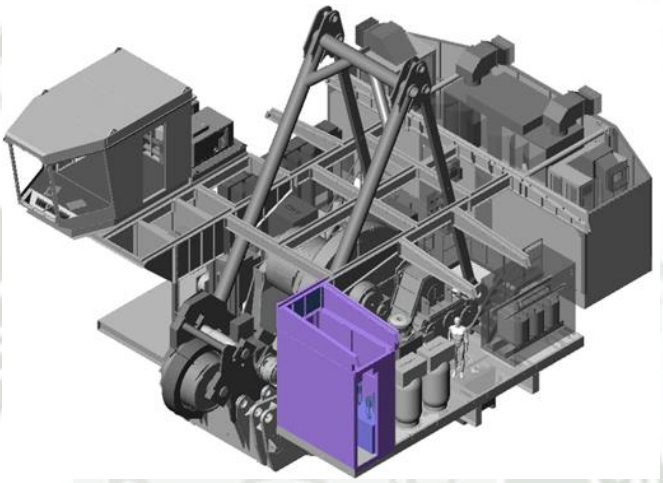
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.1.24. Desmontaje de componentes en la sala de lubricación

La sala de lubricación de ubica en el lado izquierdo de la plataforma giratoria como se muestra en la siguiente figura.

Figura 112

Ubicación de la sala de lubricación en el modelo 495HR y 495BII

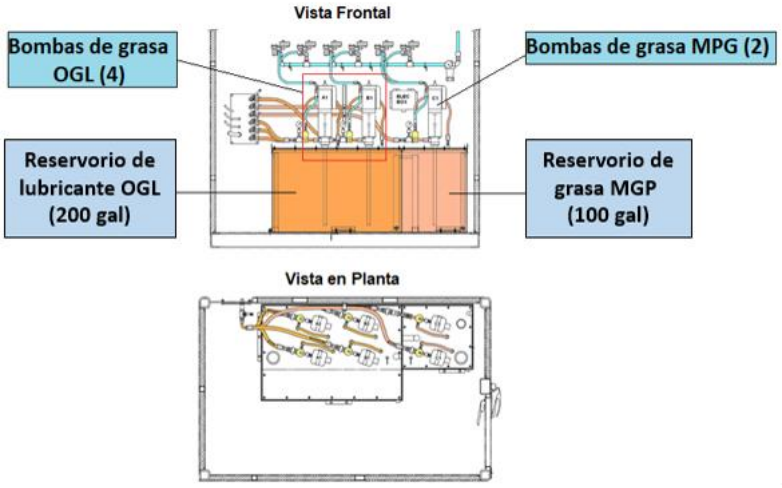


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Las vistas de la sala de lubricación se muestran a continuación.

Figura 113

Ubicación de bombas en la sala de lubricación



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Los técnicos lubricadores deben retirar las 6 bombas de lubricación y el lubricante de ambos depósitos.

Figura 114

Bombas de grasa OGL y MPG en la sala de lubricación

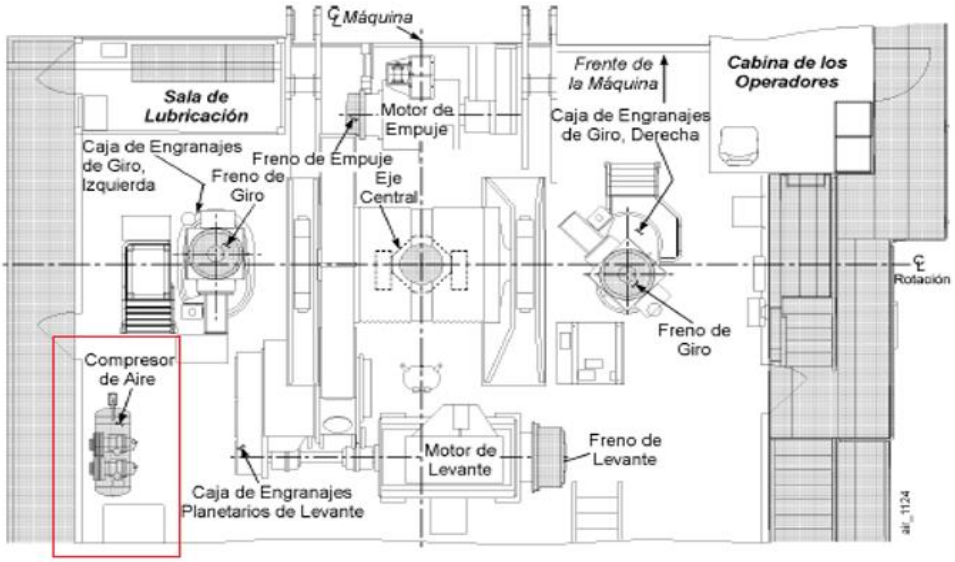
Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

5.1.25. Desmontaje de compresor

En la siguiente imagen se aprecia la distribución de los equipos en la sala de máquinas. El compresor de ubica en el lado izquierdo.

Figura 115

Ubicación del compresor en la sala de máquinas



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

1. Se debe realizar la desconexión eléctrica del compresor por parte de los técnicos eléctricos.
2. Después de haber realizado la desconexión eléctrica, realizar las desconexiones mecánicas.
3. Utiliza la grúa de 200 toneladas y eslingas para desmontar el compresor como una unidad.

Figura 116

Compresor desmontado

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.1.26. Retiro de Centro Control Motriz (MCC)

Luego de haber rotulado, etiquetado y desconectado los cables, se procede a desmontar el MCC 1 y MCC 2 de la sala eléctrica.

Figura 117

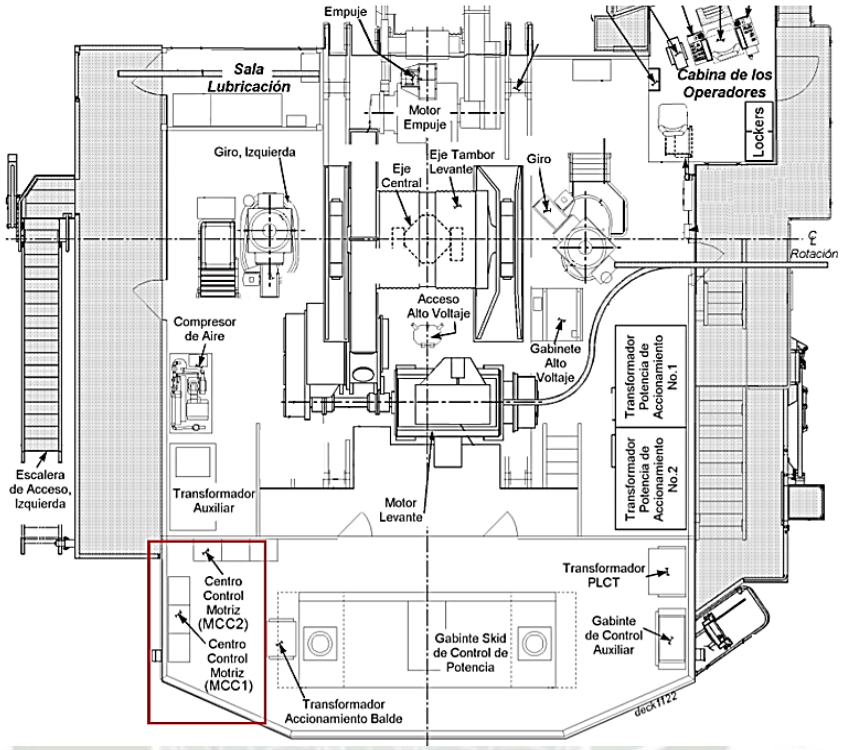
Desmontaje de MCC por la parte posterior de la pala

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Estos se ubican en la parte trasera de la pala, se muestra en la siguiente distribución.

Figura 118

Ubicación de los MCC en la sala de máquinas



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

5.1.27. Lecciones y recomendaciones en la semana 01

1. Las bases cimentadas sufrieron grietas en el ingreso de la pala, se recomienda evaluar la causa e informar a ingeniería de mantenimiento para la preparación de la base en proyectos futuros de overhaul.
2. Si de acuerdo con una inspección visual de la pluma se observan fisuras en las planchas superiores, segmentos fuera de servicio o reparaciones estropeadas se recomienda comenzar con los trabajos de reparación lo antes posible. Es probable que en el primer overhaul (a las 50000 horas de servicio) la pluma no tenga daños serios, sin embargo, es evidente que en el segundo overhaul (alrededor de las 100000 horas de servicio) los daños en la pluma van a ser significativos y va a requerir una reparación total como es el caso del presente proyecto.
3. Si algún componente no ha llegado a su PCR, evaluar si se va a reutilizar. Por ejemplo, en este proyecto la transmisión de giro izquierda tiene 34933 horas mientras que la transmisión derecha tiene 7060 horas. Siendo el PCR 30000 horas se va a reemplazar la transmisión izquierda y guardar la transmisión derecha para volver a utilizarla.
4. Para el desmontaje del mango, usar un estrobo de aproximadamente 3.5 metros de largo, de lo contrario la pasteca de la grúa de 200 toneladas va a chocar con la plataforma de la pluma al momento de remover el mango del caballete.

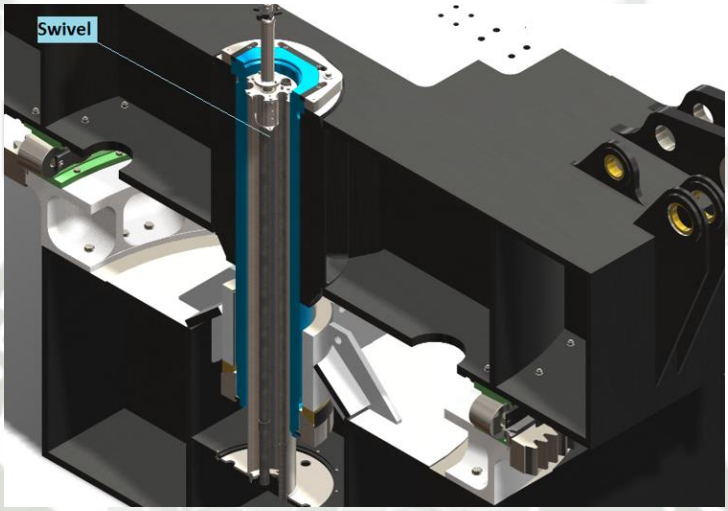
5.2. SEMANA 02

5.2.1. Desmontaje de swivel en el pin central

Mediante el swivel los conductos de lubricación y conexiones eléctricas se redireccionan a la parte inferior de la máquina. Se aprecia el swivel en la siguiente imagen.

Figura 119

Ubicación del swivel dentro del pin central



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

El desmontaje del swivel se realiza por la parte superior de la plataforma giratoria con el apoyo de una grúa y eslingas.

Figura 120

Desmontaje del swivel

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.2.2. Conexión de líneas hidráulicas y sensores del sistema Syncrolift

Debe instalarse los sensores de distancia, así como las mangueras hidráulicas en el sistema Syncrolift. Finalmente, realizar pruebas en los 4 cilindros hidráulicos.

Figura 121

Instalación de la cabina de control del sistema syncrolift

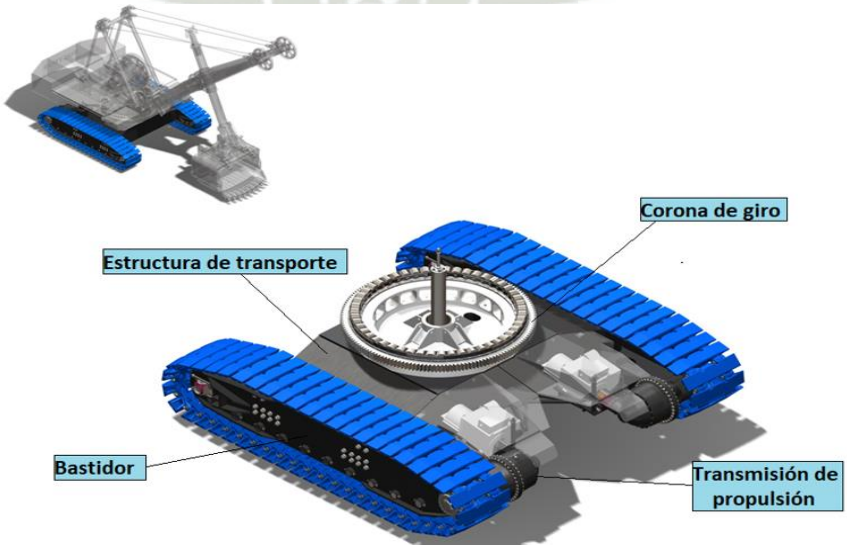
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.2.3. Desacople de la plataforma giratoria

En la siguiente imagen se aprecian los componentes inferiores de la pala.

Figura 122

Componentes inferiores de la pala Bucyrus 495HR. Similar al modelo 495BII con ciertas diferencias



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Es evidente, que la pala gira alrededor del pin central y para remover la estructura de transporte debemos separar la plataforma giratoria. Para esto, se siguen los siguientes pasos:

Una vez instalado el sistema Syncrolift, se procede como sigue:

1. Liberar los frenos de propulsión con una compresora.
2. Soldar orejas en la estructura de transporte.
3. Fijar con estrobos y grilletes de 2” la estructura de transporte al equipo auxiliar.

Figura 123

Tractor en posición para remolcar la estructura de transporte

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

4. Levantar la plataforma giratoria aproximadamente 1.80 metros con el Syncrolift.

Figura 124

Levante de la plataforma giratoria con el sistema syncrolift

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5. Una vez que el pin central no tenga contacto con la estructura de transporte, remolcarlo con el equipo auxiliar.

Figura 125

Tractor remolcando la estructura de transporte

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

6. Posicionar la estructura de transporte en la zona designada para su mantenimiento.

5.2.4. Inspección y reparación de pluma

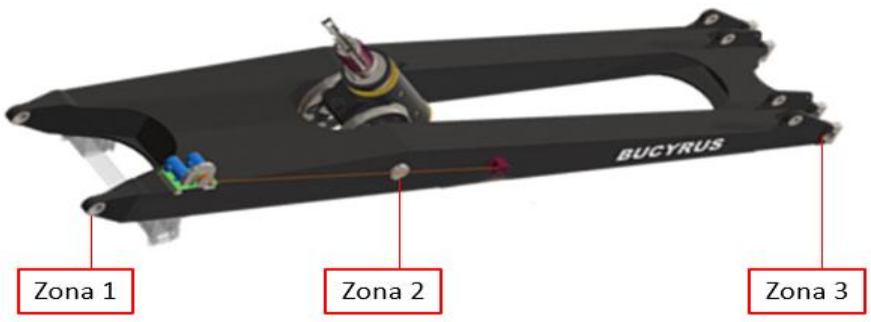
Antes de realizar la inspección en la pluma por tintes penetrantes deben removerse todos los contaminantes presentes.

Se evalúa minuciosamente la presencia de fisuras en:

- Pasadores del pie de pluma.
- Alojamiento del shipper shaft.
- Alojamiento de los ejes de las poleas en la punta de pluma y alojamiento de los pasadores del cable de suspensión.
- Planchas superiores.

Figura 126

Pluma de pala Bucyrus 495HR. Similar al modelo 495BII



Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

En la siguiente imagen se observa una fisura en la zona 1 correspondiente al alojamiento del pasador lado derecho en el pie de pluma.

Figura 127

Inspección por tintes penetrantes en el pie de pluma

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

En la siguiente imagen se observa fisuras en la zona 2 correspondiente a la parte del shipper shaft, ligeramente más arriba del alojamiento.

Figura 128

Fisura por encima del alojamiento del shipper shaft

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Después de la inspección en la zona 3, no se observa ninguna fisura presente en los alojamientos del eje de la polea de punta de pluma ni de los cables de suspensión.

Figura 129

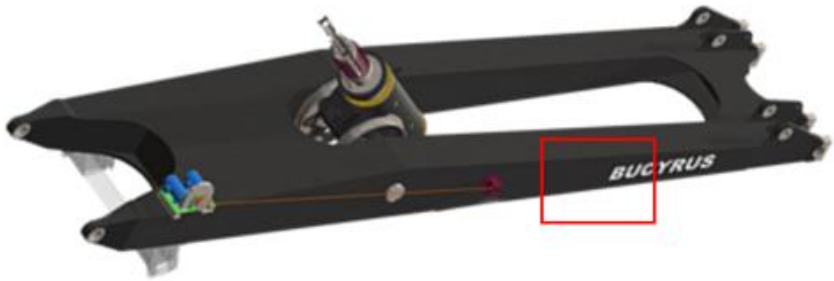
Inspección por tintes penetrantes en la punta de pluma

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Es importante una buena limpieza general de toda la pluma debido a que pueden encontrarse fisuras en ubicaciones que no se esperan como por ejemplo en el lado derecho de la pluma.

Figura 130

Ubicación de posibles fisuras a lo largo de la pluma



Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Figura 131

Fisuras en la pluma

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Adicionalmente, efectuar inspecciones en las zonas de reparación anteriores.

Figura 132

Inspección de fisuras en reparaciones pasadas en la pluma

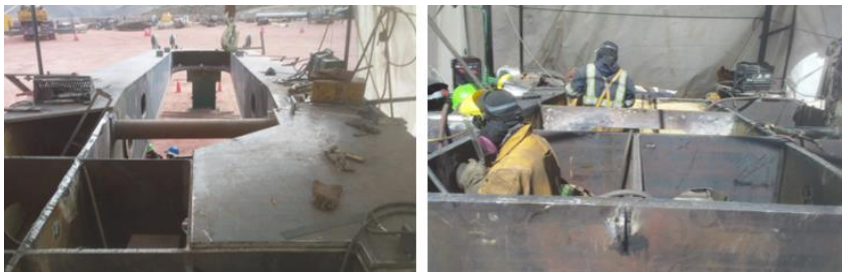
Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

El procedimiento de reparación es mediante soldadura teniendo en cuenta que el material base es acero estructural de alta resistencia y baja aleación.

Debido a las horas de operación la pluma se encuentra severamente dañada, es por esto por lo que se decide cambiar segmentos enteros de las planchas superiores.

Figura 133

Reparación de las planchas superiores en la cajonería de la pluma



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Después de la reparación de pluma, se procede a pintarla.

Figura 134

Pluma pintada después de la reparación de las planchas superiores severamente dañadas

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.2.5. Desmontaje de anillos de alta tensión

Realizar el desmontaje de los anillos de alta tensión, esta actividad está a cargo del personal electricista.

Figura 135

Personal electricista desmontando los anillos colectores de alta tensión

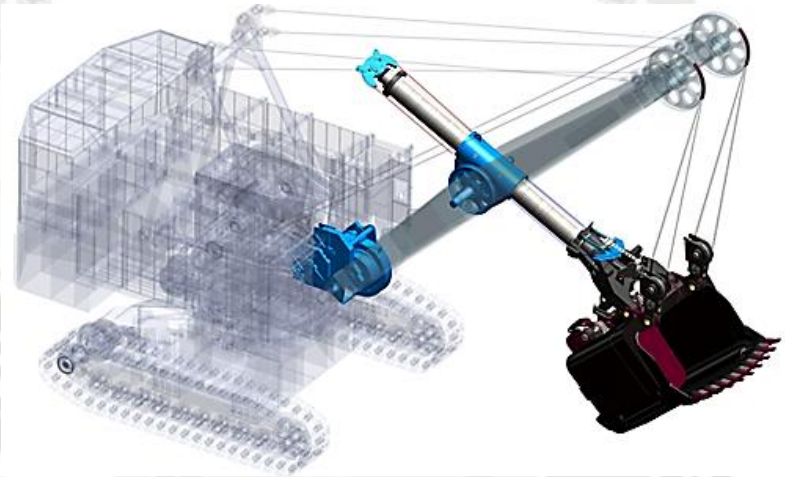
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.2.6. Desmontaje de maquinaria de empuje

La maquinaria de empuje está ubicada sobre la plataforma, en la parte frontal de la máquina, delante del centro de rotación.

Figura 136

Ubicación de la maquinaria de empuje de la parte delantera de la pala

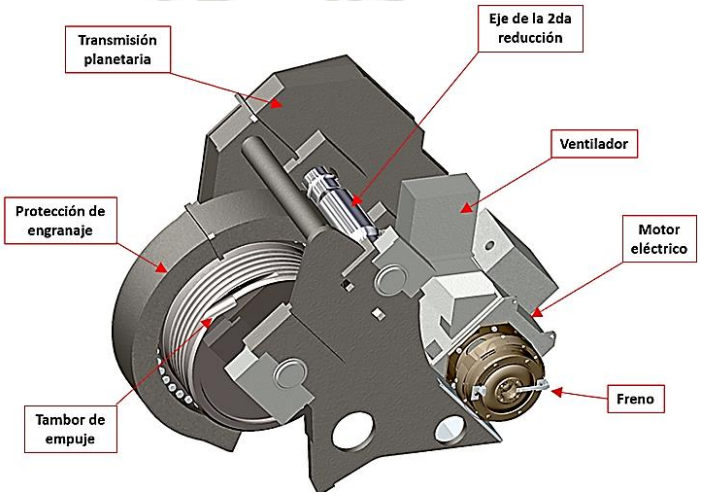


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2011).

Esta consiste en un tambor de empuje para tensionar los cables de empuje y recoger, una caja de engranajes, el motor eléctrico y el freno.

Figura 137

Componentes de la maquinaria de empuje

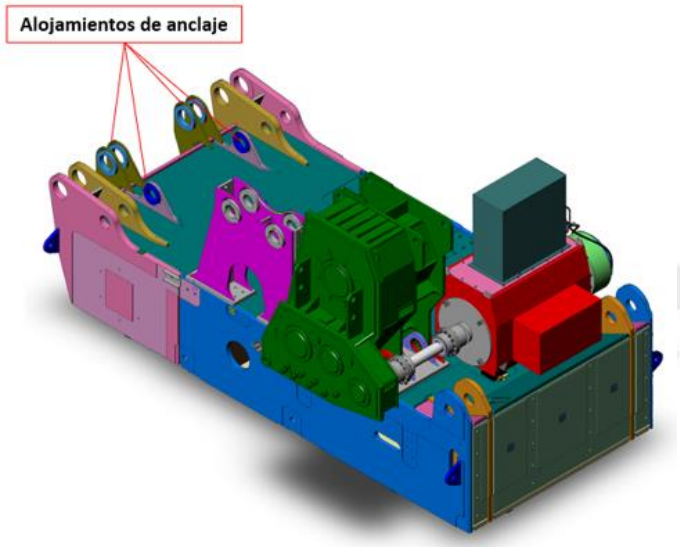


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2011).

La maquinaria de empuje se puede desmontar como una unidad. Esta se fija a la plataforma giratoria mediante 4 pasadores de anclaje.

Figura 138

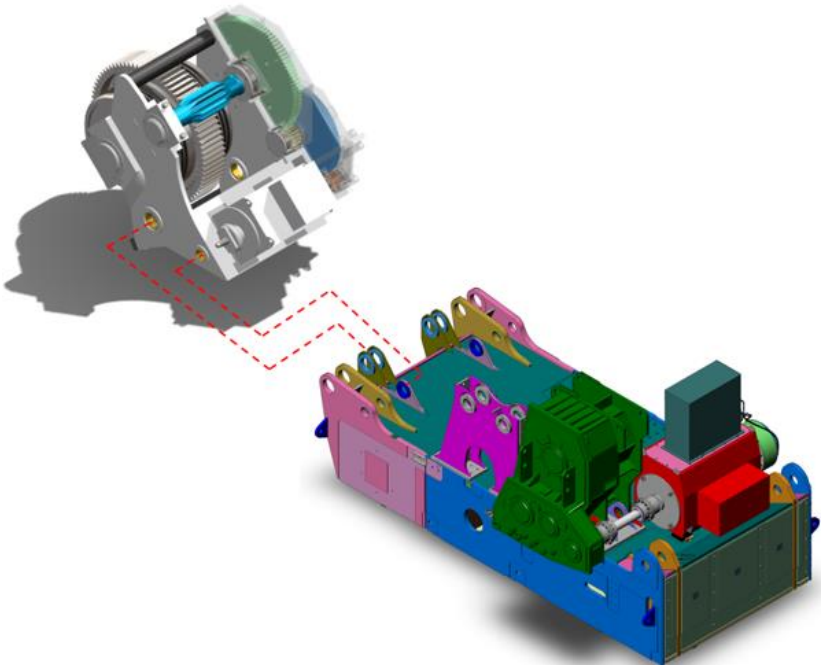
Alojamientos de pasadores de anclaje de la maquinaria de empuje



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Figura 139

Posición de la maquinaria de empuje en la sala de máquinas



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Previamente a desmontar la transmisión de empuje se debe drenar todo el aceite.

Figura 140

Drenaje de aceite de transmisión de empuje

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

1. Sostener con eslingas y una grúa el peso del conjunto de empuje.
2. Cuando el conjunto este ligeramente soportado por la grúa, usar una gata hidráulica para remover los pines.

Figura 141

Uso de gata hidráulica para remoción de pasador amarrado

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Es posible que el último pasador se amarre, de ser el caso, este debe ser cortado por parte del técnico soldador.

3. Remover la maquinaria de empuje.

Figura 142

Desmontaje de la maquinaria de empuje

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.2.7. Desmontaje de rodillos superiores

En la siguiente imagen se aprecian los rodillos superiores ubicados en la estructura de oruga lado izquierdo (LH).

Figura 143

Vista lateral de bastidor izquierdo

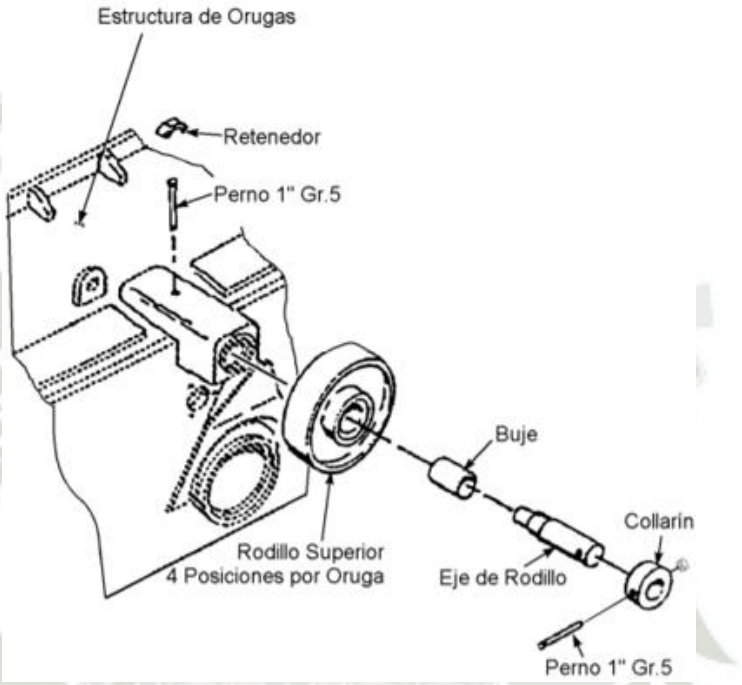
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2018).

Para desmontar los rodillos superiores deben seguirse los siguientes pasos:

1. Quitar la tuerca y el perno que aseguran el collarín del rodillo y sacar el collarín.

Figura 144

Componentes de los rodillos superiores en el bastidor



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

2. Deslizar el rodillo desde el eje.

Figura 145

Desmontaje de rodillos superiores incluyendo su eje

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

3. Es probable que el eje de rodillo también se reemplace, para esto, se debe remover el retenedor con ayuda de un soldador.
4. Después de haber sido removido el retenedor, se quita el perno de 1” y se procede a desmontar el eje de rodillo.
5. Realizar este procedimiento para todos los rodillos en el bastidor izquierdo y derecho.
6. Existe la opción de retirar el rodillo con su eje incluido con se observa en la figura 104, esta decisión está a cargo del técnico mecánico líder asignado a esta tarea.

Figura 146

Bastidor con ejes de rodillos superiores desmontados

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

5.2.8. Desmontaje de rodillos inferiores

En la siguiente imagen se aprecian los rodillos inferiores ubicados en la estructura de oruga lado izquierdo (LH).

Figura 147

Rodillos inferiores en bastidor izquierdo

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2018).

Para poder realizar esta actividad. Se colocan unos soportes debajo de la estructura de transporte. Con una grúa izar la estructura de transporte y colocarla sobre los soportes.

Figura 148

Estructura de transporte sobre soportes

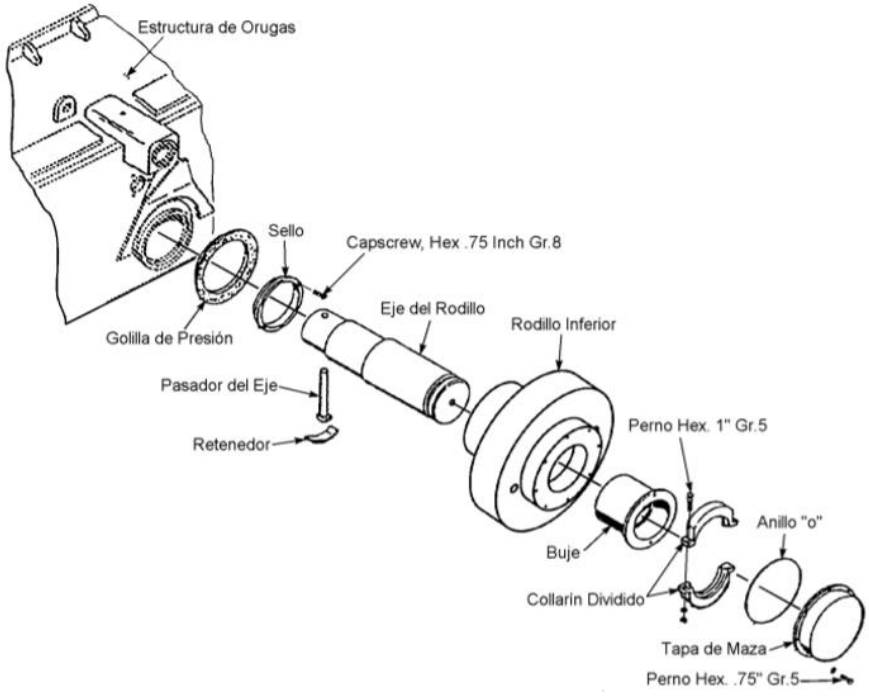
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

El procedimiento para desmontar los rodillos inferiores es como sigue:

1. Quitar la tapa de la maza del rodillo inferior y collarín de mordaza.
2. Sacar el anillo “O”.

Figura 149

Componentes de los rodillos inferiores en el bastidor



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

3. Fijar una eslinga entre el rodillo inferior y la pasteca de la grúa.
4. Remover cuidadosamente el rodillo inferior y colocarlo en el piso.

Figura 150

Desmontaje de rodillos inferiores con apoyo de una grúa

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

5. Una vez que se han desmontado los rodillos, para sacar el eje de rodillo se necesita la asistencia de un técnico soldador para remover los retenedores de los pasadores de eje.
6. Cuando se han removido los pasadores, fijar una eslinga al eje del rodillo para izarlo cuando éste se encuentre fuera del alojamiento. Para removerlo se pueden colocar estrobos en el extremo del eje y sujetarlo a un montacargas o equipo auxiliar que aplique fuerza axial para removerlo.

Figura 151

Eje de rodillo inferior

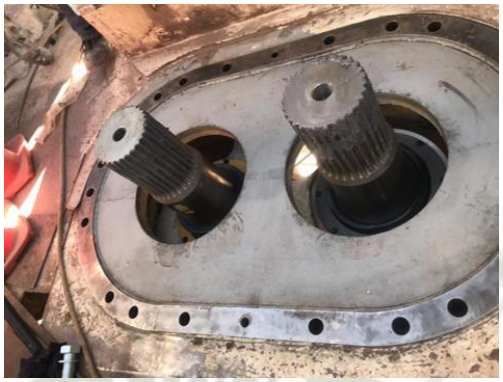
Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

5.2.9. Desmontaje de ejes de giro

Después de haber removido el motor y la transmisión de giro, se observa los ejes de giro desde la plataforma como se observa en la siguiente figura.

Figura 152

Parte superior de los ejes de giro



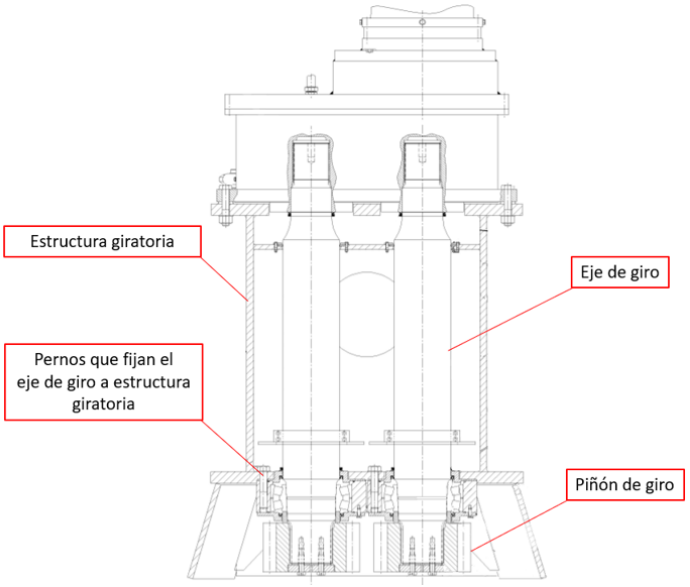
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Normalmente cuando se requiere cambiar el eje de giro, esta operación se realiza removiendo el piñón de giro y luego el eje por la parte superior de la plataforma giratoria debido a que por debajo se encuentra el acceso bloqueado. Sin embargo, como la estructura giratoria se encuentra sobre bloques, es más fácil remover el eje de giro en conjunto con el piñón de giro por la parte inferior de la máquina.

En la siguiente imagen se muestra la vista de sección de los ejes de giro y se aprecia en donde se ubican los pernos que fijan los ejes de giro a la estructura giratoria.

Figura 153

Vista en sección de los ejes de giro



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

Para remover el eje de giro deben seguirse los siguientes pasos:

1. Fijar un cáncamo de 2” en la parte superior del eje para sostener el peso del conjunto eje-piñón.

Figura 154

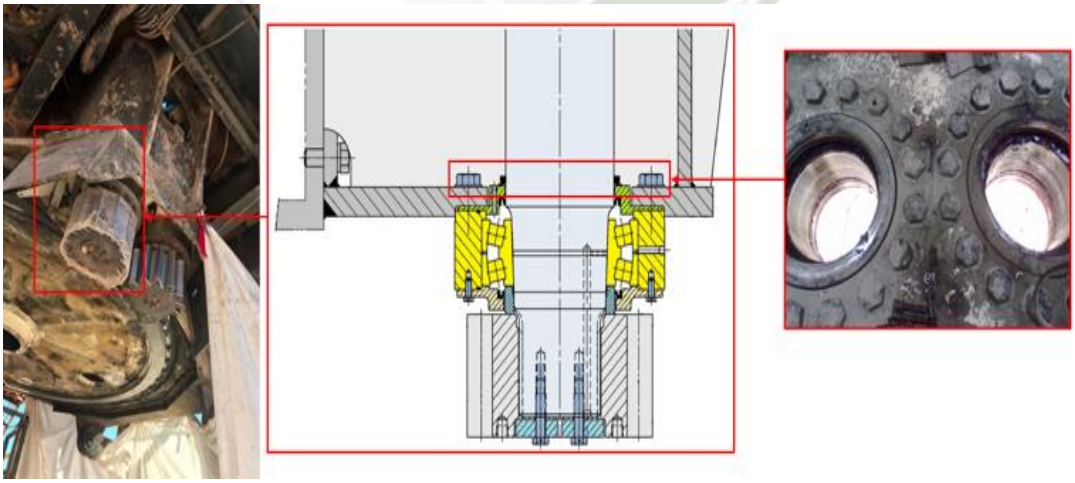
Técnico mecánico ajustando un cáncamo en la parte superior del eje de giro

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

2. Remover los 16 pernos de 1.5” que fijan el soporte de rodamiento del eje de giro a la plataforma giratoria.

Figura 155

Ubicación de los pernos que fijan el rodamiento a la plataforma giratoria



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

3. Bajar lentamente el eje de giro al suelo y realizar el mismo procedimiento para los 3 ejes de giro restantes.

Figura 156

Ejes de giro desmontados

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.2.10. Desmontaje de pin Central

Una vez que se han removido las barras de cierre superiores y el collarín de mordaza dividida superior se deben fabricar 2 tapas de acero.

Figura 157

Tapa de acero fabricada en el extremo superior del pin central

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Con estas se va a cubrir el lado inferior y superior del alojamiento del pin central con la finalidad de contener el nitrógeno que se va a suministrar para el desmontaje del pin central. La tapa superior debe tener un agujero para la tubería por la cual va a ingresar el nitrógeno.

Figura 158

Tuberías para el ingreso de nitrógeno en el extremo superior del pin central y tapa inferior

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Una vez que se han montado las tapas, se procede a suministrar primero gas nitrógeno y luego nitrógeno líquido a una temperatura aproximada de -212 º C por una duración de 2 horas.

Figura 159

Ingreso de nitrógeno a través de la tapa superior del pin central

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Después de transcurrido el tiempo, izar por la parte superior el pin central con la grúa de 200 toneladas.

Figura 160

Retiro del pin central después de 2 horas de la operación con nitrógeno

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

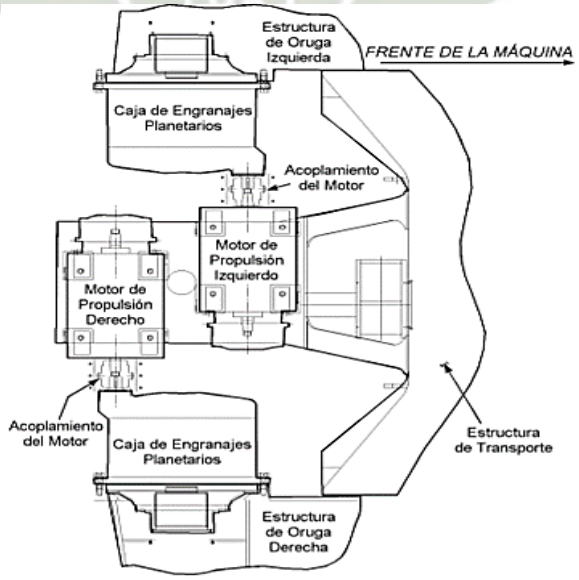
Finalmente, colocar el pin central en la ubicación asignada para este.

5.2.11. Desmontaje de motores de propulsión

Los motores de propulsión se aprecian desde una vista de planta en la siguiente figura.

Figura 161

Ubicación de los motores de propulsión en la estructura de transporte



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

Figura 162

Componentes de la maquinaria de propulsión

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Para remover el motor de propulsión seguir los siguientes pasos:

1. Quitar las líneas de lubricación y drenar la caja de lubricación.
2. Sacar los ductos de ventilación del motor de propulsión.
3. Remover la cubierta de protección que expone el acoplamiento del motor y sacar los pernos del acoplamiento.
4. Remover los pernos de montaje del motor.
5. Fijar eslingas al motor de propulsión y levantarlo desde la estructura de transporte al suelo.

5.2.12. Conexión de MCC

Esta actividad está a cargo de los técnicos electricistas. Se muestra en la siguiente imagen el MCC nuevo.

Figura 163

Conexión de MCC por parte del personal electricista

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.2.13. Retiro de aisladores de alta tensión

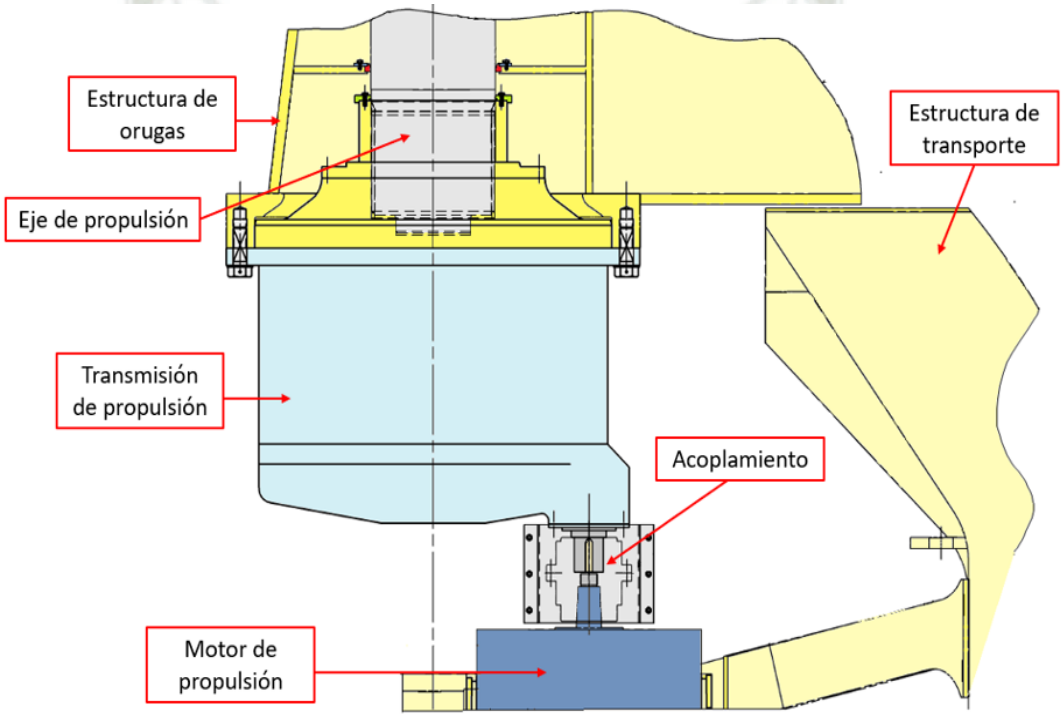
Esta actividad está a cargo del personal electricista.

5.2.14. Desmontaje de transmisiones de avance

Se muestra en la siguiente imagen los componentes de propulsión.

Figura 164

Componentes de la maquinaria de propulsión



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

El desmontaje de la transmisión de avance es simple una vez que el motor de propulsión ha sido desmontado, los pasos son los siguientes:

1. Asegurar una grúa y eslingas a la caja de engranajes planetarios.
2. Quitar los 36 pernos de 2” Gr.8 que fijan la caja a la estructura de orugas. Es recomendable hacer marcas entre la caja y la estructura para que, al rearmar el eje quede en el ángulo correcto de alineación con el eje del motor.
3. Cuidadosamente deslizar la caja de engranajes fuera de la estructura de orugas.

Figura 165

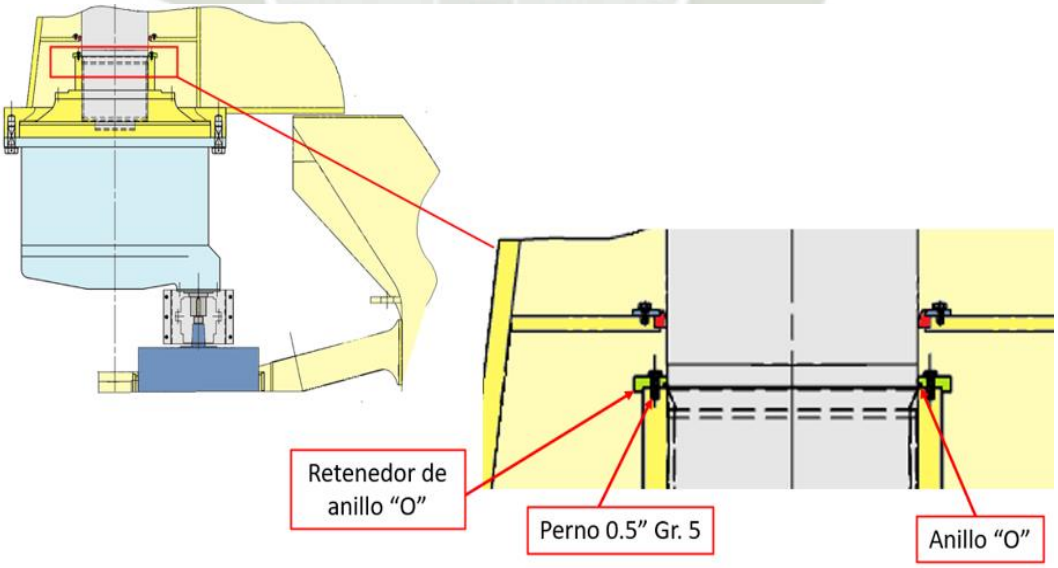
Desmontaje de la transmisión planetaria de propulsión

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

4. Quitar el anillo “O” y el retenedor en el extremo de la salida de la caja de engranajes.

Figura 166

Ubicación del anillo “O” y retenedor del eje de propulsión



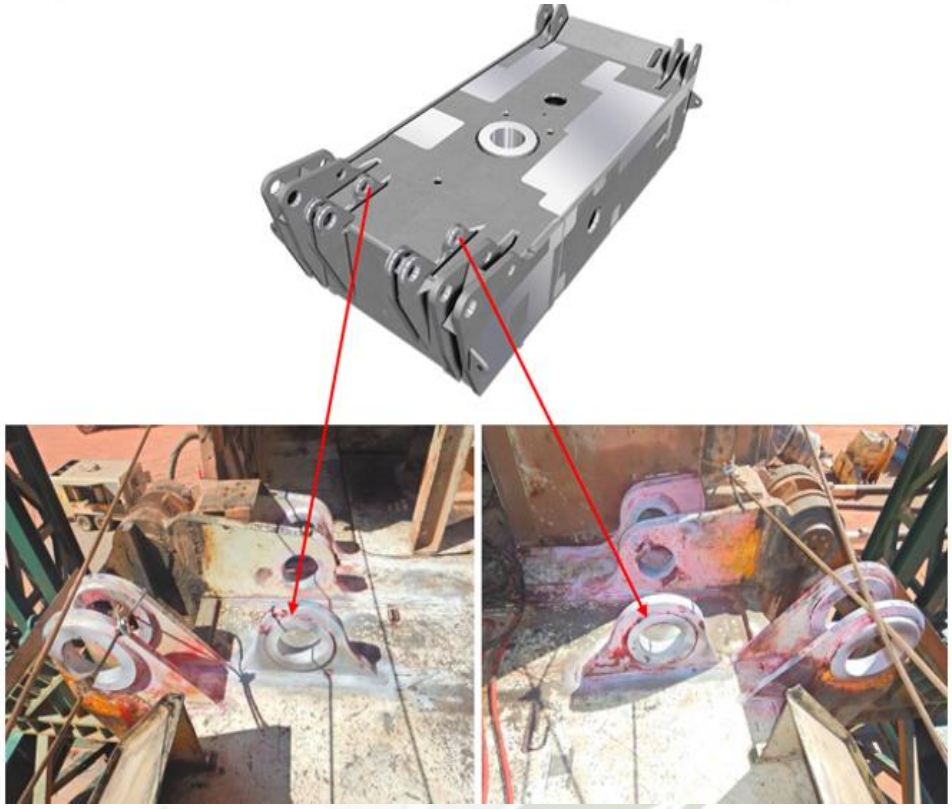
Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

5.2.15. Relleno de alojamientos de anclaje en sala de máquinas

Los alojamientos deben someterse a una inspección por líquidos penetrantes para evaluar si hay fisuras existentes.

Figura 167

Alojamientos de la maquinaria de empuje en la sala de máquinas



Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

De acuerdo con la inspección por líquidos penetrantes los alojamientos de la maquinaria de empuje no presentan fisuras, sin embargo, presentan desgaste por horas de operación. Las medidas se presentan a continuación.

Posición	Medida real	Medida nominal
Alojamientos delanteros	10.248” (promedio)	10.236” ± 0.002”
Alojamientos posteriores	7.878” (promedio)	7.874” ± 0.002”

El procedimiento cuando las medidas no se encuentran dentro de la tolerancia es primero rellenarlos con soldadura.

Se observa en la siguiente imagen el relleno en los alojamientos de la maquinaria de empuje.

Figura 168

Soldador rellenando el alojamiento de los pasadores de la maquinaria de empuje

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Luego se deben maquinar los alojamientos para dejarlos dentro de la tolerancia especificada por el fabricante.

Figura 169

Personal de tornos realizando el maquinado de alojamientos con el torno portátil

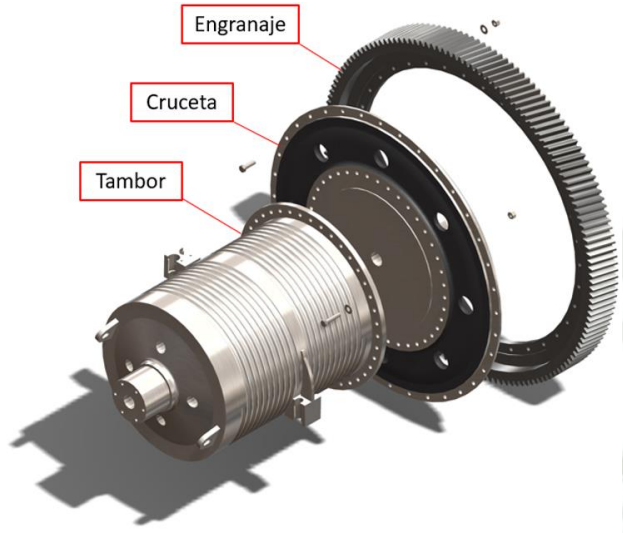
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.2.16. Ensamble de spider, tambor y corona de izar

El tambor de levante se está compuesto principalmente del eje, el tambor de levante, la cruceta y el engranaje de levante, estos se aprecian en la siguiente imagen.

Figura 170

Componentes del tambor de levante



Fuente: Bucyrus International Inc. (2012).

Dependiendo del desgaste y gravedad de fisuras en el tambor de izar puede ser necesario instalar uno nuevo.

El eje y el tambor de levante ya vienen ensamblados, sin embargo, ese no es el caso para la cruceta ni el engranaje.

Para el ensamble se debe seguir los siguientes pasos:

1. Se debe colocar el engranaje nuevo en posición horizontal sobre unos soportes de al menos 30” de alto, eso garantiza que cuando se coloque el tambor, el extremo en donde va montado el rodamiento no esté en contacto con el suelo.

Figura 171

Técnicos mecánicos colocando los pernos para fijar la cruceta del tambor de levante

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. Después colocar los 36 pernos de 1.5” que aseguran el engranaje a la cruceta de levante.
3. Con el apoyo de una grúa, posicionar el tambor en dirección vertical sobre la cruceta asegurando que los agujeros en ambas piezas en los que van montados los pernos coincidan.

Figura 172

Tambor de levante con cruceta instalada

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

4. Colocar los pernos y tuercas que sujetan la cruceta y el tambor, estos pernos han sido previamente enfriados con nitrógeno para poder ser insertados.

Figura 173

Técnico mecánico sacando los pernos previamente enfriados

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

5. Colocar con el apoyo de una grúa el conjunto de levante sobre 2 soportes de modo que el eje se encuentre paralelo al suelo y darles el torque requerido según planos de montaje.

Figura 174

Técnicos mecánicos administrando el torque final

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

6. Después de montar el engranaje de levante, es el turno de los rodamientos y estos debidos a su fijación de interferencia deben ser calentados previamente en un baño de aceite para facilitar su montaje.

Figura 175

Técnico mecánico instalando el rodamiento en el lado del engranaje

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

7. Montar el kit de lainas y la placa del extremo del eje.
8. Colocar los pernos de 1.5” que sujetan el eje del tambor y el extremo de la placa del eje.
9. Colocar el alambre de seguridad en los pernos en las placas de extremo de eje.
10. Colocar las chumaceras con el apoyo de una grúa (estos pesan aproximadamente 3000 libras cada uno).

Figura 176

Tambor de levante con chumacera

Fuente: Bucyrus International Inc. (2012).

11. Finalmente colocar los retenes de las chumaceras (el peso aproximado del retén externo es de 230 libras) y los 8 vástagos de 1” que fijan los retenes externos a la chumacera.

Figura 177

Tambor de levante con componentes en el lado de la chumacera

Fuente: Bucyrus International Inc. (2012).

El conjunto de tambor de levante está listo para ser montado, esto depende del maquinado de los alojamientos en los pedestales por parte del personal de tornos.

5.2.17. Conexión de anillos de alta tensión

Esta actividad está a cargo del personal electricista.

5.2.18. Mantenimiento de gabinetes de alta tensión ZHV

Esta actividad está a cargo del personal electricista.

5.2.19. Lecciones y recomendaciones en la semana 02

1. Durante el desacople de la plataforma giratoria se obtuvieron rangos elevados de presión, debido al peso de la plataforma. Las presiones que se registraron fueron las siguientes:
    - Cilindro delantero izquierdo: 3872 psi
    - Cilindro posterior izquierdo: 6840 psi
    - Cilindro delantero derecho: 2842 psi
    - Cilindro posterior derecho: 8220 psi
2. La pala Bucyrus 495BII presenta 318 toneladas de contrapesos, sumado a la plataforma el peso que se necesita levantar es aproximadamente 700 toneladas.
3. Se debe levantar la plataforma giratoria aproximadamente 1.60 metros para liberar el pin central.

5.3. SEMANA 03

5.3.1. Armado de ejes de giro

Es conveniente ensamblar los ejes de giro con los piñones y rodamientos antes de proceder al montaje. En contraste, también es posible montar el eje de giro y ensamblarlo en su posición.

Figura 178

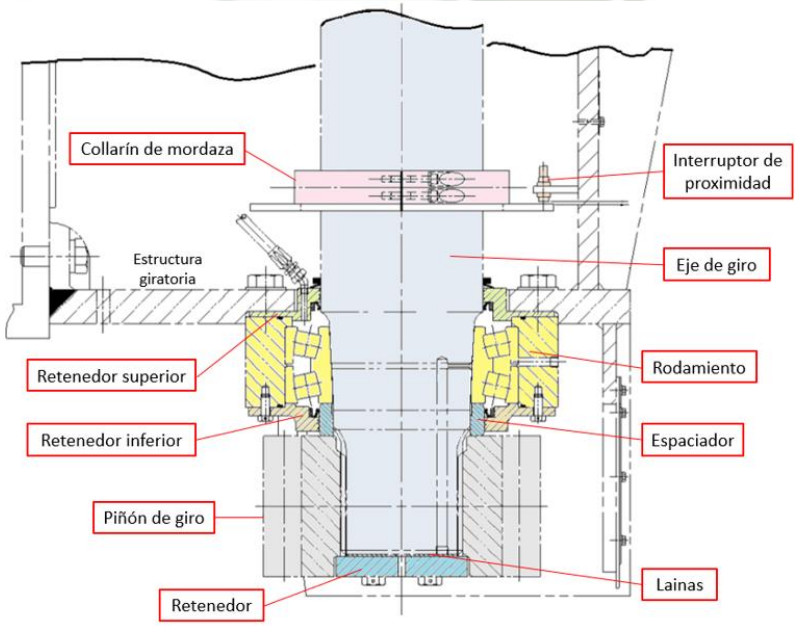
Técnico mecánico instalando el eje de giro LH

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

En la siguiente imagen se muestran los componentes de los que se va a mencionar en el ensamble y montaje.

Figura 179

Componentes del eje de giro



Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

Se prefiere realizar el ensamble antes del montaje en la estructura giratoria y para realizar esto se deben seguir los siguientes pasos:

1. Colocar los ejes de giro nuevos en posición horizontal y sobre unos soportes de tal manera de que después sea sencillo deslizar el rodamiento en la sección ranurada del eje.

Figura 180

Eje de giro en posición para instalar los rodamientos

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. Ensamblar el rodamiento, anillos "O", sellos y retenedores del rodamiento. Apretar los pernos de retención del retenedor inferior a 110 ft.lb y cerrar con alambre en posición.
3. Aplicar una capa de lubricante Molykote a las secciones ranuradas y cónicas del eje de giro.
4. Montar el rodamiento en el eje de giro.
5. Instalar el espaciador, piñón y retenedor de piñón. Apretar los pernos a 20 ft.lb
6. Colocar el conjunto eje y piñón de giro en posición vertical con la ayuda de una grúa.
7. A través de los 5 orificios en el retenedor de piñón, obtener una medición de la distancia entre la parte inferior del eje y la parte inferior del retenedor de piñón. Promediar esta medición.
8. Si el promedio anterior es P, el espesor requerido de lainas se calcula como sigue:

$$Espesor\ de\ lainas = P - Espesor\ del\ retenedor - 0.08"$$

9. Volver a colocar el eje de giro en el suelo o fijarlo verticalmente de tal manera que no pueda caerse.
10. Remover el retenedor y los pernos e instalar el paquete de lainas igual a la dimensión final calculada más arriba.
11. Usando un modelo diametral, apretar los 5 pernos en etapas de 50 ft.lb cada vez, hasta un valor final de torque de 480 ft.lb.
12. Finalmente cerrar los pernos con alambre en su posición.

Se debe cubrir el rodamiento con plástico y el eje de giro se encuentra listo para montarlo en la plataforma giratoria.

5.3.2. Traslado de cucharón a zona de reparaciones

Se debe coordinar con el responsable de las camas bajas para poder trasladar el cucharón a la zona designada de reparación por la titular minera.

Figura 181

Izaje de cucharón sobre cama baja para su traslado a zona de reparación

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.3.3. Relleno con soldadura en alojamientos de estructura "A" en la sala de máquinas

Después de una inspección por líquidos penetrantes en los alojamientos de la estructura "A" se puede observar que existe una fisura en el alojamiento de la pata delantera derecha, esto se muestra en las siguientes imágenes.

Figura 182

Inspección por tintes penetrantes en alojamientos en sala de máquinas

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Asimismo, los otros alojamientos no presentan fisuras, sin embargo, debido al desgaste normal por las horas acumuladas de operación, estos alojamientos tienen a deformarse. Por lo que es necesario medir tolerancias en todos los alojamientos, esta actividad se lleva a cabo por parte del personal de tornos. Estas medidas son:

Posición	Medida real	Medida nominal
Alojamientos delanteros	8.108” (promedio)	8.000” ± 0.007”
Alojamientos posteriores	8.014” (promedio)	8.000” ± 0.007”

Después de determinar las medidas en los alojamientos, se compara con las medidas indicadas líneas arriba. Si estos no se encuentran en conformidad, se procede a rellenarlos por parte del personal de soldadura.

Figura 183

Soldador rellenando alojamientos de patas de estructura “A”

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Finalmente, luego de rellenar los alojamientos el personal de tornos debe montar el torno portátil para maquinar los alojamientos hasta llegar a las medidas estándares de fabricación.
Se observa en las siguientes imágenes el maquinado de los alojamientos de las patas traseras de la estructura tipo “A” en la sala de máquinas.

Figura 184

Torneros maquinando alojamientos de patas traseras de estructura "A"

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.3.4. Mantenimiento módulo SKID SIEMENS

Esta actividad se lleva a cabo por parte del personal eléctrico.

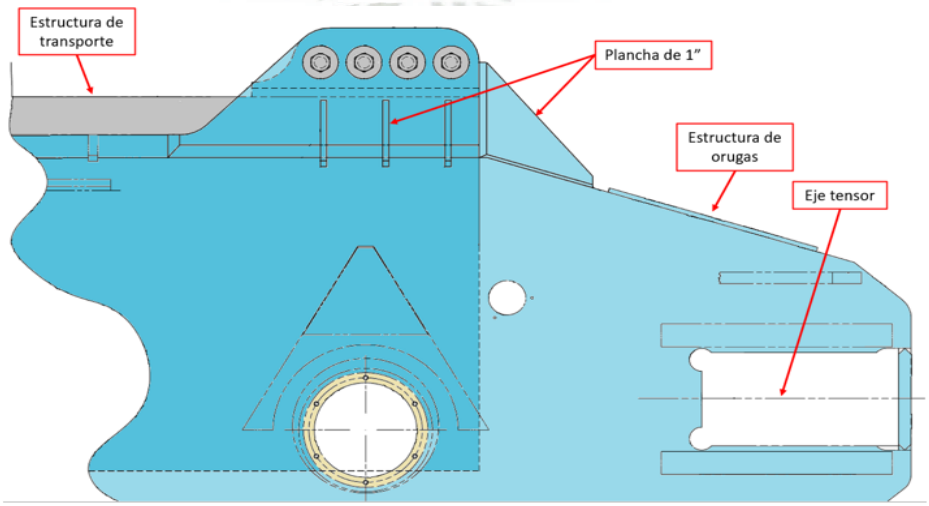
5.3.5. Desmontaje de bastidores

Los bastidores o estructuras de orugas se fijan a la estructura de transporte mediante pernos y soldadura.

En el extremo de eje tensor del bastidor se ubican los pernos de 2" (4 por lado) en la parte superior que unen las 2 estructuras, esto se muestra en la siguiente imagen.

Figura 185

Vista lateral de bastidor con estructura de transporte

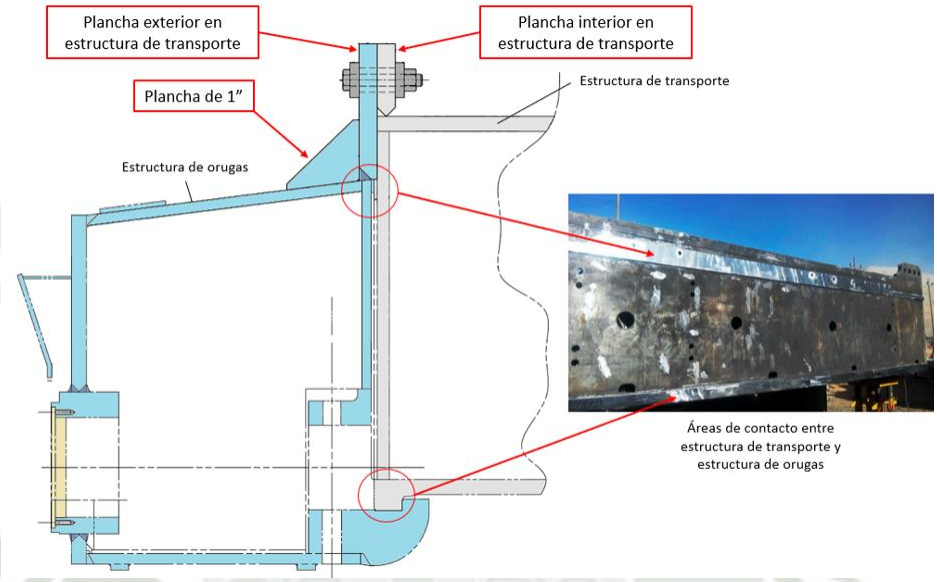


Fuente: Bucyrus International, Inc. (1998).

Los bastidores tienen 2 zonas de contacto con la estructura de transporte y son estas zonas las que se deben preparar superficialmente para asegurar un contacto firme entre ambos componentes, esto se muestra a continuación en la vista de perfil de la imagen anterior.

Figura 186

Vista en corte transversal de conexión entre bastidor y estructura de transporte



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1998).

Los bastidores también cuentan con 07 pernos de 1.5" Gr. 5 (a cada lado) para el montaje, estos se encuentran distribuidos a lo largo del bastidor en la parte superior de este, esto se muestra a continuación.

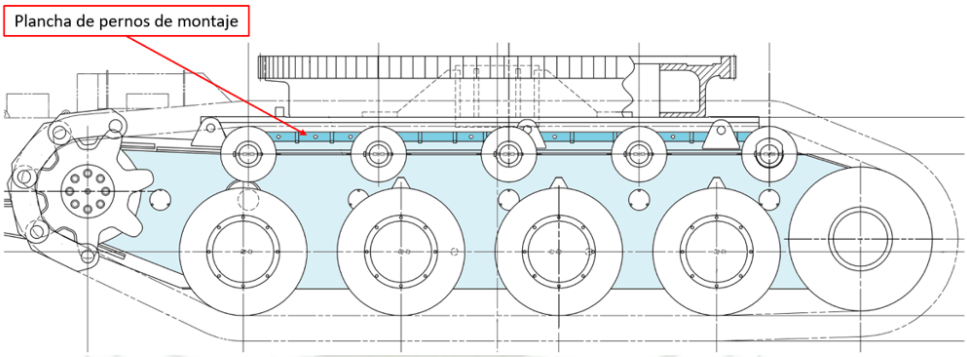
Figura 187

Bastidor en reparación

Fuente: Ferreyros S.A.A. (2017).

Figura 188

Vista lateral de maquinaria inferior

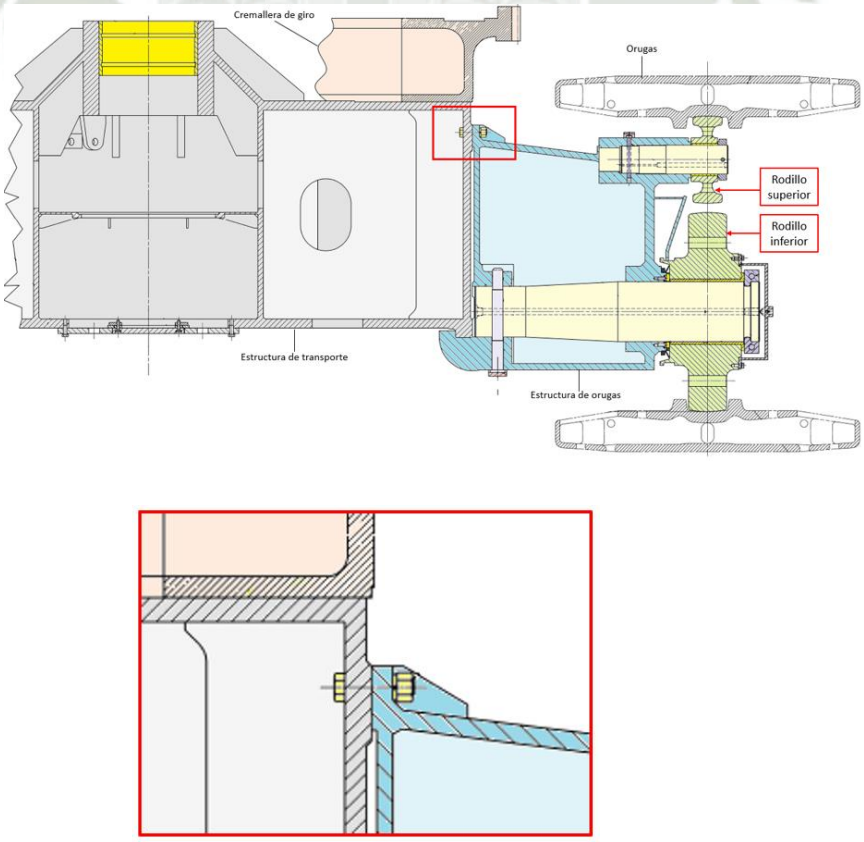


Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

Para desajustar los pernos de montaje es necesario acceder a los cajones de la estructura de transporte. Se muestra en la siguiente imagen la vista de sección de los pernos de montaje.

Figura 189

Pala eléctrica



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

Teniendo en cuenta como están unidas la estructura de transporte y orugas, el procedimiento para el desmontaje es como sigue:

1. Remover la soldadura entre la estructura de transporte y el bastidor.
2. Quitar los 4 pernos de 2” que se encuentran en la parte superior del bastidor en el lado del eje tensor.
3. Fijar eslingas a 2 grúas y suspender el bastidor de modo que sea posible el retiro de los pernos de desmontaje.
4. Remover los pernos de montaje
5. Remover cuidadosamente el bastidor.

El desmontaje de los bastidores debe realizarse uno a la vez.

Figura 190

Desmontaje de bastidor

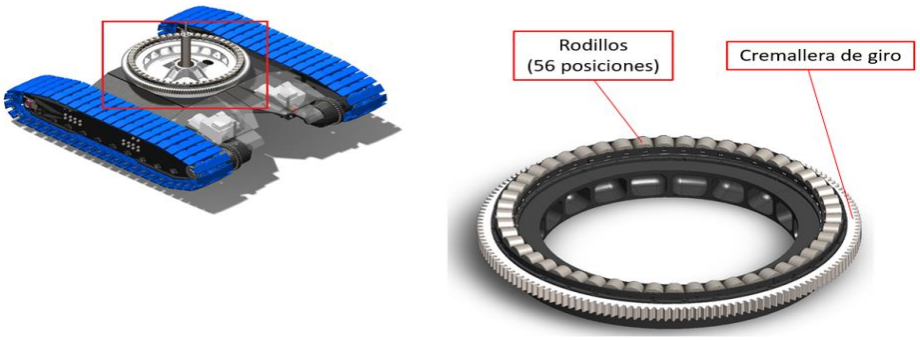
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.3.6. Desmontaje de cremallera y rodillos de giro (swing rack)

Sobre la estructura de transporte se encuentra montada la cremallera de giro que le permite a la estructura giratoria rotar sobre su eje, esta se muestra en la siguiente imagen.

Figura 191

Vista isométrica de cremallera de giro del modelo 495HR, similar al 495BII

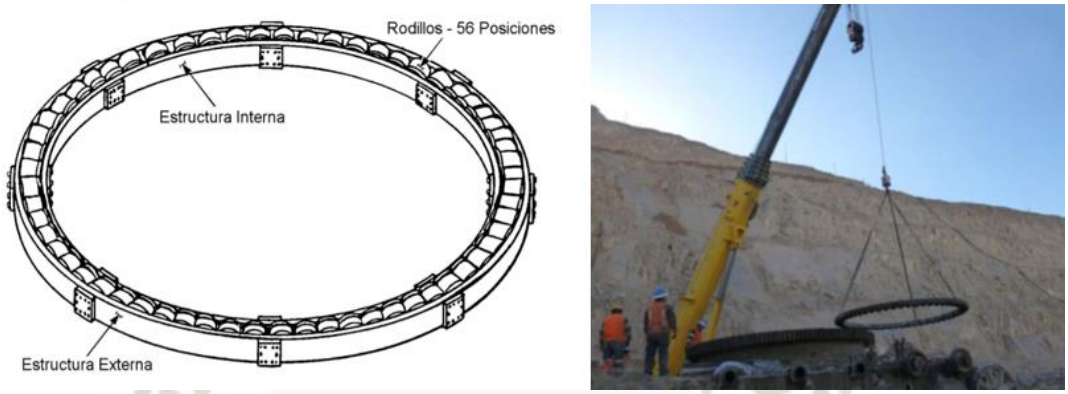


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Para desmontar la cremallera de giro, primero debemos retirar el conjunto de círculo de rodillos que se encuentran sobre la pista de rodillos de la cremallera. Para esta actividad se quiere el uso de eslingas y una grúa.

Figura 192

Cremallera de giro del modelo 495BII



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

Una vez desmontado el conjunto de rodillos, se requiere que técnicos soldadores corten los cordones de soldadura que fijan la cremallera de giro a la estructura de transporte. Es importante señalar que de ser posible, se debe cubrir la zona para evitar cambios de temperatura que deformen la cremallera de giro.

Figura 193

Cobertor sobre estructura de transporte para evitar cambios de temperatura bruscos

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Después de que se ha cortado los cordones de soldadura, se procede a desmontar la cremallera de giro con la grúa de 200 toneladas.

Figura 194

Desmontaje de cremallera de giro

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.3.7. Limpieza de estructura de transporte

Antes de proceder a la inspección visual y por líquidos penetrantes, se debe limpiar todo el polvo y grasa que se encuentre impregnada en la estructura de transporte.

Figura 195

Sopleteo de estructura de transporte

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.3.8. Inspección de fisuras en zona de anillos de alta tensión en la plataforma giratoria

Por la parte inferior se encuentran los anillos de alta tensión y las pistas superiores de los rodillos de giro. Esta área debe evaluarse por fisuras.

Figura 196

Vista inferior de la plataforma giratoria

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Las fisuras en la pista de rodillos van desde 6.5 hasta las 19” de longitud, estas se muestran en la siguiente imagen.

Figura 197

Inspección por tintes penetrantes en la parte inferior de la plataforma giratoria

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

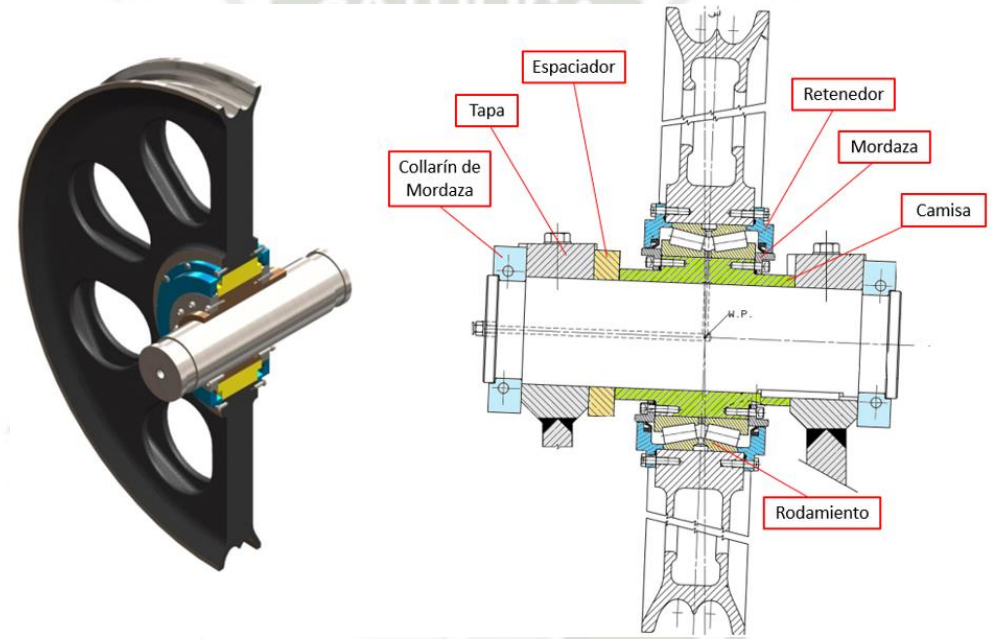
5.3.9. Armado de poleas punta pluma

En la siguiente imagen se observa que la polea de punta de pluma está compuesta por el rodamiento, una camisa, un retenedor, una mordaza y sellos que van en el retenedor y mordaza respectivamente.

Adicionalmente tiene un espaciador, collarines de mordaza y tapas en ambos extremos del eje para fijarlo en su alojamiento.

Figura 198

Vista isométrica y en corte de la polea en la punta de pluma



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012 y 2001).

La polea de pluma viene desarmada y para el ensamble se deben seguir los siguientes pasos:

1. Aplicar una delgada capa de Molycote G al eje e instalar la camisa dentro del eje.
2. Instalar el rodamiento y la polea dentro de la camisa.
3. Insertar los sellos “O” a las mordazas de rodamiento y luego instalarlas. Estos van sujetos mediante pernos de cabeza hueva de 0.75”.
4. Insertar el sello y anillo “O” a cada retenedor de rodamiento y luego instalar los retenedores. Estos van montados mediante pernos de 0.75”. Colocar alambre de cierre en los pernos.
5. Deslizar el espaciador dentro del extremo del eje opuesto al de la cuña.

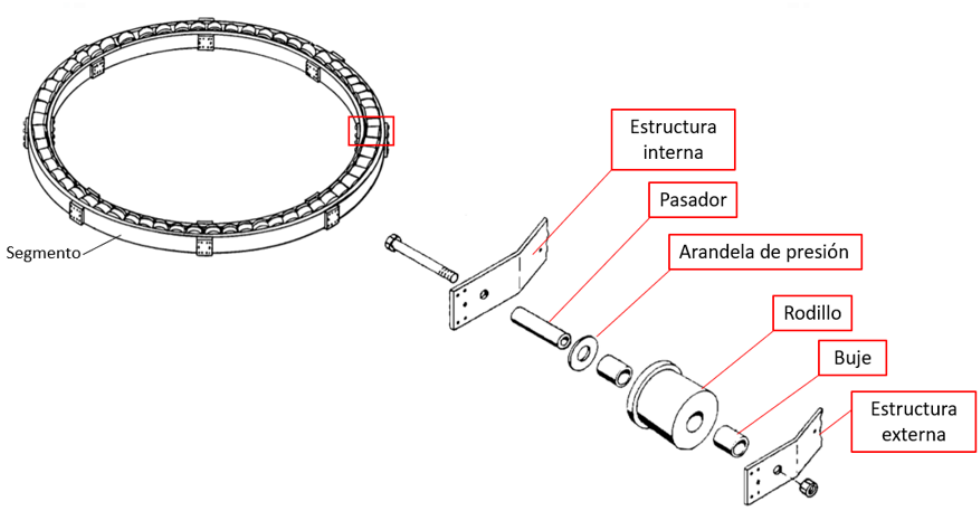
Hasta este punto el conjunto de polea está listo para ser montado en la pluma y esto depende únicamente si el alojamiento de los ejes de las poleas de punta de pluma ha sido inspeccionados, reparados y maquinados a las medidas de fabricación.

5.3.10. Armado de rodillos círculo de giro

Los rodillos del círculo de giro están compuestos de 8 segmentos y cada segmento cuenta con 7 rodillos.

Figura 199

Componentes del rodillo en la cremallera de giro



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

Seguir el siguiente procedimiento para ensamblarlos:

1. Insertar los bujes, pasadores y arandelas de presión en los rodillos por separado para los 56 rodillos.

Figura 200

Técnicos mecánicos ensamblando rodillos de la cremallera de giro

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. Una vez que todos los rodillos están con sus elementos, pasar los pernos a través de la estructura interna, rodillos y estructura externa para formar los segmentos.

Figura 201

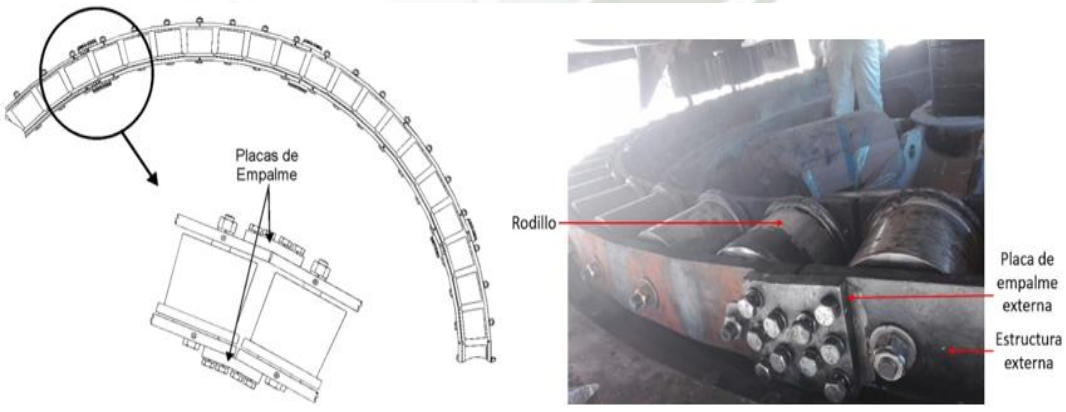
Rodillos y segmentos ensamblados por separado

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

3. Después unir los segmentos en los extremos mediante los empalmes (estos van empernados a la estructura interna y externa). Cada empalme se fija mediante 10 pernos en la estructura interna y externa.

Figura 202

Placas de empalme entre segmentos en la cremallera de giro

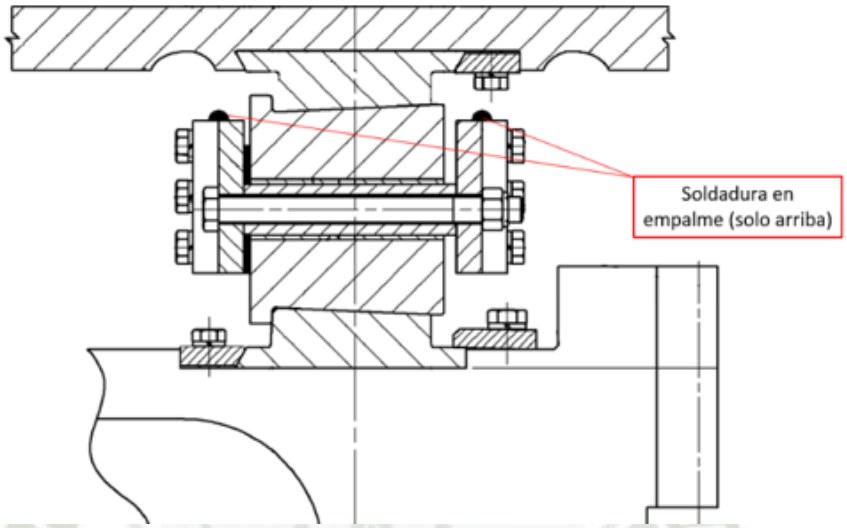


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

4. Soldar los empalmes en la parte superior a la estructura interna y externa como se observa en la siguiente figura.

Figura 203

Vista en corte transversal del rodillo y pista superior e inferior

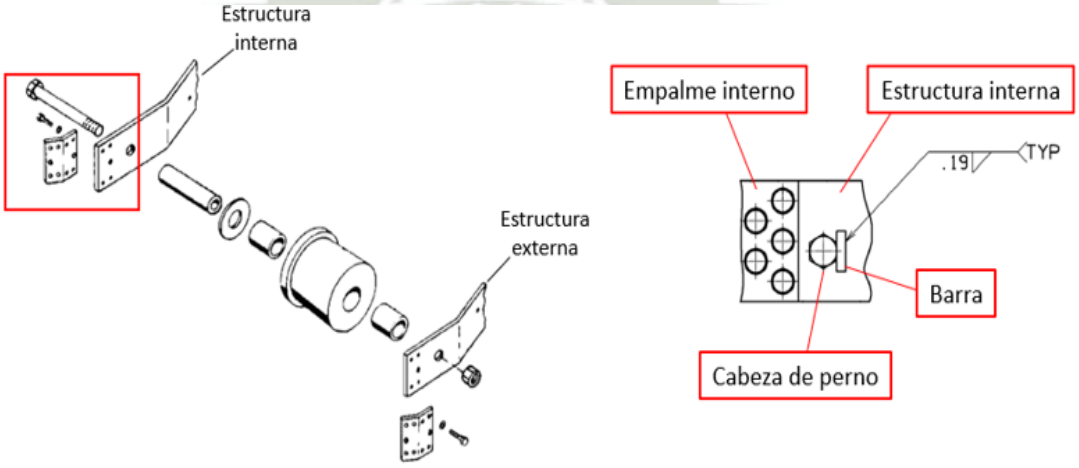


Fuente: Bucyrus International, Inc. (1997).

5. Finalmente soldar la barra de cierre en la cabeza del perno ubicada en la estructura interna.

Figura 204

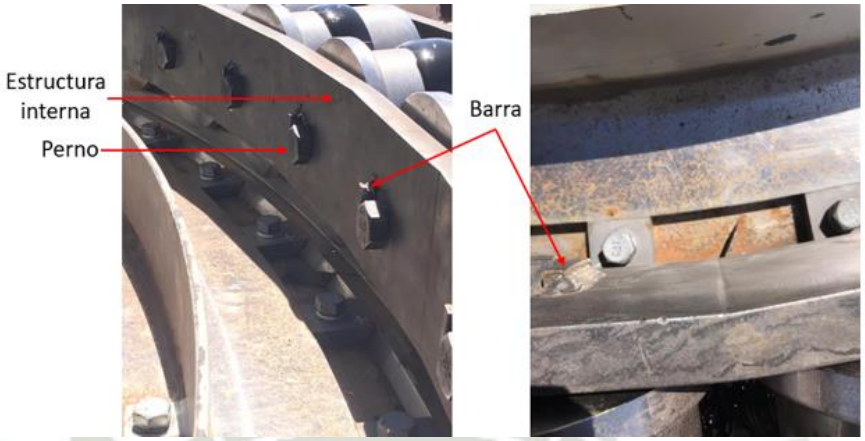
Placa de empalme en segmento interno



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1997).

Figura 205

Barra de cierre en estructura interna



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.3.11. Inspección y reparación de estructura de transporte

Previamente se ha removido toda suciedad, grasa, etc. en la estructura de transporte para poder realizar inspecciones de líquidos penetrantes y así determinar las zonas que requieren reparación por soldadura.

Figura 206

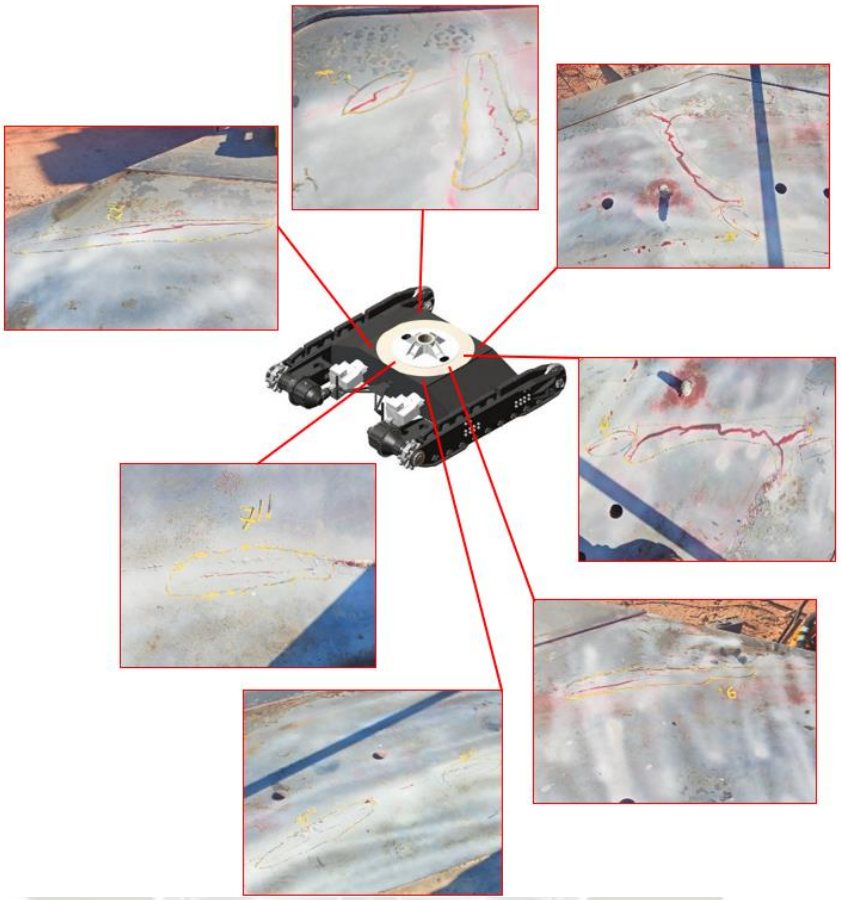
Inspección por tintes penetrantes en la cara superior de la estructura de transporte

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Suelen presentarse fisuras en la parte superior de la estructura de transporte que van desde las 5” hasta 22” de longitud, en la parte superior va montada la cremallera de giro, se muestran las fisuras en las siguientes imágenes.

Figura 207

Fisuras en la cara superior de la estructura de transporte



Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Otra de las zonas que se ve más afectada es la zona inferior izquierda, se aprecia una fisura longitudinal de 40” y una fisura transversal de 7”.

Figura 208

Fisura longitudinal y transversal en cara inferior de la estructura de transporte

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

En la zona inferior derecha también se observa una fisura longitudinal de 37” y múltiples fisuras transversales.

Figura 209

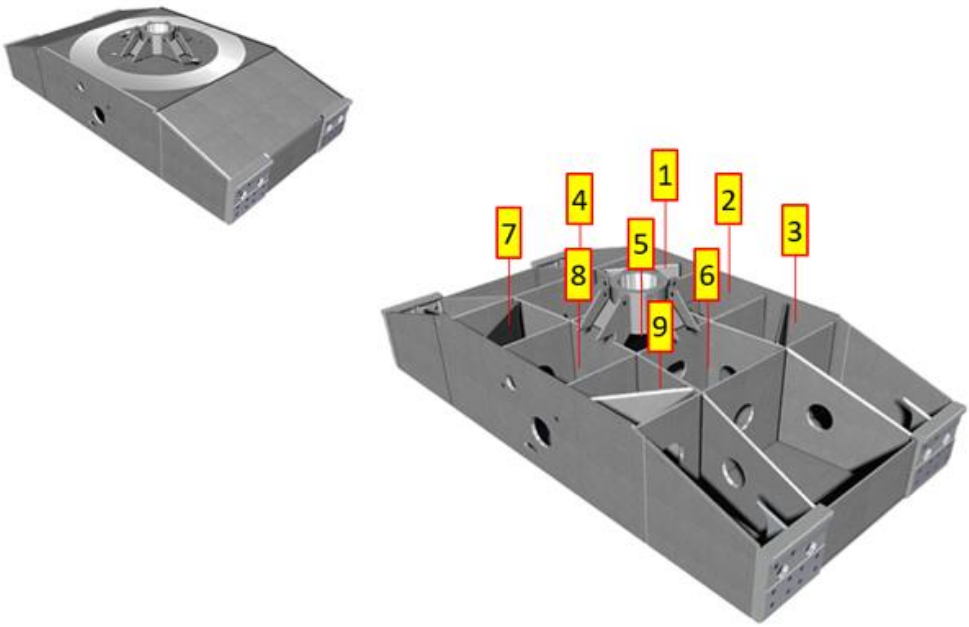
Fisuras en cara inferior den la estructura de transporte

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

La estructura de transporte interiormente está compuesta de divisiones o cajones y es conveniente asignar números a estos para cuando se reporten las fisuras encontradas, poder saber en dónde están ubicadas.

Figura 210

Estructura de transporte de modelo 495HR. La cajonería es similar al modelo 495BII



Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Las fisuras se presentan en las uniones o nervios estructurales por sobre esfuerzos o malas aplicaciones de procesos de soldadura.

Dependiendo de las horas de servicio, las fisuras en los nervios estructurales pueden ser bastantes pronunciadas y en gran número.

Se encontraron las siguientes fisuras en el cajón N1.

Figura 211

Fisuras en nervios estructurales dentro de la estructura de transporte

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

También en los agujeros para pasar de una sección a otra.

Figura 212

Fisura dentro de la estructura de transporte

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

En el cajón N2 se encontraron múltiples fisuras en la pared frontal izquierda y derecha.

Figura 213

Fisuras en nervios estructurales dentro de la estructura de transporte

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Asimismo, en la pared posterior se encuentra una fisura de gran longitud.

Figura 214

Fisuras en nervios estructurales dentro de la estructura de transporte

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

En las paredes laterales izquierda y derecha del cajón N3 también se encuentra fisuras en el cordón superior.

Figura 215

Fisuras en nervios estructurales dentro de la estructura de transporte

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

En la pared lateral izquierda y frontal del cajón N4 también se presentan fisura en los cordones superiores.

Figura 216

Fisuras en nervios estructurales dentro de la estructura de transporte

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Del mismo modo en los otros compartimientos se encuentran fisuras que deben ser reparadas por soldadura, tener en cuenta que el material empleado para la fabricación de la estructura de transporte es un acero estructural de alta resistencia y baja aleación (HSLA).

En la siguiente imagen se muestran unas fisuras reparadas.

Figura 217

Fisuras reparadas en nervios estructurales dentro de la estructura de transporte

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

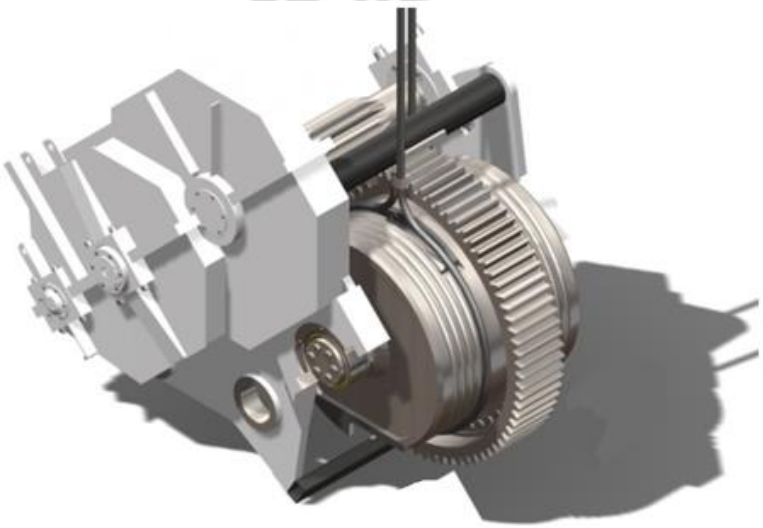
5.3.12. Ensamble de tambor en maquinaria de empuje

El tambor de la maquinaria de empuje viene ensamblado con el engranaje, eje y rodamientos, el objetivo es montarlo en la estructura de empuje, para lograr esto se deben seguir los siguientes pasos:

1. Fijar una grúa al tambor de empuje y posicionarlo en la estructura.

Figura 218

Maquinaria de empuje

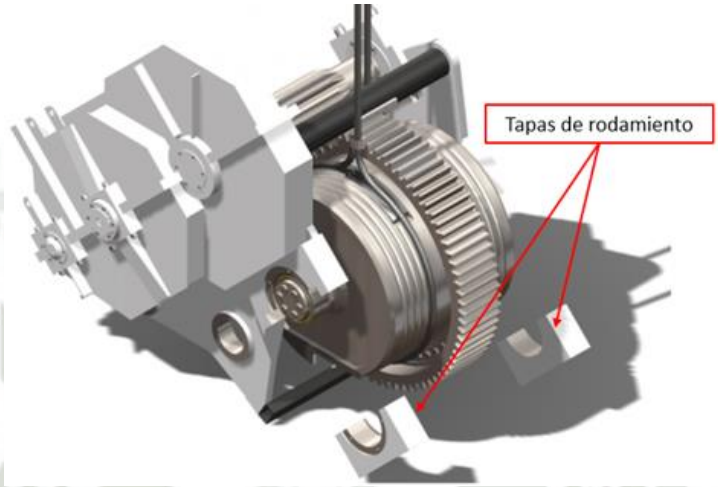


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

2. Instalar las tapas de los rodamientos.

Figura 219

Tapas de rodamientos para asegurar tambor de empuje

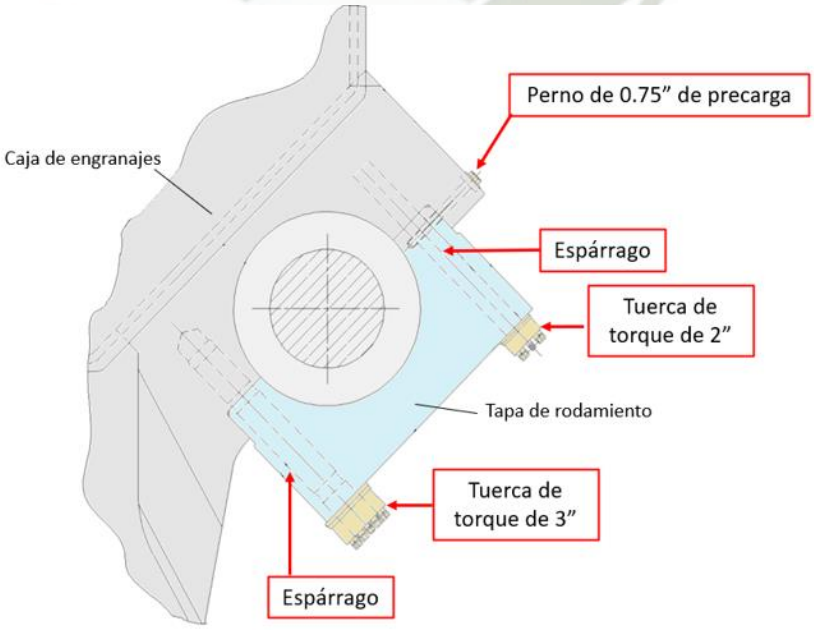


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

3. Instalar los espárragos y tuercas de torque manualmente.
4. Precargar los pernos de 0.75” Gr.8 en la parte superior de las tapas de rodamiento. Lubrique los hilos y apriete a 385 Ft.Lbs.

Figura 220

Componentes para fijar tapa de rodamiento en maquinaria de empuje

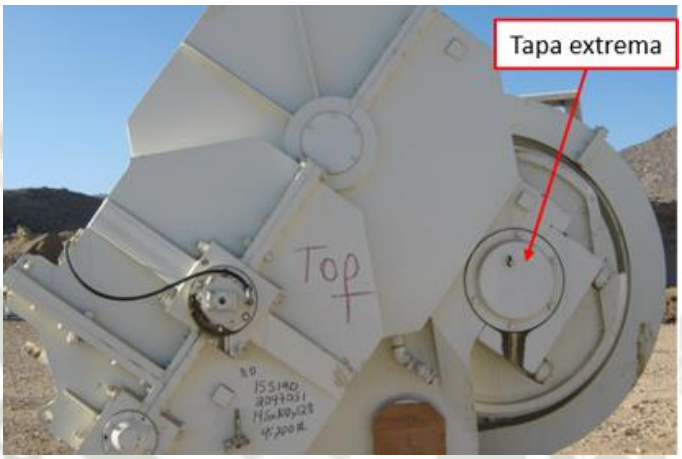


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

5. Apretar las tuercas de torque de 2” y 3” al torque indicado.
6. Colocar las tapas extremas, el sello y ajustar los pernos.

Figura 221

Vista lateral de maquinaria de empuje

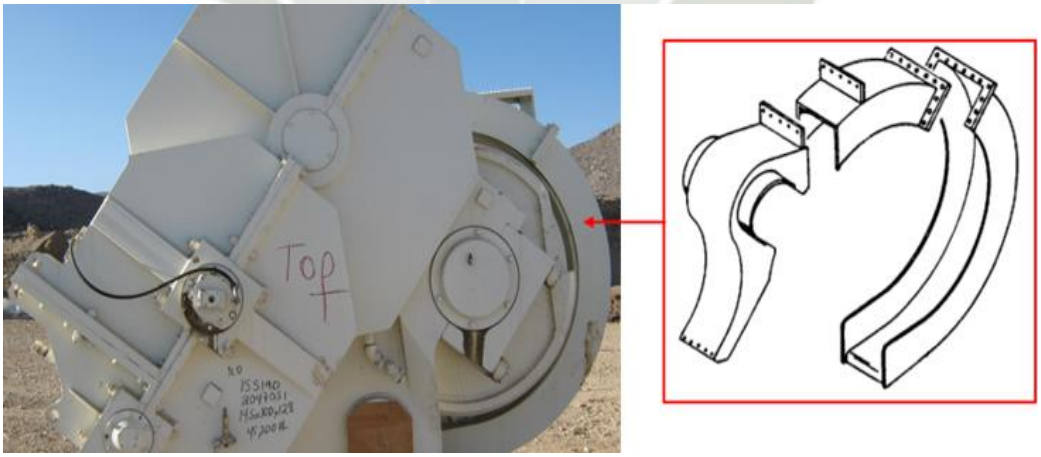


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

7. Finalmente colocar la guarda del engranaje del tambor.

Figura 222

Guarda del engranaje del tambor de empuje



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

5.3.13. Inspección de ejes de rodillos inferiores en bastidores

Dependiendo de las horas de servicio, solicitar una inspección por líquidos penetrantes por parte del departamento de mantenimiento predictivo a los ejes de los rodillos inferiores. Estos pueden repararse y almacenarse como repuestos para una ocasión futura.

Los ejes de rodillos inferiores suelen presentar fisuras en la sección intermedia longitudinalmente, por ejemplo, el eje de rodillo que se presenta a continuación tiene una fisura de 11” de longitud con una profundidad de 1 ¼”.

Figura 223

Inspección por tintes penetrantes a ejes de rodillos inferiores

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

El siguiente eje de rodillo tiene una fisura de 10” con una profundidad de 1”.

Figura 224

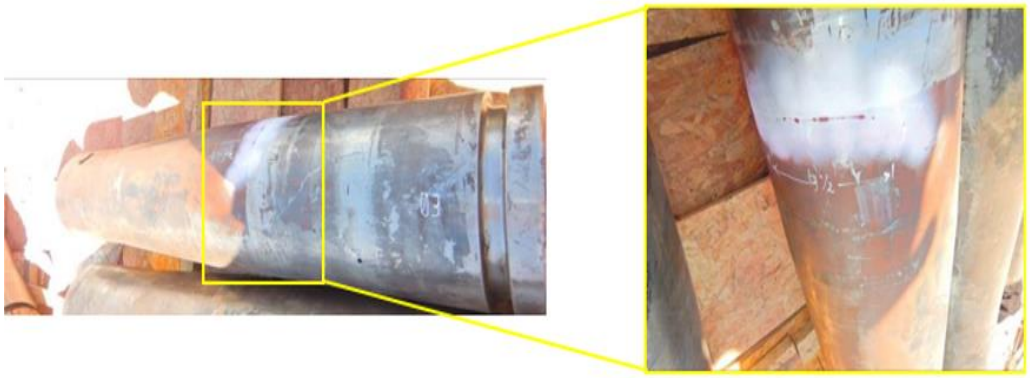
Fisura en eje de rodillo bastidor

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Un tercer eje de rodillo presenta una fisura de 9 ½" de longitud con una profundidad de 1" aproximadamente.

Figura 225

Fisura en eje de rodillo bastidor



Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

5.3.14. Instalación de gabinete de control dipper trip

Esta actividad está a cargo del personal electricista.

5.3.15. Lecciones y recomendaciones en la semana 03

1. El tiempo estimado de reparación de la pluma era de 14 días, sin embargo, el tiempo real de reparación fueron alrededor de 5 semanas. Se realizó lo siguiente:
   - Cambio de segmentos completos de planchas superiores de 1 ¼" y 3" (Acero estructural 514).
   - Se instaló 04 cartelas adicionales en la zona interna de la caja de torsión de la pluma, a fin de evitar futuras fisuras.
2. Todas las planchas retiradas presentaban cristalización y fatiga. Es apropiado denominar a la reparación de la pluma una "reconstrucción" en esta ocasión.
3. Como se pudo apreciar en la inspección de la estructura de transporte, se evidencia que 03 de los 09 cajones internos de la estructura de transporte presentan fisuras pasantes y significativas. La condición de la estructura de transporte era severamente dañada por lo que es apropiado también denominar a esta actividad una reconstrucción.
4. Para el desmontaje de los bastidores se tuvo que cortar la garra que los mantenía unidos a la estructura de transporte, una vez desacoplado se evidenció fisuras pasantes en ambos rieles (hooks). Se decidió cambiar 02 segmentos de rieles.

5.4. SEMANA 04

5.4.1. Reparación de plataforma giratoria en la zona de anillos de alta tensión

Después de realizar la inspección por líquidos penetrantes y señalar las fisuras, se procede a repararlas mediante soldadura.

Figura 226

Soldador reparando fisuras en parte inferior de la plataforma giratoria

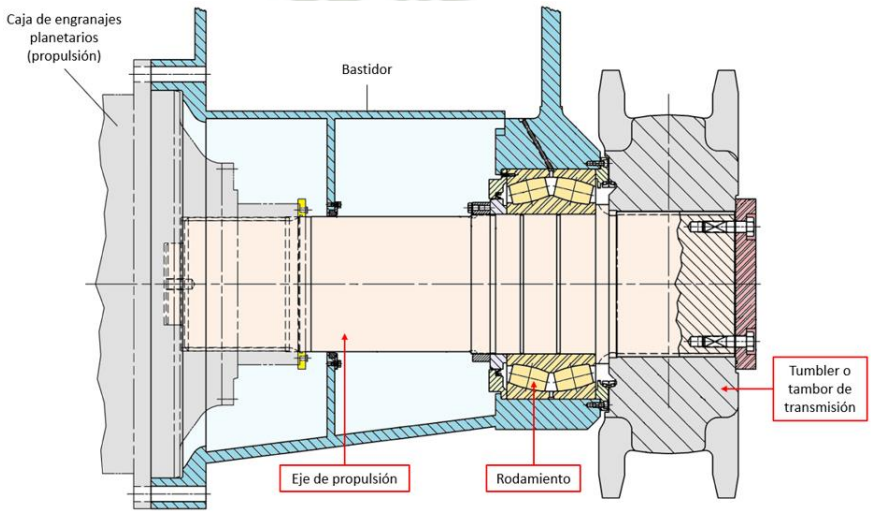
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.4.2. Armado de ejes de avance

Los ejes de avance se ensamblan con el rodamiento, en la siguiente imagen se muestra su ubicación en el bastidor.

Figura 227

Vista de corte de eje de avance ensamblado



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

El montaje del rodamiento, retenedores y sellos se hacen antes de montar el eje en el bastidor, para esto seguir los siguientes pasos:

1. Usar una grúa para manipular el rodamiento en los siguientes pasos.

Figura 228

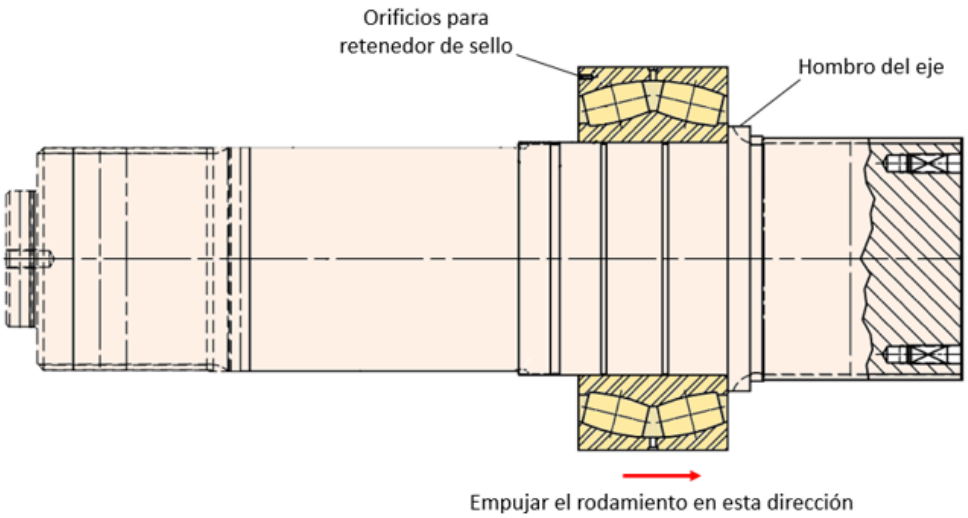
Técnico mecánico preparando el eje de avance para instalar el rodamiento

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. Calentar el rodamiento en un baño de aceite a 250 F.
3. Instalar el rodamiento en el eje apretándolo contra el hombro del eje.

Figura 229

Eje de avance con rodamiento instalado

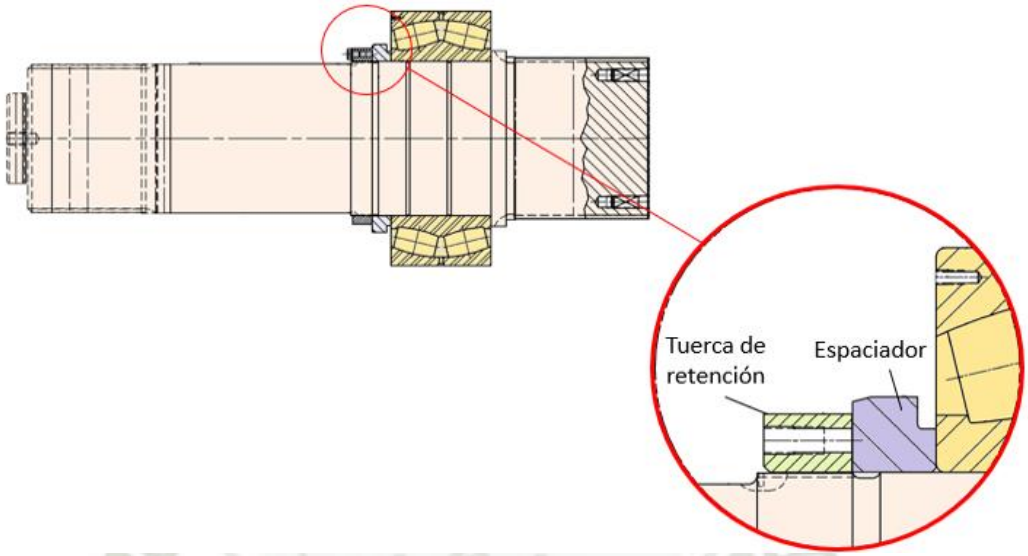


Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

4. Instalar el espaciador y la tuerca de retención.

Figura 230

Eje de avance con espaciador y tuerca de retención instalados

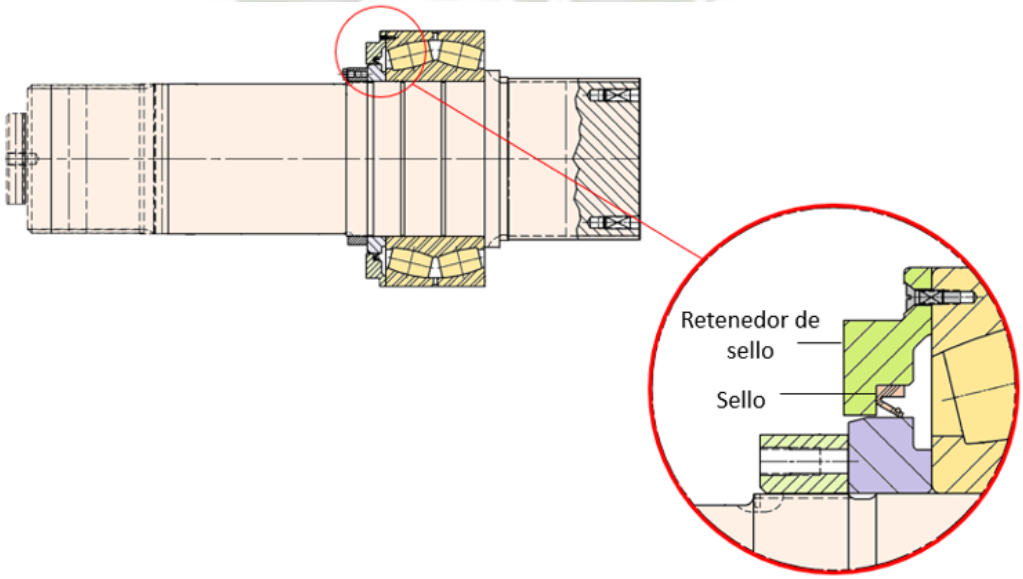


Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

5. Permitir que el rodamiento se enfríe.
6. Instalar el sello y retenedor de sello en el rodamiento con los labios de sello mirando hacia el rodamiento.

Figura 231

Eje de avance con retenedor de sello instalado

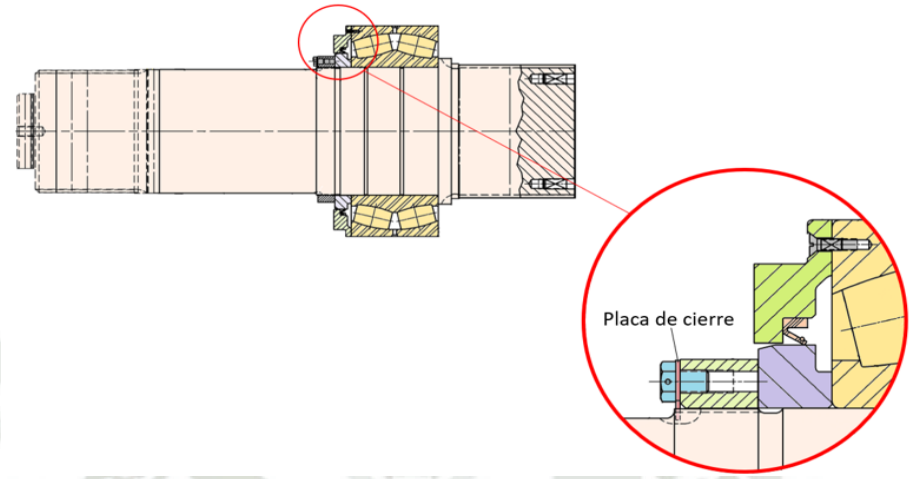


Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

7. Instalar la placa de cierre de la tuerca de retención y sus respectivos pernos.

Figura 232

Eje de avance con placa de cierre instalada



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

8. El eje de propulsión se encuentra listo para ser montado en el bastidor.

5.4.3. Montaje de transformador dipper trip y gabinete Skid Siemens

Esta actividad se realiza por parte del personal de electricidad.

5.4.4. Montaje de transformador principal y auxiliar

Esta actividad se realiza por parte del personal de electricidad.

Figura 233

Izaje de transformador dentro de la sala de máquinas

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.4.5. Inspección de piso de la plataforma giratoria

Realizar una inspección por líquidos penetrantes a la base de los pedestales y evaluar si presentan fisuras.

Figura 234

Inspección por tintes penetrantes de base de pedestales en sala de máquinas

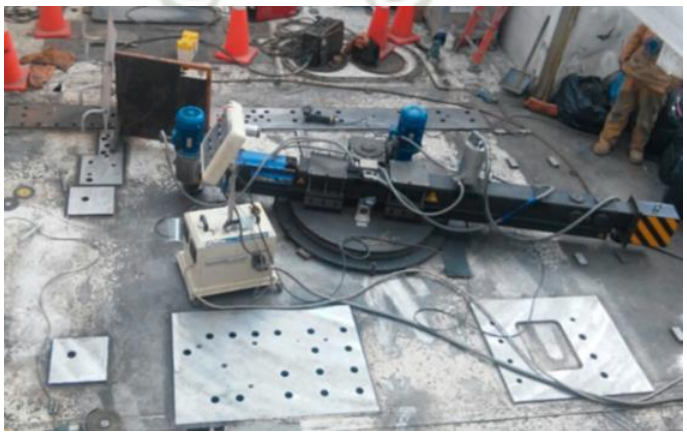
Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

En esta oportunidad, no se encuentran fisuras. Sin embargo, si fuera el caso el procedimiento de reparación es relleno por soldadura y finalmente un refrentado de la superficie para asegurar planitud.

La siguiente imagen muestra la disposición de la máquina para realizar el refrentado de la base de los pedestales, corresponde al Overhaul de una pala Bucyrus 495 BI en Toquepala 2017.

Figura 235

Refrentado de base de pedestales



Fuente: METCOM (2017).

5.4.6. Limpieza del mango

Se debe retirar la grasa de protección que recubre la superficie del mango para su posterior instalación.

Figura 236

Técnicos mecánicos removiendo la grasa de protección del mango

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.5. SEMANA 05

5.5.1. Izamiento de estructura de transporte para reparación de rieles inferiores

Después de haber realizado la reparación en la superficie de la estructura de transporte, es preferible colocar la estructura de transporte sobre unos soportes para facilitar el trabajo de reparación de los soldadores.

Figura 237

Izaje de estructura de transporte sobre soportes

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.5.2. Montaje de frenos de avance en motores de propulsión

Los frenos son un componente que pueden ser instalados antes de montar el motor en la estructura de transporte.

Figura 238

Técnicos mecánicos instalado el freno en el motor de propulsión

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.5.3. Montaje de pedestales en la plataforma giratoria

Después de que la superficie en donde descansan los pedestales en la sala de máquinas ha sido evaluadas y descartadas por fisuras, o hayan sido reparadas en su defecto, se comienza a montar primero el pedestal izquierdo y luego el derecho, para esto seguir los siguientes pasos:

1. Con la grúa de 90 toneladas, izar los pedestales y colocarlos en posición en la sala de máquinas.

Figura 239

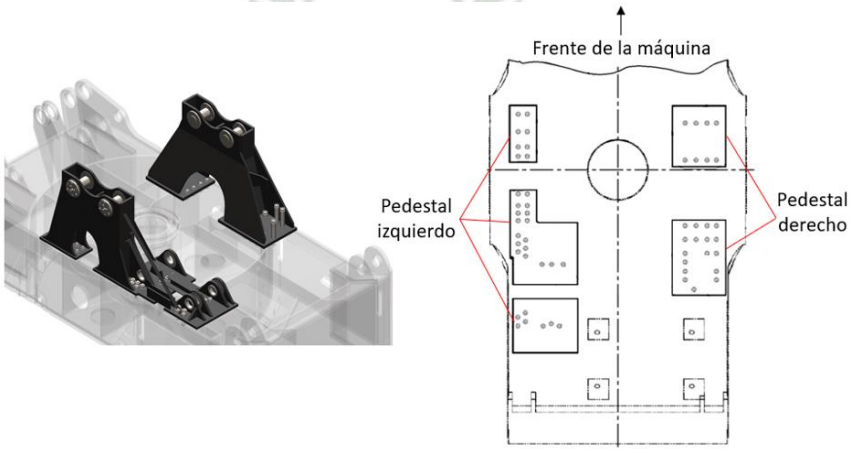
Técnicos mecánicos montando el pedestal izquierdo en la sala de máquinas

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. La ubicación de los pernos que fijan los pedestales a la plataforma giratoria se muestra en la siguiente imagen.

Figura 240

Disposición de pernos en la base de los pedestales

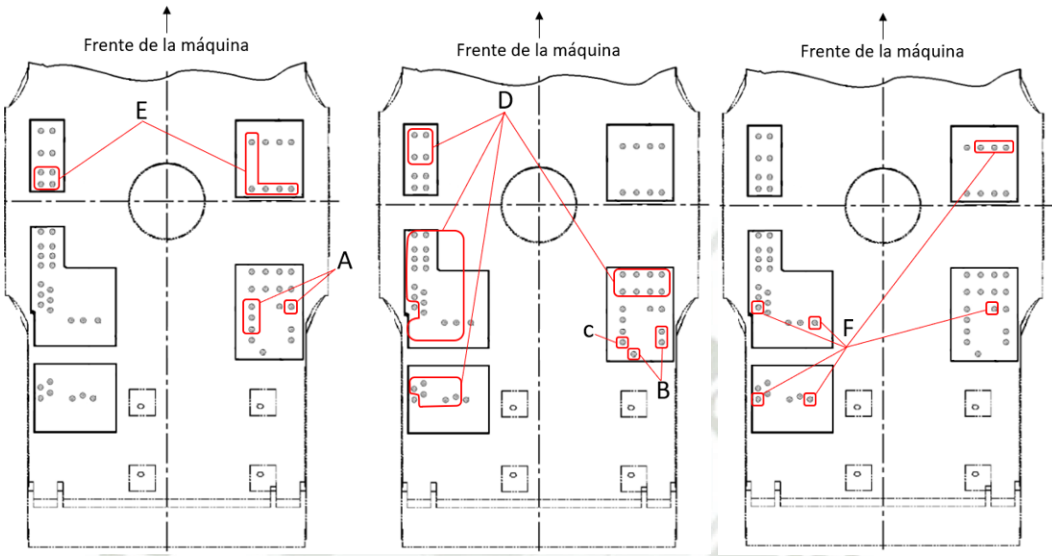


Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

3. Los pernos de montaje se clasifican en 6 grupos y sus ubicaciones se muestran en las siguientes imágenes.

Figura 241

Clasificación de pernos en la base de los pedestales

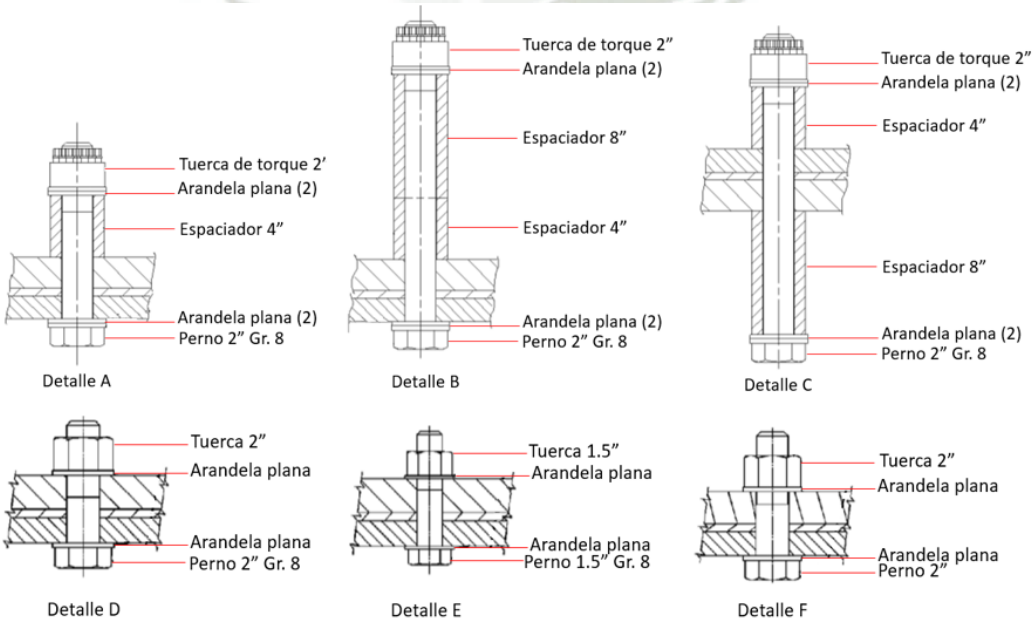


Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

4. Los detalles de los pernos que se usan en cada grupo se muestran a continuación.

Figura 242

Detalles de pernos en la base de los pedestales



Fuente: Bucyrus International Inc. (2020).

5. Para el montaje deben ajustarse sólo los pernos del detalle D, E y F. Los pernos con tuerca de torque se ajustan una vez que se ha comprobado el backlash con la corona de giro del tambor de levante. Al momento de realizar el backlash es necesario mover los pedestales y para realizar esta actividad con facilidad no deben estar ajustadas las tuercas de torque. Por lo tanto, los siguientes pasos aplican para cuando se realice el ajuste final de las tuercas de torque.
6. La tuerca de torque de 2" debe apretarse a un valor de 100 Ft.Lbs, para esto, primero debe asegurarse de que la arandela endurecida esté instalada bajo la tuerca de torque, en ninguna circunstancia debe reemplazarse por una arandela comercial.
7. Atornillar manualmente la tuerca de torque en el vástago del perno.
8. Una vez que no se pueda ajustar más manualmente, apretar los pernos de elevación o *jacking bolts* a 10 Ft. Lbs cada uno.
9. Usando el patrón estrella, apretar los pernos de elevación a 50 Ft.Lbs.

Figura 243

Secuencia de ajuste estrella en tuerca de torque de 2"

Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

10. Luego cambiar al patrón circular y apretar los pernos de elevación a 75Ft.Lbs.

Figura 244

Secuencia de ajuste circular en tuerca de torque de 2"

Fuente: Bucyrus International Inc. (2001).

11. Continuar con el patrón circular y apretar los pernos de elevación a 110 Ft.Lbs.

Se nota de que el último valor de torque es mayor al buscado de 100 Ft.Lbs, sin embargo, esto solo es para acelerar el proceso de ajuste ya que mientras se van ajustando los pernos de elevación el vástago del perno puede estirarse y de esa forma "soltar" los pernos de elevación anteriormente ajustados.

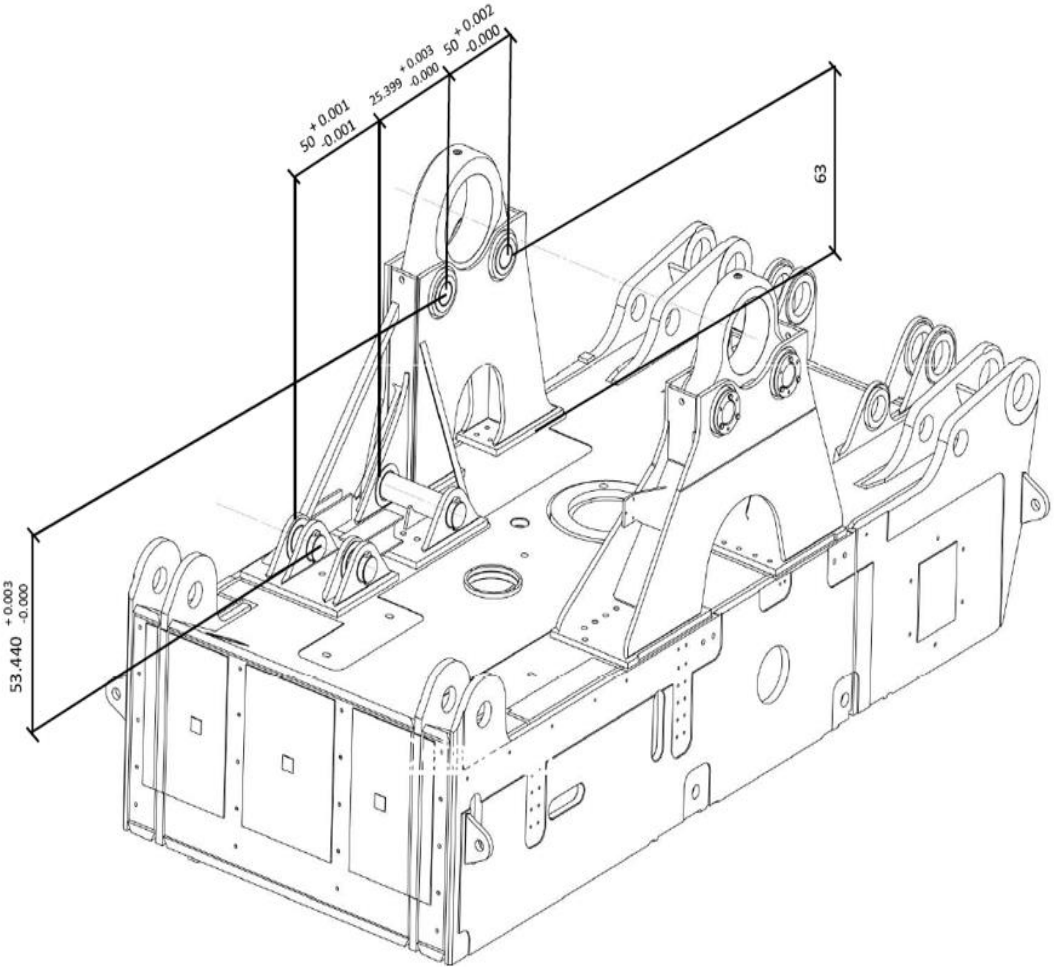
Finalmente darle el valor de torque final a 100 Ft.Lbs con una llave de torque.

5.5.4. Alineamiento de pedestales en la plataforma giratoria

Para asegurar el correcto alineamiento de la transmisión de levante respecto al tambor se tiene que realizar las medidas mostradas a continuación.

Figura 245

Tolerancias para el correcto alineamiento en pedestal izquierdo



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Esta actividad es realizada por el personal de tornos y de ser el caso, deben realizar las correcciones necesarias.

Figura 246

Torneros verificando medidas mostradas en la figura 204

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.5.5. Inspección de alojamientos de la transmisión de levante y tambor

Las fisuras en los pedestales pueden presentarse en los alojamientos para los pasadores que fijan el tambor a los pedestales.

Figura 247

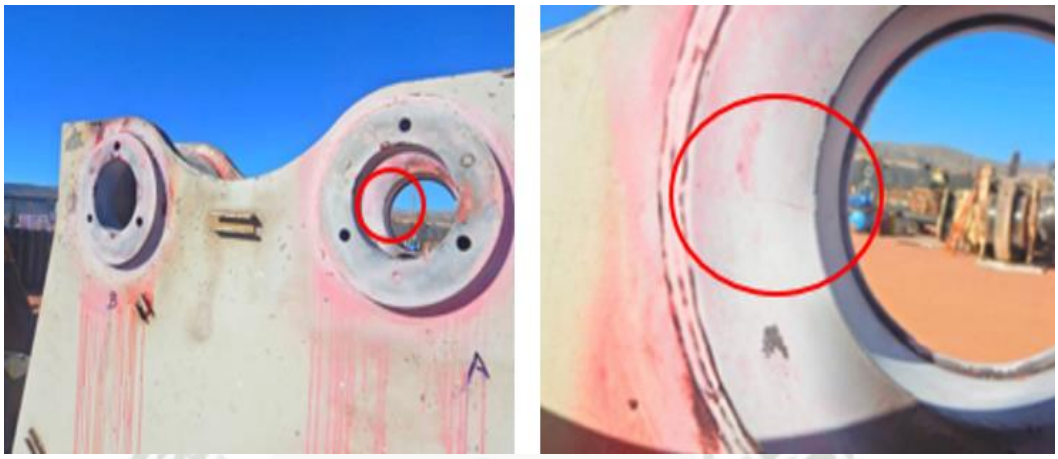
Inspección por tintes penetrantes en alojamientos de tambor de levante

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Se debe realizar inspecciones con tintes penetrantes en estas zonas para evaluar rajaduras. Se observa, por ejemplo, una rajadura en la siguiente imagen.

Figura 248

Fisura en alojamiento de tambor de levante



Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Adicionalmente, ejecutar inspecciones en los alojamientos de los pasadores de la transmisión de levante.

Figura 249

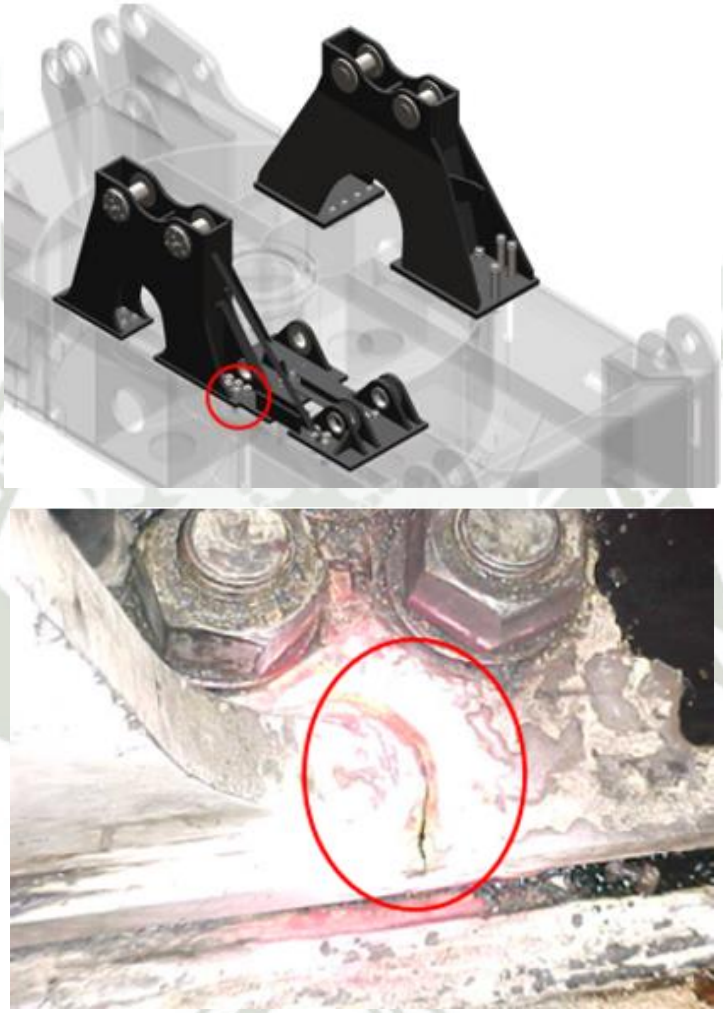
Inspección por tintes penetrantes en alojamiento de transmisión de levante

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

En la siguiente imagen se observa una fisura en la base del pedestal cerca a los pernos de anclaje en un mantenimiento pasado.

Figura 250

Fisura cerca de los pernos de base del pedestal izquierdo



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Las razones de las fisuras en los pedestales pueden ser las siguientes:

- Sobreesfuerzo.
- Vibraciones fuera de los parámetros permisibles.
- Pernos de anclaje sueltos en la base de la estructura del pedestal.

El procedimiento para reparar las fisuras es mediante soldadura y hacer un seguimiento al área reparada cuando se encuentre en operación mediante partículas magnéticas o tintes penetrantes.

5.5.6. Reparación de alojamientos de la transmisión de levante y tambor

Las medidas de los alojamientos de la transmisión de levante son las siguientes:

Posición	Medida real	Medida nominal
Alojamientos delanteros	9.005” (promedio)	9.000” ± 0.001”
Alojamientos posteriores	9.006” (promedio)	9.000” ± 0.001”

El desgaste se debe a las horas de operación y los alojamientos deben ser sometidos a relleno por soldadura y maquinado de la superficie.

Figura 251

Soldador rellenando alojamientos en el pedestal

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Adicionalmente, las medidas de los alojamientos del tambor de levante son:

Posición	Medida real	Medida nominal
Pedestal derecho	8.004” (promedio)	8.000” ± 0.001”
Pedestal izquierdo	8.003” (promedio)	8.000” ± 0.001”

Debido a la fisura y el desgaste en los alojamientos, deben someterse a reparación.

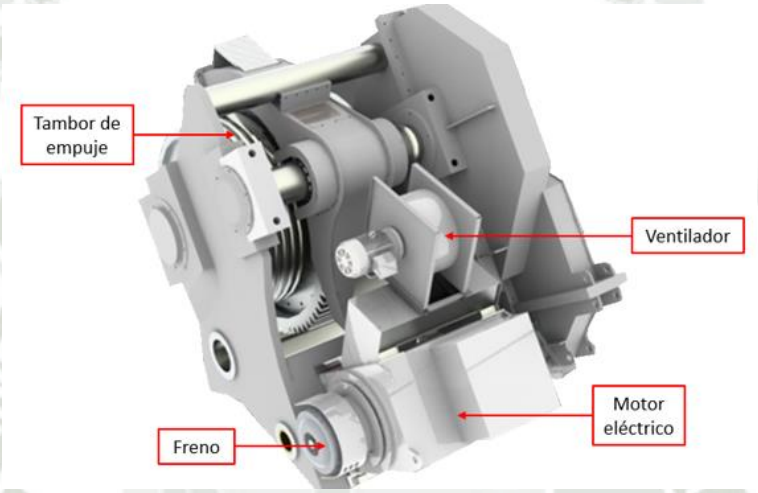
5.5.7. Instalación de motor eléctrico en la transmisión de empuje

La instalación del motor eléctrico en la maquinaria de empuje se realiza fuera de la sala de máquinas para después montar la maquinaria de empuje en conjunto.

En la siguiente imagen se muestra la ubicación del motor eléctrico en la maquinaria de empuje.

Figura 252

Maquinaria de empuje de modelo 495HR. Similar al modelo 495BII

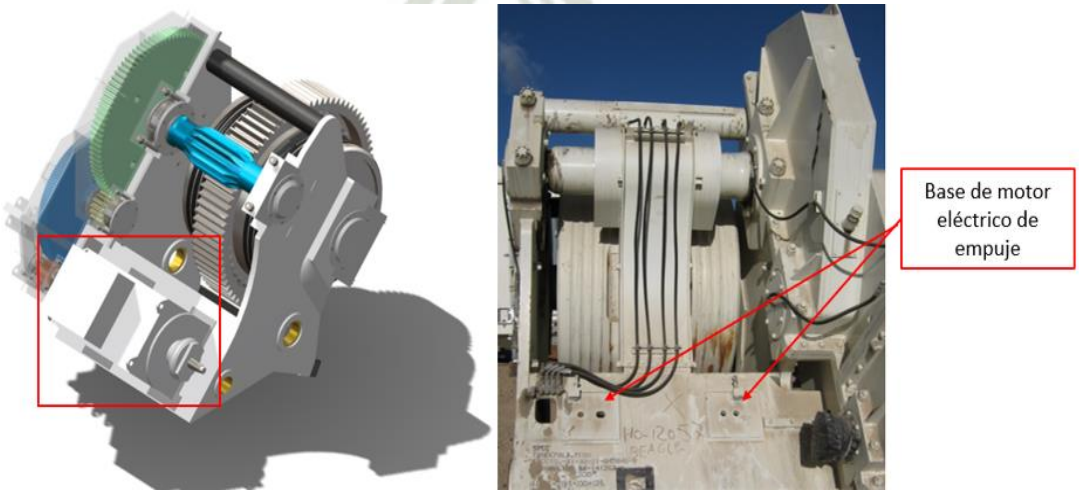


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

En la siguiente imagen se muestra la base del motor eléctrico.

Figura 253

Ubicación del motor eléctrico en la maquinaria de empuje

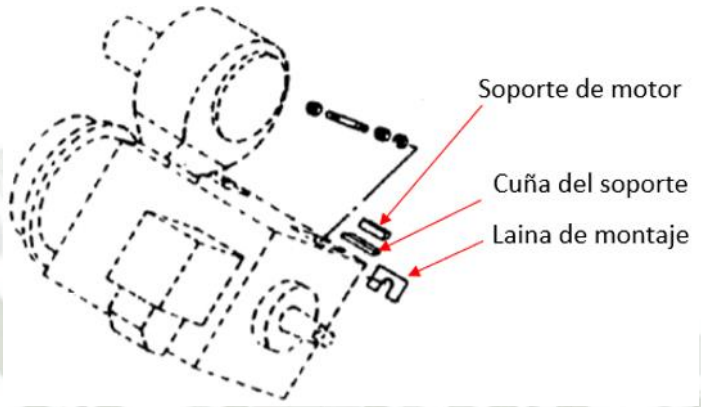


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Las partes que fijan el motor eléctrico a la base de la estructura se muestra a continuación.

Figura 254

Disposición de elementos de fijación de motor eléctrico de empuje



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

Para realizar el montaje se realizan los siguientes pasos:

1. Es conveniente inclinar la estructura de la maquinaria de empuje y apoyarla sobre un soporte para que la base del motor eléctrico quede de forma horizontal y sea sencillo realizar los siguientes pasos.

Figura 255

Técnicos de mantenimiento predictivo alineando el motor de empuje

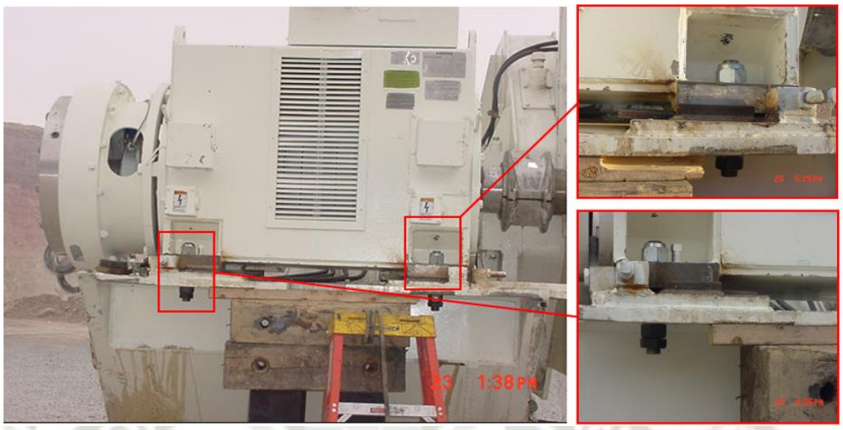
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. Fijar eslingas al motor eléctrico e izarlo. El peso aproximado del motor es de 4000 libras.

3. Ubicar el motor en su posición y colocar los soportes y cuñas.

Figura 256

Base de motor eléctrico de maquinaria de empuje



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2003).

4. Antes de fijar el acoplamiento el motor, este debe ser alineado por el personal de mantenimiento predictivo.

5.5.8. Maquinado de la plataforma giratoria

El maquinado de la pista superior del círculo de giro es una actividad que requiere de un torno especial, este debe ser montado en el alojamiento del pin central con precisión debido a las tolerancias estrechas y usualmente requiere más tiempo para lograrlo que en otras partes donde también se requiere maquinado.

Figura 257

Refrentado en la parte inferior de la plataforma giratoria

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

El maquinado de la superficie de los rieles superiores y estructura de transporte requieren de un torno F-MAX6000, esta actividad toma alrededor de 10 días de requerir un maquinado de 60º y 90º.

Las siguientes imágenes corresponden al trabajo realizado en el overhaul de una pala Bucyrus 495 BI en Toquepala.

Figura 258

Refrentado en la parte inferior de la plataforma giratoria

Fuente: METCOM (2017).

Se realizó un total de 03 pasadas con un refrentador, el ancho de la pista es de 16 pulgadas.

Figura 259

Refrentado en la base inferior de la plataforma giratoria

Fuente: Bucyrus International, Inc. (2020).

El trabajo se realiza con cuchillas especiales para grado 60º (interior) y 90º (exterior).

5.5.9. Conexión del gabinete de alta

Esta actividad se realiza por parte del personal electricista.

5.5.10. Mantenimiento de la cabina del operador

Esta actividad se realiza por parte del personal electricista.

Figura 260

Mantenimiento en la cabina del operador

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.5.11. Montaje de ejes de rodillos superiores en el bastidor

El procedimiento para instalar los rodillos superiores se describe a continuación.

1. Instalar el eje de rodillo superior en su alojamiento. Se puede realizar esta actividad para todos los rodillos superiores a la vez.
2. Instalar el perno de 1” y fijar el retenedor con apoyo de un soldador.
3. Fijar una eslinga en el rodillo superior, izarlo y posicionarlo en el eje.

Figura 261

Técnicos mecánicos realizando el montaje de rodillos superiores en bastidores

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

4. Fijar el collarín en el extremo del eje.
5. Asegurar el collarín con el perno de 1” y su tuerca.

5.5.12. Montaje de la transmisión de levante

El montaje de la transmisión es lo inverso al procedimiento de desmontaje y es como sigue:

1. Con una grúa soportar la caja de engranajes con eslingas sujetas en los 4 puntos de anclaje.

Figura 262

Montaje de transmisión de levante dentro de la sala de máquinas

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. Colocar los pasadores de chaveta y los pasadores con cabeza “T” que fijan la transmisión al pedestal izquierdo.

5.5.13. Lecciones y recomendaciones en la semana 05

1. Para realizar el izaje de la estructura de transporte se empleó una grúa de 200 y 300 toneladas y se levantó la estructura aproximadamente 1.20 m para facilitar la reparación de los rieles inferiores. Tener en cuenta que el peso de la estructura de transporte es de 63 toneladas.

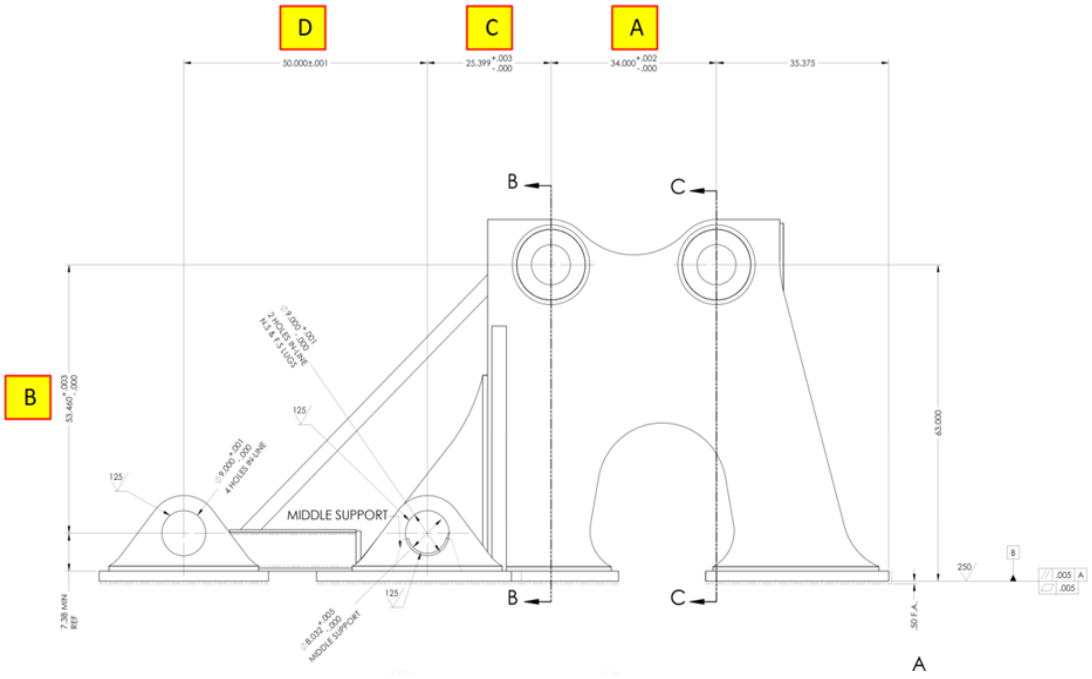
2. El maquinado de los alojamientos del pedestal izquierdo quedó de la siguiente manera:

Medida	Medida final	Medida nominal
A	34.001”	34.000” ± 0.002”
B	53.462”	53.460” ± 0.003”
C	25.400”	25.399” ± 0.003”
D	50.000”	50.000” ± 0.001”

El sistema de levante queda 100% alineado y en medida.

Figura 263

Tolerancias para alineamiento de tambor de levante en pedestal izquierdo



Fuente: Mantenimiento mina (2019).

5.6. SEMANA 06

5.6.1. Limpieza y reparación de cremallera de giro

En la cremallera de giro las fisuras pueden presentarse en diferencias ubicaciones como en las cartelas o en la superficie donde descansan las pistas de los rodillos.

Se debe limpiar minuciosamente la superficie de la cremallera de giro y realizar una inspección por tintes penetrantes.

Figura 264

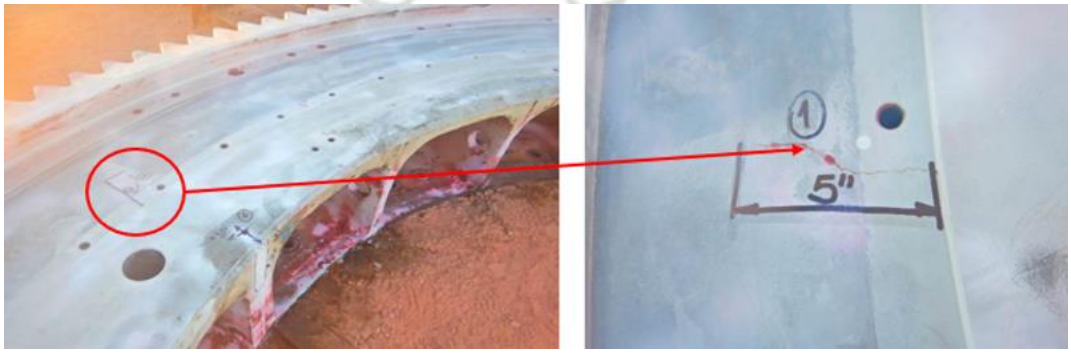
Inspección por tintes penetrantes en la cremallera de giro

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Se presentan por ejemplo las siguientes fisuras, una fisura de 5” en la base de la pista.

Figura 265

Fisura en la cara superior de la cremallera de giro

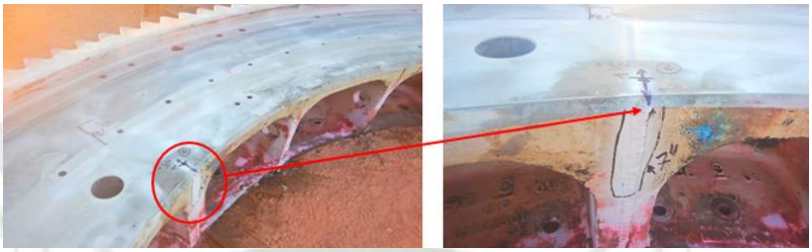


Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Una fisura en el borde interior de 7”.

Figura 266

Fisura en borde interior en la cremallera de giro

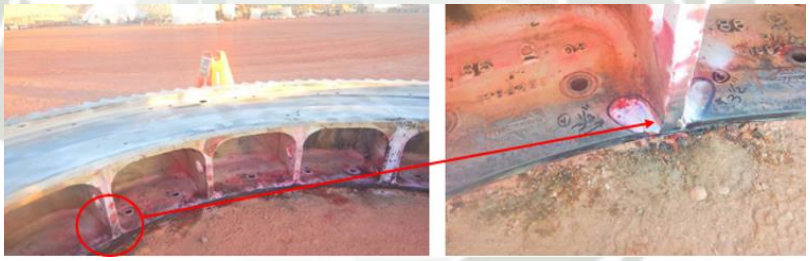


Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Una fisura en la base inferior de la cartela de 3 ½ “.

Figura 267

Fisura en base inferior de la cremallera de giro



Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Una fisura en la cartela de 3 ½ “.

Figura 268

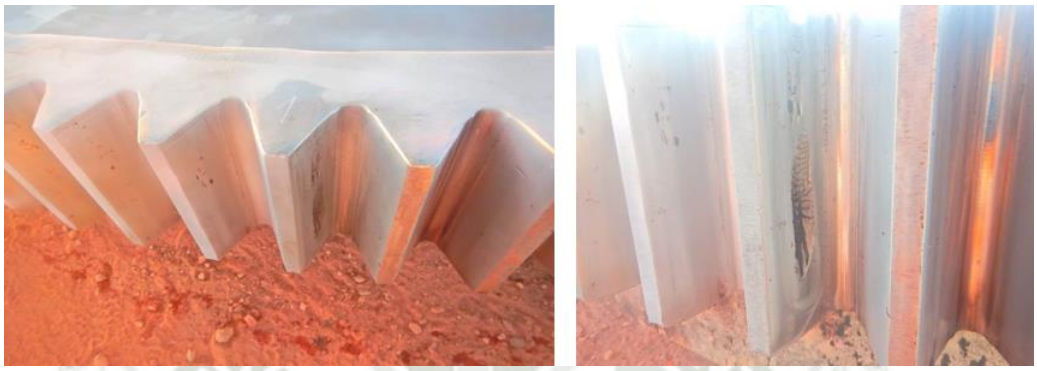
Fisura en cartela interna de la cremallera de giro

Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

En los dientes de la cremallera pueden presentarse desconchamiento de material como se observa en la siguiente imagen.

Figura 269

Desgaste superficial en dientes en la cremallera de giro

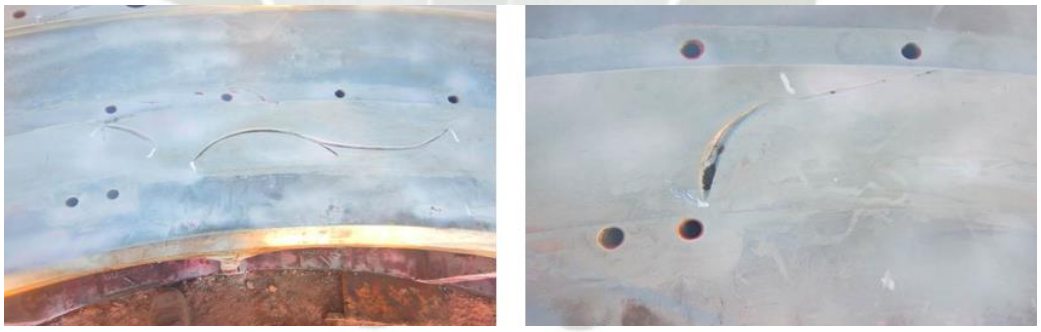


Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

En la base de las pistas de los rodillos se encuentra también ralladuras por deformación plástica.

Figura 270

Deformación superficial en la cremallera de giro



Fuente: Mantenimiento predictivo SPCC (2019).

Es recomendable cambiar la cremallera de giro debido al desgaste en los dientes, sin embargo, de no ser el caso las fisuras pueden repararse mediante soldadura.

La causa principal de los problemas en el sistema de giro es debido a la fatiga cuando los componentes culminan su vida útil.

En el caso de que se decida por la reparación, se debe reparar la cremallera de giro por ambos lados. Para girar la cremallera de giro se requiere el uso de 02 grúas.

Figura 271

Izaje de cremallera de giro para rotarla 180º

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.6.2. Maquinado de alojamientos de patas delanteras y posteriores de la estructura "A"

Se debe evaluar mediante una inspección de líquidos penetrantes las patas de la estructura "A" para indicar las fisuras si estas existiesen tanto en las patas como en los alojamientos.

Después de realizar una inspección, se encontró una fisura en las patas izquierda y derecha. Se realizó el procedimiento con un precalentamiento a 120 º C con electrodo 81T1 Ni2 con aporte de 100% C02.

En cuanto a los alojamientos, debido a las horas de operación presentan un desgaste entre 0.025" a 0.015", siendo la medida nominal de los alojamientos 8.000" ± 0.007".

Se observa en la siguiente imagen el maquinado de los alojamientos de las patas de la estructura "A".

Figura 272

Torneros realizando el maquinado de patas de la estructura "A"

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Se observa en la siguiente imagen el maquinado de los alojamientos de los pasadores que sujetan los cables de suspensión en la parte superior de la estructura “A”.

Figura 273

Maquinado de alojamientos en estructura “A”

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.6.3. Reparación de escaleras y barandas de pluma

Particularmente en esta pala debido a las horas de operación cercanas a las 100 000, estructuras adicionales como las escaleras, pisos y barandas se encuentran dañadas por lo que se procede con su reparación.

Figura 274

Soldador realizando reparaciones en las escaleras de acceso a la pluma

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.6.4. Conexión del tablero de iluminación

Esta actividad se realiza por el personal electricista.

Figura 275

Técnico realizando conexiones eléctricas

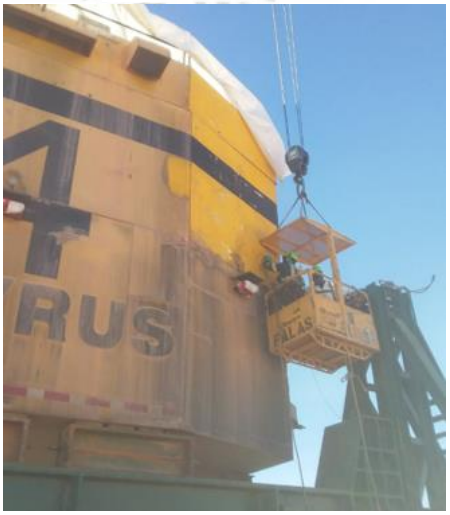
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.6.5. Limpieza de parte posterior de la pala

En este punto se empieza con la preparación de la superficie posterior de la pala logrando retirar el polvo y suciedad, esta es la etapa inicial para su posterior pintado.

Figura 276

Limpieza de cubierta exterior de pala



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.6.6. Montaje de vigas en la sala de máquinas

Empezar con la reparación de los agujeros de las vigas y con el torqueo de pernos de estas.

Figura 277

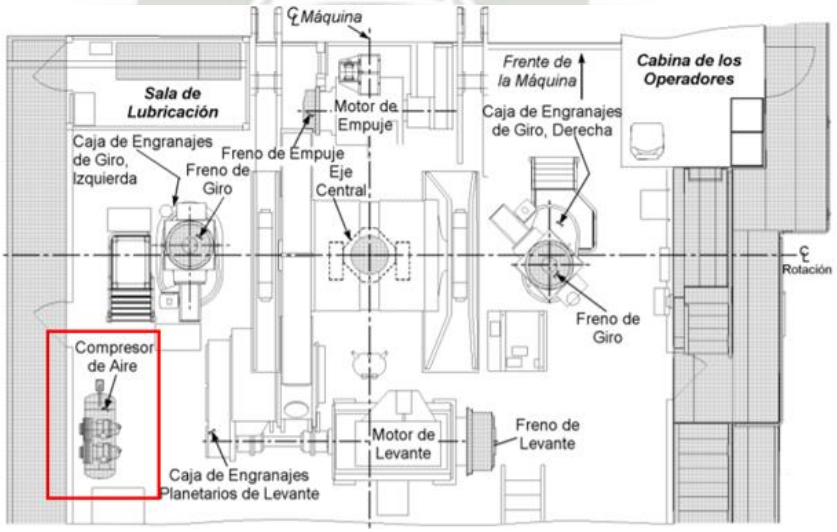
Técnicos mecánicos realizando el montaje de vigas en la sala de máquinas

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.6.7. Montaje de compresor

Figura 278

Ubicación del compresor de aire en la sala de máquinas



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

Para realizar el montaje del compresor, seguir los siguientes pasos:

1. Colocar eslingas entre el compresor y la pasteca de una grúa.
2. Izar y colocar cuidadosamente el compresor en posición.

Figura 279

Izaje de compresor dentro de la sala de máquinas

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

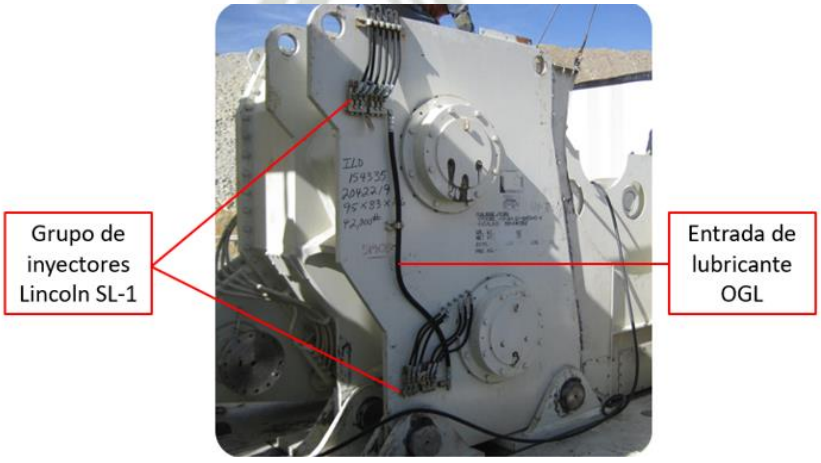
3. Fijar el compresor en la sala de máquinas mediante pernos.

5.6.8. Montaje de inyectores en la transmisión de izar

1. Conectar las mangueras de drenaje de los rodamientos de la caja de engranajes.
2. Conectar las mangueras de lubricación de los piñones.

Figura 280

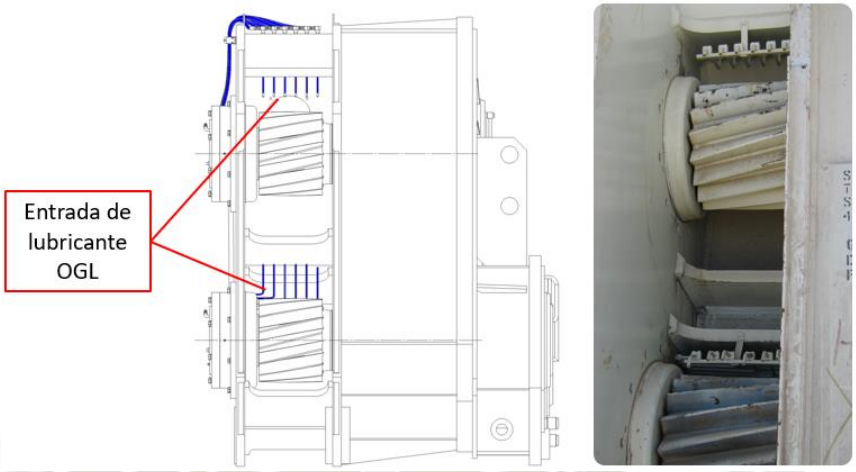
Inyectores en transmisión de izar



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Figura 281

Entrada de lubricante a piñones en transmisión de levante

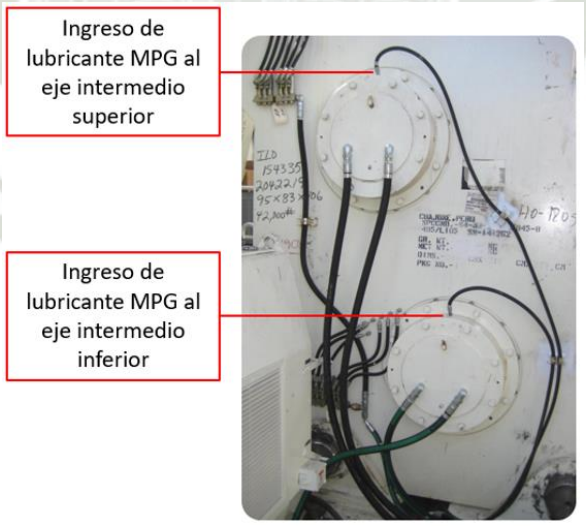


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

3. Conectar las mangueras de lubricación de los ejes intermedios.

Figura 282

Mangueras de ingreso de lubricante a ejes intermedios

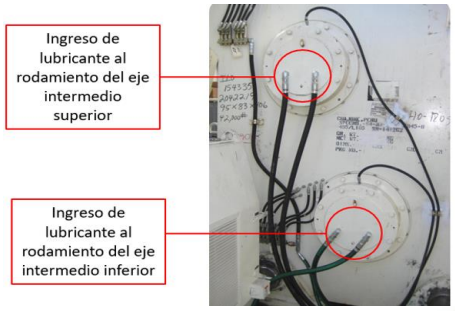


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

4. Conectar las mangueras de lubricación a los rodamientos de los ejes intermedios.
   - Existen 02 puntos de lubricación al rodamiento del eje intermedio superior en el lado izquierdo y 02 en el lado derecho.
   - Existen 02 puntos de lubricación al rodamiento del eje intermedio inferior en el lado izquierdo y 02 en el lado derecho.

Figura 283

Mangueras de ingreso de lubricante a rodamientos de ejes intermedios



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

5.6.9. Montaje de componentes en la sala de lubricación

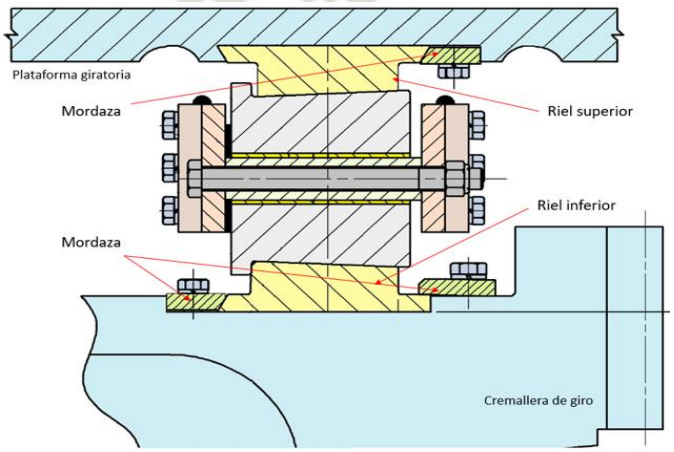
Los técnicos lubricadores deben realizar el montaje de los depósitos, mangueras, electroválvulas y motores neumáticos en la sala de lubricación, su ubicación se especifica en la sección de desmontaje.

5.6.10. Montaje de rieles superiores en la plataforma giratoria

Los rieles superiores se pueden montar cuando se haya terminado el trabajo de refrentado en la parte inferior de la plataforma giratoria. Los rieles superiores en la parte inferior de la plataforma giratoria se sujetan gracias a mordazas, esto se muestra en la siguiente imagen.

Figura 284

Vista de sección transversal a rodillos de giro y pista superior e inferior



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1997).

Se requiere el apoyo de 3 mecánicos para levantar el riel por sobre la cabeza y un mecánico adicional que fije las mordazas en su lugar.

Figura 285

Técnicos mecánicos instalando un segmento de pista superior

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

La práctica de levantar los rieles manualmente se ha practicado y debe ser erradicada por lo pesadas que son las pistas superiores. Se deben instalar los andamios necesarios para habilitar el uso de un soporte y gata hidráulica que faciliten posicionar las pistas superiores en su lugar, esto se muestra en la figura.

Figura 286

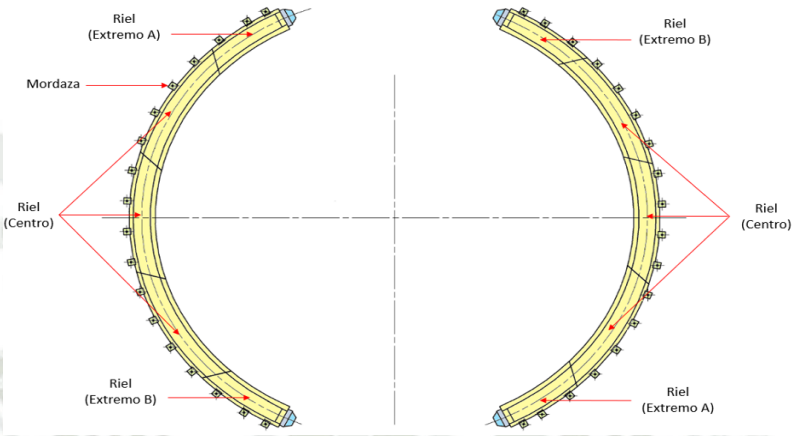
Técnicos mecánicos instalando segmentos de pista superior en la plataforma giratoria

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Los rieles tienen 3 formas y se muestran en la siguiente imagen.

Figura 287

Segmentos de pista superior



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1997).

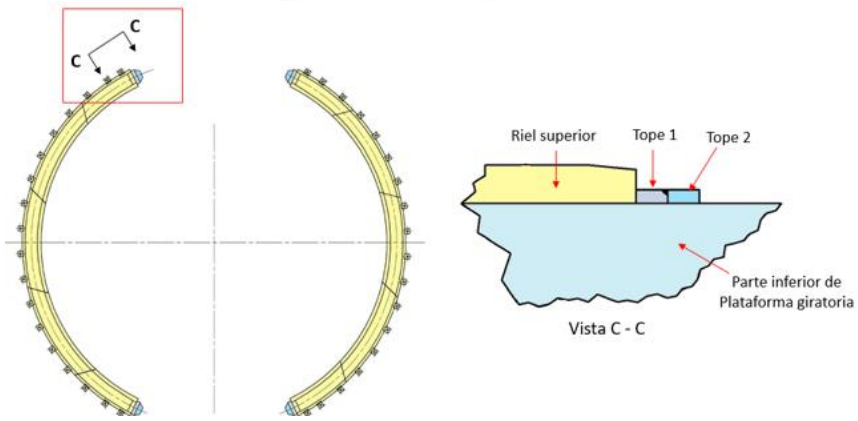
Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Los 3 rieles que se encuentran en el centro (lado izquierdo y lado derecho) son exactamente iguales.
- El riel que se encuentra en el extremo superior izquierdo (A) es el mismo en el extremo inferior derecho.
- El riel que se encuentra en el extremo inferior izquierdo (B) es el mismo en el extremo superior derecho.
- Todos los rieles se fijan mediante mordazas.

Existen unos topes en los extremos de los rieles, estos impiden el movimiento de las pistas superiores y se deben soldar a la plataforma giratoria.

Figura 288

Soldadura de tope 1 y 2 en los extremos de la pista superior

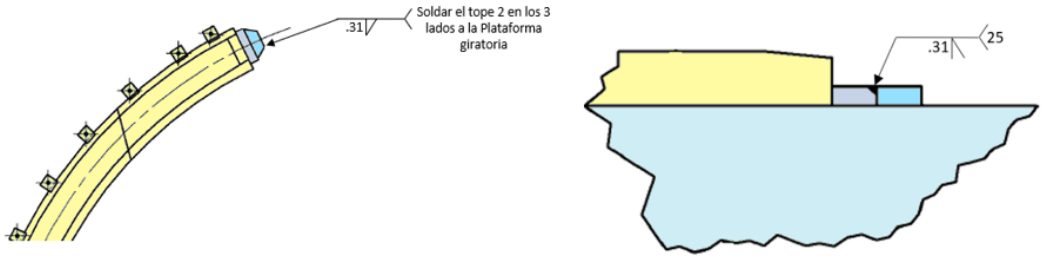


Fuente: Bucyrus International, Inc. (1997).

El tope 2 debe soldarse en los 3 lados que se muestra a la base inferior de la plataforma giratoria y el tope 1 debe soldarse al tope 2.

Figura 289

Soldadura de tope 1 y 2



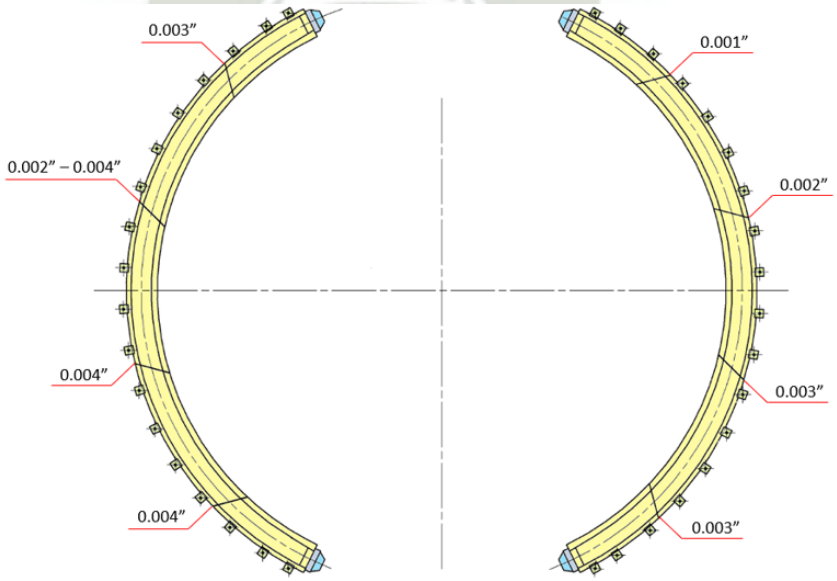
Fuente: Bucyrus International, Inc. (1997).

5.6.11. Lecciones y recomendaciones en la semana 06

1. En la cremallera de giro saliente se rectificó imperfecciones en los dientes, bases de pistas inferiores y se reparó una fisura inferior de 14”. Este componente queda listo para ser reutilizado en el futuro.
2. Después del maquinado de la base inferior de la plataforma giratoria, se verificó la planitud entre la base y los rieles superiores, estos presentan una desviación entre 0.001” a 0.002”.
3. La luz o gap final entre riel y riel quedó de la siguiente manera.

Figura 290

Tolerancias finales entre segmentos

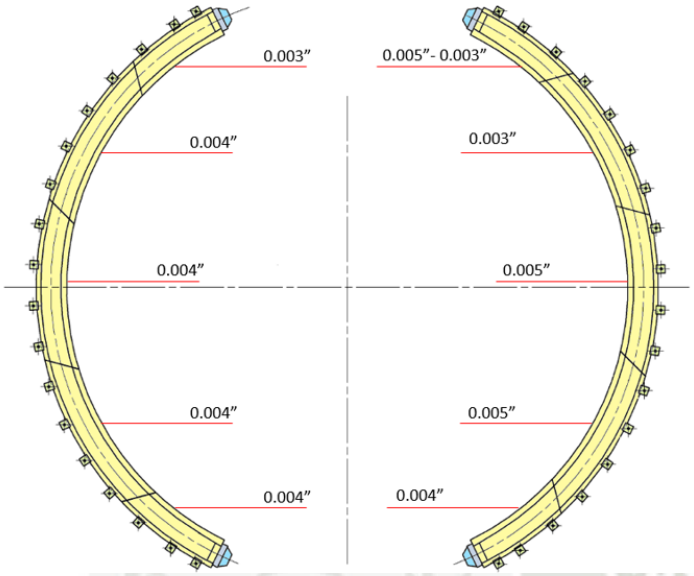


Fuente: Mantenimiento mina (2019).

4. La luz o gap final entre riel y la superficie de la plataforma giratoria quedó de la siguiente manera.

Figura 291

Tolerancias finales entre segmentos y superficie de pista superior



Fuente: Mantenimiento mina (2019).

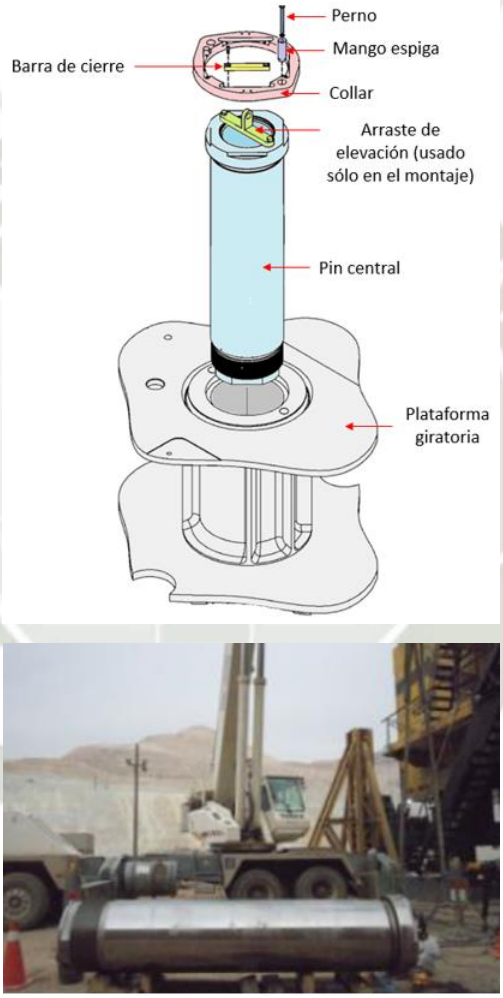
5.7. SEMANA 07

5.7.1. Montaje de pin central

Los componentes que fijan el pin central en la plataforma giratoria se muestran en la siguiente imagen.

Figura 292

Componentes superiores de pin central

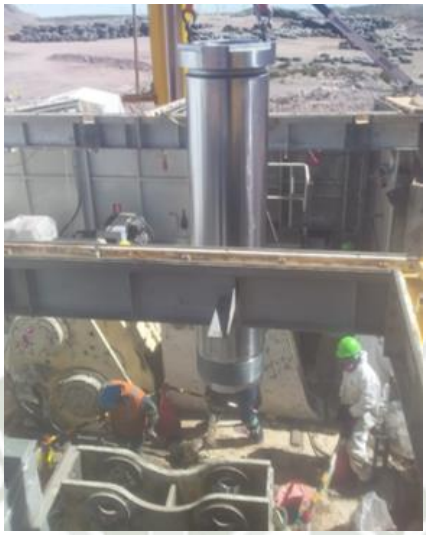


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Para insertar el pin central en su alojamiento en la plataforma giratoria, se fija eslingas al arrastre de elevación en la parte superior del pin central y cuidadosamente se inserta dentro de su alojamiento.

Figura 293

Montaje de pin central



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.7.2. Montaje de ejes de giro

Para el montaje del eje de giro en la plataforma giratoria se deben seguir los siguientes pasos:

1. Con una grúa colocar el eje de giro de forma vertical en su posición por debajo de la plataforma de giro.

Figura 294

Montaje de eje de giro ensamblado por la parte inferior de la plataforma giratoria

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. Izar el eje de giro a través de la sala de máquinas cuidadosamente de forma que se posicione en su alojamiento.

Figura 295

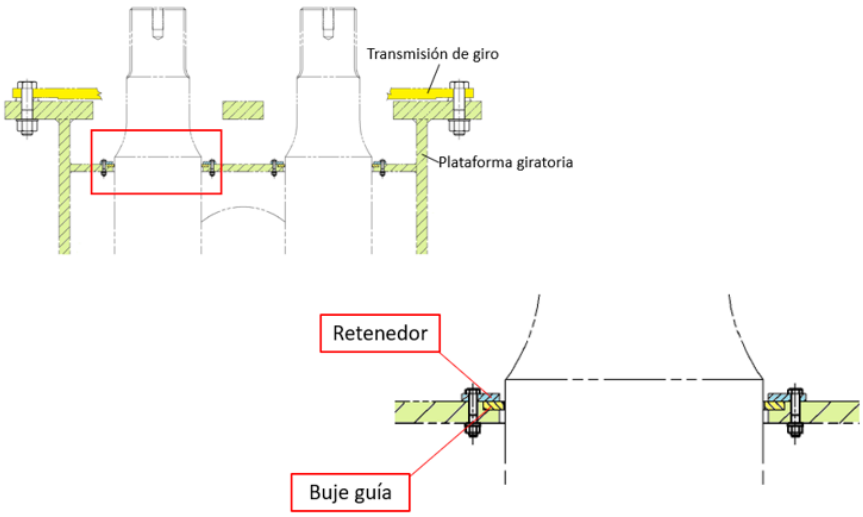
Eje de giro con estrobo y cáncamo de izaje instalado

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

3. Fijar los pernos entre el retenedor superior y la plataforma giratoria.
4. Insertar el collarín de mordaza del interruptor de proximidad y los herrajes.
5. Instalar el buje guía del eje y el retenedor en la parte superior del eje por debajo del piso en la sala de máquinas.

Figura 296

Buje guía y retenedor de eje de giro

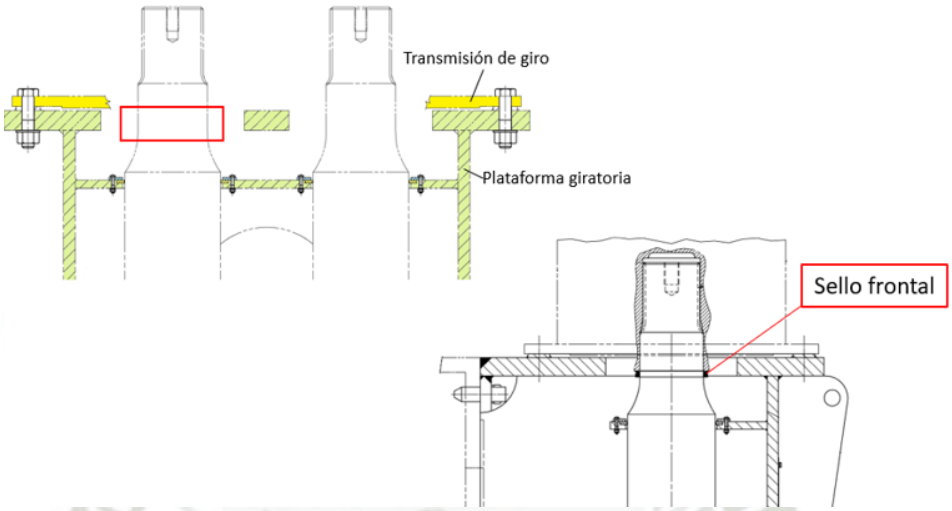


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

6. Instalar el sello frontal del eje-caja de engranaje en posición cerca de la parte superior del eje.

Figura 297

Sello entre eje de giro y caja de transmisión



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

5.7.3. Montaje de transmisión y motor de giro

El montaje de la transmisión de giro es lo inverso al desmontaje, sin embargo, se debe aplicar Molykote a las ranuras de la parte superior de los 2 ejes de giro y también dentro de los engranajes de potencia en la parte inferior de la caja.

Figura 298

Montaje de transmisión de giro

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

En el pasado, se han presentado inconvenientes al montar la transmisión de giro por lo que se optó por achaflanar el extremo de los ejes de giro para facilitar el montaje y ha funcionado.

Figura 299

Biselado en extremo dentado de engranaje de giro

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

El montaje del motor de giro también es lo inverso al montaje con la diferencia de que debe alinearse el acoplamiento entre el motor y la transmisión.

Figura 300

Montaje de motor eléctrico de transmisión de giro

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Después de que se ha montado el motor, proceder a colocar el freno del motor.

Figura 301

Instalación de freno de motor eléctrico de giro

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Finalmente colocar el ventilador de los motores de giro.

Figura 302

Instalación de ventilador de motor eléctrico de giro

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Se debe realizar lo anterior para la transmisión del lado izquierdo y derecho.

5.7.4. Montaje de motor eléctrico de levante

Seguir los siguientes pasos:

1. Soportar el motor con eslingas y una grúa y colocarlo en posición en la sala de máquinas.

Figura 303

Montaje de motor eléctrico de levante

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. Colocar los 04 pernos de 2” que sujetan la base del motor.
3. Colocar los soportes y cuñas en las patas del motor.
4. Realizar un alineamiento de precisión.

Figura 304

Técnico predictivo realizando el alineamiento de motor eléctrico de levante

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5. Soportar el eje de acoplamiento con una grúa y acoplarlo a ambos ejes.

Figura 305

Montaje de eje flotante en transmisión de levante

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

6. Fijar los 04 pernos de la base.
7. Colocar la protección del acoplamiento del motor.
8. Conectar la tubería hacia al freno de levante.

5.7.5. Maquinado de la estructura de transporte

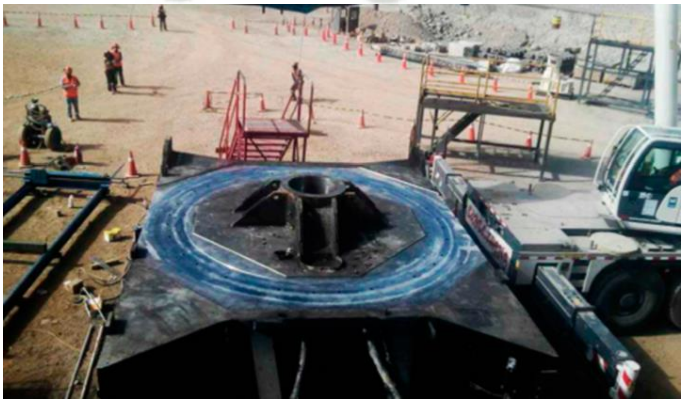
El maquinado de la estructura de transporte se realiza en:

- Superficie superior en donde descansa la cremallera de giro.
- Superficies laterales que están en contacto con las estructuras de oruga.

Esta actividad hasta el presente se ha tercerizado y se realiza con el torno especial antes mencionado. Para maquinar la parte superior el torno se centra utilizando la base del pin central.

Figura 306

Estructura de transporte de pala Bucyrus 495BI



Fuente: METCOM (2017).

En la parte superior se verifica paralelismo en la pista para marcar puntos y buscar el mayor valor para saber cuánto debe refrentarse.

Esta tarea toma un aproximado de 5 pasadas con un refrentador y tiene una duración de 7 días.

Figura 307

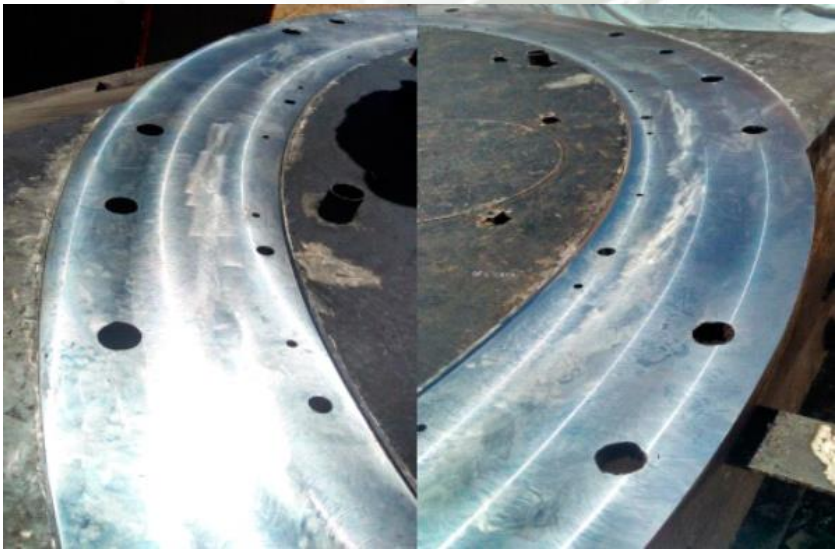
Maquinado superior en estructura de transporte

Fuente: METCOM (2017).

El resultado del refrentado se muestra en la siguiente imagen.

Figura 308

Base de cremallera de giro refrentada



Fuente: METCOM (2017).

El equipo de refrentado para las caras laterales se muestra en la siguiente imagen.

Figura 309

Equipo instalado para maquinado lateral de estructura de transporte

Fuente: METCOM (2017).

Esta actividad toma un aproximado de 6 días y el trabajo finalizado se muestra en la siguiente imagen.

Figura 310

Resultado de maquinado del riel lateral en estructura de transporte

Fuente: METCOM (2017).

Para el riel inferior, tanto para la cara interior y la cara inferior se utiliza una bancada de torno de 6 metros. Esta actividad tiene una duración aproximada de 3 días por lado.

Figura 311

Maquinado de riel inferior de la estructura de transporte

Fuente: METCOM (2017).

Se comprueba el acabado final con una galga enviada a medida.

Figura 312

Comprobación de tolerancias de garra inferior con galga a medida

Fuente: METCOM (2017).

En la siguiente imagen se muestra el maquinado de la garra inferior.

Figura 313

Refrentado de riel inferior de estructura de transporte

Fuente: METCOM (2017).

En las siguientes imágenes se aprecia el refrentado de la superficie superior.

Figura 314

Refrentado de superficie superior de estructura de transporte

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.7.6. Montaje de anillos de alta tensión

Se montan en la cara inferior de la plataforma giratoria los aisladores y los anillos colectores. Esta actividad se realiza por parte del personal electricista.

Figura 315

Técnicos eléctricos en el montaje de anillos de alta tensión

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.7.7. Montaje de Swivel

El montaje de Swivel se realiza después de montar el pin central en la plataforma giratoria y está a cargo del personal electricista y técnicos lubricadores.

Figura 316

Montaje de swivel dentro de pin central

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.7.8. Montaje de conjunto tambor de levante

El montaje del conjunto de tambor se realiza cuando los pedestales han sido montados y el conjunto de tambor (tambor, rodamientos, engranaje de giro y chumaceras) han sido ensamblados aparte. El procedimiento de montaje es el inverso al desmontaje y se explica a continuación.

1. Colocar la guarda inferior del engranaje de levante.

Figura 317

Instalación de guarda inferior de transmisión de levante

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. Con la grúa de 300 toneladas izar cuidadosamente el conjunto de tambor y posicionarlo en los pedestales. Amarrar sogas o vientos en los costados del engranaje para facilitar el montaje lateralmente. El peso aproximado del conjunto es 70000 libras.

Figura 318

Montaje de tambor de levante en sala de máquinas

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

3. Con otra grúa izar los 4 pasadores que fijan las chumaceras o yokes a los pedestales (peso aproximado de los pasadores es de 240 libras) y colocarlos en sus alojamientos.
4. Colocar los 3 pernos de 1” en cada pasador.

5.7.9. Montaje de poleas de punta de pluma

El conjunto de poleas ya se ensambló y se dejó listo para montarlo, el procedimiento para montar las poleas de punta de pluma es el siguiente:

1. Insertar la cuña del eje dentro de la ranura en la estructura de la punta de la pluma.
2. Con una grúa, izar el conjunto de polea a su posición en la punta de la pluma.

Figura 319

Montaje de polea de punta de pluma

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

3. Con el eje en posición, fijar las tapas y los pernos. Apretar los pernos de 1.5” a 1460 ft.lb.
   Para izar las tapas se pueden usar las uñas de un cargador frontal como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 320

Armado de poleas de punta de pluma

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

4. Deslizar el eje hacia el centro del a pluma tanto como sea posible y colocar el collarín de mordaza en dicho lado y apretar los pernos.
5. Deslizar el eje tanto como sea posible hacia el lado de afuera de la pluma y colocar el collarín de mordaza en dicho lado y apretar los pernos.

Figura 321

Técnico mecánico ajustando tuerca de torque

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

6. Reconectar las líneas de lubricación.

5.7.10. Pintado general de pala

Se realiza un pintado de la pala para darle una mejor apariencia.

Figura 322

Pintado de cubierta de pala

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.7.11. Lecciones y recomendaciones en la semana 07

1. Las medidas del pin central y su alojamiento son:

Posición	Medida real	Medida nominal
$\emptyset_{EXT}$ de pin central	25.488”	25.495” ± 0.002”
$\emptyset_{INT}$ de alojamiento en la plataforma giratoria	25.502”	25.000” ± 0.002”

Se decide no maquinar debido a que se encuentra dentro de la medida nominal.

5.8. SEMANA 08

5.8.1. Backlash y alineamiento de piñón y corona de levante

Realizar el alineamiento de piñon y corona de levante.

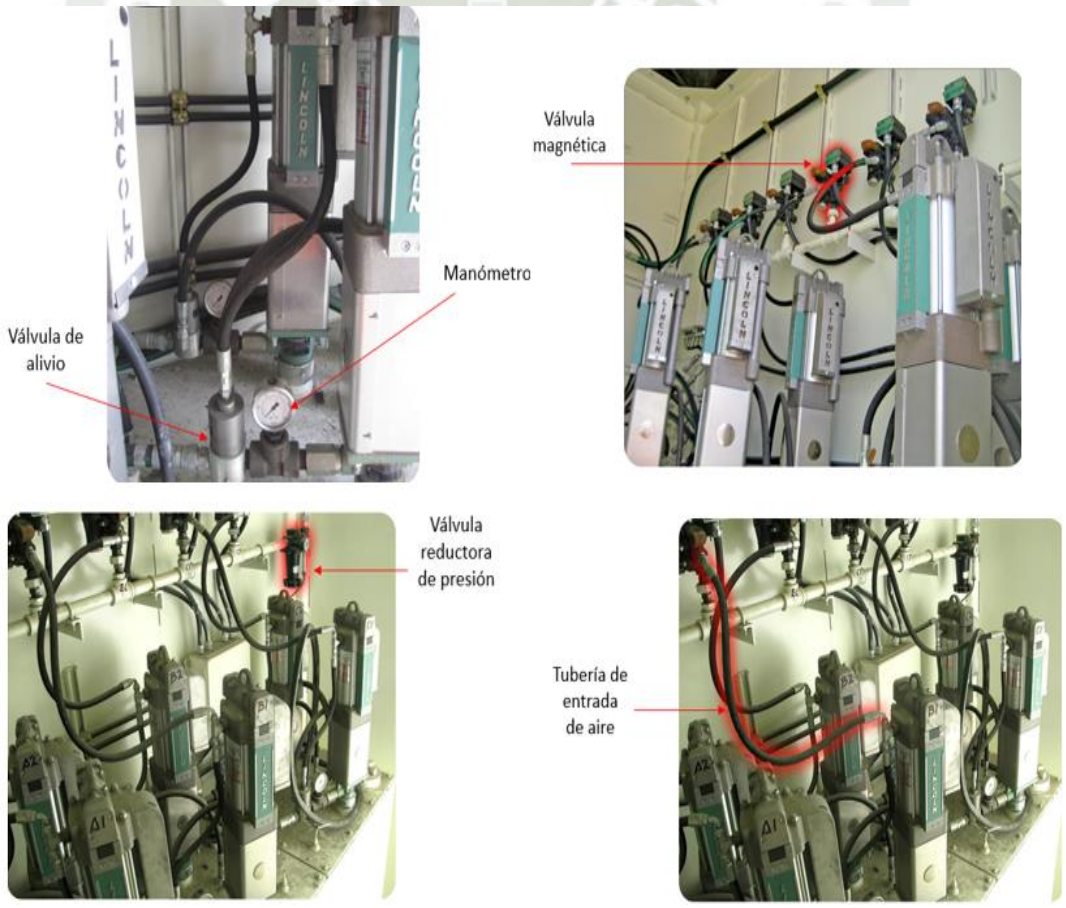
5.8.2. Conexión de líneas de lubricación en sala de máquinas

Esta actividad está a cargo de los técnicos de lubricación.

Por encima de los tanques de lubricante se deben montar los siguientes componentes.

Figura 323

Elementos en sala de lubricación

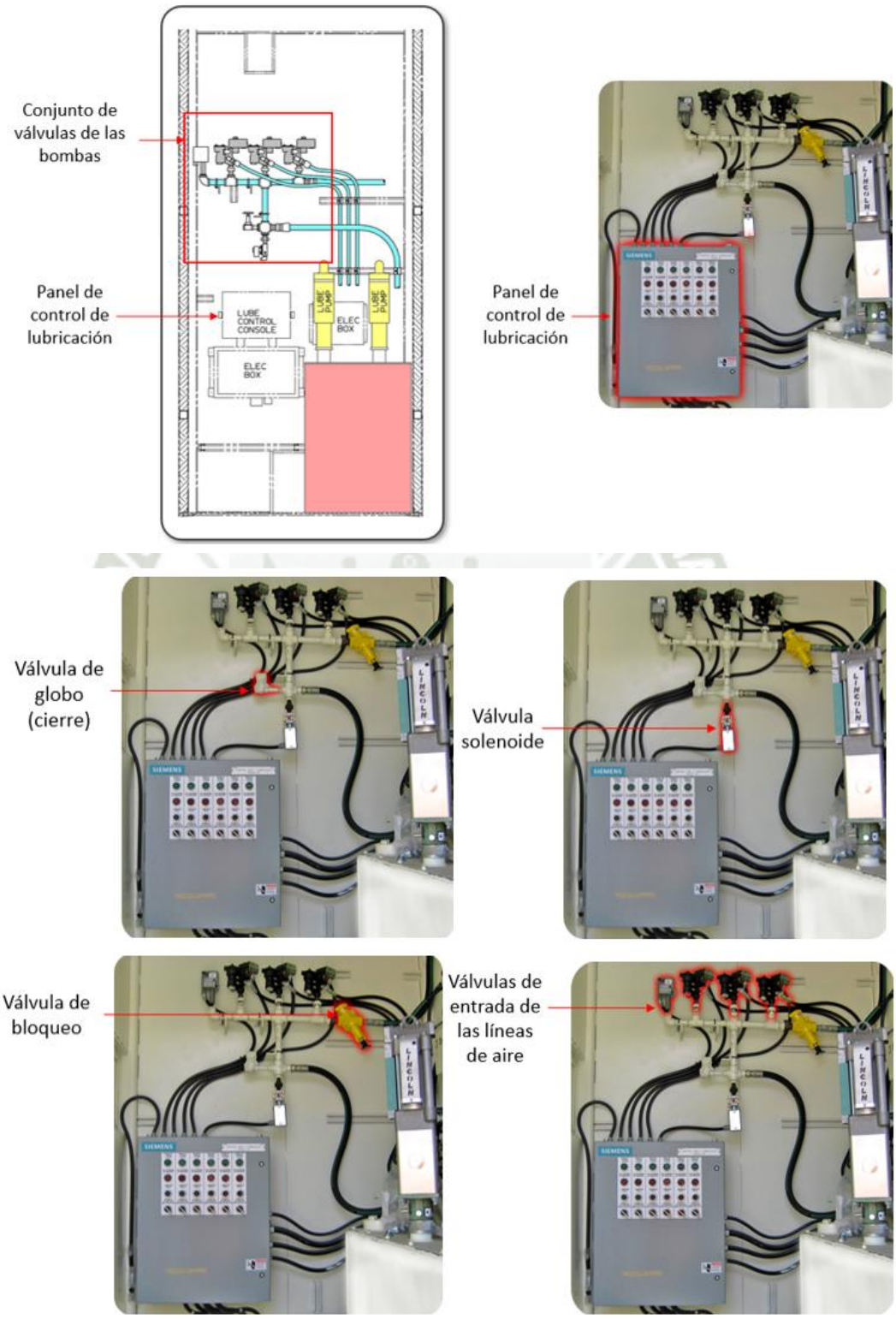


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

También encontramos en la sala de lubricación los siguientes componentes.

Figura 324

Válvulas en sala de lubricación

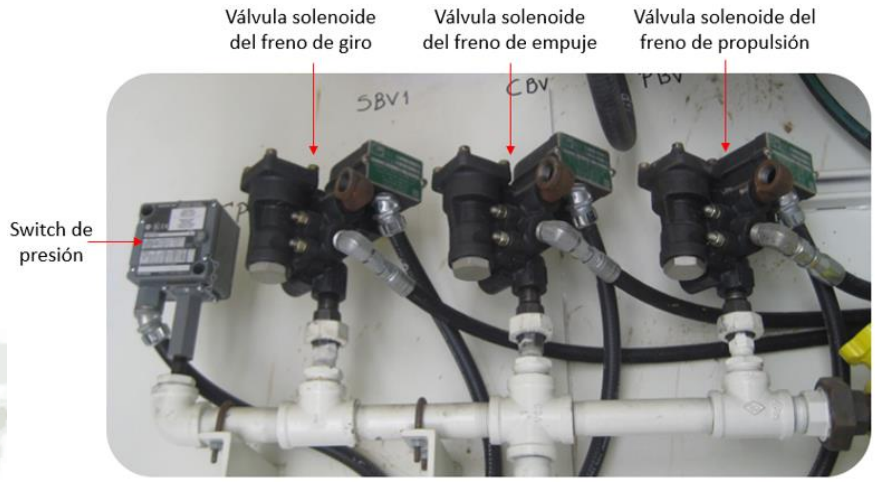


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Dentro del conjunto de válvulas de aire podemos identificar las siguiente válvulas solenoides.

Figura 325

Válvulas en sala de lubricación



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

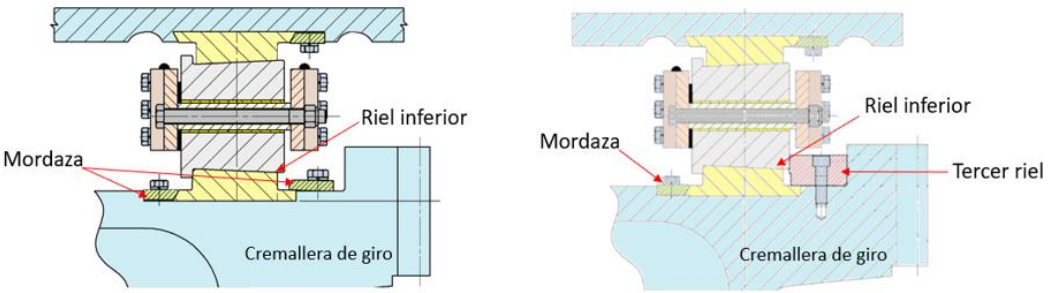
5.8.3. Montaje de pistas inferiores en la cremallera de giro

Originalmente las pistas inferiores estaban fijas a la cremallera de giro mediante las mismas mordazas que sujetan las pistas superiores. Sin embargo, hay una mejora que se consideró en este proyecto y esto es el tercer riel que tiene como función mantener los rodillos de giro en posición y evitar su descarrilamiento y consecuentemente fallas catastróficas.

En la siguiente imagen se puede apreciar la comparación entre ambas formas de fijar el riel inferior.

Figura 326

Riel inferior con diseño original y mejora (tercer riel)



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1997).

El montaje de las pistas inferiores y se puede realizar cuando la cremallera de giro aún está fuera de la estructura de transporte y se requiere una grúa para poder izar las pistas y colocarlas en respectiva posición.

Figura 327

Rodillos instalados en la cremallera de giro

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.8.4. Conexión eléctrica de motores de giro

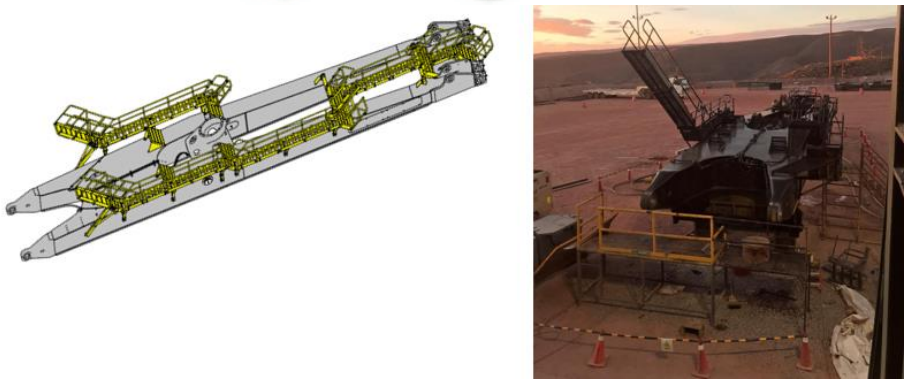
Esta actividad está a cargo de los técnicos eléctricos.

5.8.5. Montaje de escaleras y barandas en pluma

El montaje de escaleras se realiza después del pintado de la pluma y está a cargo de los técnicos mecánicos.

Figura 328

Barandas de pluma



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

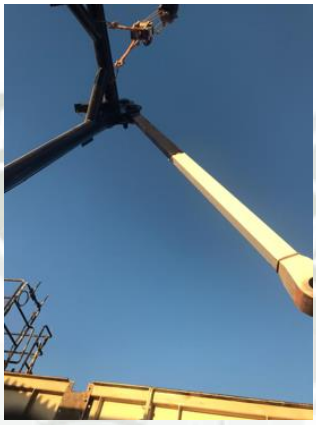
5.8.6. Montaje de estructura “A”

Con los alojamientos de la estructura “A” con medidas nominales y cualquier fisura reparada, se procede a montar la estructura en la sala de máquinas. Seguir lo siguiente:

1. Fijar eslingas en la parte superior de la estructura “A” y con la grúa de 200 toneladas izarla y posicionarla en sus alojamientos.

   Figura 329

   Montaje de estructura “A”

   Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. Colocar los pasadores en los alojamientos de la estructura “A”.

5.8.7. Conexión del sistema contra incendios

Esta actividad se lleva a cabo por el personal de la contratista FIRENO.

5.8.8. Montaje de amortiguadores de pluma

Los amortiguadores se encuentran ubicados cerca al pie de pluma, se muestra la ubicación en la siguiente imagen de la pluma.

Figura 330

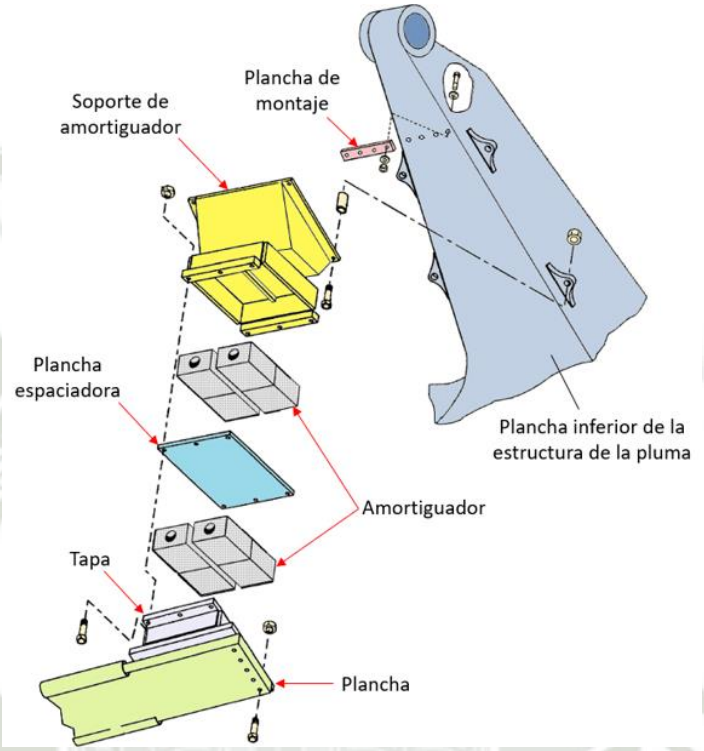
Amortiguador de pluma 495HR. Esta mejora se adaptó a la pala al modelo 495BII

Fuente: Bucyrus International, Inc. (2010).

Los componentes que forman el amortiguador se muestran a continuación.

Figura 331

Componentes del amortiguador de pluma



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2011).

Si las orejas de montaje ya están soldadas a la estructura de la pluma el ensamble del amortiguador puede realizarse parte por parte (soporte del amortiguador, amortiguador, plancha espaciadora, etc.).

Figura 332

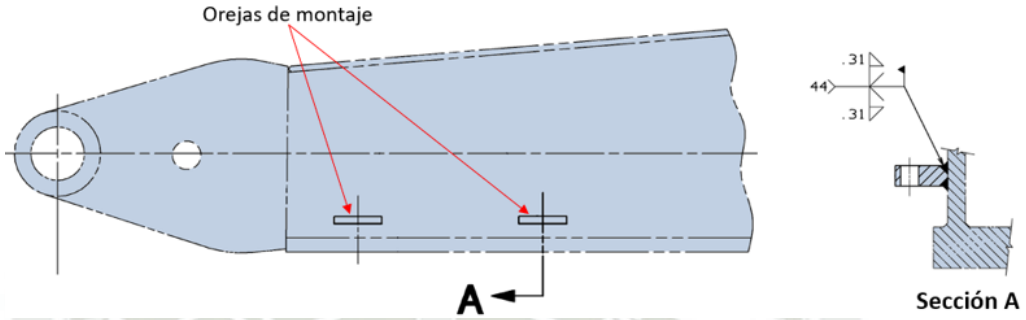
Montaje de soporte de amortiguador

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Por el contrario, si las orejas de montaje no están presentes, estas deben soldarse a la estructura de la pluma como se muestra en la siguiente figura.

Figura 333

Orejas de montaje de amortiguador de pluma

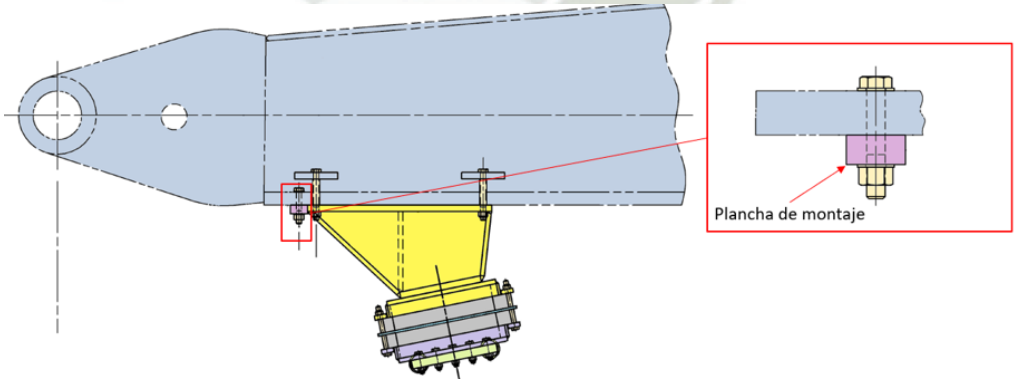


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2000).

Para soldar las orejas de montaje en la estructura, es conveniente ensamblar todos los componentes del amortiguador y luego ubicar todo el conjunto en la pluma haciendo uso de la plancha de montaje, de esta forma se puede ubicar las posiciones de las orejas de montaje de forma precisa.

Figura 334

Plancha de montaje de amortiguador



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2000).

Se ha descrito el montaje del amortiguador original de la pala 495 BII, también puede acoplarse el amortiguador del modelo 495 HR como fue el caso de este overhaul.

Figura 335

Amortiguador de pluma

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

5.8.9. Montaje de techos en sala de máquinas

Se empieza a montar parcialmente el techo en las zonas donde la maquinaria ya está instalada.

Figura 336

Montaje de paneles de techo en sala de máquinas

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.8.10. Reparación de alojamientos de shipper shaft

Las medidas de los alojamientos del eje de la corredera son las siguientes:

Posición	Medida real	Medida nominal
Alojamiento derecho (RH)	13.2485”	13.250” ± 0.001”
Alojamiento izquierdo (LH)	13.249”	13.250” ± 0.001”

Como se puede observar, los alojamientos están en medida y no necesitan reparación. Sin embargo, se está tratando la pluma como una reparación total y se opta por su reparación. Esta consiste en relleno por soldadura y luego maquinado hasta llegar a la medida nominal.

Figura 337

Maquinado de alojamientos de eje de carga en la pluma

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

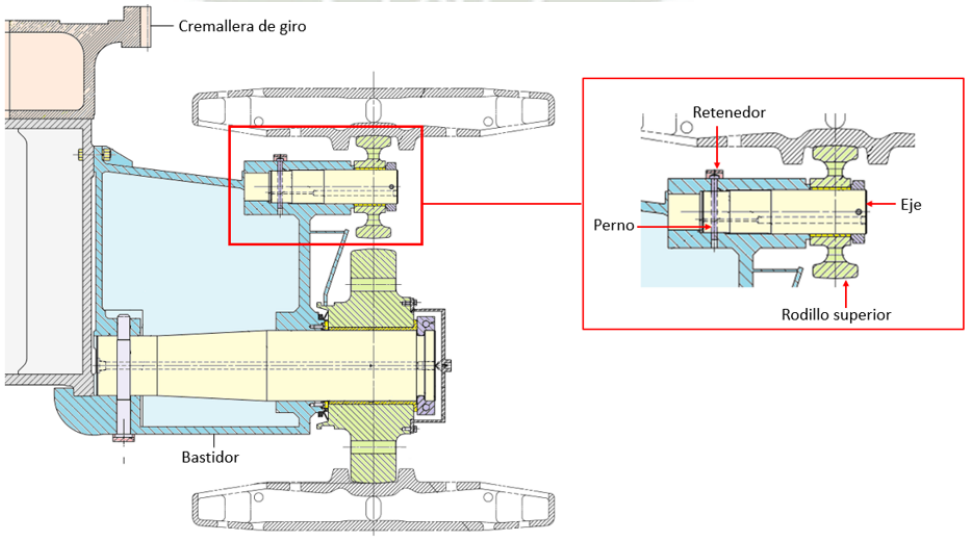
5.8.11. Montaje de rodillos superiores en bastidores

El procedimiento para instalar los rodillos superiores se describe a continuación.

1. Instalar el eje de rodillo superior en su alojamiento. Se puede realizar esta actividad para todos los rodillos superiores a la vez.
2. Instalar el perno de 1” y fijar el retenedor con apoyo de un soldador.

Figura 338

Eje de rodillo superior en el bastidor



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

3. Fijar una eslinga en el rodillo superior, izarlo y posicionarlo en el eje.

Figura 339

Montaje de rodillos superiores en el bastidor desacoplado

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

4. Fijar el collarín en el extremo del eje.
5. Asegurar el collarín con el perno de 1” y su tuerca.

Figura 340

Rodillos superiores instalados

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

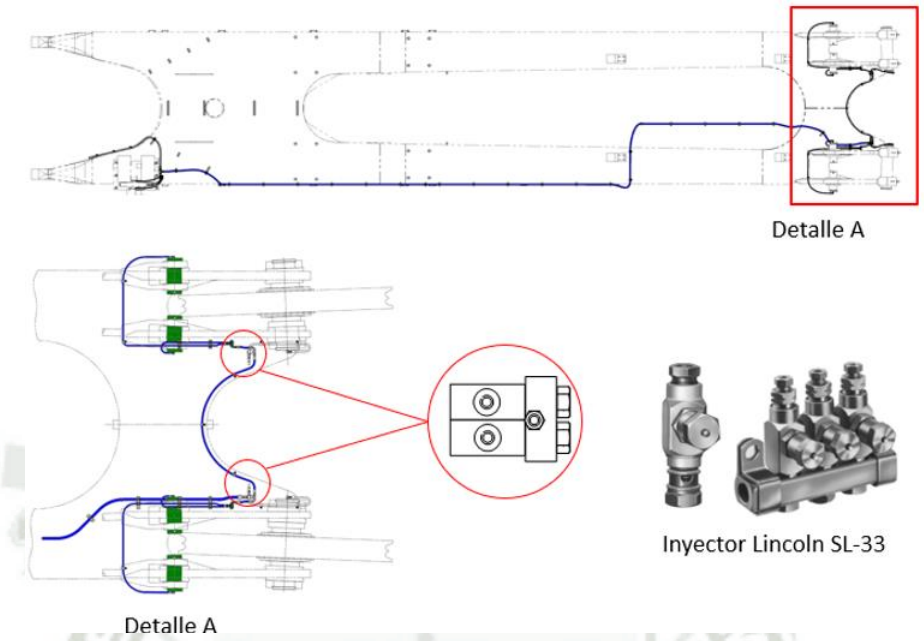
5.8.12. Instalación de líneas de lubricación en pluma

Se describen las ubicaciones de las líneas de lubricación a montar a continuación:

1. **Pasadores de los cables de suspensión**
   Ubicados en un extremo de la pluma cerca de las poleas, se tiene un manifold de 2 inyectores en el lado izquierdo y un manifold de 2 inyectores en el lado derecho.
   Los inyectores usados son de la marca Lincoln modelo SL-33.

Figura 341

Líneas de lubricación de pasador de cable de suspensión en la pluma



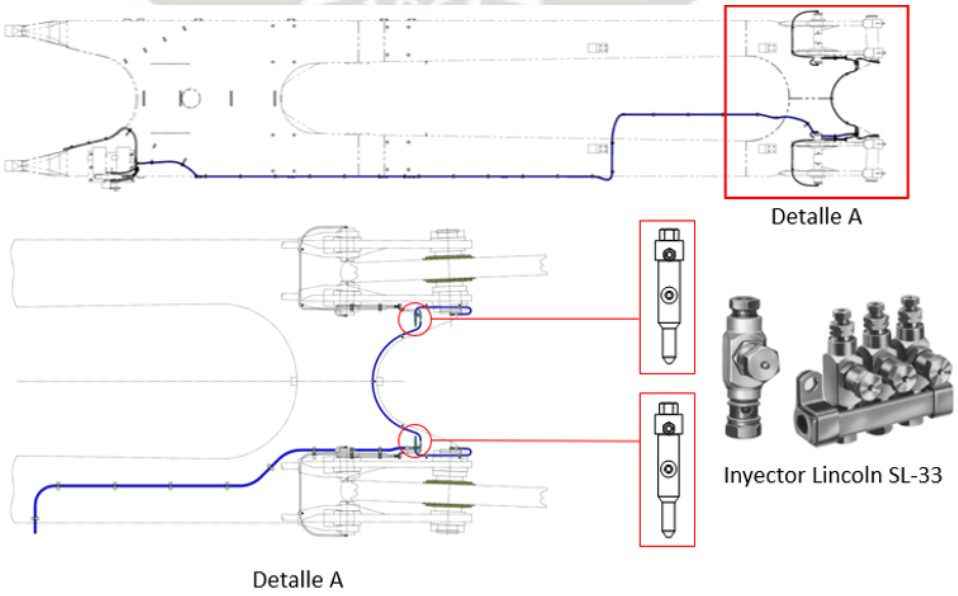
Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

2. **Poleas en punta de pluma**

Los ejes de las poleas están alimentados por 01 inyector SL-33 para la polea izquierda y 01 inyector del mismo modelo para la polea derecha.
El cable de alimentación desde el pie de pluma es el mismo que para los inyectores de los pasadores del cable de suspensión.

Figura 342

Líneas de lubricación de poleas de punta de pluma

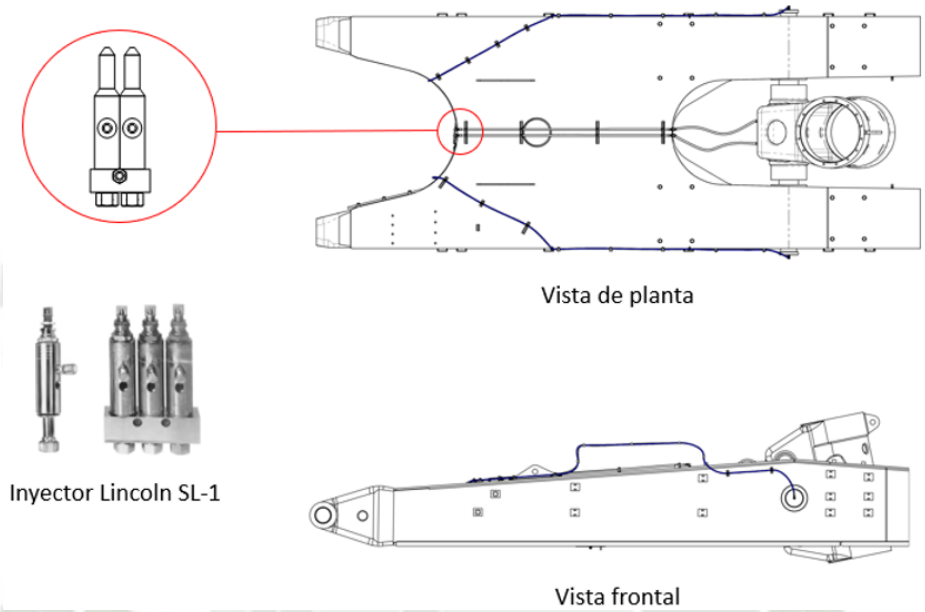


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

3. **Eje de caballete (Shipper shaft)**
El eje del caballete está alimentado de lubricante por 01 inyector Lincoln SL-1 en el lado izquierdo del eje y 01 inyector del mismo modelo en el lado derecho. La manguera de alimentación viene desde el pie de pluma.

Figura 343

Líneas de lubricación hacia eje de carga o shipper shaft

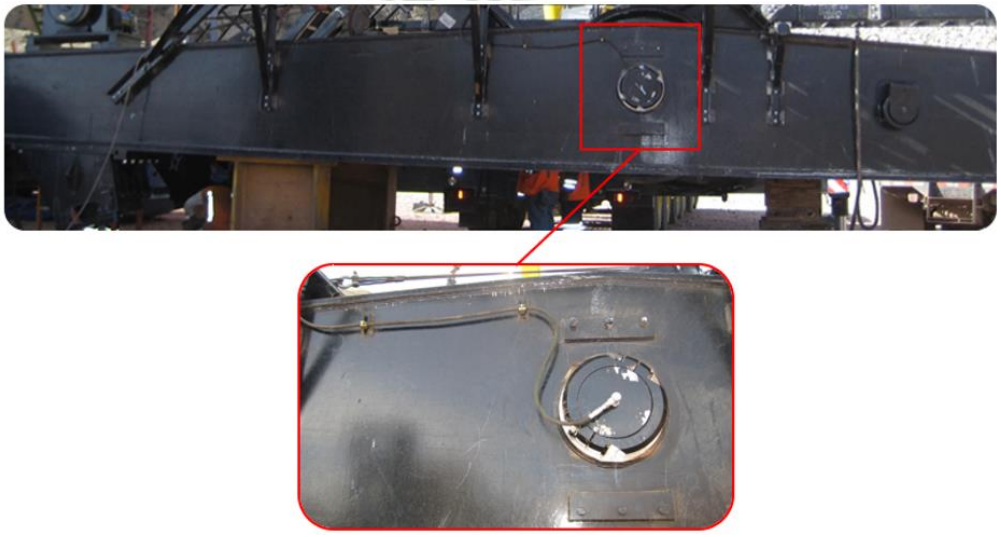


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

Se muestra en la siguiente imagen la conexión de lubricación al eje de caballete en una vista frontal.

Figura 344

Manguera de ingreso de lubricante al eje de carga



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

5.8.13. Montaje de la cremallera de giro

Después de que la superficie superior de la estructura de transporte ha sido reparada, se procede a montar la cremallera de giro nueva o reparada, siguiendo los siguientes pasos:

Figura 345

Superficie superior reparada de la estructura de transporte

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

1. Verificar la planitud de la superficie superior de la estructura de transporte en relación con la bocina.

Figura 346

Técnicos mecánicos realizando una inspección de la planitud del buje del pin central

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

2. Medir la luz entre la cremallera de giro y la estructura de transporte, tanto en el interior como en el exterior. El valor de la luz está entre +/- 20 milésimas.

Figura 347

Técnicos mecánicos midiendo tolerancias entre la cremallera de giro y estructura de transporte

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

3. Centrar la cremallera de giro con respecto al eje del pin central.

Figura 348

Técnicos mecánicos centrando la cremallera de giro con respecto al pin central

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

4. Una vez que la cremallera de giro está en posición, verificar el desfase máximo.
5. Fijar y torquear los pernos de la cremallera a 1900 ft.lb
6. Limpiar la zona de soldadura entre la cremallera de giro y la estructura de transporte de suciedad como grasa, polvo, etc.
7. Usar electrodos E8018-C1 de 5/32” o 3/16”. Mantener una temperatura mínima de precalentamiento de 400 F y 600 F de temperatura máxima entre pases.

8. Los electrodos indicados deben ser almacenados en un horno eléctrico entre 250 y 350 F de temperatura.
9. Usar mantas eléctricas para asegurar un enfriamiento lento.

Figura 349

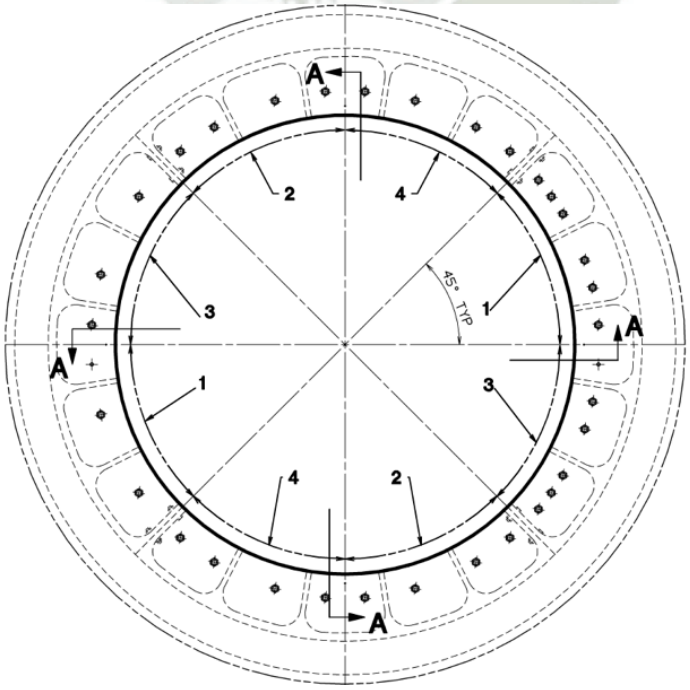
Calentamiento, soldeo y recubrimiento de la cremallera de giro

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

10. Se recomienda realizar el trabajo por 2 soldadores separados a 180 º en simultáneo para minimizar el riesgo de distorsión. De acuerdo con la siguiente imagen, esto es que un soldador va trabajando en el punto 1 a la izquierda mientras que el otro trabaja en el punto 1 a la derecha y así sucesivamente con los puntos 2, 3 y 4.

Figura 350

Secuencia de soldadura de la cremallera de giro en la estructura de transporte

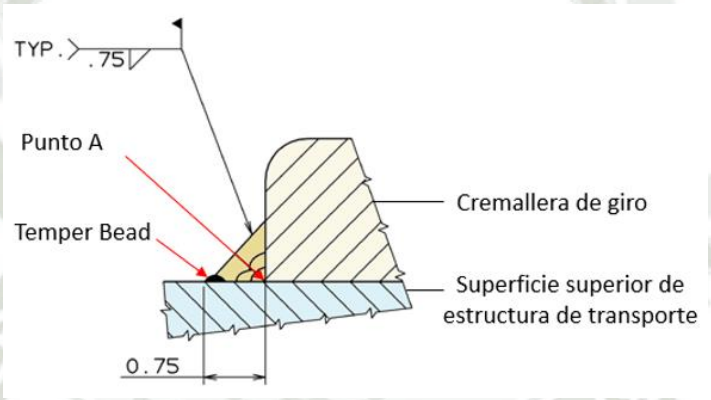


Fuente: Bucyrus International, Inc. (1996).

11. La secuencia de los cordones es como se muestra en la siguiente imagen. Primero soldar un cordón en el pie de la soldadura o temper bead, esto es para que los subsecuentes cordones puedan evitar el cambio brusco de temperatura del primer cordón de soldadura o temper bead.
    Después de realizar el primer cordón de soldadura o temper bead continuar desde el punto A.

Figura 351

Detalle de soldadura de la cremallera de giro en la estructura de transporte



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1996).

5.8.14. Lecciones y recomendaciones de la semana 08

1. En vez del eje flotante sólido (eje entre motor eléctrico de izar y transmisión) se instaló un eje hueco de menor peso, este genera menos vibración y temperatura. Esta es la primera pala Bucyrus (ahora Caterpillar) en Latinoamérica con este tipo de mejora.

Figura 352

Eje flotante de maquinaria de levante

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.9. SEMANA 09

5.9.1. Montaje de caballete y shipper shaft

Después del maquinado de los alojamientos del shipper shaft se procede a colocar el buje dentro de los alojamientos en la pluma tanto en el lado izquierdo como derecho.

Para el montaje se fija eslingas en la oreja de izaje del bloque de caballete y se iza hasta colocarlo en posición.

Con otra grúa se iza el shipper shaft y se colocan en posición por el lado izquierdo o derecho de la pluma y se manipula hasta que se inserte el eje dentro del alojamiento.

Se puede usar las uñas de un montacargas para aplicar fuerza en la cara lateral del eje teniendo cuidado de que no se amarre, esto puede rallar la superficie del eje.

Finalmente, cuando el eje ha sido completamente insertado colocar los collarines de mordaza del shipper shaft en los extremos.

5.9.2. Conexión eléctrica del compresor

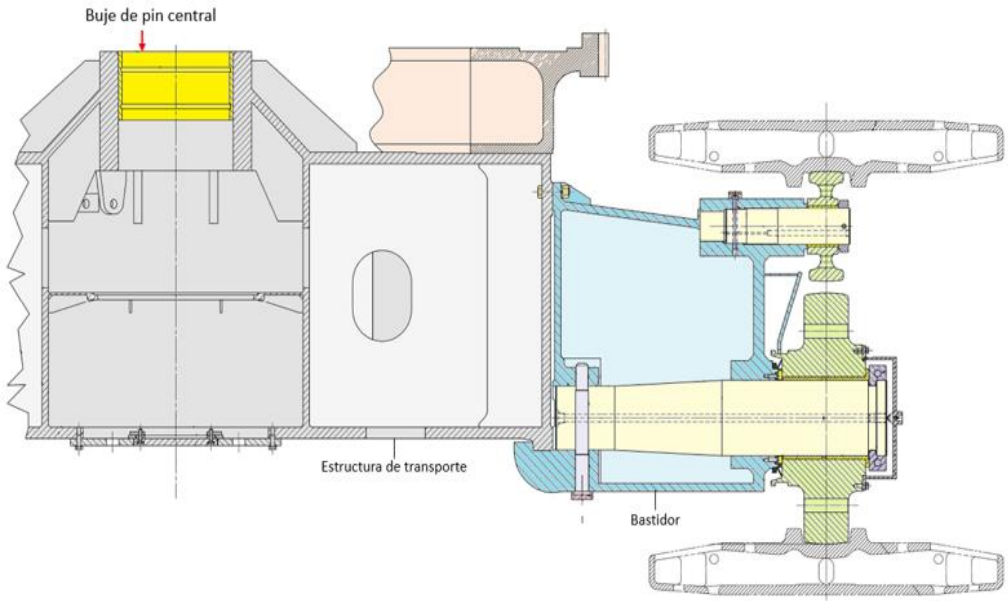
Esta actividad está a cargo del personal electricista.

5.9.3. Montaje de bocina en estructura de transporte

En la siguiente imagen se muestra la bocina del pin central en la estructura de transporte.

Figura 353

Bocina de pin central en estructura de transporte



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

El buje del pin central debe enfriarse con nitrógeno para realizar el montaje.

Figura 354

Montaje de buje de pin central

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Una vez que el buje se ha instalado, se debe dejar enfriar a temperatura ambiente para después asegurar un tope mediante soldadura.

Figura 355

Tope de buje de pin central

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.9.4. Montaje de bastidores

Se debe recordar en este punto que, para facilitar la reparación de la garra interna de la estructura de transporte, este se colocó sobre soportes; para poder montar los bastidores es necesario bajar 20” de altura de los soportes.

Con la grúa de 200 y 300 toneladas se debe izar cuidadosamente el bastidor, acercarlo y posicionarlo de tal forma que las caras de contacto entre el bastidor y la estructura de transporte empalmen. A su vez, verificar que los agujeros para los pernos de montaje coincidan.

Figura 356

Montaje de bastidor izquierdo

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Cuando se haya verificado que los agujeros de los pernos de montaje son concéntricos entre el bastidor y la estructura de montaje, insertar los pernos y ajustar las tuercas. Para esta tarea es necesario que un técnico mecánico ingrese a los compartimientos dentro de la estructura de transporte.

Con los pernos de montaje en su lugar, finalmente colocar los 4 pernos de 2” en el lado de rueda motriz (tumbler).

Figura 357

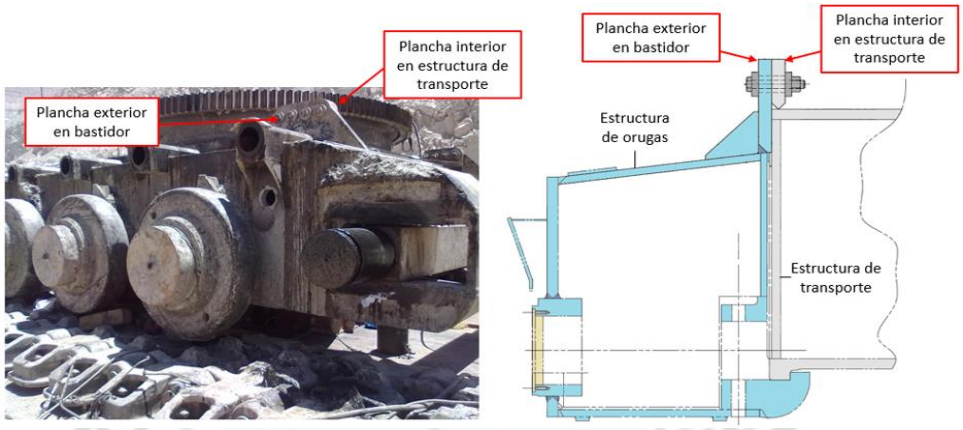
Pernos de 2” instalados entre bastidor y estructura de transporte

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Originalmente la plancha exterior (en donde se alojan los 4 pernos de 2") se encontraba únicamente en el lado del eje tensor como se indicó anteriormente, esto se muestra en la siguiente imagen.

Figura 358

Estructura de transporte

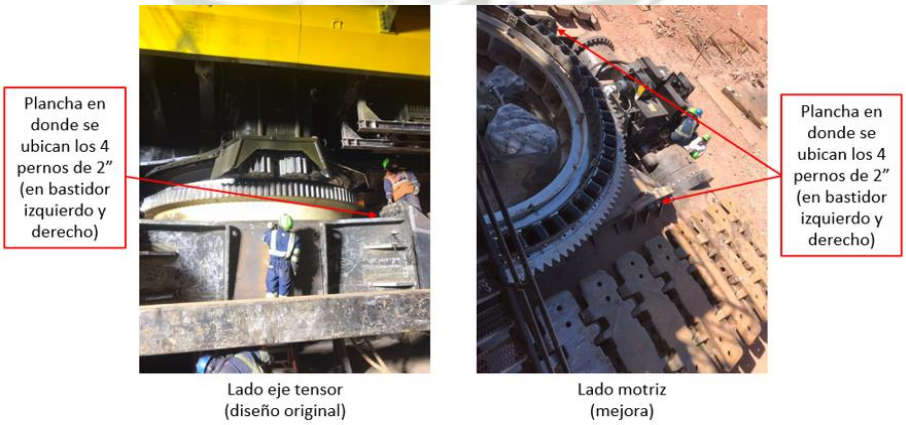


Fuente: Bucyrus International, Inc. (1998).

Como mejora se añadió la misma configuración en el lado motriz (o lo que es lo mismo en el otro extremo del bastidor), esto se muestra en la siguiente imagen.

Figura 359

Configuración de plancha interna y externa en el lado eje tensor y lado motriz



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Esta mejora se realiza una vez que los bastidores están acoplados a la estructura de transporte mediante los pernos de montaje y los 04 pernos de 2".

Como segunda mejora en 02 de los pernos se utilizó una tuerca de torque en lugar de la original, esto se muestra en la siguiente imagen.

Figura 360

Mejora en bastidor con tuercas de torque

Fuente: Mantenimiento mina (2019).

5.9.5. Montaje de estructura "A"

El montaje de la estructura "A" es exactamente lo inverso al desmontaje, para esto seguir lo siguiente:

1. Fijar eslingas en la parte superior de la estructura "A".
2. Cuidadosamente izar la estructura dentro de la sala de máquinas y colocarla en posición.

Figura 361

Montaje de estructura "A"

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

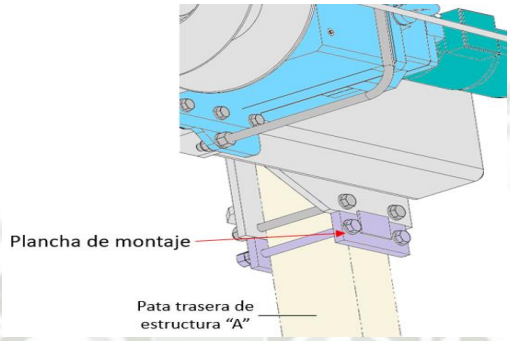
3. Manipular las patas de la estructura de tal forma que esté concéntrica con los alojamientos e insertar los pasadores.
4. Finalmente asegurar los pasadores colocando los pernos en forma de T y los seguros.

5.9.6. Montaje de winches eléctricos en sala de máquinas

1. Para poder posicionar y fijar fácilmente el winche, se debe montar primero la placa con pernos que se muestra en la siguiente figura.

Figura 362

Plancha de montaje de winche



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2005).

2. Izar con una grúa el conjunto del winche y colocarlo en su posición.

Figura 363

Montaje de winche auxiliar

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

3. Finalmente colocar los pernos de 1" que fijan el soporte trasero y frontal del winche.

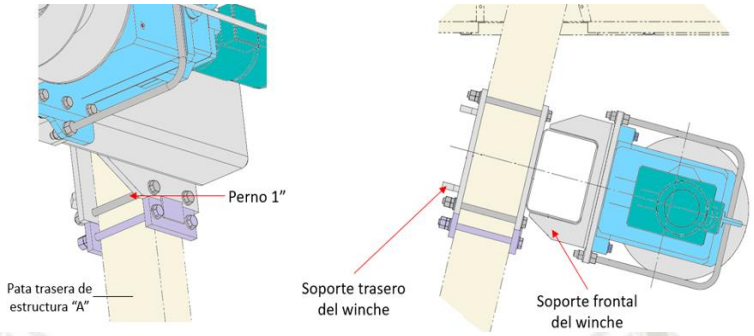
Figura 364

Técnicos mecánicos fijando los pernos del winche

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

Figura 365

Ubicación del winche auxiliar en la pata trasera de la estructura "A"

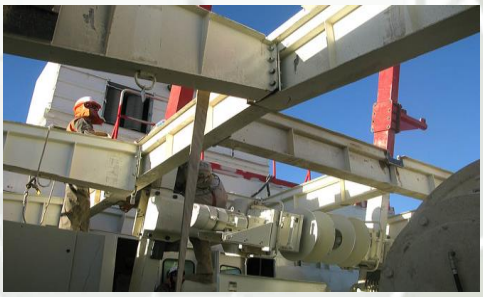


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2005).

4. Los winches instalados se ven de la siguiente manera.

Figura 366

Winche instalado en patas traseras de la estructura "A"



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

5.9.7. Montaje de enfriador de la transmisión de izar

Los enfriadores de la transmisión de izar se encuentran por debajo de la plataforma giratoria en el lado izquierdo justo por debajo de la maquinaria de levante.

Figura 367

Sistema de enfriamiento de la transmisión de levante

Fuente: Bucyrus International, Inc. (2011).

Como se observa en la imagen anterior, el conjunto de enfriador está soportado por vigas y en los extremos cuenta con postes para apernarlos a la parte inferior de la plataforma giratoria.

Cada poste cuenta con 04 pernos de ¾ “de diámetro siendo un total de 16 pernos.

Para montar el enfriador colocar gatas hidráulicas por debajo del enfriador y aplicar presión a las gatas hidráulicas para elevar el enfriador hasta que se puedan colocar los pernos de los postes.

5.9.8. Instalación de zapatas anillos de alta

Las zapatas se encuentran sobre la estructura de transporte y esta actividad requiere de una grúa. La ejecución de esta tarea está a cargo del personal electricista.

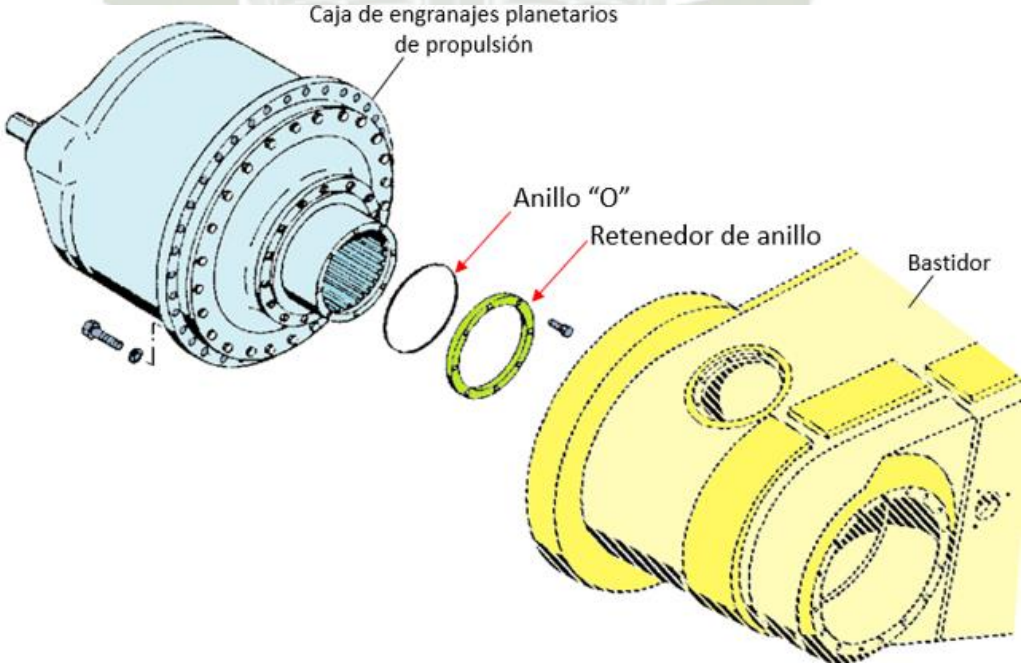
5.9.9. Montaje de transmisión de propulsión

El montaje de la transmisión de propulsión se realiza cuando los bastidores ya han sido acoplados a la estructura de transporte, para montar la transmisión seguir los siguientes pasos:

1. Antes de fijar la transmisión en el bastidor, instalar el sello “O” y el retenedor en la caja de transmisión de engranajes planetarios.

Figura 368

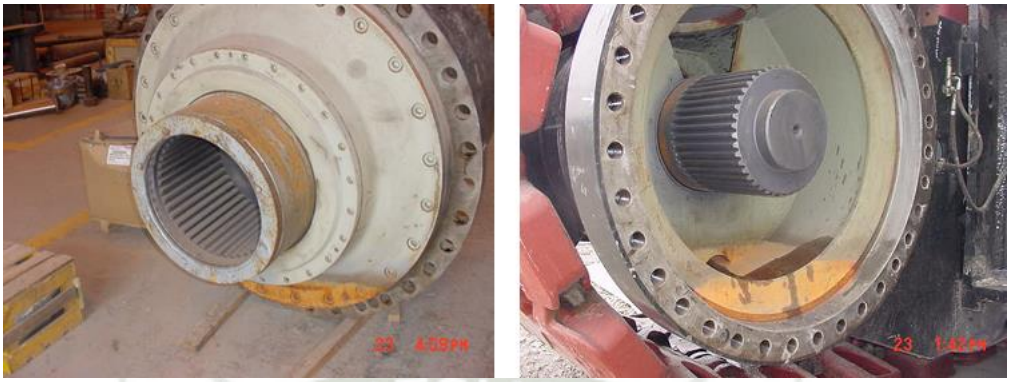
Anillo y retenedor de transmisión de engranajes planetarios de propulsión



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

Figura 369

Transmisión de propulsión y eje avance instalado en bastidor



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2003).

2. Recubrir las superficies ranuradas con Molykote tipo G.
3. Colocar eslingas a la caja de transmisión, izarla y posicionarla de tal forma que los agujeros de los pernos entre la caja de transmisión y el bastidor estén concéntricos.

Figura 370

Instalación de transmisión de propulsión

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

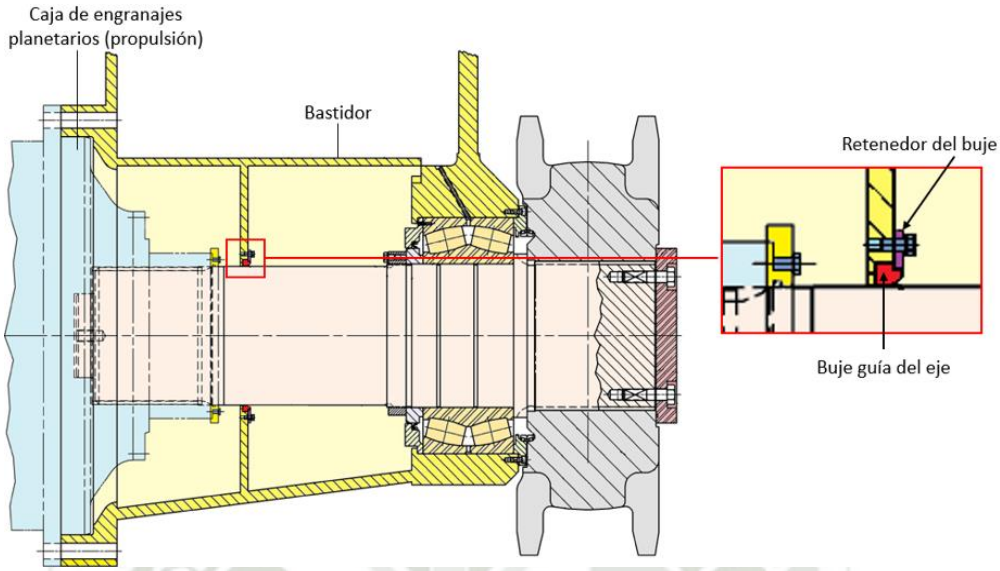
4. Lubricar y colocar los pernos de montaje.
5. Torquear los pernos de montaje a 2600 Ft.Lbs.
6. Finalmente, cerrar los pernos con alambre.

Se recuerda que en este punto el eje de avance ya se ensambló y se dejó listo para montarlo en la máquina, para montar el eje de avance seguir los siguientes pasos:

1. Montar el buje guía del eje y el retenedor de buje en el bastidor.

Figura 371

Retenedor de buje y buje de eje de propulsión

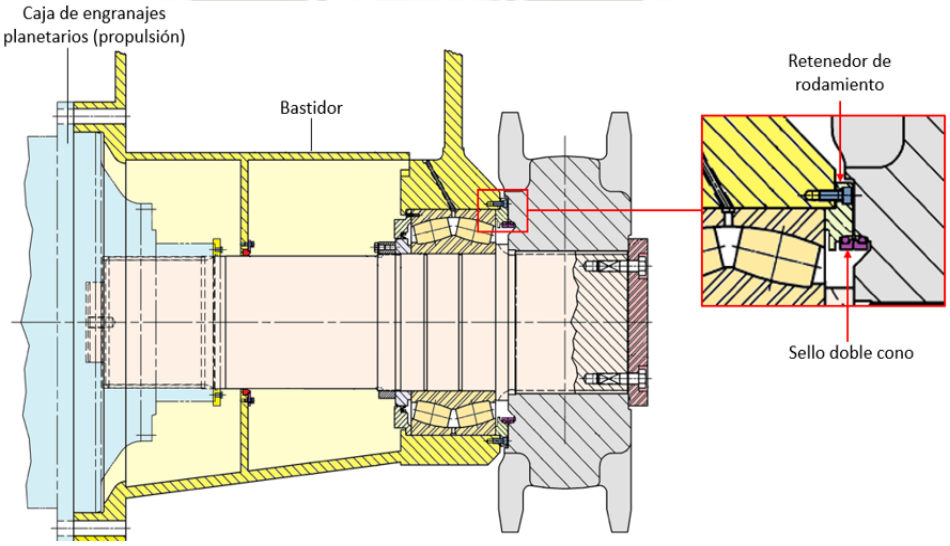


Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

2. Fijar 02 eslingas al eje de propulsión, una en el lado libre del rodamiento y otra cerca a la tuerca de cierre, después cuidadosamente izar el eje para no dañarlo y colocarlo dentro del alojamiento. Es posible que el eje tenga que ser rotado ligeramente para alinear las ranuras del eje y las de la unidad planetaria.
3. Cuando el rodamiento quede apretado contra el hombro en el calibre de la estructura de orugas, instalar el retenedor del rodamiento y el sello doble cono.

Figura 372

Retenedor de rodamiento y sello doble cono de tambor de transmisión

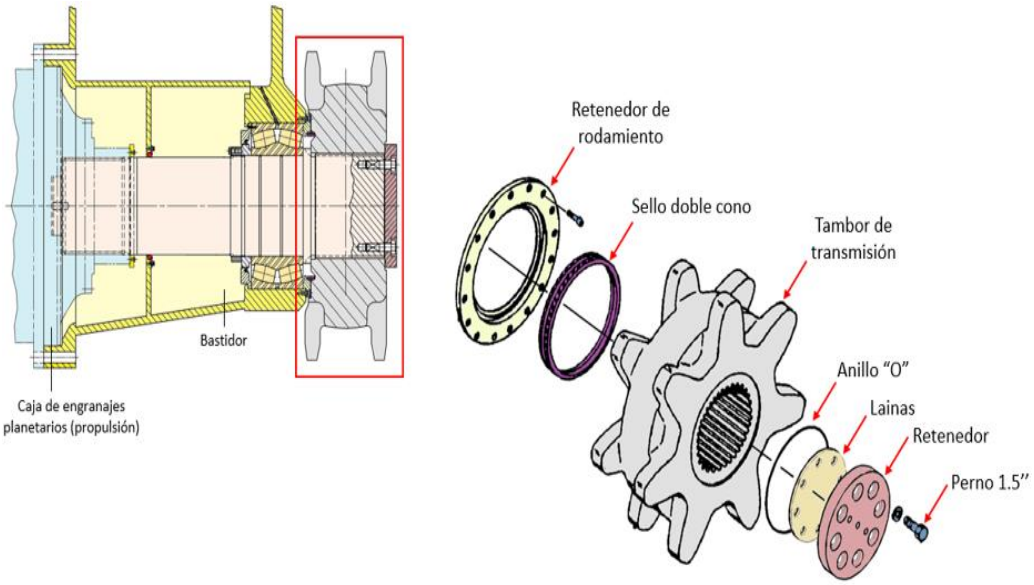


Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

4. Después de colocar el retén de rodamiento, en la siguiente imagen se muestran los componentes que fijan el tambor de transmisión.

Figura 373

Componentes del tambor de transmisión



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

5. Lubricar ligeramente las ranuras en el tambor de transmisión.
6. Fijar una eslinga al tambor de transmisión y con una grúa izarlo y deslizarlo sobre el eje.
7. Instalar el anillo "O", retenedor y lainas para obtener una tolerancia de 0.002 a 0.005" y apretar los 08 pernos de 1.5".

5.9.10. Precomisionado de la parte eléctrica

Esta actividad está a cargo del personal electricista.

5.9.11. Montaje de rodillos inferiores

Para instalar los rodillos inferiores, los bastidores o estructuras de orugas deben colocarse sobre un soporte con la altura adecuada para que los rodillos puedan ser montados sin inconvenientes.

El procedimiento para instalar los rodillos inferiores se describe a continuación:

1. Instalar el sello y la golilla de presión en el alojamiento del eje del rodillo inferior en el bastidor.

Figura 374

Golilla de presión y sello de rodillo inferior en el bastidor

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. Fijar una eslinga al eje y con una grúa izarlo y colocarlo dentro de su alojamiento.

Figura 375

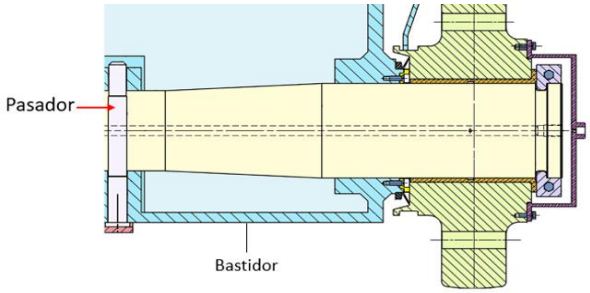
Montaje de ejes de rodillos inferiores

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

3. Una vez que el eje se haya introducido en todo su alojamiento, colocar el pasador para fijar el eje.

Figura 376

Pasador del eje de rodillo inferior



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

Para que el agujero del pasador en el eje coincida con el alojamiento en el bastidor, quizás sea necesario rotar el eje. Para realizar esto, colocar cáncamos en el extremo externo del eje y con una barretilla girar el eje.

Figura 377

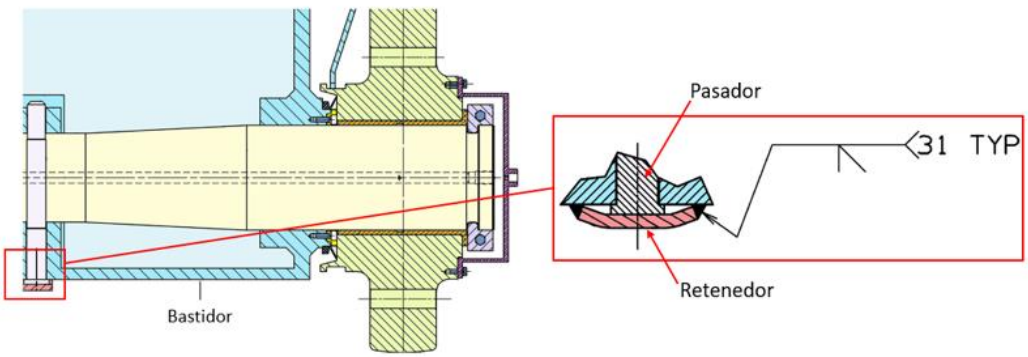
Técnico mecánico rotando manualmente del eje de rodillo inferior

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

4. Soldar el retenedor al bastidor, para esto es necesario que el soldador se coloque por debajo del bastidor.

Figura 378

Soldador fijando el retenedor del pasador del rodillo inferior



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5. Fijar un estrobo al rodillo inferior, izarlo con una grúa y colocarlo en su posición en el eje cuidadosamente.

Figura 379

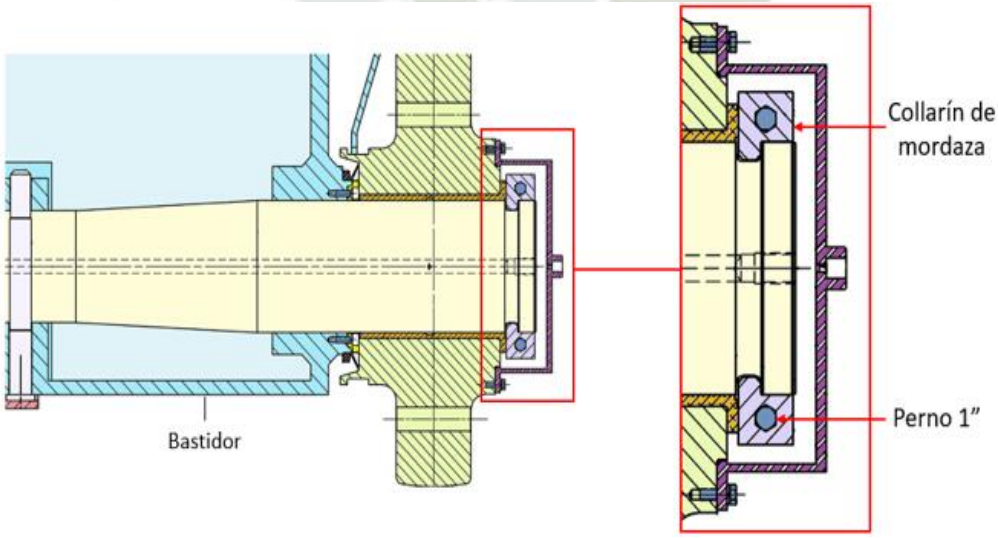
Montaje de rodillos inferiores

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

6. Colocar el collarín de mordaza y fijar los 02 pernos de 1” para ajustarlo.

Figura 380

Collarín de mordaza de rodillo inferior

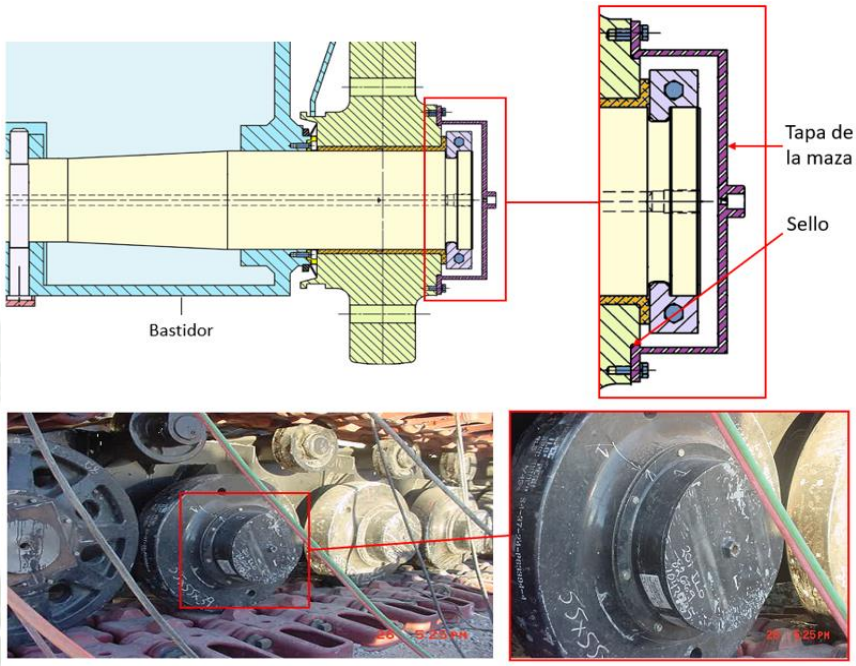


Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

7. Finalmente colocar el anillo “O” y la tapa de la maza. Colocar los pernos y llenar abundantemente de grasa, el 100% de la tapa de la maza debe estar llena.

Figura 381

Tapa de maza de rodillo inferior



Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

5.9.12. Montaje de rodillos de círculo de giro en la estructura de transporte

Se recuerda que el ensamble de rodillos de círculo de giro ya se dejó armado y listo para montarlo sobre la cremallera. Antes de montar los rodillos sobre la cremallera, se deben cubrir de grasa los rodillos en el medio como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 382

Rodillos de giro cubiertos de lubricante

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Para montar el conjunto de rodillos sobre la cremallera, fijar eslingas o estrobos al conjunto de rodillos y con la ayuda de una grúa izar el conjunto y posicionarlo sobre la cremallera de giro.

Figura 383

Montaje del círculo de rodillos de giro

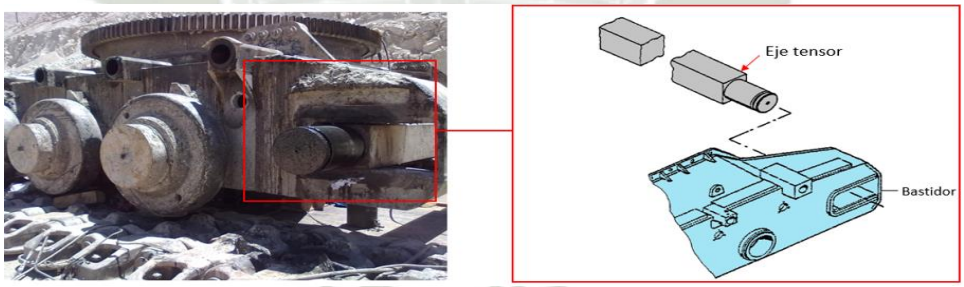
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

5.9.13. Montaje de eje tensor en el bastidor

Al igual que para el desmontaje del eje tensor, para el montaje se requiere de una grúa y un montacargas.

Figura 384

Pala eléctrica



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Para montar el eje tensor seguir los siguientes pasos:

1. Colocar eslingas o estrobos al eje tensor de modo que este balanceado.
2. Con una grúa izar el eje tensor y posicionarlo en su alojamiento en el bastidor, puede ser introducido desde el lado derecho o izquierdo.
3. Cuando el eje tensor haya ingresado a su alojamiento, se puede utilizar un equipo auxiliar para empujarlo axialmente desde el extremo que se está introduciendo. Cuando el eje tensor haya ingresado lo suficiente de modo que no se pueda caer, reacomodar las eslingas para mantener balanceado el eje tensor cuando se introduzca más en su alojamiento.
4. Finalmente seguir introduciendo el eje hasta que alcance su alojamiento en el otro bastidor.

5.10. SEMANA 10

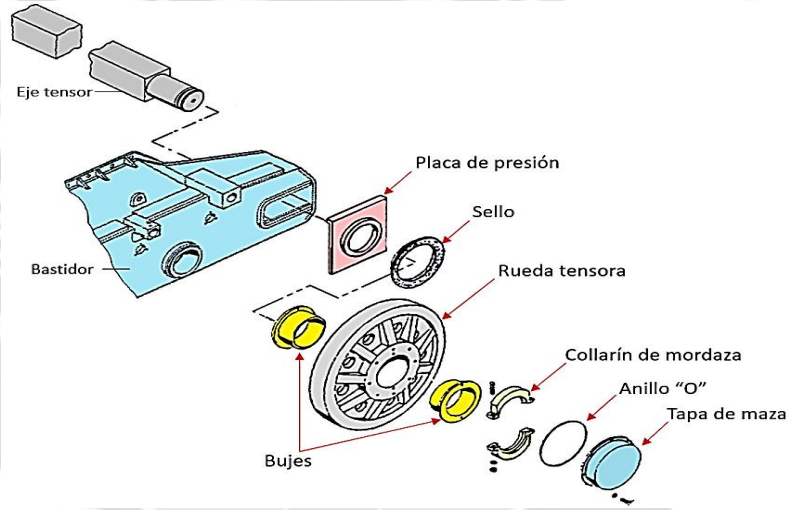
5.10.5. Montaje de rueda tensora

La rueda tensora se ensambla cuando el eje tensor ya se encuentra entre los bastidores, seguir los siguientes pasos para montarla.

1. Verificar que la rueda tensora se encuentre con los bujes instaladas, de lo contrario, instalar los bujes dentro de la rueda tensora. El buje de la rueda tensora tiene una fijación de interferencia por lo que se aconseja el uso de nitrógeno líquido para permitir la suficiente reducción de tamaño del buje.

Figura 385

Componentes de rueda tensora



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

2. Colocar la placa de presión dentro del eje tensor y el sello en el eje tensor.
3. Fijar una eslinga a la rueda tensora y con una grúa izarla y deslizarla en el eje hasta ingrese por completo.

Figura 386

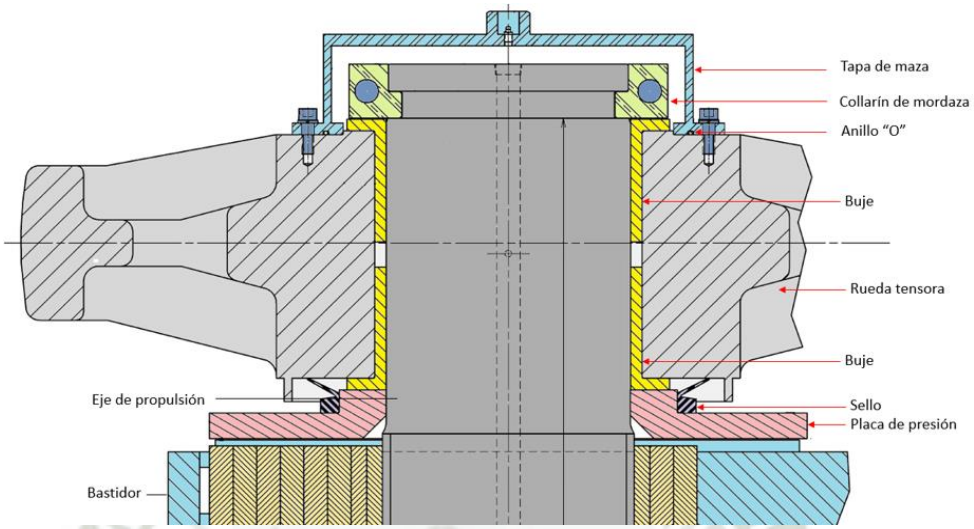
Montaje de rueda tensora

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

4. Colocar el collarín de mordaza y fijar los pernos.
5. Finalmente colocar el anillo “O”, la tapa de la maza y fijar los 08 pernos de 0.75” Gr.5.

Figura 387

Vista en sección transversal de la rueda tensora



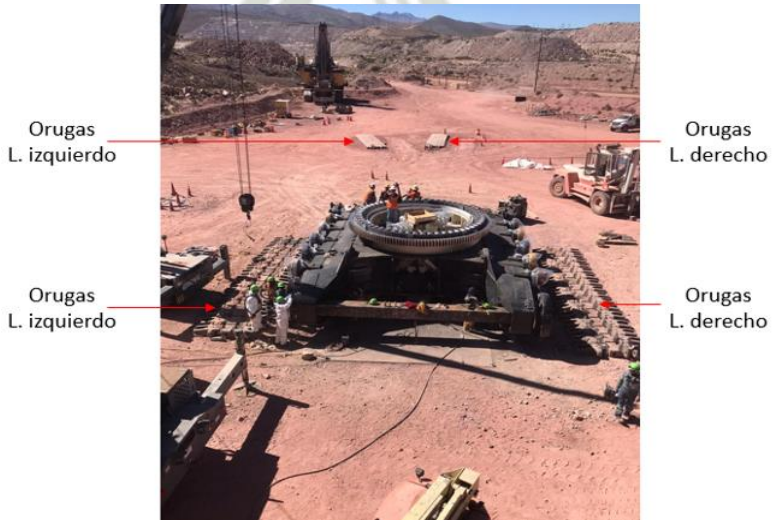
Fuente: Bucyrus International, Inc. (1999).

5.10.6. Montaje de zapatas

Se recuerda en este punto que para realizar el desmontaje de las zapatas se dividió la cadena de orugas en el lado derecho en 02 tramos y la cadena de orugas en el lado izquierdo también en 02 tramos, esto se muestra en la siguiente imagen.

Figura 388

Vista panorámica de la estructura de transporte



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Para montar las zapatas debe seguirse el siguiente procedimiento:

1. Los 02 tramos se encuentran a cierta distancia de la estructura de transporte, por lo tanto, traer los 02 tramos de cada lado y colocar 01 tramo debajo de los rodillos inferiores. Esto se muestra en la figura anterior.
2. Cuando los tramos se encuentren por debajo de los rodillos inferiores, traer los 02 tramos restantes cerca de la estructura de transporte, y con una grúa izarlo de modo que se coloquen en posición por encima de los rodillos superiores.

Figura 389

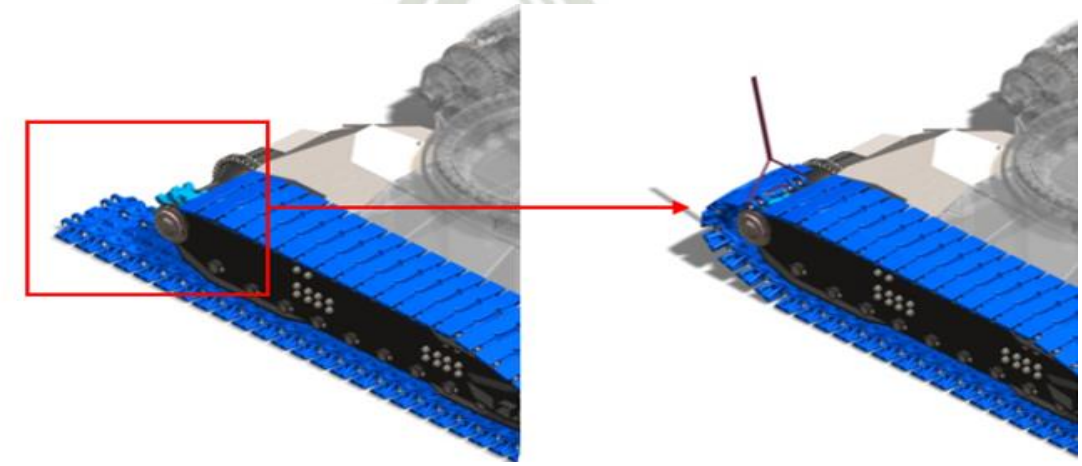
Montaje de orugas en bastidor

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

3. Cuando la cadena de orugas se encuentre sobre los rodillos superiores, cambiar las eslingas de posición y colocarlas en el extremo de la cadena que se encuentra por debajo de los rodillos inferiores e izarla, como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 390

Izaje de extremo de cadena de orugas

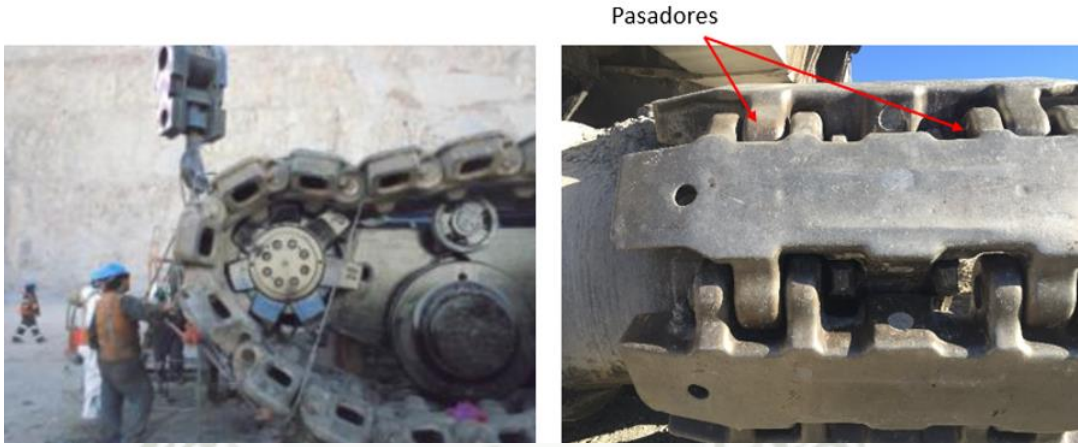


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

4. Mientras el extremo de la cadena inferior está siendo izada, manipular de forma que los agujeros de los pasadores estén concéntricos y colocar los pasadores.
   Realizar esto en el extremo de rueda tensora y rueda motriz (tumbler) para el bastidor izquierdo y derecho.

Figura 391

Montaje de zapatas



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Después de colocar la cadena de orugas se realiza el templado de esta, la vista del bastidor es como se muestra en la siguiente figura.

Figura 392

Vista de la cadena de orugas instalada

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.10.7. Montaje de motores eléctricos de avance

El montaje de los motores eléctricos es lo inverso al desmontaje, para realizarlo seguir lo siguiente:

1. Fijar eslingas al motor de propulsión e izarlo sobre la plataforma en la estructura de transporte.
2. Colocar los 04 pernos que fijan las patas del motor eléctrico a la plataforma.
3. Conectar los ductos de ventilación del motor de propulsión.
4. Conectar las líneas de lubricación.

Para facilitar el alineamiento del motor y la transmisión planetaria por parte de los técnicos de mantenimiento predictivo, aún no debe colocarse la guarda del acoplamiento ni ajustarse los pernos de montaje.

5.10.8. Conexión eléctrica de enfriadores de transmisión de izar

Esta actividad está a cargo de los técnicos electricistas.

5.10.9. Instalación iluminación del techo

Esta actividad está a cargo de los técnicos electricistas.

5.10.10. Levantamiento de la plataforma giratoria para acoplamiento con la estructura de transporte

Antes de acoplar la plataforma giratoria con la estructura de transporte debe asegurarse de que:

- Todos los componentes de la estructura de transporte han sido montados.
- Colocar la tuerca del pin central por debajo de este, esto se muestra en la imagen.

Figura 393

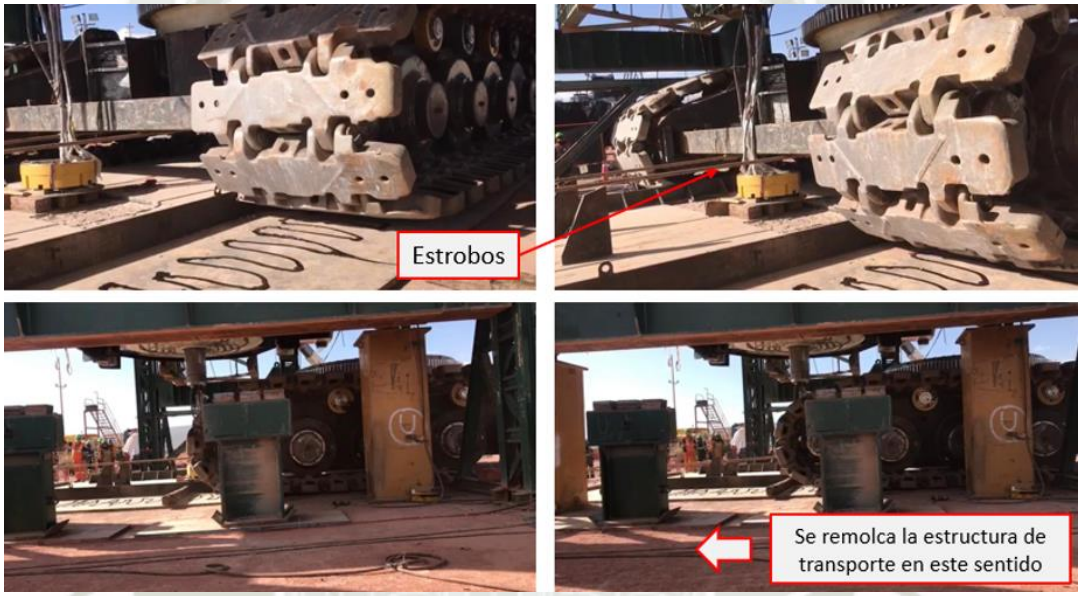
Remolque de estructura de transporte por debajo de la plataforma giratoria

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Se requiere el uso de un equipo auxiliar que pueda remolcar la estructura de transporte por debajo de la plataforma giratoria, para esto fijar estrobos a la estructura de transporte y lentamente remolcar la estructura de transporte hasta colocarla lo más próximo para que coincida los alojamientos del pin central de la estructura de transporte y plataforma giratoria.

Figura 394

Remolque de estructura de transporte



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Para esta actividad resulta útil las cartelas que se soldaron al inicio del proyecto al costado de la cadena de orugas, esto va a permitir que la estructura de transporte ingrese de la misma manera en la que estuvo originalmente y por lo tanto facilitar el ingreso del pin central.

Figura 395

Soldado fijando las guías para la cadena de orugas

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

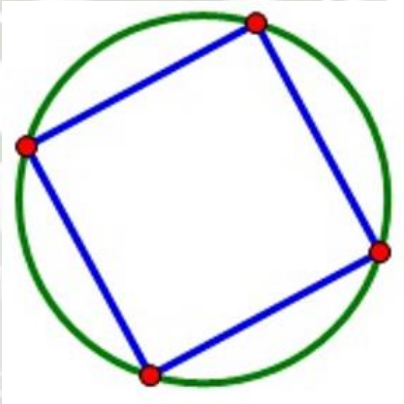
Sin embargo, existe la posibilidad de que a pesar de los esfuerzos el pin central presente dificultad para ingresar a la estructura de transporte cuando se baje con el sistema syncrolift.

Debido a que el peso de toda la plataforma giratoria no está uniformemente distribuido esto va a garantizar que los cilindros hidráulicos del sistema syncrolift no desciendan de manera uniforme, para solucionar esto seguir lo siguiente:

Marcar 04 puntos equidistantes en las pistas superiores en la plataforma giratoria y proyectarlos sobre las pistas inferiores para obtener 04 puntos a las mismas distancias.

Figura 396

04 puntos equidistantes



Fuente: Elaboración propia (2020).

Seguidamente medir la distancia entre los puntos superiores e inferiores en las 04 posiciones marcadas para saber cuál es la máxima distancia, luego de obtener este valor se procede a retraer el vástago del cilindro en ese lado para tratar de nivelar la plataforma giratoria con respecto a la estructura de transporte y consecuentemente el pin central pueda entrar sin dificultad. Esta actividad se debe realizar reiteradamente hasta que el pin central esté a punto de ingresar en su alojamiento en la estructura de transporte, cuando haya ingresado y cuando este ingresando para evitar que se amarre.

Adicionalmente verificar que el pin central se encuentre alineado axialmente con su alojamiento en la estructura de transporte, para esto hacer uso de una escuadra. Colocar un lado de la escuadra en el pin central y proyectar su posición en su alojamiento para corroborar la distancia necesaria que debe moverse la estructura de transporte. Si es necesario mover la estructura de transporte lateralmente, se hacer uso de gatas hidráulicas y para facilitar esto se recomienda colocar grasa en las zonas por donde se va a desplazar la cadena de orugas.

5.10.11. Desmontaje del sistema Syncrolift

Se empieza a desconectar las líneas hidráulicas y eléctricas del sistema syncrolift, posteriormente continuar con las vigas en la parte frontal y posterior y culminar removiendo los cilindros y las estructuras de los cilindros, almacenar estas correctamente para usos futuros.

5.10.12. Ajuste de tuerca del pin central

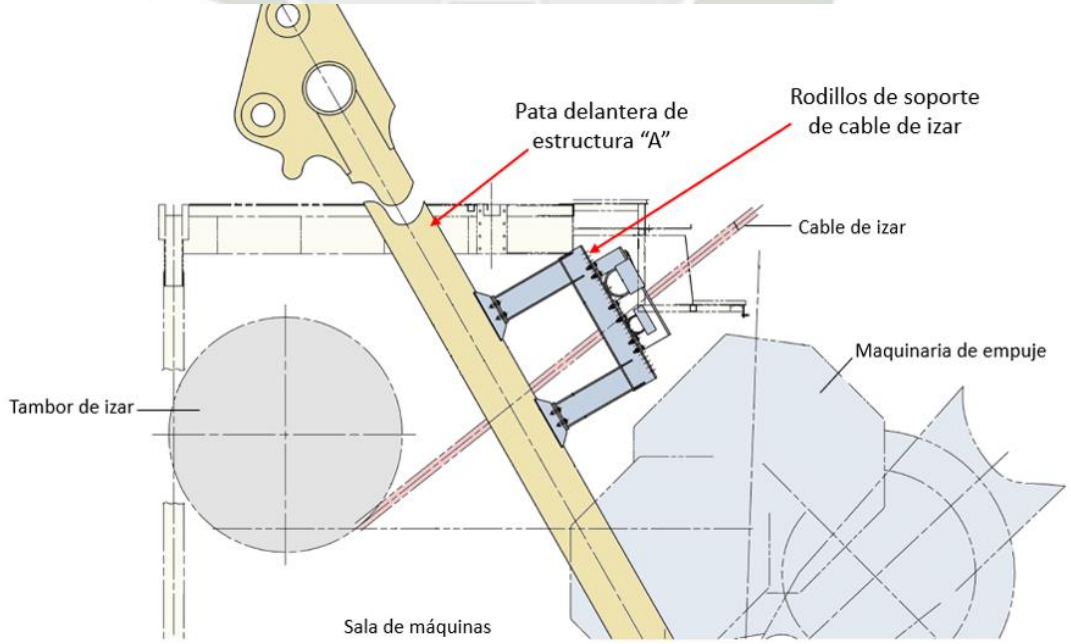
Para esta actividad se requieren 04 mecánicos y el uso de tecles para levantar la tuerca dentro de las cajonerías de la estructura de transporte. Una vez dentro de la cajonería los mecánicos deben manipular con los tecles de forma que puedan calzar la tuerca en la parte roscada del pin central hasta que haya ingresado una cantidad considerable de hilos para que no se salga de posición.

5.10.13. Montaje de rodillos guiadores de cable de izar

Los guiadores sirven para guiar los cables de izar cuando estos dejan el tambor de izar (levante) y salen de la sala de máquinas. El diseño original de rodillos guiadores del modelo 495 BII se fijan a las patas delanteras de la estructura “A” como se muestra en la siguiente figura.

Figura 397

Rodillos de soporte de cable de izar

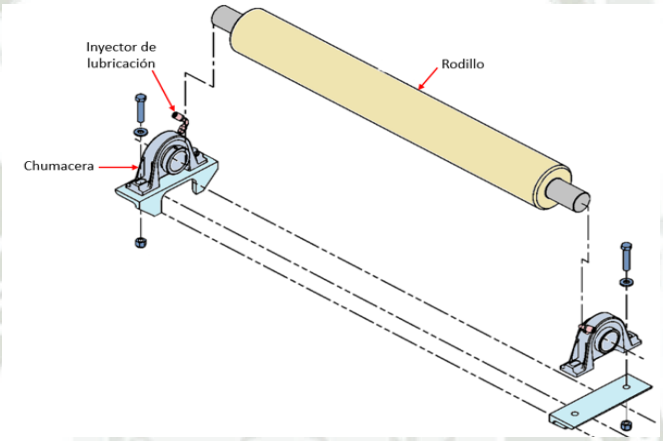


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2003).

Como parte de las mejoras de este proyecto, se contempla cambiar el modelo de rodillos guiadores por el del modelo 495 HR, estos rodillos al estar montados sobre chumaceras con inyector de lubricación nos permiten tener una lubricación automática haciendo las instalaciones correspondientes.

Figura 398

Rodillo de soporte del cable de levante

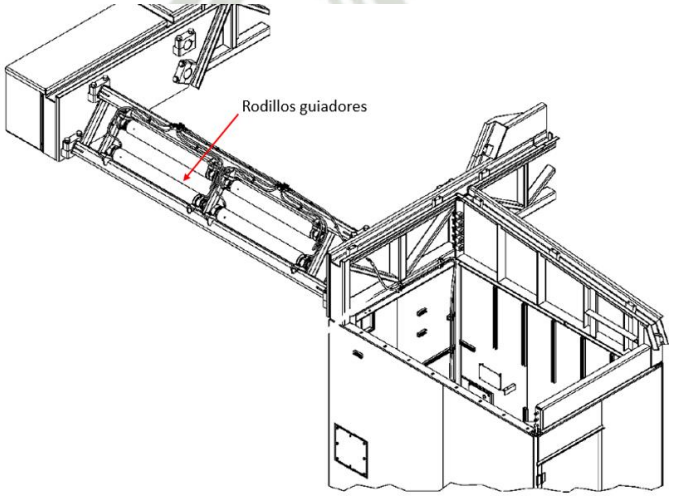


Fuente: Bucyrus International, Inc. (2009).

En la imagen anterior se muestra el rodillo guiador usado en el modelo 495 HR, se requieren 4 de estos y la forma de colocarlos en el modelo HR es distinto al modelo BII. En la siguiente imagen se muestra los rodillos guiadores montados en la sala de máquinas.

Figura 399

Rodillos guiadores de pala Bucyrus modelo 495HR



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2003).

Para implementar la mejora se usan los rodillos guiadores y se instalan 02 rodillos en una plancha metálica que sirve de plataforma por encima de la maquinaria de empuje y los otros 2 rodillos en el techo de la sala de máquinas.

Figura 400

Mejora de rodillo soporte de cable de levante en pala 04

Fuente: Mantenimiento Mina (2019).

Figura 401

Rodillos de soporte de cable de levante

Fuente: Mantenimiento Mina (2019).

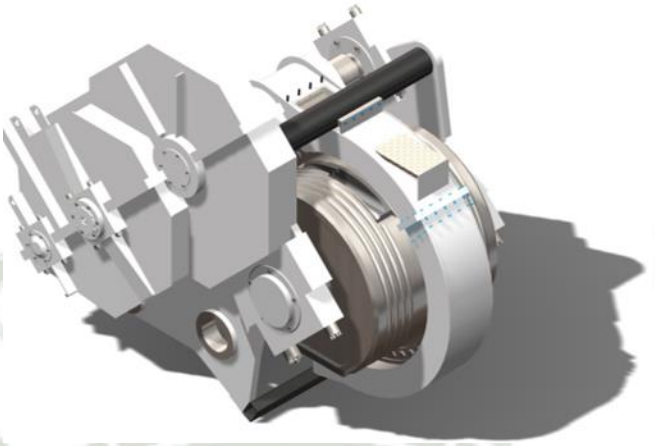
5.10.14. Montaje de maquinaria de empuje

Como se indicó en la sección de desmontaje, la maquinaria de empuje se fija a la plataforma giratoria mediante 04 pasadores, para esta actividad se requiere 01 grúa.

1. Previo al montaje la maquinaria de empuje ya debe estar ensamblada en su totalidad incluyendo las guardas del engranaje.

Figura 402

Maquinaria de empuje



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2012).

2. Fijar eslingas o estrobos en la maquinaria de empuje y colocar sogas (vientos) del lado del motor eléctrico para poder asistir en colocar la maquinaria de empuje en posición.

Figura 403

Montaje de maquinaria de empuje

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

3. Finalmente colocar los 04 pasadores para fijar la maquinaria de empuje a la plataforma giratoria.

Figura 404

Montaje de maquinaria de empuje

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

5.10.15. Montaje de pluma

El montaje de la pluma se realiza cuando las escaleras de la pluma, las poleas, el caballete y el shipper shaft, las líneas de lubricación y los cables de suspensión (lado pluma) han sido instalados. El procedimiento es lo inverso al desmontaje y se requiere de 02 grúas para realizar esta operación.

Se comienza por impedir la rotación del caballete mediante estrobos y tecles mecánicos, esto se muestra en la imagen.

Figura 405

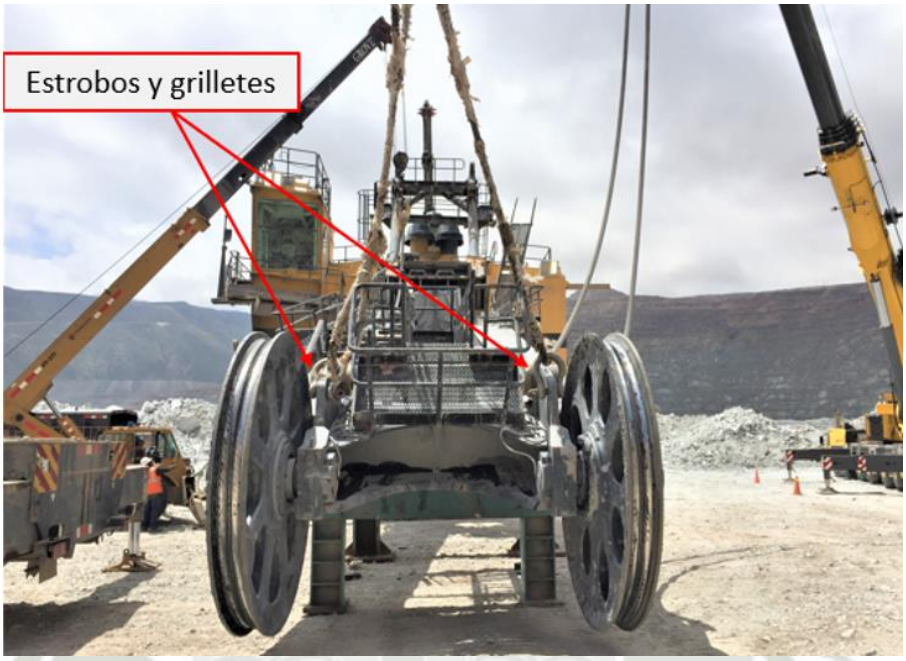
Caballete instalado y bloqueado en la pluma

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

Luego fijar estrobos con grilletes en la parte delantera de la pluma, en unos alojamientos cercanos a los pasadores del cable de suspensión.

Figura 406

Estrobos fijados en la punta de pluma

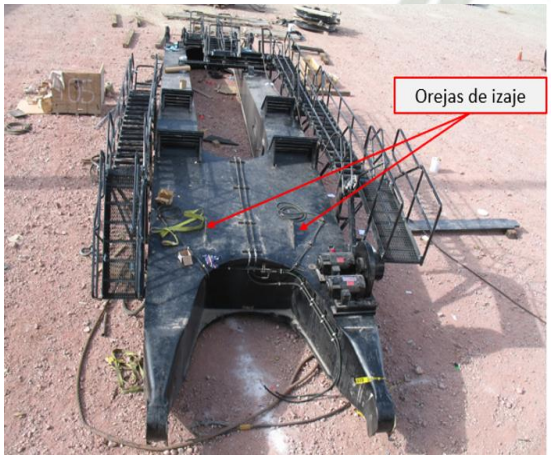


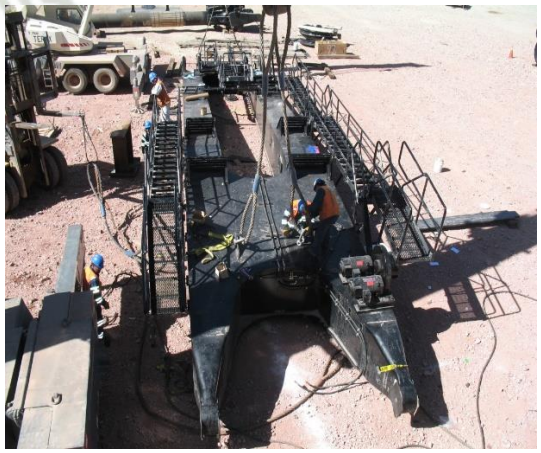
Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

En la parte posterior se fijan otros estrobos a otra grúa.

Figura 407

Orejas de izaje en el pie de pluma



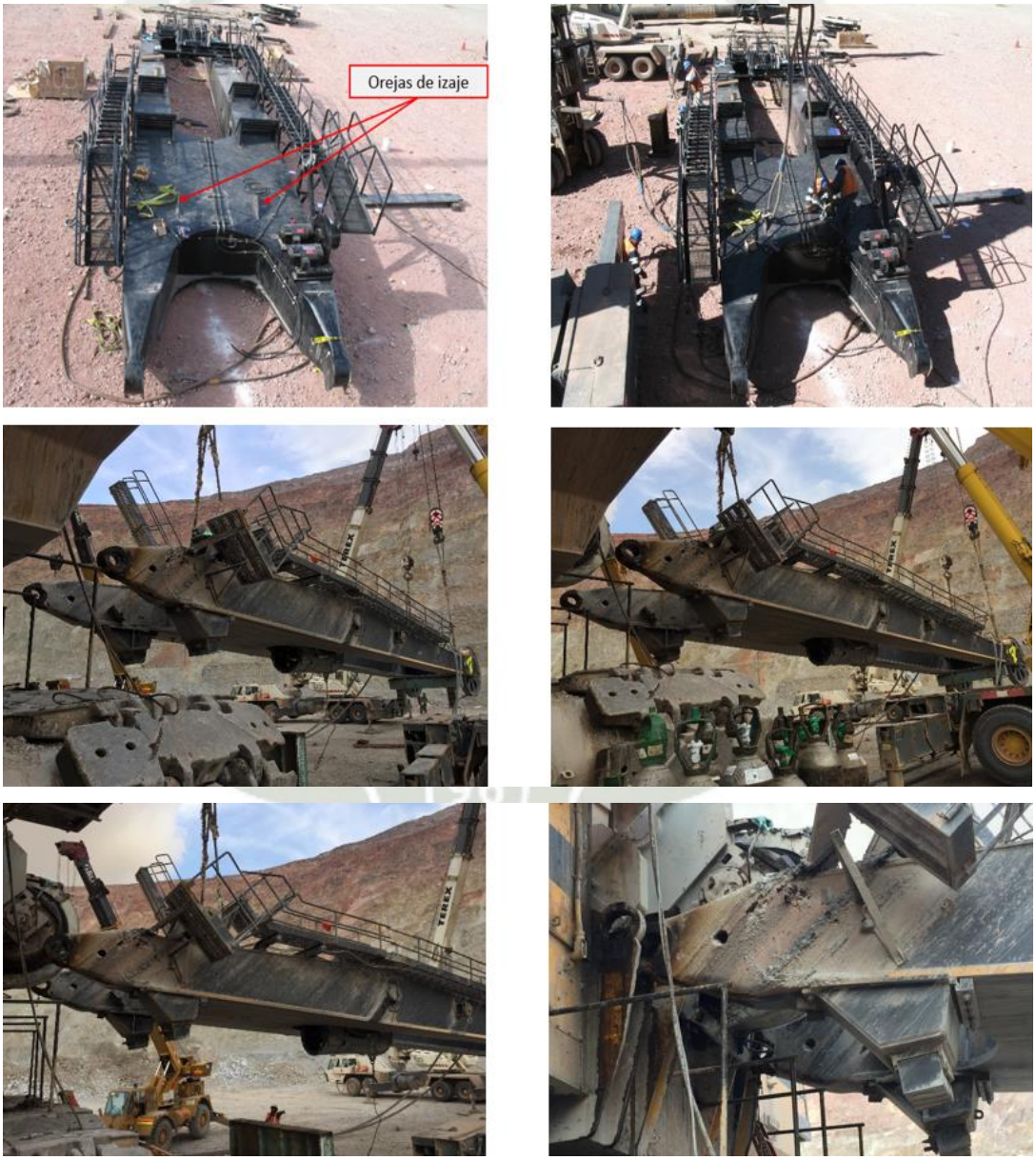


Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

Se recuerda que la pluma se trasladó a cierta distancia por delante de la plataforma giratoria para ejecutar la reconstrucción, por lo tanto, el primer movimiento en conjunto con las 2 grúas es izar la pluma y acercarla de modo que los alojamientos de los pasadores del pie de pluma estén concéntricos.

Figura 408

Pala eléctrica



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2017).

Figura 409

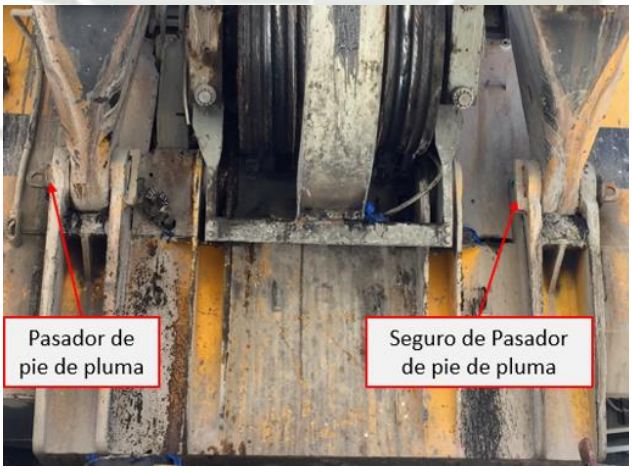
Montaje de pluma

Fuente: Mantenimiento mina (2019).

Manipular cuidadosamente mientras se va introduciendo los pasadores de pie de pluma y finalmente soldar los seguros de los pasadores.

Figura 410

Pie de pluma



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

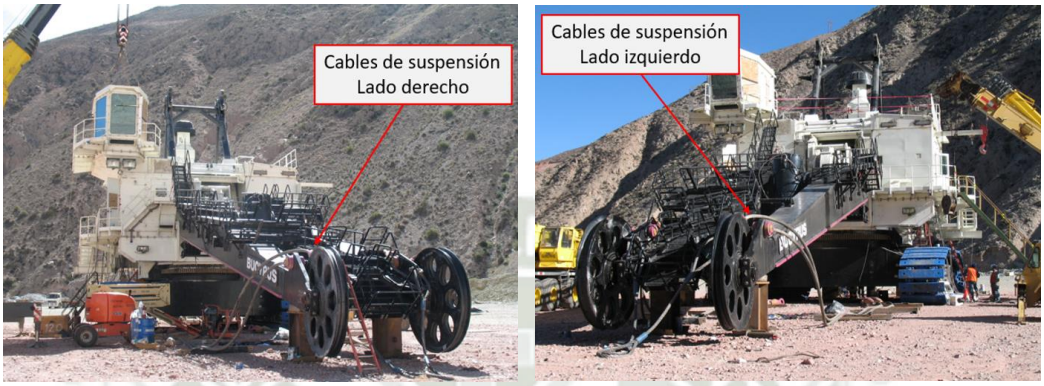
5.10.16. Montaje de cables de suspensión

Una vez que se ha montado la pluma, se procede con los cables de suspensión. Para esta actividad se requiere el uso de 03 grúas.

Los cables de suspensión ya se encuentran asegurados mediante pasadores en el lado de punta de pluma.

Figura 411

Cables de suspensión montados en el extremo de pluma



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

Se debe fijar grilletes y estrobos en el lado de punta de pluma y con una grúa izarla.

Figura 412

Grúa soportando la punta de pluma para el desmontaje de pasadores

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Al mismo tiempo, con otra grúa izar el extremo libre del cable de suspensión hasta llevarlo a su alojamiento en el ecualizador y posicionarlo de forma que el pasador pueda ser insertado. Mientras se realiza esto, con la tercera grúa izar el pasador que fija el cable de suspensión al ecualizador. Manipular e insertar el pasador en el alojamiento.

Figura 413

Izaje de pasador del cable de suspensión mientras la segunda grúa sostiene el cable de suspensión

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2011).

Esta actividad se realiza para los 04 cables de suspensión y en todo momento la pluma está siendo soportada por la primera grúa en la punta de pluma.

5.10.17. Montaje de lápiz

Se recuerda que la posición del caballete quedó restringida antes de montar la pluma, esto va a facilitar la actividad de insertar el lápiz dentro del caballete.

Figura 414

Caballete restringido en la pluma

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

Para esta actividad se requiere la operación de 02 grúas en simultáneo.

1. Se comienza por engrasar la parte del lápiz que va a ser insertada dentro del caballete.

Figura 415

Preparación de la superficie del lápiz para su montaje

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

2. Luego colocar eslingas aproximadamente cerca al extremo libre del mango y adicionalmente fijar tecles y estrobos para impedir que la eslinga salga por el extremo libre. Estas eslingas fijarlas a la grúa 01 y la pasteca de la grúa debe estar dentro de la abertura de la pluma.

Figura 416

Técnicos mecánicos fijando elementos de izaje en el mango

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

3. En la tornapunta colocar el otro juego de eslingas y fijarlas a la grúa 02.

Figura 417

Montaje de mango dentro del caballete

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

4. Izar con la grúa 01 el mango para que ese lado esté más inclinado de forma que pueda ingresar por el caballete. Izar luego el mango con la grúa 02 de forma que el mango siga manteniendo la posición de aproximadamente 45º y manipular la carga con ambas grúas para que el mango ingrese dentro del caballete.

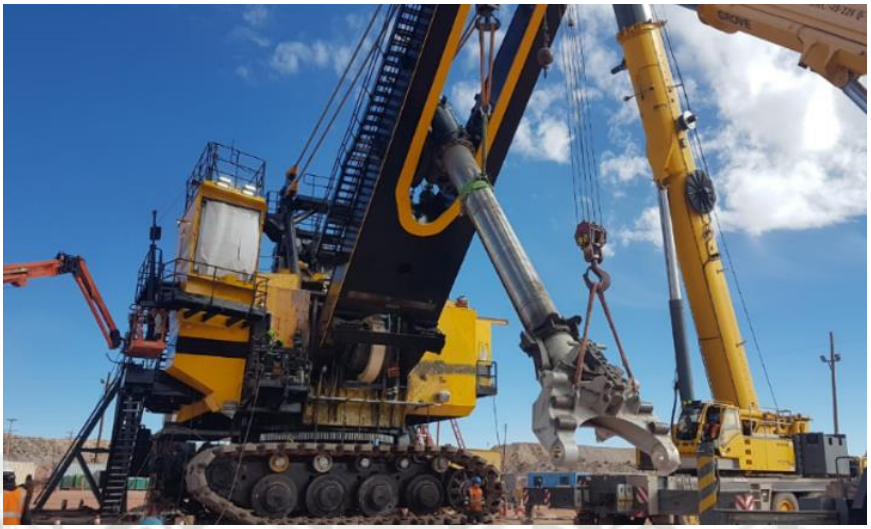
Figura 418

Montaje de mango

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

Figura 419

Montaje de mango dentro del caballete



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5. Cuando el mango haya ingresado dentro del caballete, liberar el bloque de caballete removiendo los estrobos y tecles que restringen su movimiento. Para esto 02 mecánicos debe estar cerca del bloque de caballete en la pluma.
   Notar que para restringir el movimiento del caballete se usan estrobos y adicionalmente un tope que evite estropear los bordes de jebe del caballete.

Figura 420

Técnicos mecánicos fijando un tope para evitar dañar el caballete

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

6. Cuando se haya liberado el bloque de caballete este va a rotar permitiendo que el mango descanse en una posición cuasi vertical.

Figura 421

Mango en posición cuasi vertical dentro del caballete

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

Cuando el mango esté llegando a la posición cuasi vertical, se puede liberar los estrobos de la grúa 02 y dejar que la grúa 01 continúe el resto de la tarea.

Figura 422

Maniobra con grúas para el montaje del mango

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

7. Antes de liberar la grúa 02, con un montacargas traer 02 soportes sobre los cuales va a descansar la tornapunta mientras se ensambla la media luna.

8. Con la grúa 01 colocar el mango de manera que el extremo de la tornapunta descanse sobre los soportes.

Figura 423

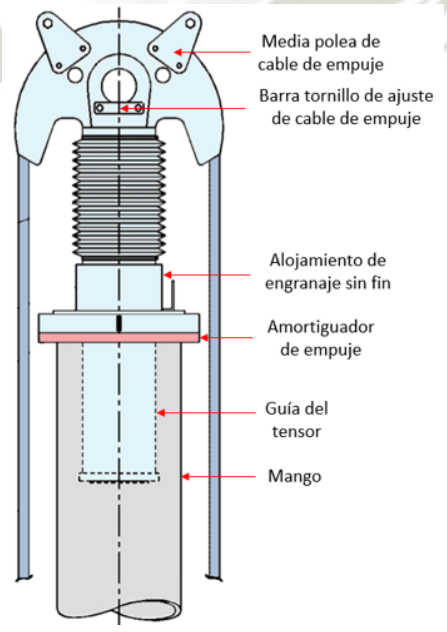
Mango soportado por un bloque

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

9. El conjunto de media polea debe estar ensamblado por completo antes de montarlo al mango.

Figura 424

Conjunto media polea



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

El conjunto de media polea se fija al mango mediante 48 pernos de 0.75”.

Figura 425

Conjunto de media polea

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

10. Para instalar la media polea dentro del mango se deben fijar estrobos y tecles a la media polea, esto va a permitir que el mecánico puede manipular e inclinar la media polea para alinear la guía del tensor dentro del mango.

Figura 426

Conjunto de media polea fijo con estrobos y tecle

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

11. Cuando el conjunto de media polea este asegurado mediante estrobos y tecles, izarlo y cuidadosamente deslizarlo dentro del mango. Cuando haya ingresado por completo colocar los 48 pernos de 0.75”.

5.10.18. Conexión eléctrica del motor de empuje

Esta actividad está a cargo de los técnicos electricistas.

5.11. SEMANA 11

5.11.1. Armado de cucharón

Si el cucharón nuevo o reparado se entrega en la zona de overhaul como se muestra en la figura, entonces es necesario el montaje de sus partes in situ.

Figura 427

Estructura del balde

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

Los procedimientos que se van a describir a continuación corresponden al candado, compuerta, tirantes y amortiguador de compuerta mas no se va a describir el montaje de GETS.

Figura 428

Balde en proceso de instalación de GETS

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

Se comienza montando la estructura de candado del balde, para esto seguir los siguientes pasos.

1. Fijar estrobos en la polea de la estructura de candado e izarlo.

Figura 429

Izaje del candado del balde

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

2. A continuación, con una segunda grúa izar el pasador y colocarlo en posición en su alojamiento.

Figura 430

Montaje del candado del balde

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

3. Cuando el pasador ya se encuentre en posición introducirlo en su alojamiento manualmente lo suficiente para que no se caiga, después con la misma grúa empujar el pasador hasta que ingrese en su alojamiento. Antes de que ingrese completamente en su alojamiento colocar por el lado que se está empujando el perno T.

Figura 431

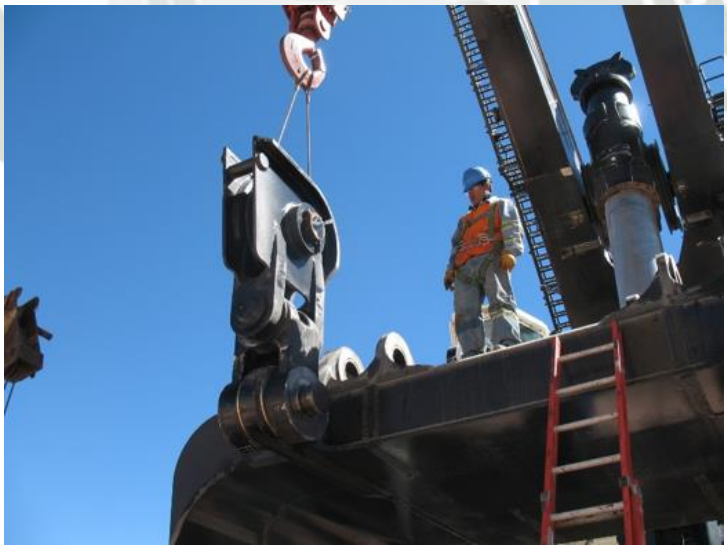
Montaje del pasador del candado del balde

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

4. Cuando el pasador ingrese completamente, colocar el perno T en el otro extremo de este para fijarlo.

Figura 432

Instalación del candado del balde



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

Luego de los candados colocar la compuerta del balde, seguir los siguientes pasos:

1. Fijar una eslinga y grillete en la parte superior de la compuerta.

Figura 433

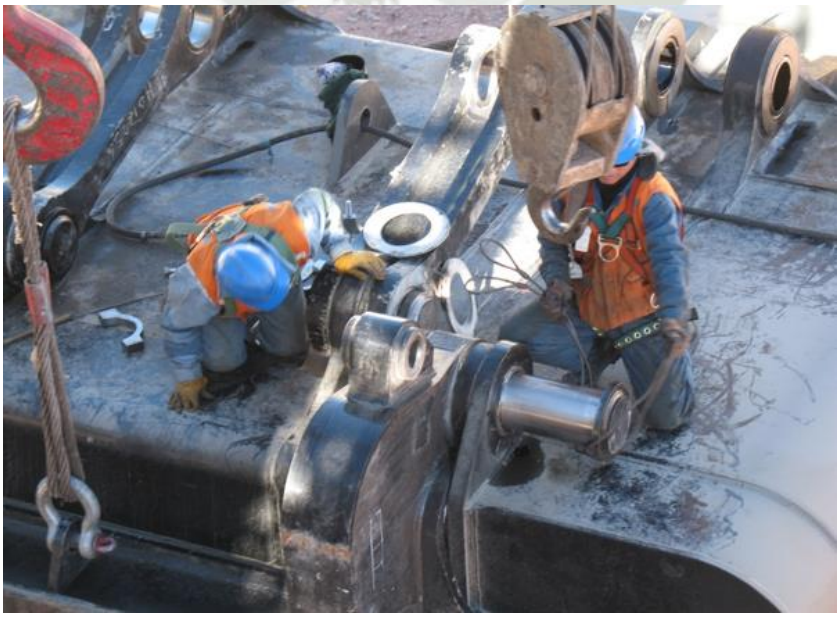
Instalación de la compuerta del balde

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

2. Izarla y colocarla en posición por detrás del cucharón.
3. Manipular la compuerta de modo que el alojamiento del pasador en la compuerta y el balde estén concéntricos.
4. Con otra grúa izar el pasador y colocarlo en su posición.

Figura 434

Instalación del pasador de la compuerta



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

5. Cuando el pasador esté fijo axialmente en su alojamiento de modo que no se caiga, con un equipo auxiliar empujar el pasador para que ingrese completamente en su alojamiento.

Figura 435

Técnicos mecánicos instalado el pasador de la compuerta del balde

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

6. Cuando el pasador haya ingresado completamente, por el otro extremo del pasador colocar la mordaza y fijarla con los pernos de ¾" Gr.5.

Luego colocar los tirantes de inclinación, para esto seguir los siguientes pasos:

Figura 436

Tirantes de inclinación

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

1. Los tirantes de inclinación son simétricos y se pueden colocar desde cualquier extremo.

2. Fijar una eslinga a un extremo e izar el tirante para posicionarlo en su alojamiento en la parte superior del cucharón.
3. Con otra grúa izar el pasador y colocarlo en el alojamiento de modo que no se salga del alojamiento.
4. Con un equipo auxiliar empujar el pasador hasta que ingrese completamente en su alojamiento.
5. Cuando el pasador haya ingresado completamente, por el otro extremo colocar la mordaza y fijarla con los pernos de ¾" Gr. 5.

Figura 437

Tirantes de inclinación instalados en la parte superior del balde

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

5.11.2. Montaje de cucharón en mango

Se procede al montaje del cucharón en el mango cuando este ya ha sido ensamblado con la compuerta, candados y tirantes (solo del cucharón). Para esta actividad se requiere el uso de una grúa y un equipo auxiliar que pueda ubicar en posición el cucharón.

Seguir los siguientes pasos:

1. Se recuerda que el mango se dejó montado en el caballete y sobre 2 soportes que lo mantiene en una posición cuasi vertical.
2. Fijar eslingas en las orejas de izaje del dipper handle e izar el mango.
3. Cuando el mango este suspendido, con un montacarga retirar los soportes sobre los cuales el mango estaba soportado.
4. Seguidamente con el equipo auxiliar empujar el cucharón hasta que aproximadamente cuando se baje el mango, este pueda estar concéntrico con los alojamientos para los pasadores que lo fijan al cucharón.

Es preferible colocar el cucharón con la grúa y utilizar el equipo auxiliar para dar los toques finales al cucharón para posicionarlo.

Figura 438

Instalación del balde en el mango con la asistencia de un equipo auxiliar

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

Es probable que el cucharón también tenga que desplazarse lateralmente, para esto el equipo auxiliar debe empujar el cucharón por el costado.

Figura 439

Equipo auxiliar ubicando lateralmente el balde para su respectivo montaje

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

5. Cuando los alojamientos estén concéntricos, con otra grúa izar los pasadores y con un equipo auxiliar empujar los pasadores hasta que ingresen. Tener especial cuidado de que no se amarre.

Figura 440

Instalación de pasador entre el mango y el balde

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

Para lograr concentricidad en los alojamientos del dipper handle y el cucharón, se puede hacer uso también de una barreta.

Figura 441

Técnicos mecánicos alineando los alojamientos con el uso de una barreta

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2009).

5.11.3. Montaje de cables de levante

Para montar el cable de izar seguir el siguiente procedimiento:

1. Colocar el trineo de cables nuevo en posición para subirlo al frente del cucharón a unos 8 metros aproximadamente en dirección al centro de las poleas, colocar estrobos de 5/8" en las orejas de los cables. Luego el soldador corta el seguro que fija el cable al carrete.

Figura 442

Trineos con los cables de levante nuevos

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

2. A diferencia de un montaje de cables de izar normal, en esta ocasión los cables de los winches no se encuentran extendidos pasando por los canales de las poleas punta pluma, para lograr esto 02 mecánicos deben guiar el cable del winche manualmente y llevarlo hasta la polea de punta de pluma, luego el mecánico en la sala de máquinas debe ir accionando los motores de los winches para permitir que lleguen al suelo. A partir de este punto, el procedimiento es el mismo al de un cambio de cable de izar normal.
3. Pasar los cables de winches por el interior de las poleas de las botas o candados (winche derecho por la bota derecha y winche izquierdo por la bota izquierda).

4. Conectar los cables de los 02 winches que bajan por los canales exteriores de las poleas con los cables extremos de los carretes derecho e izquierdo.
5. Jalar los 02 winches a la vez hasta que las puntas pasen por sus respectivas botas (candados).
6. Bajar los terminales de los cables que pasaron por los candados para estrobarlos con los otros 02 terminales de los cables internos de los carretes (derecho con derecho e izquierdo con izquierdo) y unirlos con un estrobo de ½".

Figura 443

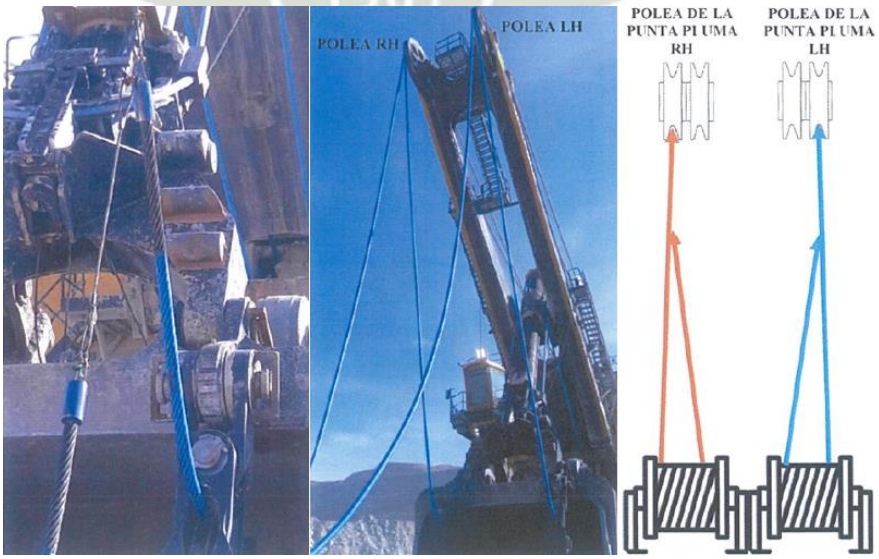
Winche acoplado al extremo del cable de levante

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

7. Jalar los 02 cables en ambos lados con los 02 winches al mismo tiempo, hasta que pasen por las poleas punta pluma y lleguen al tambor de izar.

Figura 444

Izaje de cables de levante mediante el winche auxiliar



Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

8. Conectar al tambor de izar los 02 cables que van por los extremos de ambas poleas y colocar sus seguros.

Figura 445

Extremo del cable de izar en su alojamiento en el tambor

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

9. Después de desbloquear el equipo por el personal de turno, el operador de la pala debe girar el tambor de izar 180º para colocar los otros 02 extremos de los cables de izar en la parte inferior del tambor.}

Figura 446

Extremo opuesto del cable de izar fijo en su alojamiento en el tambor a 180º

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

10. Girar el tambor para enrollar el cable muy despacio, en todo momento se debe observar y guiar el cable buscando su posición.

Figura 447

Tambor de levante enrollando el cable de izar

Fuente: Southern Peru Copper Corporation (2019).

5.11.4. Montaje de cable de empuje y retracción

Para el montaje del cable de empuje y retracción seguir los siguientes pasos:

1. Levantar el cucharón y retraer el mango hasta que quede en posición para meter el eje sin fin con la unidad hidráulica para destensar el cable de empuje.
2. Bajar los padlocks o botas del cable de izar.
3. Colocar el trineo de cables entrante en posición para subirlo al frente del balde en dirección del centro de las poleas. El soldador debe cortar el seguro que fija el cable al carrete.
4. Jalar el cable nuevo con ayuda de los winches hasta que el cable llegue al tambor.
5. Fijar los ferrules del cable de empuje nuevo.
6. Girar el tambor por el operador para enrollar el cable muy despacio y el personal va guiando el cable buscando su posición. Iniciar el proceso de enrollamiento del cable de empuje muy lentamente, teniendo cuidado que cada cable enrolle bien en sus respectivos canales del tambor de empuje.
7. Finalmente fijar los ferrules del cable de retracción con ayuda de los winches.

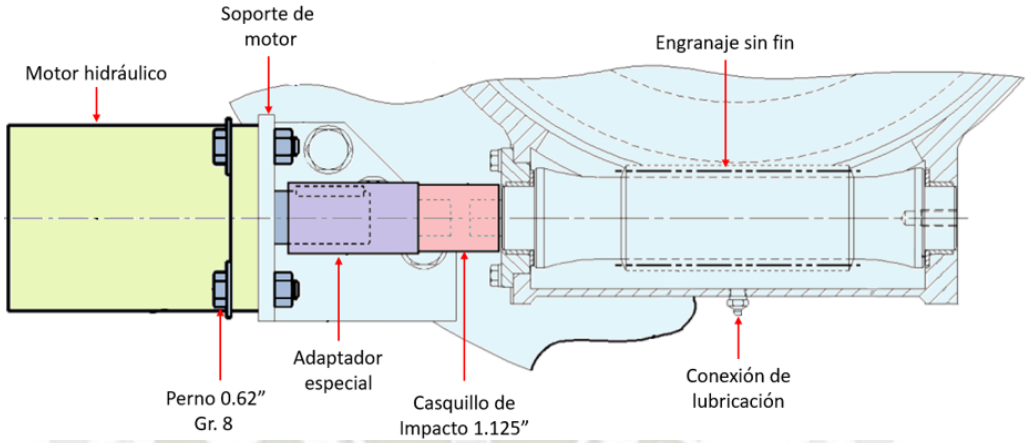
5.11.5. Templado de cables de empuje

Para templar el cable de empuje, seguir el siguiente procedimiento:

1. Levantar el balde hasta que el mango quede cerca de la horizontal. Retraer el mango hasta que la media polea de empuje quede cerca de la unidad hidráulica sobre el techo de la sala de máquinas, detrás de la cabina del operador.
2. Quitar el soporte antirrotación que cierra el eje sin fin del perno de empuje desde el alojamiento del engranaje sin fin en la parte trasera del mango del balde.
3. Instalar el motor hidráulico dentro del eje sin fin como se muestra en la figura. Use 04 pernos de 0.62” para fijar el motor al soporte del motor.

Figura 448

Motor hidráulico acoplado al engranaje sin fin del conjunto media polea



Fuente: Bucyrus International, Inc. (2001).

4. Usar el control colgante manual en la unidad hidráulica para extender el perno de empuje hasta que el cable de empuje quede apretado. Luego retroceder la barra tornillo de empuje ½" para permitir el seno correcto en el cable.
5. Retirar el motor hidráulico desde el soporte sobre el alojamiento del engranaje sin fín y colocarlo en la unidad hidráulica.

5.11.6. Pruebas eléctricas finales por parte del comisionado

En este punto se verifican los movimientos de giro, avance, izar y empuje de la pala por parte del comisionado para descartar posibles fallas en el montaje.

Figura 407

Corroboración de los movimientos de la pala sin pallas

Fuente: Mantenimiento mina (2019).

5.11.7. Entrega de pala a operaciones

Se culmina el proyecto entregando el equipo operativo a operaciones.

Figura 408

Pala eléctrica Bucyrus 495BII operativa

Fuente: Mantenimiento mina (2019).

5.11.8. Mejoras y recomendaciones de la semana 11

1. Al sistema de enfriamiento de la transmisión de izar se le acopló otro conjunto igual en serie para mejorar la eficiencia de enfriamiento de la transmisión de izar.
   Para realizar esto es necesario modificar las vigas que soportan el enfriador y hacer los agujeros requeridos para los pernos por debajo de la plataforma giratoria.

Figura 409

Ventiladores en serie para el sistema de enfriamiento de la transmisión de levante

Fuente: Mantenimiento mina (2019).