UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

INFORME TÉCNICO DE MANTENIMIENTO DE RODILLOS DE ALTA PRESIÓN HPGR (HIGH PRESSURE GRINDING ROLLS) EN SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE POR LA EMPRESA CONTRATISTA ESCON S.A.C

Trabajo de Suficiencia Profesional

Presentado por el Bachiller:

Choque Tutacano Gabriel Alex

Para Optar El Título Profesional

De Ingeniero Metalurgista

AREQUIPA-PERÚ

2021

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, a mi esposa Elena, eres una mujer que simplemente me hace llenar de orgullo. Este logro que llevo a cabo es en gran parte gracias a ti. A mis hijos Luana y Santiago, posiblemente en estos momentos no entiendan mis palabras, pero para cuando sean capaces, quiero que se den cuenta de lo que significan para mí, son la razón de que me levante cada día para esforzarme por el presente y el mañana.

A mis padres Luis Gonzalo y Natalia por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, por el apoyo que siempre me brindaron en el día a día y haberme enseñado que con trabajo, esfuerzo y constancia todo se consigue.

A mis hermanos Gonzalo y Laura por sus consejos y apoyo incondicional desde siempre, fomentando en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida.

A mis compañeros y amigos Cesar y Javier quienes sin esperar nada a cambio me compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas. Y gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

PRESENTACION

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa,

Señor director de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica,

Señores Miembros del Jurado.

Dando cumplimiento con el reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, pongo en consideración a los Miembros del Jurado el presente informe de Servicio Profesional **"INFORME TÉCNICO DE MANTENIMIENTO DE RODILLOS DE ALTA PRESION HPGR (HIGH PRESSURE GRINDING ROLLS) POR LA EMPRESA CONTRATISTA ESCON S.A.C"** con el fin de optar el título profesional de Ingeniero Metalurgista.

Atentamente

Bach. Gabriel Alex Choque Tutacano

RESUMEN

El presente informe fue realizado con la finalidad de elaborar una propuesta de un plan de mantenimiento proactivo, basándonos en la identificación y en la corrección de la causas que originan los fallos en el equipo que va a permitir una planificación de mantenimiento de los rodillos de molienda de alta presión (HPGR) por la empresa contratista ESCON S.A.C. en Sociedad Minera Cerro Verde. Para la realización de este trabajo se hizo necesario un análisis de criticidades y el estudio de los manuales o procedimientos adecuados para optimizar su funcionamiento, la recolección de esta información fue realizada a través del estudio descriptivo, en el cual se aplicaron las siguientes técnicas como la observación directa, entrevista, revisión documental y adiestramiento sobre el mantenimiento preventivo de los rodillos de molienda de alta presión (HPGR).

Los rodillos de alta presión (HGPR por sus siglas en inglés) han sido utilizados en el sector minero desde principios de los 80. La evolución en el tamaño y superficie de los rodillos ha producido la necesidad de desarrollar una solución que sea capaz de transportar estos rollos fuera de línea, para llevar a cabo las actividades de mantenimiento programadas

Los rodillos de molienda de alta presión (HPGR) se utilizan para la reducción de partículas en las operaciones mineras y la producción de agregados. Conocidos por la reducción eficiente de la energía, los HPGR se utilizan con mayor frecuencia cuando el material procesado es roca dura. Sin embargo, también pueden refinar materiales más blandos como minerales industriales. Los modelos más pequeños de los HPGR son particularmente productivos en la producción de arena fabricada para la producción de asfalto y concreto.

Palabra clave: Mantenimiento, Rodillos, Temperatura, HPGR.

ABSTRACT

This report was made with the purpose of elaborating a proposal for a proactive maintenance plan, based on the identification and correction of the causes that originate the failures in the equipment that will allow a maintenance planning of the grinding rollers. of high pressure (HPGR) by the contracting company ESCON S.A.C. in Cerro Verde Mining Society. To carry out this work, an analysis of criticalities and the study of the manuals or adequate procedures to optimize its operation were necessary. The collection of this information was carried out through the descriptive study, in which the following techniques were applied, such as: direct observation, interview, document review and training on preventive maintenance of high pressure grinding rolls (HPGR).

High Pressure Rollers (HGPR) have been used in the mining sector since the early 1980s. Evolution in the size and surface area of rollers has led to the need to develop a solution that is capable of conveying these rolls offline, to carry out scheduled maintenance activities

High Pressure Grinding Rolls (HPGR) are used for particle reduction in mining operations and aggregate production. Known for efficient energy reduction, HPGRs are most often used when the material being processed is hard rock. However, they can also refine softer materials such as industrial minerals. The smaller models of HPGRs are particularly productive in the production of manufactured sand for asphalt and concrete production.

Keyword: Maintenance, Rollers, Temperature, HPGR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

BACHILLER:

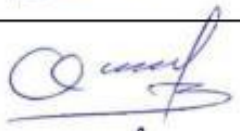
CHOQUE TUTACANO GABRIEL ALEX

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROESIONAL

TEMA:

INFORME TÉCNICO DE MANTENIMIENTO DE RODILLOS DE ALTA PRESIÓN HPGR (HIGH PRESSURE GRINDING ROLLS) EN SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE POR LA EMPRESA CONTRATISTA ESCON S.A.C

JURADO DE SUSTENTACION

Miembro del jurado	Apellidos y Nombres	Firma
Presidente	DR. ELIAS DAVID ESQUICHA LARICO	
Integrante	DR. VICENTE HERMO RUDY VILCA AMESQUITA	
Secretario	DR. GERSON EDWIN ALVARADO QUINTANILLA	

INDICE

PRESENTACION ..... **II**

RESUMEN ..... **III**

ABSTRACT ..... **IV**

INDICE ..... **VI**

INDICE DE TABLAS ..... **VIII**

INDICE DE FIGURAS ..... **IX**

CAPITULO I **1**

GENERALIDADES **1**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.2. JUSTIFICACIÓN 1

1.3. OBJETIVOS 2

CAPITULO II **3**

CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA CONTRATISTA **3**

2.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA ESCON SAC 3

2.2. MISIÓN Y VISION 4

2.3. POLITICA INTEGRADA DE GESTION 5

2.4. SERVICIOS 5

2.5. NUESTROS CLIENTES 7

2.6. VALORES 8

CAPITULO III **9**

MARCO TEÓRICO **9**

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA CONCENTRADORA CV2 9

3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA 11

3.3. MINERALOGÍA 12

3.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO 17

3.5. DESCRIPCIÓN DE CIRCUITO DE CHANCADO SECUNDARIO Y TERCIARIO 19

3.6. PLANTA DE CHANCADO SECUNDARIO 23

3.7. CIRCUITO DE CHANCADO TERCIARIO 29

3.8. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS 36

3.9. CHANCADO TERCIARIO 37

3.10. DESCRIPCIÓN DE LA MOLIENDA CON RODILLOS A ALTA PRESIÓN 40

CAPITULO IV 52

CONMINUCION Y SEPARACION DE MINERALES 52

4.1. CONMINUCION: 52

4.2. CONMINUCION DE MINERALES 53

4.3. DESCRIPCIÓN DE MAQUINARIA DE CONMINUCIÓN: CHANCADO Y MOLIENDA 68

CAPITULO V 70

MANTENIMIENTO DE RODILLOS DE ALTA PRESION HPGR 70

5.1. MANTENIMIENTO 70

5.2. PLAN DE MANTENIMIENTO 73

5.3. RESPONSABLES DEL MANTENIMIENTO 76

5.4. CAMBIOS DE RODILLO EN LOS HPGR 84

5.5. CAMBIO DE PLACAS LATERALES Y REGULACION DE GAP 102

5.6. REPARACION DE RODILLOS 120

5.7. MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE TRANSMISION 124

5.8. MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE HPGR 139

5.9. MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE LUBRICACION 144

5.10. MANTENIMIENTO DE SISTEMA HIDRAULICO 148

5.11. RESTRICCIONES 162

5.12. DOCUMENTOS DE REFERENCIA 162

CONCLUSIONES 164

RECOMENDACIÓN 165

BIBLIOGRAFÍA 166

GLOSARIO 168

ANEXOS 178

INDICE DE TABLAS

Tabla No 3.1: Descripción de equipos 36
Tabla No 3. 2: Vida útil de revestimientos tachonados (según fabricante KHD) 44
Tabla No 3.3: Valores típicos de operación para HPGR 46
Tabla No 3.4: Resumen de estimación de costos para alternativas de molienda de Cerro Verde 51
Tabla No 4. 1: Etapas básicas en conminación 55
Tabla No 4. 2: Rango de aplicación de cada una de las etapas de reducción de tamaños 69
Tabla No 5.1: Equipos a bloquear 140
Tabla No 5.2: Equipo a bloquear de equipos 144
Tabla No 5. 3: Equipos a bloquear de equipos 149

INDICE DE FIGURAS

Figura No 2.1: Misión y visión de la empresa ESCON SAC 4
Figura No 2.2: Política Integrada de Gestión de la empresa ESCON SAC 5
Figura No 2.3: Valores de la empresa ESCON SAC 8
Figura No 3.1: Calcopirita 13
Figura No 3.2: Molibdenita 14
Figura No 3.3: Covelita 15
Figura No 3.4: Mineralizacion 17
Figura No 3.5: Capacidades de chancado y curvas granulométricas 19
Figura No 3.6: sistema de recuperación de mineral grueso-linea 1 20
Figura No 3.7: Ubicación de fajas transportadoras de chancado secundario y terciario 22
Figura No 3.8: Corte transversal Del sistema de Chancado Secundario 24
Figura No 3.9: Clasificación de mineral grueso chancado secundario 25
Figura No 3.10: Tolvas Intermedias Chancado Secundario y terciario 27
Figura No 3.11: Diagramas de Chancado Terciario 33
Figura No 3.12: Diagramas de Chancado Terciario(Línea 1) 34
Figura No 3.13: Zarandas de clasificación 36
Figura No 3.14: Chancador Terciario 38
Figura No 3.15: Esquema de la Sección Transversal del HPGR 38
Figura No 3.16: Ubicación de los rodillos del chancado secundario 39
Figura No 3.17: Esquema de funcionamiento del HPGR (de Napier-Munn et al., 1996) 41
Figura No 3.18: Ángulos característicos de las zonas de molienda dentro de un HPGR 41
Figura No 3.19: Diseño de los rodillos 43
Figura No 3.20: Superficies de revestimientos para rodillos 43
Figura No 3.21: Circuito de chancado en 3 etapas (CCI) para molienda unitaria 47
Figura No 3.22: Circuito de chancado en 3 etapas (HPGR Directo) para molienda unitaria 48
Figura No 3.23: Circuito de chancado en 3 etapas (HPGR Directo) para molienda de bolas (CCI) 48
Figura No 3.24: HPGR para mejorar la capacidad de tratamiento de molienda de bolas .. 49
Figura No 3.25: HPGR en circuito abierto y reemplazando a chancador terciario, previo a operaciones de lixiviación en pilas 50
Figura No 4.1: Compresión 53
Figura No 4.2: impacto 54
Figura No 4.3: grafico mostrando el grado de liberacion de especies valiosas 55
Figura No 4.4: método de bond 64
Figura No 4.5: Disminución de la constante A en el método Anaconda 68
Figura No 5.1: Plan de mantenimiento proactivo ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura No 5.2: Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo en HPGR ... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura No 5.3:: Instalación de plataformas en la descarga de HPGR´s 85

Figura No 5.4:. Soporte retiro de reductor 87
Figura No 5.5: Soporte retiro de reductor 87
Figura No 5.6: Desacople y despegado de rodillos fijo/móvil 88
Figura No 5.7: Instalación del tecle manual de cadena C2 y C1 89
Figura No 5.8: Desconexión de mangueras y retiro del regulador 89
Figura No 5.9: Desplazamiento de Hooper, Izaje de Tolvín Regulador e Izaje de Upper Boom 90
Figura No 5.10: Desplazamiento de Hooper 91
Figura No 5.11: Izaje de Tolvín Regulador 92
Figura No 5.12: Retiro de chavetas inferiores del rodillo fijo 93
Figura No 5.13: Preparativos para desmontaje de rodillos 94
Figura No 5.14: Desmontaje de puerta frontal HPGR 95
Figura No 5.15:: Desmontaje de rodillo fijo y móvil 96
Figura No 5.16:: Vestido de rodillos nuevos 96
Figura No 5.17:: Montaje de rodillos fijo, móvil y puerta de HPGR 97
Figura No 5.18: Alineamiento del rodillo fijo 98
Figura No 5.19: Ajuste de pernos de reductor con llave Hytorc 98
Figura No 5.20: Montaje de placas laterales 100
Figura No 5.21: Instalación de las mangueras de lubricación 100
Figura No 5.22:: Diagrama de cambio de rodillos 103
Figura No 5.23:: Instalación del tecle manual de cadena C2 y C1 103
Figura No 5.24: Retiro de conectores y retiro del regulador 104
Figura No 5.25: Desmontaje de las placas laterales C2 y C1 104
Figura No 5.26: Montaje de las placas laterales 105
Figura No 5.27: Configuración Modo local BOX POLYCOM 106
Figura No 5.28: Cierre de rodillos BOX POLYCOM 107
Figura No 5.29: Introducción del bloque patrón 107
Figura No 5.30: Apertura de rodillos en BOX POLYCOM 108
Figura No 5.31: Guardas a retirar 108
Figura No 5.32: Seguro de los topes regulables. 109
Figura No 5.33: Ingrese usuario y password 110
Figura No 5.34: Presión inicial a calibrar 110
Figura No 5.35: Calibración de presión 111
Figura No 5.36: Ajuste de GAP 0 111
Figura No 5.37: Apertura de rodillos 112
Figura No 5.38: Cierre de rodillos en POMUX 113
Figura No 5.39: Introducción del bloque patrón 113
Figura No 5.40: Apertura de rodillos en POMUX 114
Figura No 5.41: Guardas a retirar 114
Figura No 5.42: Seguro de los topes regulables. 115
Figura No 5.43: Menu_1 de POMUX 116
Figura No 5.44: Basic gap de pomux 116

Figura No 5.45: Sumario de pomux 116
Figura No 5.46: Log in de pomux 117
Figura No 5.47: Settings de pomux 117
Figura No 5.48: Select password de pomux 117
Figura No 5.49: Confirm password de pomux 118
Figura No 5.50: Confirm password de pomux 118
Figura No 5.51: Confirm zero gap 119
Figura No 5.52: Refresh zero gap 119
Figura No 5.53: Diagrama de cambio de placas laterales 119
Figura No 5.54: Apertura de compuertas e instalación de baranda 121
Figura No 5.55: Giro de rodillos según evaluación de motores de giro 121
Figura No 5.56: Retiro de Edge Blocks 122
Figura No 5.57: Reposición de Edge Blocks y Studs 122
Figura No 5.58: Reparación de rodillos con wearing 123
Figura No 5.59: Reforzamiento de Edge Blocks 123
Figura No 5.60: Diagrama de reparacion de rodillos 123
Figura No 5.61: Retiro de guardas 125
Figura No 5.62: Desmontaje de eje cardánico 126
Figura No 5.63: Montaje de eje cardánico 126
Figura No 5.64: Retiro de tuberías de SCI 127
Figura No 5.65: Montaje y desmontaje de motor eléctrico 128
Figura No 5.66: Retiro del seguro y despresurizado de SafeSet. 129
Figura No 5.67: Desmontaje de SafeSet. 130
Figura No 5.68: Retiro de Anillo Cortante. 130
Figura No 5.69: Retiro de sello de polvo y tapa de sello de alta. 131
Figura No 5.70: Calentamiento y retiro de pista de sello. 131
Figura No 5.71: Aplicación de loctite 596 y cambio de sello. 132
Figura No 5.72: Montaje de tapa de sello de alta 132
Figura No 5.73: Verificación de medidas antes del eje 133
Figura No 5.74: Drenaje de aceites 134
Figura No 5.75: Soporte retiro de reductor 135
Figura No 5.76: Desacople y despegado de rodillos fijo/móvil 136
Figura No 5.77: Retiro de pernos de brida del reductor 136
Figura No 5.78: Desmontaje del reductor 137
Figura No 5.79: Montaje de reductor 138
Figura No 5.80: Diagrama de sistema de enfriamiento 138
Figura No 5.81: Líneas de refrigeración de rodillos 140
Figura No 5.82: Conexión de mangueras al sistema de transmision 141
Figura No 5.83: Aplicación de desincrustante a líneas de enfriamiento HPGR´s 142
Figura No 5.84: Aplicación de neutralizante a líneas de enfriamiento HPGR´s 143
Figura No 5.85: Diagrama de sistema de enfriamiento 143
Figura No 5.86: Limpieza de intercambiador de calor reductor flender 145

Figura No 5.87: Limpieza de intercambiador de calor reductor flender 146
Figura No 5.88: Bomba de engrase de HPGR´s 147
Figura No 5.89: Distribuidor de lubricación HPGR´s 147
Figura No 5.90: Diagrama de sistema de lubricacion 147
Figura No 5.91: Válvula de despresurización 149
Figura No 5.92: Líneas de alimentación y retorno de cilindros embolo buzo 150
Figura No 5.93: Retiro de sensores E&I 150
Figura No 5.94: Instalación de accesorios de izaje 151
Figura No 5.95: Barra seguro del embolo buzo 151
Figura No 5.96:. Desmontaje de pernos de sujeción 152
Figura No 5.97: Cambio de cilindros de retroceso y topes mecánicos 154
Figura No 5.98: Presurizado de acumulador HPGR 156
Figura No 5.99: Configuración para cierre de Cuchillas 157
Figura No 5.100: Válvulas a cerrar sensores y cañerías a retirar 157
Figura No 5.101: Maniobra de Retenida 158
Figura No 5.102: Pernos y Pin a extraer para desmontaje de viga de pistón 159
Figura No 5.103: Agujeros pasantes para instalación de grillete 159
Figura No 5.104: Distribuidor hidráulico de HPGR´s 161
Figura No 5.105: Diagrama de sistema hidraulico 161

ACRÓNIMO Y ABREVIATURAS

NRO	Descripción del término o significado	acrónimo, abreviaturas o siglas
1	Chancadora de cono norberg	MP1250
2	Chancadora terciaria	CR
3	Conveyor belt (faja transportadora)	CV
4	Estructuras y construcciones sociedad anónima cerrada	ESCON S.A.C
5	Feeder (alimentador)	FE
6	Hidrosulfuro de sodio	NAHS
7	Molino de rodillos de alta presion	HPGR
8	Policloruro de vinilo	PVC
9	Polietileno de alta densidad	HDPE
10	Salida al controlador de velocidad	AFD
11	Sociedad minera cerro verde	SCMV
12	Sulfuro cuprico	CUS
13	Sulfuro cuproso	CU_2S
14	Sulfuro de molibdeno	MOS_2
15	Sulfuro doble cuprico ferroso	CUFES2
16	Toneladas métricas por hora	TMPH
17	Variadores de frecuencia	VDF
18	Zaranda	SC
19	Distancia entre 2 partes que se contrastan	GAP
20	Gas inerte de metal	MIG
21	Gas activo metalico	MAG
22	Gas inerte de tungsteno	TIG
23	Índice de trabajo	WORK INDEX
24	Interruptor de parada	PULLCORD
25	dispositivo de aislamiento de energía o candado	LOTOTO
26	Identificación de peligros y evaluación de riesgos y control	IPERC

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En toda empresa uno de los aspectos más importantes es, el mantenimiento de los equipos, maquinarias e instalaciones; ya que un adecuado plan de mantenimiento aumenta la vida útil de éstos, reduciendo la necesidad de repuestos y minimizando el costo anual del material usado.

Llevar de manera adecuada la gestión del mantenimiento en una organización resulta una tarea laboriosa, ya que existen diversos factores que se deben tomar en cuenta para la adecuada ejecución de las actividades

Uno de los principales equipos son los molinos de rodillos de alta presión (*HPGR: High Pressure Grinding Rolls)* que actualmente están demostrando ser una alternativa viable y confiable en los circuitos de comminución. Siendo este proceso en sociedad minera cerro verde, una de las operaciones más importantes en el procesamiento de minerales, principalmente por los costos asociados a la cantidad de energía y aceros de molienda necesarios para obtener el grado de liberación requerido en procesos posteriores.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El propósito de este informe, es ofrecer procedimientos para el mantenimiento preventivo de los rodillos de molienda de alta presión que permitan mejorar los procesos, alargar la vida útil de los equipos, minimizar las fallas, disminuir los tiempos de reparación, aumentar la seguridad y operación de los equipos para mejorar la productividad.

En el mantenimiento predictivo o por condición de los HPGR , evaluamos el estado de los componentes mecánicos o eléctricos, permitiéndonos programar las operaciones de mantenimiento “solamente cuando son necesarias”. Consiste esencialmente en el estudio de ciertas variables o parámetros relacionados con el estado o condición del equipo que mantenemos, como por ejemplo la vibración, temperatura, aceites, aislamientos, etc. El estudio de estos parámetros nos suministra información del estado de sus componentes y, algo también muy importante, del modo en que está funcionando dicho equipo, permitiéndonos no sólo detectar problemas de componentes sino también de diseño y de instalación.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Entregar una visión general de sus características, que faculten a tomar las mejores decisiones en cuanto a su operación y mantenimiento, a fin de obtener un máximo rendimiento en el Mantenimiento preventivo de rodillos de molienda de alta presión HPGR de planta concentradora C2 en sociedad minera cerro verde realizado por la empresa contratista ESCON SAC

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proveer las especificaciones mínimas para realizar de manera segura el mantenimiento y operación de rodillos de molienda de alta presión

- Implementar los estándares y procedimientos para un trabajo preventivo y eficiente que normen las actividades que se realizan en los rodillos de molienda de alta presión dentro de sociedad minera cerro verde.

CAPITULO II

CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA CONTRATISTA

2.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA ESCON SAC

ESCON SAC está formada por un amplio equipo, integrado por prestigiosos profesionales del área minera, civil, industrial comprometidos con la satisfacción de nuestros clientes,, la mejora continua en nuestros productos y servicios, el desarrollo profesional de nuestros colaboradores , asegurando la calidad, seguridad y salud ocupacional y cuidado del medioambiente.

Estos profesionales cuentan con una vasta experiencia en el campo del desarrollo de proyectos de servicios del rubro minero, civil, industrial y construcción siendo nuestro objetivo dejar un sello de seriedad y profesionalismo en los proyectos ejecutados, traducido en un servicio de calidad. Trabajando con marcas de prestigio mundial y vamos posicionándonos entre las empresas competitivas en el sector minero e industrial. Nuestras operaciones se dan empresas mineras importantes establecidas en Perú cumpliendo con los altos estándares de calidad y seguridad exigidos; Chinalco, Southern Perú (Cuajone, Ilo y Toquepala), Glencore (Antapaccay Freeport-McMoRan (Cerro Verde), confían en nuestros servicios

- Nuestras actividades principales son :
- Mantenimiento Minero e Industrial
- Servicio en la línea metal mecánica

Queremos que la industria minera sea nuestro protagonista principal para brindarle una atención personalizada y un excelente servicio al unísono de sus expectativas y de conformidad con las Normas de Seguridad.

2.2. MISIÓN Y VISION

EsCon

MISIÓN:

Somos una empresa que brinda servicios integrales del rubro de mantenimiento metal-mecánico y construcción civil, enfocados en un servicio de calidad, seguridad, el cuidado del medio ambiente y la responsabilidad social, que nos permiten cumplir las exigencias de nuestros clientes.

VISIÓN:

Ser la empresa líder en brindar servicios para el sector de Minería, Construcción e Industria a nivel nacional e internacional.

EsCon S.A.C
Estructuras y Construcciones S.A.C
Ing. David Medina Huarhuachi
GERENTE

GERENTE GENERAL
Ing. David Medina

Versión: 01

Figura No 2.1: Misión y visión de la empresa ESCON SAC

2.3. POLITICA INTEGRADA DE GESTION

EsCon

Política Integrada de Gestión

ESCON S.A.C. somos un equipo que brinda servicios de mantenimiento y construcción con altos niveles de seguridad y salud en el trabajo, protección del medio ambiente, calidad y eficiencia, para lo que hemos implementado un Sistema Integrado de Gestión en el que generamos valor para nuestros Clientes y Trabajadores de acuerdo a nuestro plan estratégico.

Por ello asumimos los siguientes compromisos:

- Proveer un ambiente de trabajo seguro y saludable para nuestros trabajadores, visitantes y terceros; aplicando la identificación de peligros evaluación de riesgos e implementando controles en todas nuestras actividades, para prevenir lesiones, enfermedades ocupacionales e incidentes relacionados con el trabajo.
- Garantizar el uso sostenible de recursos para prevenir, reducir y mitigar los impactos ambientales negativos.
- Alcanzar los más altos estándares de calidad, superando las expectativas del mercado.
- Cumplir la normativa legal vigente aplicable a nuestras actividades y otros compromisos que asumimos voluntariamente en relación al Sistema Integrado de Gestión.
- Promover, fomentar y concientizar a nuestros colaboradores en el cumplimiento de los objetivos y metas establecidos por la empresa en relación al Sistema Integrado de Gestión.
- Propiciar, fomentar y garantizar la participación y consulta de los trabajadores mediante sus representantes en las actividades relacionadas con el Sistema Integrado de Gestión.
- Aseguramos la compatibilidad de todo nuestro Sistema Integrado de Gestión.
- Mejorar continuamente el Sistema Integrado de Gestión, mediante la participación de los trabajadores y el liderazgo visible de la Alta Dirección.

EsCon S.A.C.
Ing. David Medina Huarhuachi
GERENTE

GERENTE GENERAL
Ing. David Medina

Versión: 02
Fecha de publicación: 20/01/2021

Figura No 2.2: Política Integrada de Gestión de la empresa ESCON SAC

2.4. SERVICIOS

2.4.1. CONSTRUCCIONES METÁLICAS

Estamos comprometidos con la calidad en la fabricación de estructuras metálicas por lo

cual sometemos a un estricto control de calidad para la satisfacción de nuestros clientes.

- Fabricación de estructuras metálicas pesadas, medianas y livianas en todo tipo de perfiles.
- Fabricación, soldeo y montaje de todo tipo de tuberías en alta y baja presión de acero al carbono, cobre, bronce, inox, HDPE y PVC.
- Fabricación de postes metálicos para señalización, alumbrado y protección.
- Fabricación de estructuras, rampas metálicas, plataformas, ranglas, cisternas, chutes, celdas y tanques en todas sus variedades para distintos usos en la minería e industria.
- Especialistas en todo tipo de soldadura: Universal MIG, TIG, MAG, ARGON e INOX.
- Montaje de estructuras: Pesadas, medianas y livianas.
- Diseño, fabricación y montaje de techos, tijerales, vigas monorriel, vigas de soporte, escaleras, plataformas, barandas y cercos metálicos.

2.4.2. MANTENIMIENTO MECÁNICO

- Automatización de plantas industriales y mineras.
- Diseño e Implementación de proyectos eléctricos y electromecánicos.
- Mantenimiento de Plantas generadoras de energía.
- Mantenimiento de plantas mineras e industriales.
- Realizamos todo tipo de instalaciones eléctricas

2.4.3. MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

- Automatización de plantas industriales y mineras.
- Diseño e implementación de proyectos eléctricos y electromecánicos.

- Mantenimiento de plantas generadoras de energía.
- Mantenimiento de plantas mineras e industriales.
- Realizamos todo tipo de instalaciones: eléctricas.

2.4.4. CONSTRUCCIÓN CIVIL

- Proyectos de infraestructura y saneamiento.
- Edificaciones y habilitaciones urbanas, movimiento, excavación y compactación de Procesos constructivos y supervisión con estándares de calidad y seguridad.
- Mantenimiento de infraestructura vial, edificaciones urbanas, comerciales e industriales tierras.

2.4.5. SERVICIO DE ALQUILER DE EQUIPOS Y VEHÍCULOS

Alquilamos equipos y vehículos para minería y construcción: Camionetas pickup, 4x4, camiones cisterna y camiones grúa

2.4.6. SELECCIÓN DE PERSONAL

Interesados en la mejora y productividad de los procesos de su compañía, realizamos la selección y reclutamiento de acuerdo a la necesidad de nuestros clientes.

Abocado a las diferentes áreas de minería, construcción e industria, seleccionando al personal adecuado según las exigencias de nuestros clientes, y la competitividad del mercado, brindándole un valor agregado mediante el seguimiento posterior, según sea requerido.

2.5. NUESTROS CLIENTES

- ANTAPACCAY
- SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE
- SOUTHERN PERÚ (CUAJONE-TOQUEPALA)
- TISUR
- CHINALCO

2.6. VALORES

Figura No 2.3: Valores de la empresa ESCON SAC

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA CONCENTRADORA CV2

La concentradora tiene tres funciones principales: preparar el mineral para su concentración, separar el mineral de la ganga y disponer de los productos del proceso, como los relaves y concentrados.

La preparación consiste en reducir el tamaño de las rocas en varias etapas hasta llegar a una dimensión donde las partículas de mineral puedan ser físicamente separadas de la ganga mediante flotación. Las etapas de la preparación incluyen:

- Voladura en un tamaño máximo de 1.2 m.
- Chancado primario con un rango de P_{80} de 100-165 mm.
- Chancado secundario con un P_{80} de 50 mm.
- Chancado terciario con un rango de P_{80} 12-21 mm.
- Molienda hasta un rango de P_{80} de 140 -150 µm.

Después de una separación inicial, el concentrado es sometido a una remolienda más fina hasta llegar a un P_{80} de 40 µm.

La separación se lleva acabo en dos etapas principales. Primeramente los minerales de cobre y molibdeno son separados de la sílice y otros materiales sin valor alguno (ganga). Los minerales de cobre y molibdeno son luego separados por flotación diferencial. En ambos casos la separación es un proceso físico – químico, donde los minerales no sufren alteración química alguna.

El principal mineral de cobre es la calcopirita que es un mineral sulfurado de cobre y contiene 34% de este elemento combinado con hierro y azufre ($CuFeS_2$). El principal mineral de molibdeno es la molibdenita, que contiene 60% de molibdeno combinado con un 40% de azufre (MoS_2). Los productos finales comerciales (concentrado de Cu y Mo) provenientes de

la concentradora están en la forma de sulfuros, con una ley aproximada de 46.87% de Mo, para el concentrado de molibdeno, y 23.7% de cobre, para el concentrado de cobre

La separación se lleva a cabo agregando reactivos químicos (colectores), los cuales se adhieren a las partículas de mineral, pero no a la ganga, cuando se realiza la mezcla entre el mineral molido y el agua (pulpa). Es ahí cuando el aire adicionado en la celda de flotación, entra en contacto con las partículas de mineral, las cuales al tener una película de colector en su superficie se adhieren a las burbujas para ser llevadas a la superficie de la celda donde se realiza su recuperación. Otro reactivo químico (espumante) es también agregado a la mezcla para producir una espuma estable que pueda soportar la adhesión de las partículas de mineral hasta que puedan ser separadas en la superficie de las celdas de flotación. Las partículas concentradas son sometidas a remolienda hasta lograr un tamaño más fino para poder separar las partículas de mineral que todavía están combinados con la ganga.

En una o dos etapas de separación posterior se elimina la mayor parte de la ganga para producir un concentrado conteniendo cobre con una ley suficientemente alta como ser comercializado. Este concentrado también contiene molibdeno, el cual puede separarse del cobre para poder ser vendido por separado, para esto, un depresor químico (hidrosulfuro de sodio, NaHS) es agregado al concentrado de cobre – molibdeno, para deprimir el mineral de cobre y flotar el mineral de molibdeno. Después de varias etapas sucesivas de flotación, el mineral de cobre es separado del mineral de molibdeno hasta producir un concentrado de molibdeno comercial, quedando el cobre deprimido que es el concentrado final de cobre.

La disposición de los productos del concentrado incluye la eliminación de la mayor parte de agua y el transporte en camiones del producto seco. El concentrado de cobre es espesado y filtrado hasta lograr una humedad promedio de 9% luego es cargado en contenedores con capacidad de 15 toneladas y transportado en camión hacia La Joya. Los contenedores son transferidos a vagones para ser transportados hacia el puerto de Matarani para su despacho en barco.

El concentrado de molibdeno es filtrado hasta lograr una humedad del 10% aproximadamente, y luego secado hasta obtener como máximo una humedad del 4% antes de ser cargado en bulk bags para su comercialización.

El tercer producto del proceso es el relave, el cual contiene la ganga y el agua usada en el proceso. Una parte del agua contenida en este es separada en la concentradora y reciclada inmediatamente al proceso y el 50% del relave espesado es almacenado directamente en el embalse de la presa, el otro 50% del relave espesado será transportado por tuberías hacia el área de clasificación de arenas, donde es diluido y tratado para separar la fracción del material grueso de las lamas. Esta arena es muy importante, debido a que es usada para continuar construyendo el dique de la presa de relaves. Esta presa también permite recuperar y volver a usar la mayor parte del agua remanente del proceso, quedando el relave almacenado en la represa permanentemente. Toda filtración de agua proveniente del área de almacenamiento y dique, es recolectada y retornada al proceso para volverla a usar. No hay ningún escape de sólido o líquido desde la operación que no sean los productos de concentrado y algo de agua pérdida por evaporación

3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Las instalaciones están localizadas entre la mina Cerro Verde y la presa para relaves ubicada en la Quebrada Enlozada. El lugar de la planta ha sido dispuesto tan compacto como sea posible y ha sido nivelado para permitir un flujo por gravedad entre las unidades principales de operaciones del proceso.

La planta concentradora CV2 se encuentra ubicada en la provincia de Arequipa, departamento y región de Arequipa al sur del Perú.

Geográficamente, la planta concentradora se encuentra limitada:

- Por el norte con el río Chili
- Por el sur con la red de drenaje de la parte media de la quebrada Linga
- Por el este con la red de drenaje de las quebradas Siete Vueltas y Querendosa
- Por el oeste con la estación de transferencia La Joya

Desde la ciudad de Arequipa se puede llegar a la zona a través de la Carretera Departamental AR113 hasta la misma U.P Cerro Verde. La otra forma de acceder hacia la zona

desde la carretera Panamericana es mediante la Variante de Uchumayo (km 48 La Repartición) y desde allí hacia la Carretera Departamental AR113 por la vía privada de Cerro Verde.

3.3. MINERALOGÍA

En el yacimiento de cerro verde se encontrarán principalmente la Calcopirita y la Molibdenita, estas especies mineralógicas son consideradas como los minerales de interés para la planta concentradora ya que los concentrados de cobre y molibdeno están conformados principalmente por estos, pero en general y en menor cantidad se encontrarán las siguientes variedades de minerales

3.3.1. CALCOPIRITA

Este mineral se presenta generalmente en cristales pseudotetraedros, corrientemente por recubrimiento o pseudomorfosis de la tetraedrita o tenantita. La mayoría de las veces se la encuentra en forma masiva. De presentar cristales aparecen muy maclados y aplanados con hábito piramidal.

Fórmula química: **CuFeS2**

Clase:	Sulfuros
Etimología:	Deriva de la palabra griega "calkos" que significa "cobre" y de pirita.
Cristalografía:	Tetragonal
Propiedades físicas:	
Color:	Amarillo latón verduzco.
Raya:	Negro verdosa.
Brillo:	Metálico.
Dureza:	3.5 a 5
Densidad:	4.3 g/cm^3

Óptica: Opaco. Color amarillo característico.

Química: Contiene el 34.5% de cobre, el 30.5% de hierro y el 35% de azufre

Génesis: Pegmatítico neumatolítico.

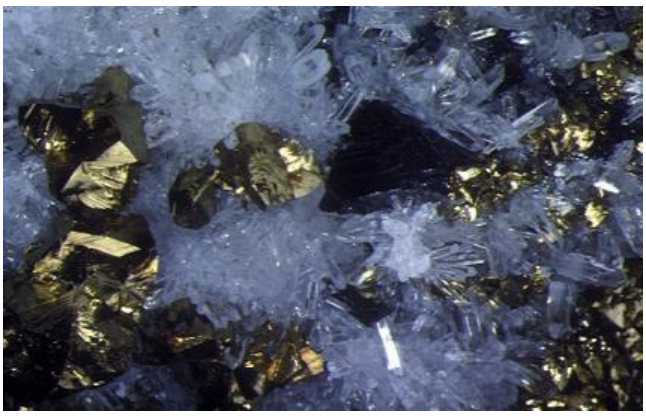


Figura No 3.1: Calcopirita.

Fuente: Tomada de manual de operaciones SMCV C2

3.3.2. Molibdenita

Se presenta en placas hexagonales o prismas cortos o en masas escamosas compactas.

Fórmula química: MoS_2

Clase: Sulfuros

Proviene de la palabra griega "molybdos" que significaba plomo, metal con el que se confundía el molibdeno.

Cristalografía: Hexagonal

Propiedades físicas:

Color: Gris de plomo algo azulado.

Raya: Negra grisácea o verdusca.

Brillo: Metálico algo mate.

Dureza: 1 a 1.5

Densidad: 4.65 g/cm^3

Óptica: Opaco. Blanco, fuerte pleocroismo de blanco a gris

Otras: Tacto graso, flexible y superficie escamosa.

Química: Contiene el 59.9% de molibdeno y en ocasiones hasta 0.3% de renio.

Génesis: Pegmatítico neumatolítico.

Figura No 3.2: Molibdenita
Fuente: Tomada de manual de operaciones SMCV C2

3.3.3. Covelita

Resulta de a alteración de otros sulfuros de cobre, ocurriendo en las zonas de enriquecimiento en depósitos de sulfuro de cobre

Fórmula química: CuS

Clase: Sulfuros

Cristalografía: Hexagonal

Propiedades físicas:

Color: Azul anil.

Raya: Gris o negra.

Brillo: Submetalico a resinoso.

Dureza: 1.5 - 2

Densidad: 4.7 g/cm^3

Óptica: Opaco. Uniaxial positivo, anisotropia alta a extrema, azul-índigo.

Otras: Mineral de cobre de importancia secundaria.

Química: Contiene 64.4% de cobre y 33.6% de azufre.

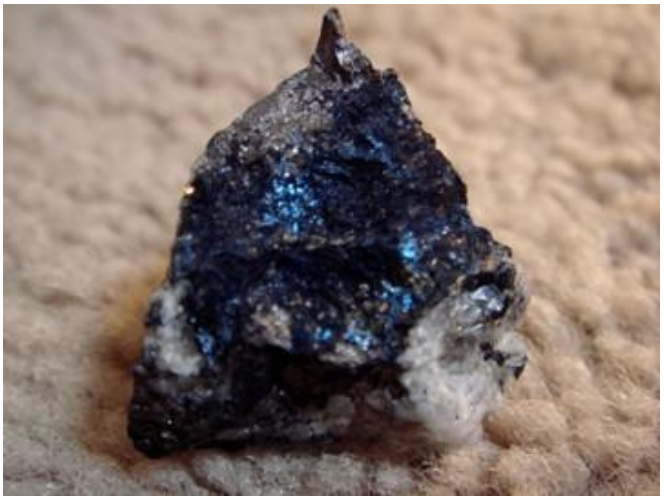


Figura No 33: covelita
Fuente: Tomada de manual de operaciones SMCV C2

3.3.4. Calcocita

Se presenta en forma de cristales muy raros y pequeños, tubulares de aspecto hexagonal. Más común en forma masiva o compacto

Fórmula química: Cu_2S

Clase: Sulfuros

Etimología: Deriva del griego "calkos" que significa cobre.

Cristalografía: Monoclínico pseudo-ortorrómbico, o hexagonal

Propiedades físicas*:*

Color: Gris plomo o negro.

Raya: Negra.

Brillo: Metálico cuando no tiene pátina.

Dureza: 2.5 a

Densidad 5.6 g/cm3

Óptica opaco gris azulado

Química Contiene el 79.8% de cobre y el 20.1% de azufre. Aparecen pequeñas cantidades de Fe y Ag. La forma monoclínica pseudortorrómbica es estable por debajo de 103º C, siendo la hexagonal la estable por encima de esta temperatura. También existe una modificación cúbica llamada *Calcosina Azul* o Neodigenita. Como mineral supergenico en zonas de enriquecimiento de los depósitos de sulfuros

La mineralogía de Cobre está constituida por Calcopirita con 80.8%, Calcosita con 14.6% y Covelita con 3.5%. Las gangas predominantes son el Cuarzo y Muscovita con 48.97% y 29.54% de la muestra respectivamente; también se observan feldespatos con 3.69%, Caolinita 3.47%, Plagioclasas con 3.22% y Clorita con 1.43% y el índice de dureza QKPT es 56

El análisis de liberación indica que los sulfuros de cobre encapsulados alcanzan el 11.55%, los semiencapsulados el 27.68% y los de cobre liberados alcanzan el 60.77% mayormente distribuidos en la fracción -38 µm con 42.07% de liberación y tamaños de grano <40um. Las asociaciones indican que en la fracción +75 la Calcopirita encapsulada está mayormente asociada a muscovita, pirita y cuarzo.

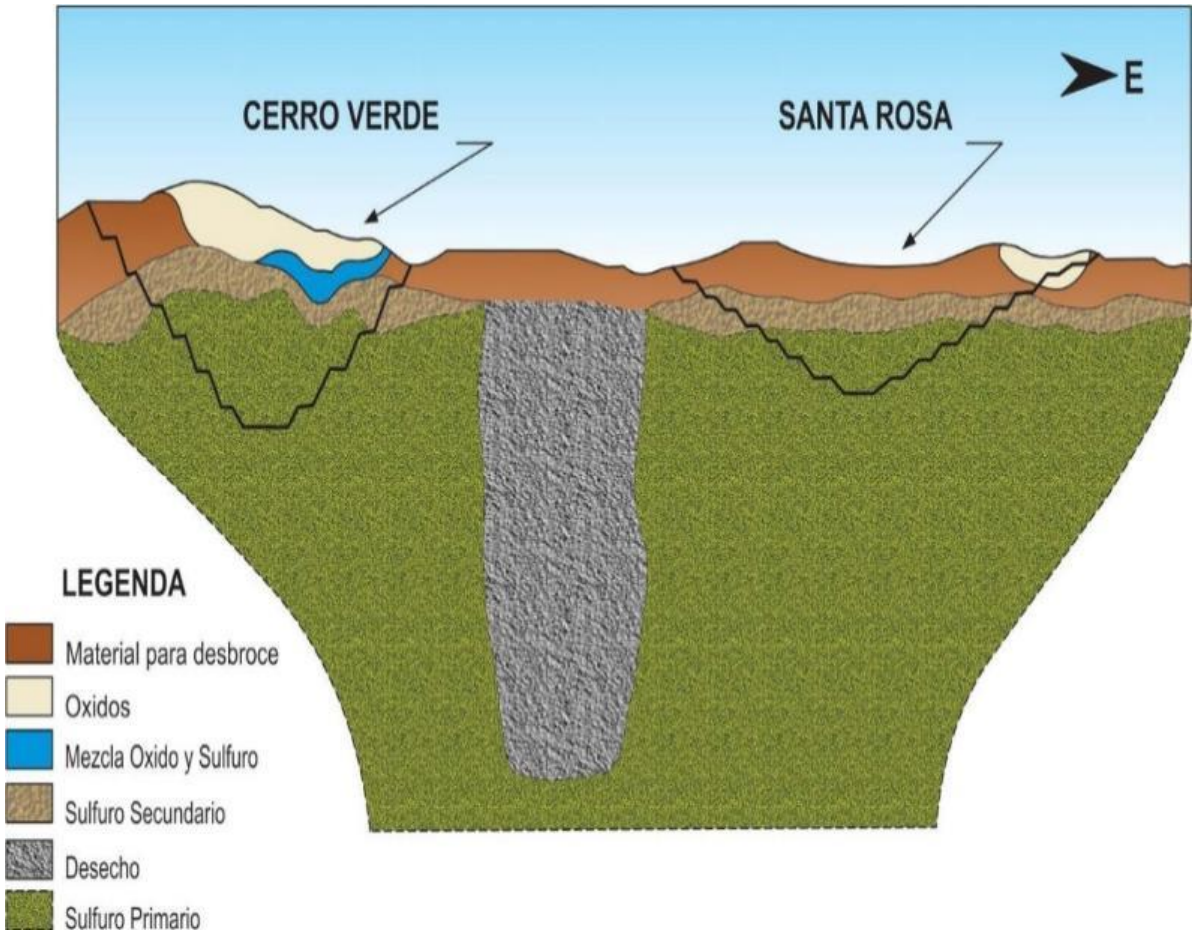


Figura No 3.4: Mineralización

Fuente: Tomada de manual de operaciones SMCV C2

3.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El chancado secundario y terciario, es la tercera etapa de la conminución previa a la molienda, que fragmentan el tamaño de partícula del mineral desde la descarga de la chancadora primaria con un P_{80} de 100 a165 mm hasta la descarga de chancadora terciaria con un P_{80} entre 12 y 21mm. Esto se logra en dos circuitos de chancado secundario y terciario. En ambos circuitos (secundarias y terciarias), las chancadoras están en una configuración de circuito cerrado con zarandas para asegurar un buen control de tamaño máximo en el producto de esa etapa.

Los flujos de los productos de la chancadora primaria y de la chancadora secundaria se combinan en la tolva intermedia de mineral grueso. Este material es alimentado a las zarandas y clasificado a 50mm. El undersize (finos) se conduce a chancado terciario y el oversize

(gruesos), es enviado a las tolvas de intermedias de chancado secundario para un chancado adicional.

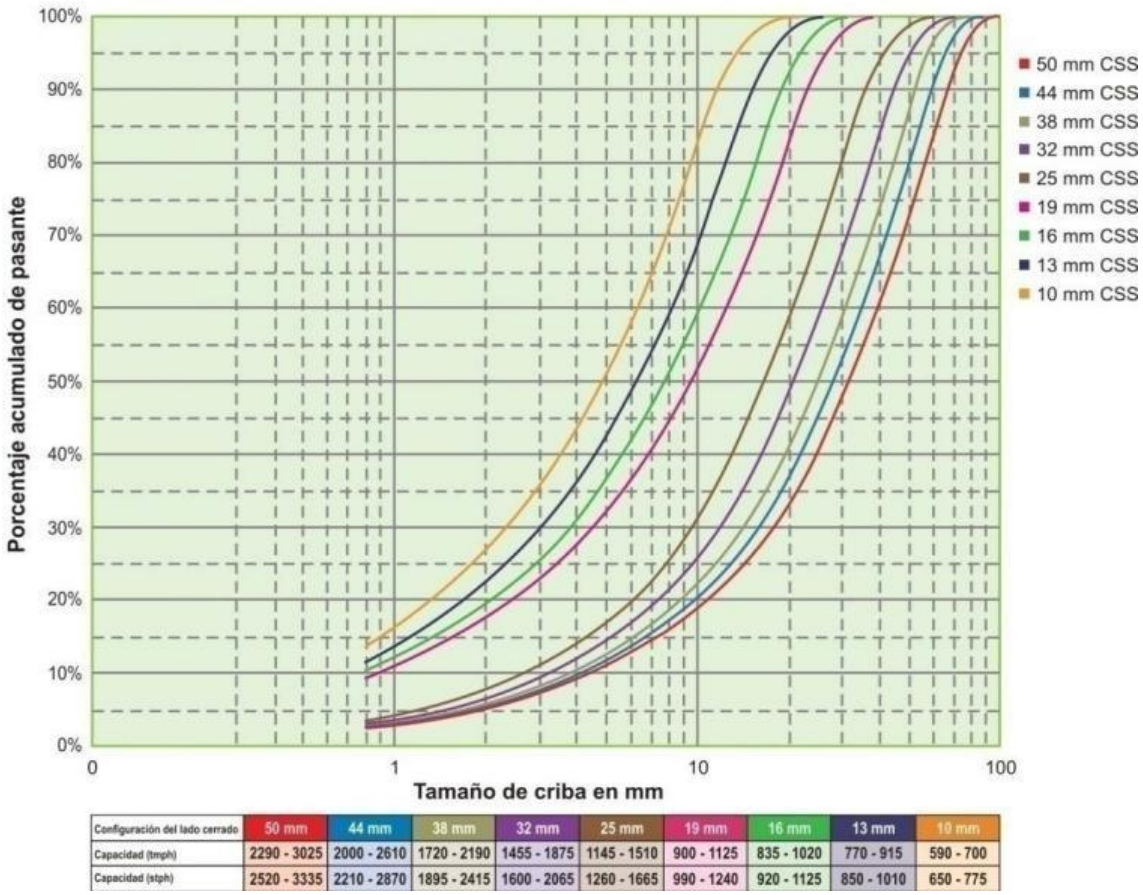
Las chancadoras por rodillos de alta presión (HPGR) por sus siglas en inglés, fragmentan el mineral desde un tamaño del producto de la chancadora secundaria con Top Size 45 mm hasta un producto P_{80} que va de 12 a 21 mm y con 53% -5mm (Con malla de 5mm).

El producto de la chancadora terciaria alimenta a las zarandas del molino de bolas, donde es llevado a pulpa con la adición de agua para lograr una clasificación más eficiente con un tamaño de apertura de malla de 5 mm en el deck inferior de la zaranda y en el deck superior un arreglo de mallas que va desde 13 a 14 mm.de abertura. Todas las partículas +5mm son recirculadas a la tolva intermedia de chancado terciario (HPGR) de la cual se alimenta a los HPGR.

En la sección de chancado terciario, para controlar la polución, se usa un equipo de supresión de polvo.

El objetivo general de la sección de chancado terciario es obtener una producción máxima según diseño de 53% -5mm con un producto que asegure un flujo continuo al circuito de molienda.

Para obtener el tamaño de partícula con las características que requiere el circuito aguas abajo se deben considerar los volúmenes procesados, las características del mineral, la configuración de Setting de las chancadoras secundarias (ver figura N° 3.5) y las presiones de operación de los HPGR.



Configuración del lado cerrado	50 mm	44 mm	38 mm	32 mm	25 mm	19 mm	16 mm	13 mm	10 mm
Capacidad (tmph)	2290 - 3025	2000 - 2610	1720 - 2190	1455 - 1875	1145 - 1510	900 - 1125	835 - 1020	770 - 915	590 - 700
Capacidad (stph)	2520 - 3335	2210 - 2870	1895 - 2415	1600 - 2065	1260 - 1665	990 - 1240	920 - 1125	850 - 1010	650 - 775

Figura No 3.5: Capacidades de chancado y curvas granulométricas
Fuente: Tomada de manual de operaciones SMCV C2

3.5. DESCRIPCIÓN DE CIRCUITO DE CHANCADO SECUNDARIO Y TERCIARIO

3.5.1. SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE MINERAL GRUESO

La pila de acopio de mineral grueso tiene una capacidad viva de aproximadamente 100,000 toneladas, con ocho apron feeder (04 por línea) operándose por debajo del stockpile. Ver figura N° 3.6

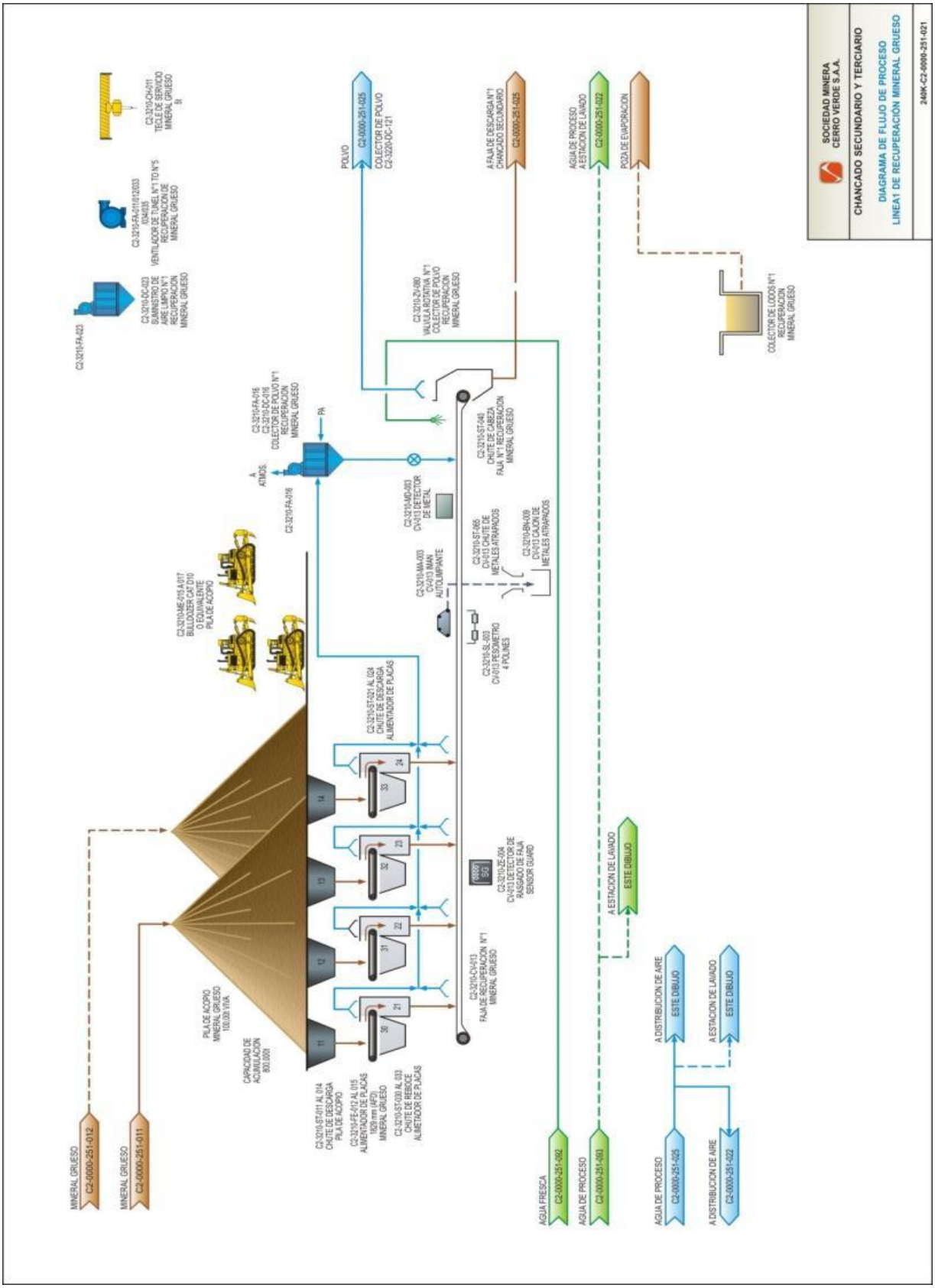


Figura No 3.6: sistema de recuperación de mineral grueso-linea 1

Los apron feeders y la fajas CV-13 y CV-23 se hallan dentro de un túnel de concreto por debajo del stockpile, de forma inclinada, con múltiples planchas en sus extremos, que proporciona una salida de emergencia y ventilación. El túnel se encuentra equipado con un sistema de ventilación y un sistema de supresión de polvo.

El mineral grueso es recuperado del stockpile, por los apron feeders, y es descargado sobre las fajas CV-13 y CV-23. Estos alimentadores miden 1,829 mm de ancho con una capacidad máxima de 1,880 t/h cada uno. Los motores hidráulicos de velocidad variable de los alimentadores permiten que cada alimentador funcione sobre un rango que va desde el 30% al80% de la capacidad diseñada. Los alimentadores están dispuestos directamente por encima de la faja transportadora de recuperación de mineral grueso e inmediatamente por debajo de la pila de mineral.

Para realizar el mantenimiento y/o cambio de repuestos existen espacios para ambos lados de los apron feeder. Los monorrieles en el techo del túnel ayudan al mantenimiento de los alimentadores y equipos asociados

3.5.1.1. FAJAS TRANSPORTADORAS DE MINERAL GRUESO

Las fajas CV-013 y CV-023, tienen una capacidad nominal de 6,250 t/h de mineral triturado primario proveniente de los cuatro apron feeder, que se encuentran ubicados debajo del stockpile. La faja transportadora de la sección N°1 mide 468 m. de largo y 1829 mm de ancho y en la sección N°2 la faja mide 463 m. de largo y 1890 mm de ancho, respectivamente, (ver figura N°3.3), ambas fajas presentan una elevación, que le permite entregar el mineral a los cajones intermedios de alimentación del circuito de chancado secundario y terciario. Un electroimán autolimpiante retira las piezas metálicas a fin de no causar daños a los equipos. Al electroimán le sigue un detector de metales, que detiene la faja transportadora cuando detecta un metal en la alimentación.

Una balanza es instalada en la faja adyacente de la puerta del túnel de recuperación para registrar el tonelaje instantáneo y el tonelaje total de mineral proveniente del stockpile.

Asimismo están equipadas con dispositivos de seguridad, para proteger al personal y equipos en funcionamiento de cualquier incidente y/o accidente; los principales dispositivos de seguridad son: sensores de desalineamiento, sensores de corte de faja, pullcord, y sensores de

atoramiento de chute.

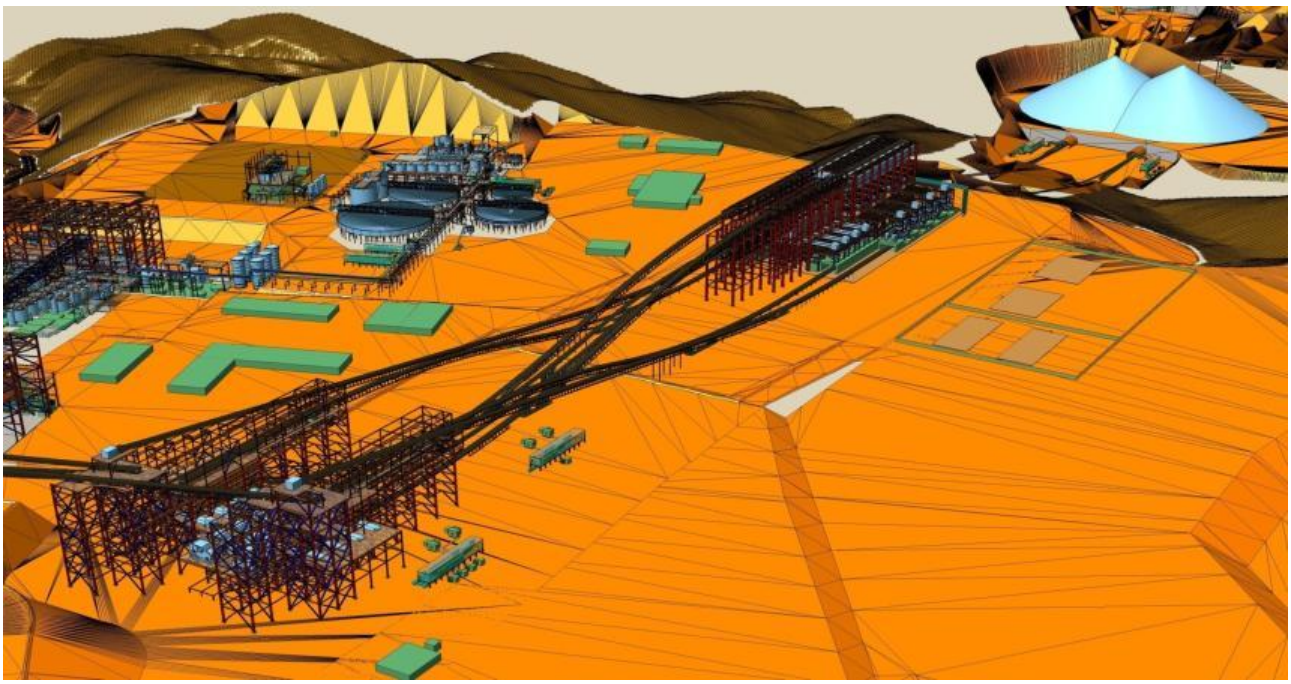


Figura No 3.7: Ubicación de fajas transportadoras de chancado secundario y terciario
Fuente: Tomada de manual de operaciones SMCV C2

3.5.1.2. FAJAS DE DESCARGA DE LAS CHANCADORAS SECUNDARIAS

Las faja CV013 y CV023 entregan su producto a las fajas de descarga de chancado secundario, CV016 y CV026 las que tienen una capacidad nominal de 5618 t/h y una capacidad de diseño de 6570 t/h, además recibe mineral triturado de la operación de circuito cerrado de las chancadoras secundarias con capacidad nominal de 3,708 t/h y una capacidad de diseño de 4950 t/h Las fajas transportadoras miden 393 m largo x 2.44 m de ancho de la sección N°1 y de la sección N°2 (CV-026) mide 398 m de largo x 2.44 m de ancho, ambas pueden transportar una nominal de 120,000 t/d, presentan una elevación, la que le permite depositar el mineral en las tolvas intermedias, a una velocidad constante , se apoya sobre mesas a nivel para los primeros 33 m. (ver figura N° 2.7.) y luego sobre armaduras de cubierta y soportes encorvados desde allí hasta las instalaciones de chancado secundario, para tener acceso se han instalado pasarelas como barreras de protección, en ambos lados de las secciones elevadas. Las fajas se encuentran equipadas con dispositivos de seguridad, para proteger al personal y equipos en funcionamiento de cualquier incidente y/o accidente; los principales dispositivos de seguridad

son: sensores de desalineamiento, sensores de corte de faja, pullcord, sensores de atoramiento de chute, sensor de diferencial de velocidad.

3.5.1.3. ALIMENTACION A TOLVAS INTERMEDIAS DE CHANCADO SECUNDARIO

Un shuttle Car (Carro móvil) se desplaza en la parte superior de las cuatro tolvas intermedias de chancado secundario las cuales están por encima de las zarandas secundarias. La única polea motriz es accionada por dos motores de 1000 hp c/u, montados sobre un eje. Un sistema de tensión vertical por gravedad, ubicado delante de las tolvas de alimentación, proporciona la tensión necesaria para transmitir la fuerza a la faja y absorber las fluctuaciones durante el estiramiento de la faja.

El chute principal se bifurca para descargar en las tolvas intermedias de mineral grueso. El carro shuttle es impulsado por un juego de motores de velocidad variable montados sobre una estructura principal con energía y control mediante embobinados de cable.

3.6. PLANTA DE CHANCADO SECUNDARIO

El circuito de chancado secundario está constituido de 8 tolvas intermedias, (cuatro por línea); de mineral grueso las cuales tienen una capacidad de 650 toneladas cada una, las cuales descargan el mineral directamente a los alimentadores de faja, transfiriendo el mineral desde las tolvas intermedias hacia las zarandas. Cada alimentador tiene una capacidad nominal de 2331 tmph y una capacidad de diseño de 3110 tmph. Los motores de los alimentadores son de 350hp son controlados mediante una frecuencia variable para proporcionar un rango de velocidad desde 30% a 100% de la velocidad de diseño, se ubican por encima de las cuatro zarandas secundarias de doble deck, de 3,66 m x 7.92 m, las zarandas tienen motores simples de 100hp, y están montados sobre estructuras de aislamiento para reducir la transmisión de vibraciones a la estructura de soporte. A las zarandas se les incluye cubiertas de caucho para protegerlas de las emisiones de polvo. Los pisos de la zaranda tienen paneles modulares de caucho de cambio rápido por piso para una vida larga y un tiempo mínimo de mantenimiento. Hay una zaranda de repuesto sin instalarse dispuesta, a ser utilizada cuando se le requiere.

El oversize de las zarandas (+50mm) descarga su producto a las tolvas intermedias de chancado secundario las cuales por cada línea alimenta a cuatro chancadoras cónicas MP1250

en circuito cerrado

Las chancadoras están instaladas sobre una infraestructura de concreto conectadas directamente a la losa de cimentación. El Producto de las chancadoras pasa a través de las aberturas alineadas de la losa a descargarse en el sistema de fajas transportadoras que se hallan aguas abajo para transferirlo de regreso a la faja transportadora de recuperación de mineral grueso. Cada chancadora tiene un motor de 1250 hp, un arreglo de accionadores de correas en V, unidades hidráulicas y de lubricación, chutes de alimentación y descarga, soplador de sello para polvo, y los sistemas auxiliares. Los sistemas hidráulicos y de lubricación están contenidos dentro de cuartos de lubricación a nivel junto a cada chancadora, mientras que los sistemas de enfriamiento de lubricación están montados sobre un nivel elevado cerca a las chancadoras.

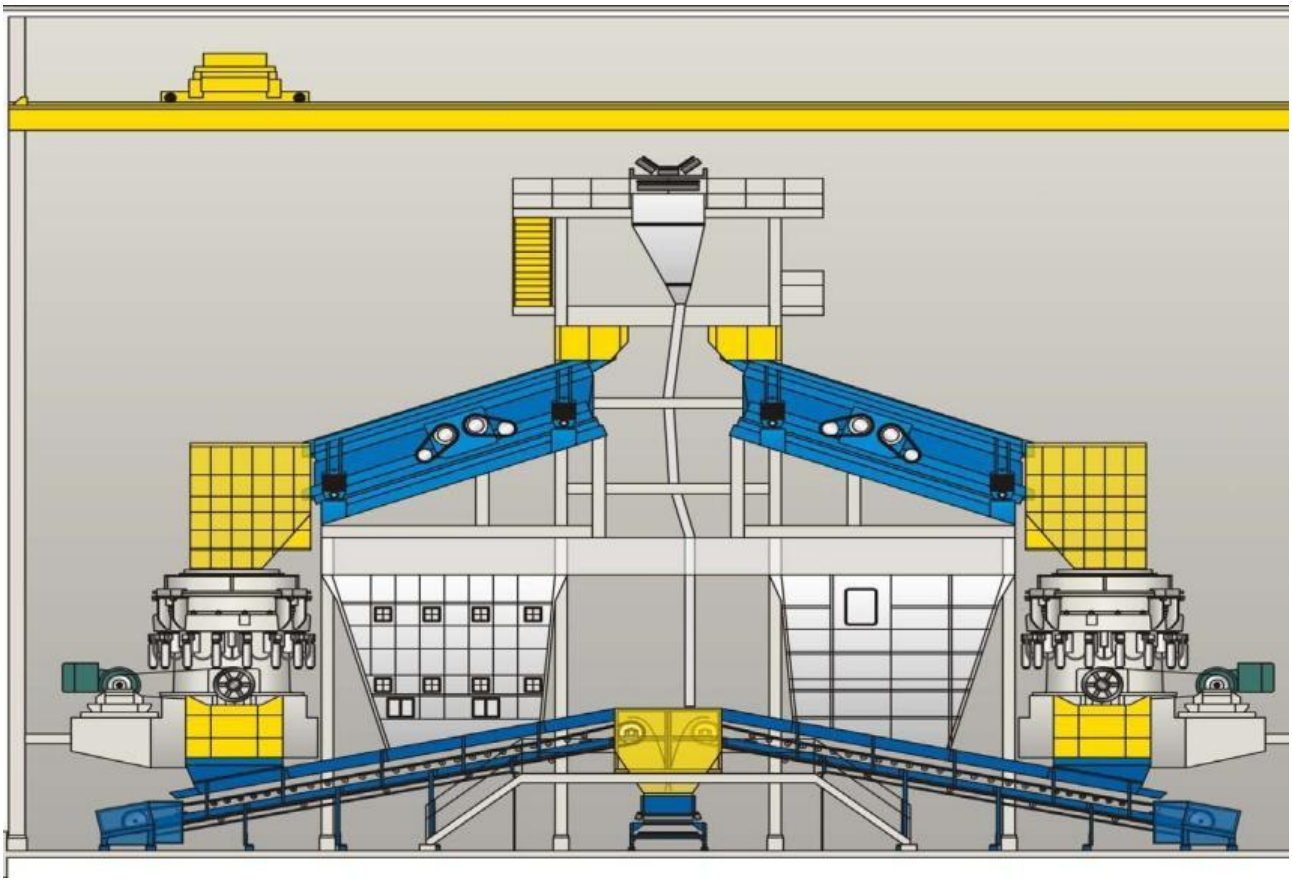


Figura No 3.8:*Corte transversal Del sistema de Chancado Secundario*
Fuente: Tomada de manual de operaciones SMCV C2

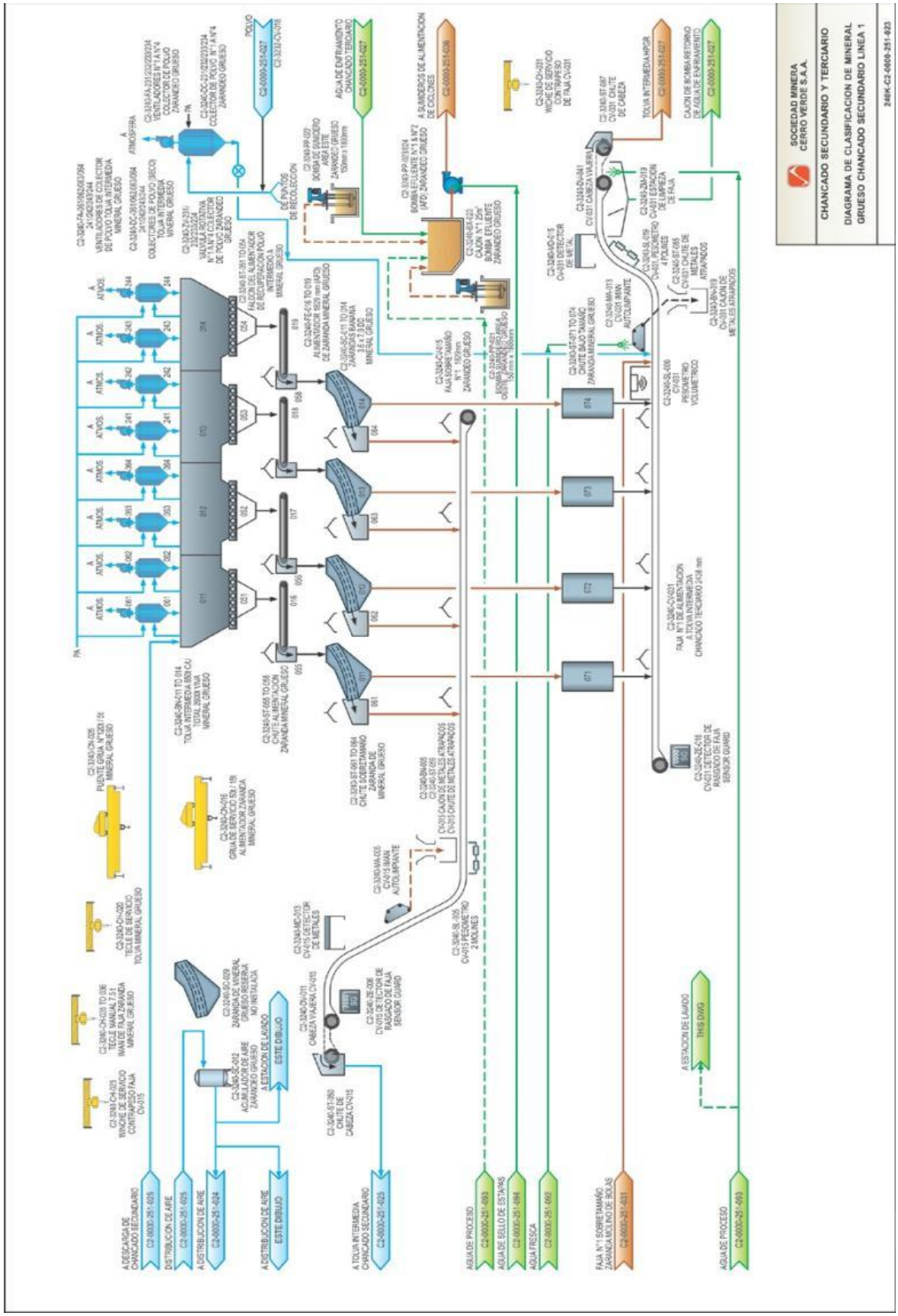


Figura No 3.9: *Clasificación de mineral grueso chancado secundario*

Los controles de la chancadora incluyen un sistema de protección contra sobrecargas y un sistema automático de ajuste de setting. El sistema de protección contra sobrecargas consiste en un mecanismo hidráulico de sujeción/liberación que detecta condiciones de sobrecarga y se restablece después que se haya eliminado. El sistema hidráulico es utilizado para regular el ajuste de la chancadora para compensar el desgaste en los forros rotando el ensamblaje del tazón sobre el anillo roscado. Los sensores de vibración activan una alarma cuando se encuentra con una sobrecarga u otra condición inapropiada.

El producto de las chancadoras MP1250 es transportado por un sistema de fajas transportadoras en circuito cerrado. El material obtenido de la clasificación undersize de las zarandas, se descarga en una faja transportadora para transferirla a la planta de circuito de chancado terciario.

Una grúa puente de servicio de 50/15 toneladas de desplazamiento, sirve para dar mantenimiento a las zarandas y chancadoras, y hay una plataforma destinada al servicio en el extremo oeste de la sección de zarandeo secundario del edificio.

3.6.1. TOLVAS INTERMEDIAS DE MINERAL GRUESO

Las fajas de la líneas N°1 y N° 2 (CV-16 y CV-026), de chancado secundario reciben el mineral triturado directamente de las ocho chancadoras MP1250y lo transporta y reparte a las ocho tolvas intermedias de mineral grueso, BN- 011 al 014 y BN-015 al 018, las cuales están divididas en 08 secciones de 650 t. cada una, estas tolvas se encargan de abastecer a las zarandas tipo banana, mediante 8 alimentadores de faja, C2-3240-FE- 016 al 019 y C2- 3240-FE-026 al 029 la distribución del mineral desde las tolvas hacia las zarandas se realiza a una razón nominal de 2,331 t/h con una capacidad de diseño de 3110 t/h.

3.6.2. CLASIFICACIÓN DE MINERAL GRUESO

Las zarandas de mineral grueso C2-3240-SC-011 al 014 y C2-3240-SC-021 al 024, miden 3.6m de largo x 7.9m de ancho, se encargan de realizar la clasificación del mineral, para obtener dos productos; el oversize a una razón nominal de 927 t/h con una capacidad de diseño de 1240 t/h que es transportado hacia las tolvas intermedias de chancado secundario mediante las fajas C2-3240-CV-015 y C2-3240-CV-025. El producto en el undersize en obtenido a una razón nominal de 1,404t/h con una capacidad de diseño de 1880 tph, es trasportado hacia la

tolva intermedia de los HPGR mediante las fajas C2-3240-CV-031 y C2-3240-CV-041.

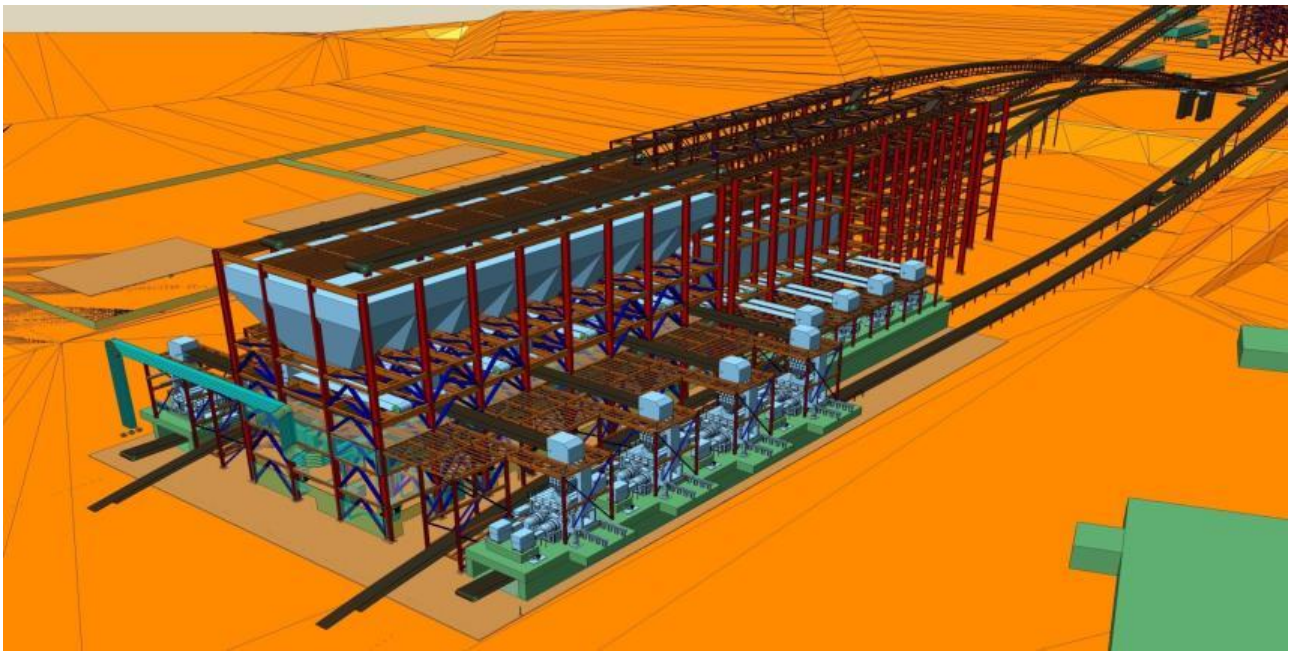


Figura No 3.10: *Tolvas Intermedias Chancado Secundario y terciario*
Fuente: Tomada de manual de operaciones SMCV C2

3.6.3. FAJAS TRANSPORTADORAS PARA EL OVERSIZE DE ZARANDAS

Las fajas transportadoras (CV-015 y CV025) del Oversize de la zaranda de mineral grueso reciben el mineral directamente desde las 8 zarandas secundarias y lo descarga en las tolvas intermedias delas chancadoras secundarias. Cada faja mide 392 m de longitud x 1829 mm de ancho con una elevación de 27m., a una razón nominal de 3708 t/h cada una con capacidad de diseño de 4950 tph y a una velocidad de 3.9 m/s. Los dos motores de 1000hp c/u, están montados sobre ejes por medio de reductores en ángulo recto. Estas unidades son idénticas a las fajas transportadoras de descarga de mineral grueso de la chancadora secundaria. La unidad de accionamiento del reductor está conectada directamente a la polea de cabeza; un sistema de tensión por gravedad junto al motor proporciona la tensión de faja requerida y absorbe las fluctuaciones que se dan durante un estiramiento de la faja.

Un acoplamiento hidráulico proporciona las características de arranque controlado, y un tope sobre el reductor evita que retroceda la faja transportadora cargada.

Dentro del área de carguío por debajo de las zarandas, y en la mayor parte de su longitud, la faja está montada sobre mesas a nivel. La sección hasta el extremo de la cabeza está montada

sobre una estructura armada con pasarelas para dar mantenimiento en ambos lados. Se dispone de faldones continuos por debajo de las zarandas para reducir el riesgo de derramamiento y proporciona un sellado para el sistema de control de polvo. Un sistema colectivo de supresión de polvo está instalado en el chute principal de la faja transportadora donde los descarga a la faja transportadora de transferencia.

Las fajas transportadoras están equipadas con dispositivos de seguridad, para proteger al personal y equipos en funcionamiento de cualquier incidente y/o accidente; los principales dispositivos de seguridad son: sensores de desalineamiento, sensores de corte de faja, pullcord, sensores de atoramiento de chute, sensor de diferencial de velocidad. Electroimanes autolimpiantes, atrapa metales, son instalados en el sector de la polea de cabeza, para posteriormente reducir el riesgo de que materiales extraños lleguen a las chancadoras secundarias.

3.6.4. FAJA TRANSPORTADORA DE TRANSFERENCIA PARA EL UNDERSIZE DE LAS ZARANDAS DE MINERAL GRUESO

Las fajas (CV-031 y CV-041), reciben el mineral del undersize de las zarandas secundarias (de mineral grueso) y lo descargan en la faja transportadora de alimentación a las tolvas intermedias del HPGR. Cada faja transportadora mide 460 m de longitud x 2438 mm de ancho sin elevación, está diseñada para transportar nominalmente 5616 t/h a 2,2 m/s y con una capacidad de diseño de 7520 t/h. Cada faja cuenta con 3 motores de accionamiento de 1000hp c/u y están conectados a la polea por medio de reductores en ángulo recto. Un sistema de tensado, por gravedad, junto al motor proporciona la tensión de faja requerida y absorbe las fluctuaciones que se presentan en el estiramiento de la faja. Un acoplamiento hidráulico proporciona las características de un arranque controlado, y un tope sobre el reductor evita que retroceda la faja transportadora cargada.

La primera sección de la faja transportadora se encuentra apoyada sobre mesas a nivel, y la sección principal está montada sobre una estructura armada con pasarelas para dar mantenimiento a ambos lados. La faja transportadora está equipada con: sensores de desalineamiento, sensores de corte de faja, pullcord, sensores de atoramiento de chute, sensor de diferencial de velocidad. Un electroimán de fajilla autolimpiable atrapa metales es instalado en la polea de cabeza, para posteriormente reducir el riesgo de que materiales extraños lleguen al circuito de HPGR.

Un sistema colector de supresión de polvo está instalado en el chute principal de la faja transportadora donde lo descarga a la faja transportadora de la tolva de compensación de alimentación del HPGR.

3.6.5. ALIMENTACIÓN A TOLVAS DE HPGR

Dos Shuttle Car (Carros Móviles) distribuyen la alimentación desde la faja transportadora de alimentación de las tolvas intermedias del HPGR, hacia las ocho tolvas intermedias. Cada carro Shuttle alterna su descarga entre las dos tolvas. La descarga hacia las tolvas puede ser ajustada para satisfacer la demanda de cualquiera de las tolvas, mientras todavía se permita la operación con uno o más HPGR fuera de servicio; la tolva inoperativa es "bypaseada" sin recorrido alguno por encima de ella como sería el caso con un tripper. Estas tolvas son bastante anchas como para que cualquier acumulación de mineral en exceso se pase a la siguiente tolva antes de alcanzar el lado inferior de la estructura de soporte de las fajas transportadoras.

Cada carro shuttle está montado sobre rieles y es accionado por un par de motores de engranajes reversibles para posicionar la descarga sobre una u otras tolvas que a las que da servicio. Un porta cables de cadena suministra energía a cada faja transportadora de servicio continuo.

Las fajas transportadoras están equipadas con los principales dispositivos de seguridad siendo los principales: sensores de desalineamiento, sensores de corte de faja, pullcord sensores de atoramiento de chute, sensor de diferencial de velocidad.

3.7. CIRCUITO DE CHANCADO TERCIARIO

En la Figura N°3.8, se muestra el circuito de chancado terciario, El cual está conformado por 02líneas cada una constituida por 04 HPGR con sus respectivas 4 tolvas intermedias de 1800 t c/u, están instaladas por encima de las cuatro chancadoras terciarias HPGR. Los alimentadores de faja (FE- 051 a 054 y FE-061 a 064) transfieren el mineral desde las tolvas intermedias hacia los HPGR a través de las fajas CV-051 a la CV-057). Cada alimentador puede transportar nominalmente 2,697 t/h con una capacidad de diseño de 3110 t/p y a 0,69 m/s. Los motores de 200hp de los alimentadores son controlados por variadores de velocidad para proporcionar un rango de velocidad desde 30% hasta 100% del diseño. Un detector de metales sobre el alimentador activa la operación de una compuerta de derivación en el chute de

alimentación al HPGR cuando el metal atrapado es detectado, para proteger de daño a los rodillos. El flujo de mineral que contiene el metal es desviado pasando el HPGR hacia la faja de descarga de más abajo.

Las chancadoras terciarias HPGR, están instaladas sobre una infraestructura de concreto conectadas directamente a la losa de cimentación. El producto de las chancadoras pasa a través de aberturas revestidas descargando en la faja de los HPGR (CV-017 y CV-027) para transferirlo a las tolvas de alimentación del molino de bolas. Cada chancadora tiene dos motores de 2500KW, unidades hidráulicas y de lubricación, chutes de alimentación y descarga, y sistemas auxiliares.

Todas las chancadoras disponen de controles de accionamiento VDF (Variadores de Frecuencia) para ayudar a optimizar la producción y la vida de los rodillos contra el desgaste. Los sistemas hidráulicos y de lubricación para las chancadoras están contenidos en cuartos de lubricación a nivel junto a cada chancadora. Los motores están acoplados a los HPGR por medio de ejes cardan para los reductores planetarios conectados directamente a los ejes de entrada del HPGR. Chutes especiales de alimentación con compartimientos de carga aseguran que los HPGR sean alimentados por ahogamiento, y que la alimentación sea distribuida constantemente para uniformizar el desgaste de rodillos.

Los controles de la chancadora incluyen un sistema de protección contra sobrecargas y de un ajuste automático. Una balanzas instalada en cada faja de descarga de los HPGR, permite medir la producción instantánea y total.

Balanzas ubicadas en cada faja de alimentación a los HPGR permiten medir el tonelaje instantáneo y total de cada HPGR.

Cada sección de la planta de chancado terciario tiene un sistema de control de polvo por separado. Los colectores de polvo se encuentran en puntos principales de la chancadora y de transferencia. El polvo en forma de pulpa es colectado en un sumidero colectivo y es bombeado al proceso aguas abajo para su tratamiento.

Una grúa puente de 120/10 toneladas de deslizamiento aéreo está instalada para dar mantenimiento a las chancadoras HPGR, y hay un compartimiento destinado a servicio en el extremo oeste de la sección de chancado terciario de la edificación. Los rodillos del HPGR

pueden ser trasladados al área de cambio de neumáticos y de mantenimiento usando la grúa puente.

3.7.1. FAJA DE DESCARGA DE LOS HPGR

La faja de descarga de los HPGR (CV017 y CV027), recibe el producto directamente de los cuatro HPGR terciarios y lo transporta a la faja CV-018 y CV-028. La faja tiene 03 unidades de motores de1250hp conectados por medio de reductores en ángulo recto a dos poleas motrices intermedias, En la línea N°1 la faja CV-17 mide 478 m de longitud x 2.44m de ancho y en la Línea N°2 CV-027mide 468 m de longitud x 2.44 m de ancho con una elevación vertical de 46m y cada una permite transportar nominalmente 10,787 t/h con una capacidad de diseño de 12410 t/h a una velocidad de 5 m/s. Un sistema de tensión, por gravedad, delante de los motores, proporciona la tensión requerida de la faja y absorbe las fluctuaciones durante un estiramiento de la faja. Motores de velocidad variable proporcionan las características de arranque y parada controlados.

Dentro del área de carguío por debajo de los HPGR y en la mayor parte su longitud, la faja está montada sobre mesas a nivel. La sección hasta el extremo de la cabeza está montada sobre una estructura armada con pasarelas para dar mantenimiento a ambos lados. Se dispone de faldones continuos por debajo de los HPGR para reducir el riesgo de derramamiento y proporciona un sellado para el sistema de control de polvo. Un sistema colector y de supresión de polvo es instalado en el chute principal de la faja, donde descarga a la faja del tripper.

Las fajas transportadoras están equipadas con dispositivos de seguridad, para proteger al personal y equipos en funcionamiento de cualquier incidente y/o accidente; los principales dispositivos de seguridad son: sensores de desalineamiento, sensores de corte de faja, pullcord, sensores de atoramiento de chute, sensor de diferencial de velocidad.

3.7.2. FAJA DE ALIMENTACIÓN TOLVAS DE MOLINOS DE BOLAS

Estas fajas alimentan el producto fino de los HPGR desde la faja de descarga de los HPGR hacia las 6 tolvas intermedia de alimentación de los molinos de bolas. La faja de alimentación CV-018mide 266 m de longitud x 2438mm.deancho y CV-028 mide 331 m de longitud x 2438 mm con una elevación de 23 m, están diseñada para transportar cada una un tonelaje nominal de 10,787 t/h con una capacidad de diseño de 12410 t/. Dispone de dos motores de 600hp montados directamente a la polea motriz. Los motores de velocidad fija están

montados sobre bases de asiento comunes con reductores en ángulo recto acoplados directamente a la polea motriz. Acoplamientos hidráulicos proporcionan las características de un arranque controlado, y topes sobre los reductores evitan que retroceda la faja cargada

3.7.3. TRIPPER CAR

Un tripper que se desliza a través de la parte superior de las tolvas de alimentación del molino de bolas, descarga el mineral directamente en las tolvas mediante un chute principal bifurcado. El tripper es accionado por un juego de motores que permiten el deslizamiento a velocidades variables, que están montados sobre una estructura principal, energizados y controlados mediante carretes embobinados de cables.

La faja está apoyada sobre estructuras armadas y con depresiones en la mayor parte de su longitud entre el área de carguío y las tolvas. Se dispone de un acceso para el mantenimiento a lo largo de ambos lados de la faja transportadora. Se dispone de una grúa de pórtico que se desliza por encima de las tolvas intermedias para dar mantenimiento al motor de la faja junto con la polea motriz. Un tensor intermedio por gravedad proporciona la tensión necesaria para transmitir la potencia y absorber las fluctuaciones que se presentan durante un estiramiento de la faja.

Las fajas transportadoras están equipadas con dispositivos de seguridad, para proteger al personal y equipos en funcionamiento de cualquier incidente y/o accidente; los principales dispositivos de seguridad son: sensores de desalineamiento, sensores de corte de faja, pullcord, sensores de atoramiento de chute, sensor de diferencial de velocidad.

Los interruptores limitadores protegen al tripper contra el deslizamiento a lo largo de las carriladas del tripper por encima de las tolvas.

3.7.4. TOLVAS DE ALIMENTACIÓN DE MOLINOS DE BOLAS

Cada una de las tolvas de alimentación de los Molinos de bolas, tiene una capacidad de 6000 toneladas de material. El tripper ubicado por encima de las tolvas va y viene para mantener un nivel uniforme del material en cada uno de ellos. El mineral es recuperado por gravedad hacia los alimentadores de faja (FE-101 a 302 y CV-401 al 602), cada uno de los doce alimentadores puede transportar nominalmente 1,730 t/h con una capacidad de diseño de 3460 t/h. La máxima razón de alimentación es solamente usada, cuando se tiene disponible una de

las dos zarandas para un molino en particular. Los motores alimentadores de 350hp son controlados por variadores de frecuencia transfiriendo su carga a las fajas de alimentación (CV-060 a 065 y CV-066 a la 071) alas zarandas húmedas. Hay dos alimentadores y 2 zarandas por cada molino de bolas, los cuales normalmente operan en conjunto, pero pueden operar independientemente uno del otro. Las zarandas de alimentación de los molinos de bolas son zarandas banana de doble piso (doble deck) de 3.66 m x 8.53 m. Los chutes de alimentación de las zarandas incorporan un cajón acondicionador y de distribución para añadir agua al mineral mejorando la distribución del producto a lo largo del ancho de las zarandas. Se disponen de aspersores de agua por encima de ambos pisos de la zaranda para incrementar la clasificación. El material de sobre tamaño se descarga a la faja de oversize (CV-019 y CV-029) de zarandas de alimentación a los molinos de bolas, para ser reenviada a la tolva intermedia de HPGR. El undersize de las zarandas se descarga por gravedad (ver figura 2.11) directamente a los cajones de alimentación a los ciclones de los molinos de bolas

Los colectores de polvo con sopladores de aire, ubicados en la tapa de cada tolva, proporciona una presión negativa en las tolvas que reduce la emisión de polvo.

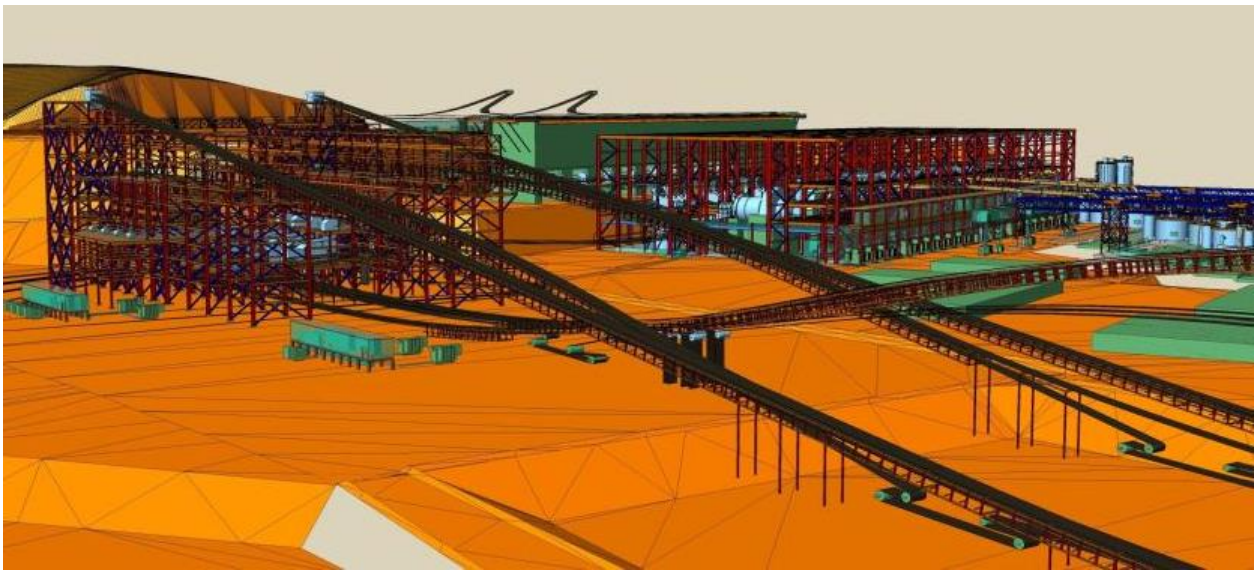


Figura No 3.11: *Diagramas de Chancado Terciario*
Fuente: Tomada de manual de operaciones SMCV C2

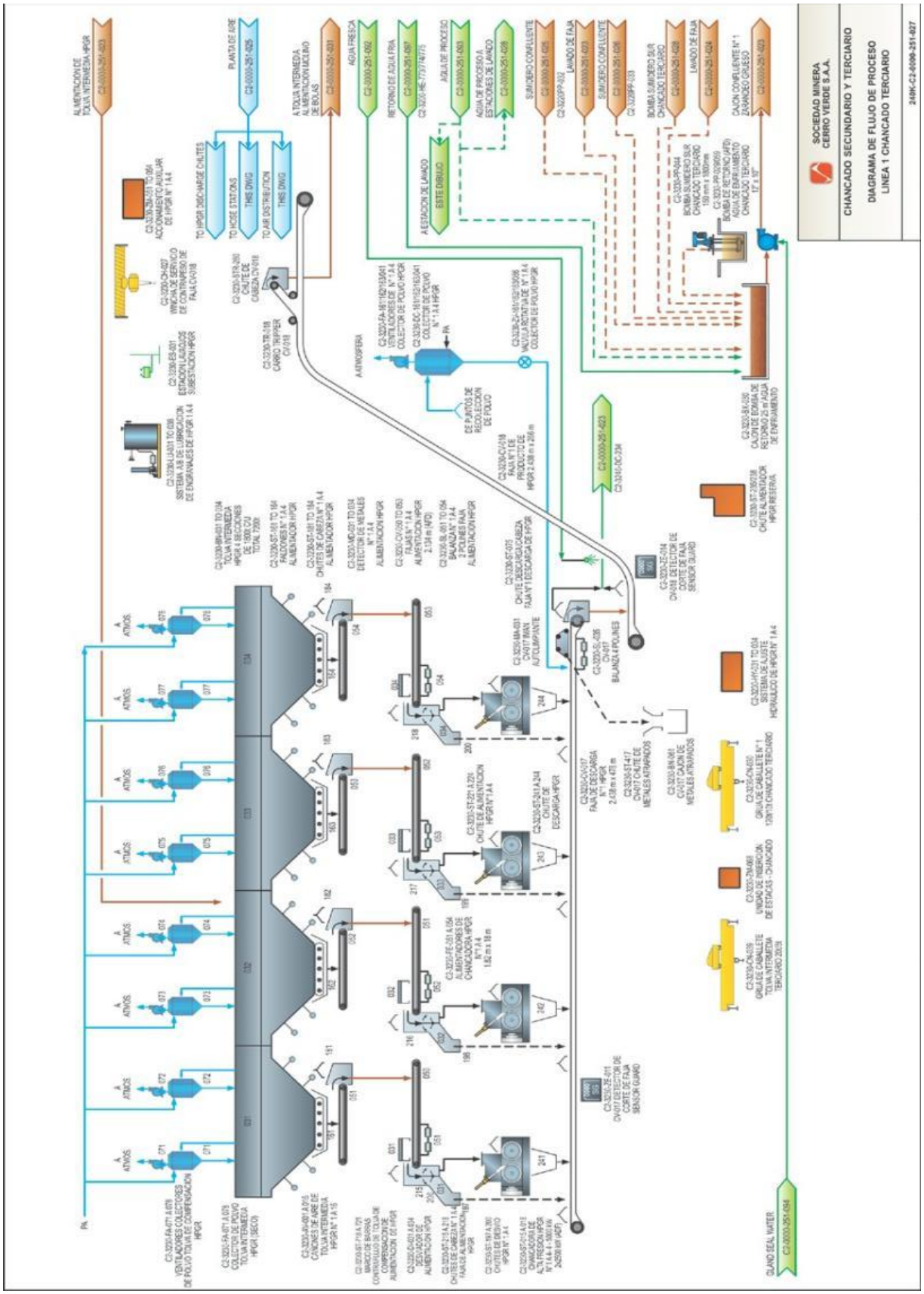


Figura No 3.12: ***Diagramas de Chancado Terciario(Línea 1)***

3.7.5. FAJA TRANSPORTADORA DEL OVERSIZE DE LAS ZARANDAS DEL MOLINO DE BOLAS

Las fajas CV019 y CV-029 reciben el oversize, de las zarandas húmedas que aportan la alimentación a los molinos de bolas. Estas fajas reciben el mineral de sobre-tamaño de las doce zarandas (6 por línea y 2 por cada molino) y lo transfieran a la faja de alimentación de la tolva de intermedia de los HPGR. Las fajas miden: CV-019 289 m de longitud x 1829 mm de ancho y la CV-029 mide 227 m de longitud x 1829 mm de ancho, con una elevación de 4 m, cada faja puede transportar nominalmente 4973 t/h con una capacidad de diseño de 5940 t/h. Un solo motor de 800 hp por cada faja acciona la polea de cabeza. El motor de accionamiento está montado sobre una base de asiento común con un reductor en ángulo recto acoplado directamente a la polea motriz. Un acoplamiento hidráulico controla las características del arranque, y un tope sobre el reductor evita que retroceda la faja cargada.

La primera sección de la faja, en las cercanías de las zarandas, está apoyada sobre mesas. La sección principal está montada sobre una estructura armada con pasarelas para dar mantenimiento a ambos lados. Las fajas transportadoras están equipadas con dispositivos de seguridad, para proteger al personal y equipos en funcionamiento de cualquier incidente y/o accidente; los principales dispositivos de seguridad son: sensores de desalineamiento, sensores de corte de faja, pullcord, sensores de atoramiento de chute, sensor de diferencial de velocidad.

Cada faja tiene una balanza que permite medir el oversize de las zarandas en cada línea. Un electroimán autolimpiante ubicado en la descarga de cada faja, retira todo fierro atrapado, que podría dañar potencialmente al HPGR.

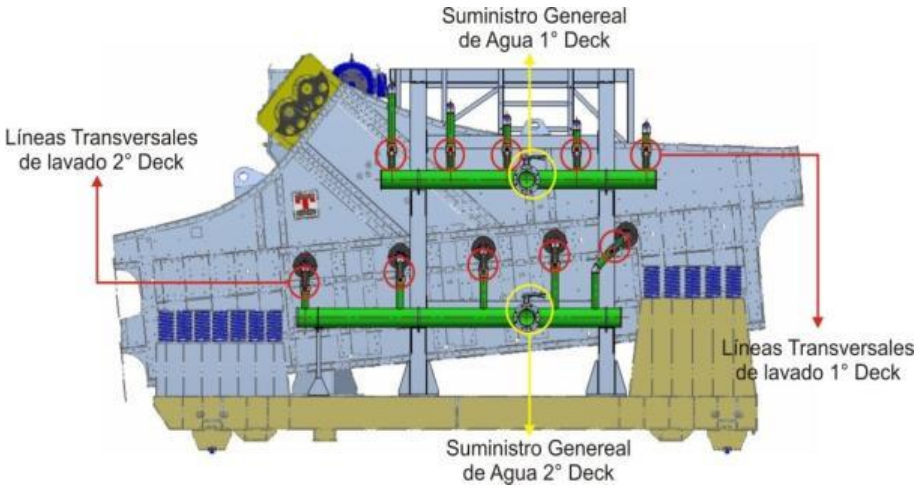


Figura No 3.13: Zarandas de clasificación
Fuente: Tomada de manual de operaciones SMCV C2

3.8. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

En la Tabla se detallan los principales equipos que se encuentran en el circuito de chancado secundario y terciario

Tabla No 3.1: Descripción de equipos

DESCRIPCION DEL EQUIPO	TAG LINEA N° 1
Chute de Descarga de la Pila de Acopio	3210-ST-011 al 014
Alimentador de Placas de Recuperación Mineral Grueso	3210-FE-012 al 015
Chute de Descarga del Alimentador de Recuperación de Mineral Grueso	3210-ST-021 al 024
Faja de Recuperación de Mineral Grueso	3210-CV-013
Electroimán Auto limpiante Chancado primario	3210-MA-003
Detector de Metales Chancado Primario	3210-MD-003
Sistema Colector de Polvo Chancado primario	3210-DC-016
Sistema ventiladores de Colectores de Polvo de la Tolva Intermedia de Mineral Grueso	3240-FA-061/062//063/064/241/242/243/244
Faja de Descarga de la Chancadora Secundaria	3220-CV-016
Sistema colector de polvo tolva intermedia de mineral grueso	3240-DC-061/062/063/064>/241/242/243/244
Tolva Intermedia de Mineral Grueso	3240-BN-011 al 014
Alimentador de Zarandas de Mineral Grueso	3240-FE-016 al 019
Zarandas de Mineral Grueso	3240-SC-011 al 014
Detector de Metal Chancado Secundario	3240-MD-013
Faja de Sobre tamaños de Zaranda de Gruesos	3240-CV-015
Zarandas Banana DD alimentación al molino de bolas	3240-SC-101 al 302
Sistema Ventiladores del Colector de Polvo de la Tolva intermedia de la Chancadora Secundaria	3220-FA-065/066/067/068/141/142/143/144

3.9. CHANCADO TERCIARIO

Esta área del circuito terciario y zarandeo, se inicia con el transporte de la carga del mineral del undersize de las zarandas SC-011 al 014, y hacia las cuatro tolvas intermedia de alimentación HPRG de 1,800 toneladas de capacidad cada una, están instaladas por encima de cuatro chancadoras terciarias HPGR. Cuenta con 04 alimentadores de faja que transfieren el mineral desde las tolvas intermedias hacia los HPGR. Cada alimentador puede transportar 3,230 tmph.

Un detector de metales sobre el alimentador activa la operación de una compuerta de derivación en el chute de alimentación al HPGR cuando el metal atrapado es detectado, para proteger del daño a los rodillos. El flujo de mineral que contiene el metal es desviado pasando el HPGR hacia la faja de descarga

3.9.1. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

Las chancadoras terciarias HPGR-3230-CR-015 al 018 entregan un producto P_{80} de 2.8 mm obteniéndose un producto de 10,811 t/h. El producto de las chancadoras pasa a través de aberturas revestidas contenidas en la losa para descargarlo en la faja de descarga del HPGR CV -017 y CV-027, luego es transferirlo a la tolva intermedia alimentación molino de bolas. Cada chancadora consta de dos motores de 3,350hp cada uno, unidades hidráulicas y de lubricación, chutes de alimentación y descarga, y sistemas auxiliares.

Cada sección de la planta de chancado terciario tiene un sistema de control de polvo separado. El polvo en forma de pulpa es colectado en un sumidero colectivo y es bombeado al proceso aguas abajo para su tratamiento

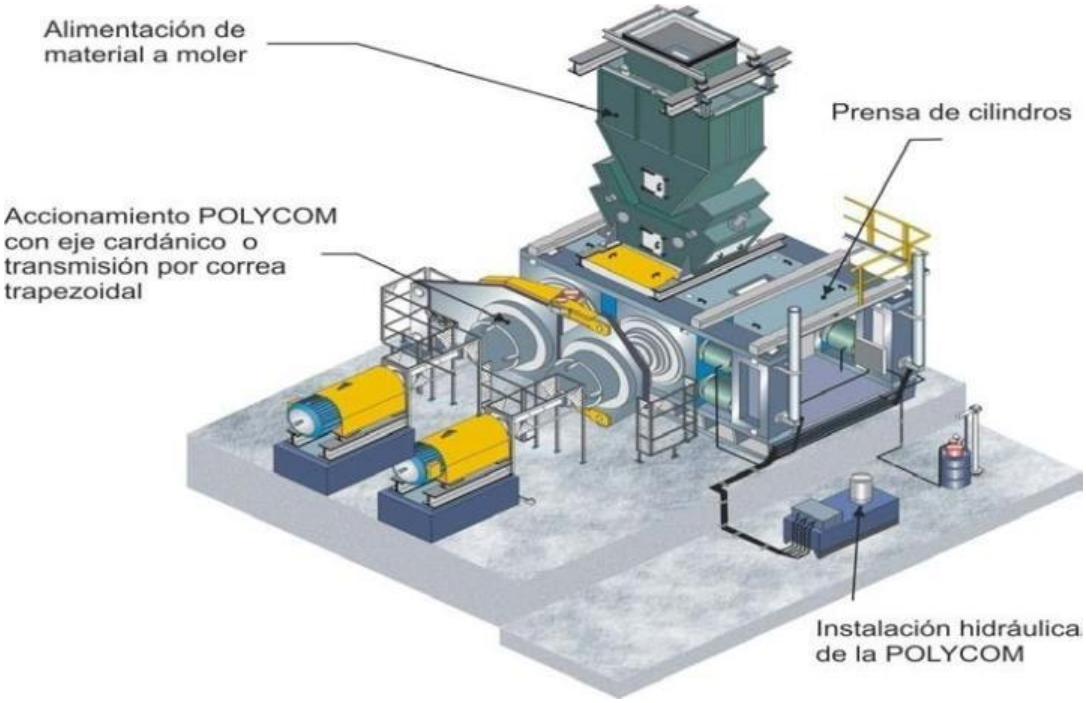


Figura No 3.14: *Chancador Terciario*
Fuente: Tomada de manual de operaciones SMCV C2

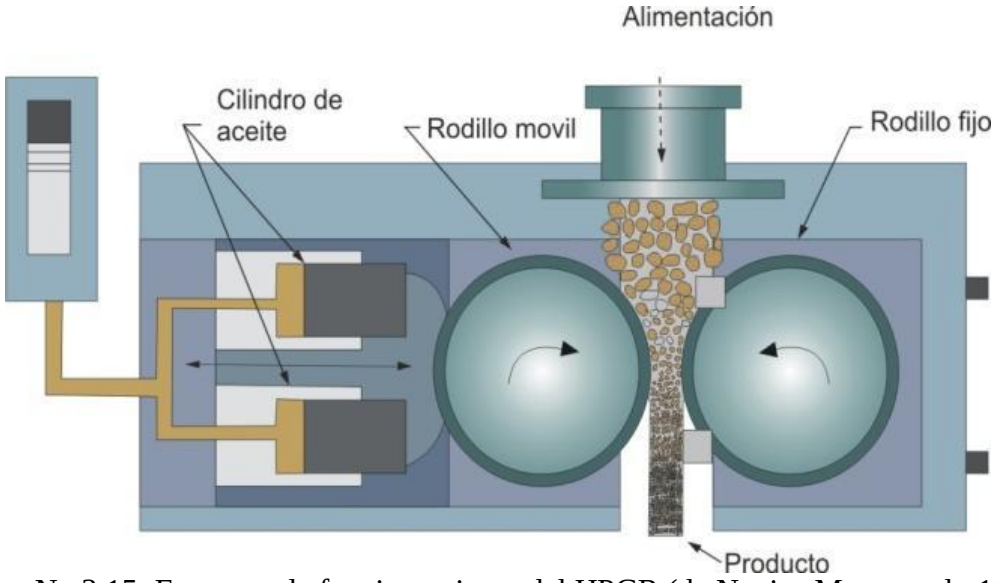


Figura No 3.15: Esquema de funcionamiento del HPGR (de Napier-Munn et al., 1996)

Figura No 3.16: *Ubicación de los rodillos en chancado secundario*
Fuente: fotografía en edifico de chancado II concentradora 1

3.9.2. CHANCADORA HPGR

Las chancadoras de Rodillos de Alta Presión HPGR normalmente funcionan con alimentación ahogada. La velocidad de la chancadora HPGR se relaciona al nivel de la tolva intermedia alimentación HPGR y también es influenciado por el sistema de control. La descarga de cada HPGR cae hacia la faja de descarga HPGR. Esta faja tiene cuatro balanzas, uno después de cada chute de descarga a la chancadora. A la salida de cada chancadora puede calcularse substrayendo el peso de la balanza anterior ("aguas arriba").

Los controladores de nivel tolva intermedia alimentación HPGR proporcionan una salida al controlador de velocidad AFD maestro. El AFD esclavo (dos AFD por HPGR) está localmente enlazado al maestro y sigue esa velocidad.

Este tiene un set point límite entre 20% y 80% y trabaja en modo manual, automático o cascada.

El peso del producto de cada chancadora tiene un controlador de peso que cuando está en cascada proporciona el set point al LIC.

Los enclavamientos del proceso incluyen el nivel muy alto del chute de descarga y del transporte “aguas abajo”. Cada sistema HPGR (chancadora y todos los auxiliares) puede arrancarse y detenerse con una sola orden, que arranca secuencialmente todo el equipo requerido (el sistema hidráulico, el sistema de lubricación, el sistema de enfriamiento...)

3.9.3. RODILLOS DE MOLIENDA DE ALTA PRESIÓN (HPGR)

Los rodillos de molienda de alta presión (HPGR) presentan una tecnología estudiada y contrastada para reducir los costes operativos y de capital en plantas a gran escala en comparación con otras tecnologías de trituración.

Se ha utilizado HPGR durante muchos años y ahora están adquiriendo importancia como alternativa de alto rendimiento energético a los circuitos de trituración AG/SAG convencionales. Una de las características más interesantes de HPGR es su capacidad de producir una distribución del tamaño de las partículas con una cantidad de partículas finas mayor de lo habitual, lo que reduce la demanda energética para el molino de bolas descendente. Esto hace inadecuado el uso de análisis de molinos de bolas estándar basados en K80, a menos que se efectúen las correcciones pertinentes.

3.10. DESCRIPCIÓN DE LA MOLIENDA CON RODILLOS A ALTA PRESIÓN

El HPGR consta de dos rodillos que giran en direcciones opuestas y que descansan en un sistema de rodamientos sobre un marco. La presión es aplicada sólo a uno de los rodillos mediante un sistema hidro-neumático mientras que el otro se mantiene en una posición fija dentro del marco. El marco del rodillo libre, sobre el cual se aplica la presión, desliza sobre una superficie de teflón y su movimiento está gobernado por las fuerzas que actúan tanto desde la superficie del mineral como del sistema de aplicación de presión. La alimentación se realiza por medio de un chute ubicado en la parte superior de los rodillos, el cual se encuentra revestido con materiales de alta resistencia a la abrasión, y que además está equipado con un sistema de control de nivel, de modo de asegurar la formación de un lecho de partículas continuo en la zona de molienda (Figura 3.17).

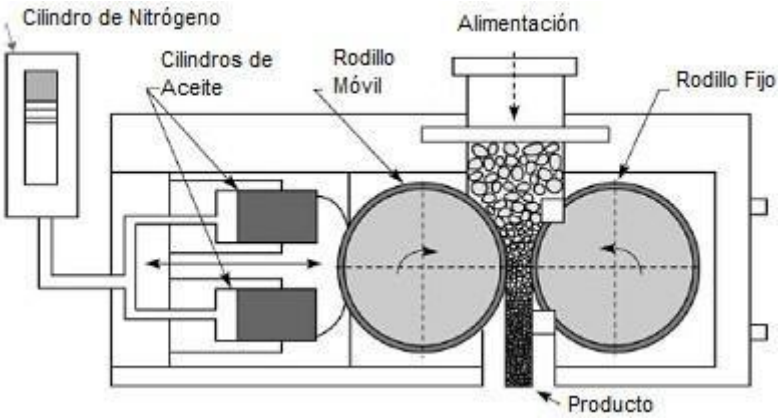


Figura No 3.17: Esquema de funcionamiento del HPGR (de Napier-Munn et al., 1996)

Dentro del equipo se identifican dos zonas de ruptura, definidas por los ángulos indicados en la Figura 3.18. Dentro de la zona entre el ángulo de compresión inter-partícula, α_{IP}, y el ángulo de compresión de partícula aislada, α_{SP}, el mecanismo de ruptura principal corresponde a la compresión simple. La región descrita entre el ángulo α_{IP} y $\alpha = 0$, corresponde a la compresión de capas de partículas como el mecanismo de ruptura principal (Klymowsky *et al*., 2002).

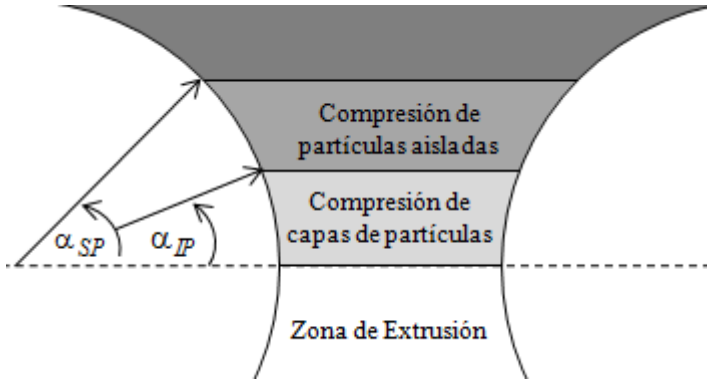


Figura No 3.18: Ángulos característicos de las zonas de molienda dentro de un HPGR
Fuente: tomada de (**Klymowsky et** al., **2002**)

El mineral se compacta gradualmente a medida que avanza por las zonas definidas por estos ángulos, naturalmente la densidad aparente del mineral aumenta y llega a valores de hasta el 90% de la densidad real en la zona de extrusión. Cuando el producto del HPGR presenta un alto grado de compactación, se denomina queque.

La formación de queques está directamente relacionada con la competencia del mineral (UCS> 100) lo cual genera problemas de aglomeración (Klymowsky *et al*, 2006). El problema de desaglomeración se ha resuelto parcialmente al instalar chutes de traspaso de gran altura. De este modo el que se disgrega producto del impacto generado al caer de una altura considerable.

3.10.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL EQUIPO

Los equipos HPGR se componen principalmente de 2 rodillos, un sistema hidro – neumático, la carcasa del equipo, un sistema de marcos deslizante, un chute de alimentación de compuerta variable y un sistema de lubricación.

3.10.2. GEOMETRÍA DE LOS RODILLOS

La característica que define a la geometría de los rodillos corresponde a la razón Largo/Diámetro. Dependiendo de esta razón se observan distintas características en la operación y diseño de los equipos: En los rodillos de razones L/D < 1 se ejercen torques de altas magnitudes, lo que se traduce en mayor potencia requerida. Mientras que para los rodillos de razones L/D > 1, se deben utilizar rodamientos que posean un sistema de corrección del desalineamiento del rodillo móvil.

Las diferencias entre fabricantes se observan, entre otras características, por los valores de la razón L/D: Polysius fabrica equipos con razones L/D < 1 en comparación a Köppern y KHD, que utilizan rodillos con una razón L/D > 1.

3.10.3. REVESTIMIENTOS

Los revestimientos del HPGR se caracterizan por el diseño de los rodillos (Figura 2.19) y el tipo de superficie a utilizar (Figura 2.20).

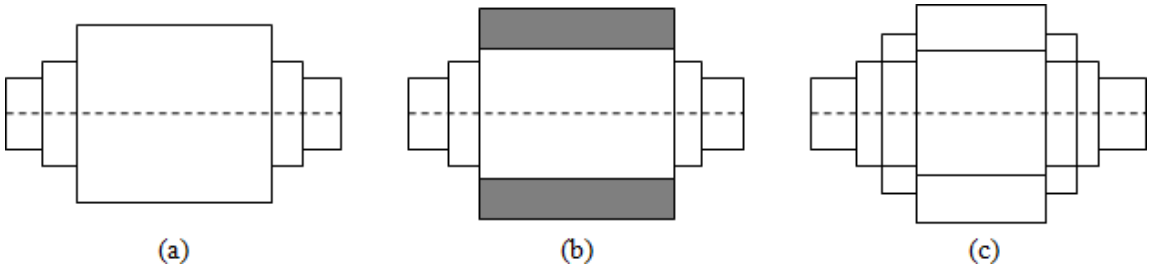


Figura No 3.19: Diseño de los rodillos: (a) Rodillos sólidos, (b) Llantas sobre un eje y (c) Segmentos

El diseño de los rodillos a escoger depende de la inversión realizada y de las políticas de mantención adoptadas por la compañía. Los rodillos sólidos pueden ser forjados o fundidos y se utilizan principalmente en la industria del cemento, la mayor desventaja observada en este tipo de diseño corresponde a las altas tasas de desgaste y a la inconveniencia de cambiar la pieza completa al momento de realizar una mantención.

Los rodillos compuestos por llantas adosadas en un eje han sido utilizados con éxito en la industria de minerales metálicos y no metálicos, poseen bajas tasas de desgaste y costos de operación y no existe una restricción sobre la presión de operación del equipo. Por último, el diseño por segmentos no es aplicable en operaciones que requieren altas presiones de molienda y posee altos costos de operación y altas tasas de desgaste (Klymowsky *et al*., 2002).

La superficie de los revestimientos (Figura 3.20) dependerá de las características del mineral a tratar. Los patrones en la superficie determinan los ángulos de compresión y generan el roce necesario para inducir el movimiento del lecho de partículas entre los rodillos, es decir, la capacidad de tratamiento depende de la superficie de rodillos a utilizar.

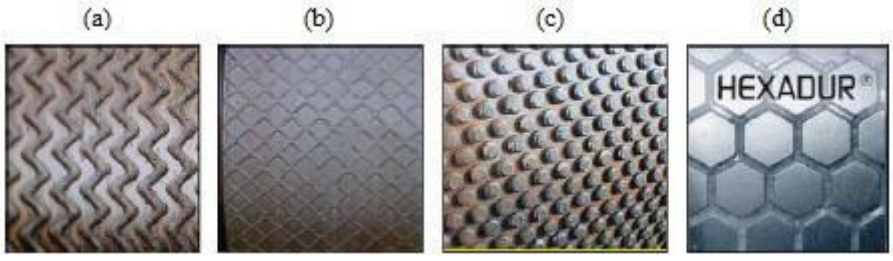


Figura No 3.20: Superficies de revestimientos para rodillos: (a) welded, (b) chevron, (c) studded y (d) HEXADUR. (de Daniel et al., 2004)

En rocas abrasivas, se opta por escoger la superficie tachonada (studded), que es fabricada por KHD y Polysius, o la superficie HEXADUR, la cual es fabricada por Köppern. El material utilizado en la fabricación de los rodillos corresponde a un acero blanco fundido y rico en cromo (WCI), el cual se compone de carburos eutécticos de tipo M_7C_3 en una matriz de acero martensítico. Este material posee baja resistencia a la fractura, lo que aumenta la frecuencia de eventos de quiebres de rodillos. Sin embargo, las nuevas piezas se están fabricando con una aleación de níquel y hierro fundido denominada Ni-hard (Fe82-Cr9-Ni5-C3), la cual posee alta resistencia a la fractura y es más robusto que el WCI (Broeckman y Gardula, 2005).

Los rodillos tachonados consisten en un patrón regular de pequeños cilindros de carburo de tungsteno soldados en una matriz de Ni-hard o WCI, mientras que la superficie HEXADUR está compuesta por hexágonos de material de cerámico en una matriz de acero. Los hexágonos se encuentran unidos por un material de menor dureza y que permite la acumulación de finos, del mismo modo que los espacios entre los cilindros en la superficie tachonada. Es por esta razón que se denominan revestimientos autógenos, puesto que los finos acumulados en los intersticios ayudan en la molienda (Broeckman y Gardula, 2005).

La Tabla 3.2 muestra las duraciones mínimas y máximas alcanzadas por el revestimiento tachonado. Los valores máximos se alcanzan al aumentar la vida útil de los rodillos aplicando soldadura de mayor tenacidad en los espacios disponibles gracias al desgaste de los cilindros de carburo de tungsteno

Tabla No 3. 2: Vida útil de revestimientos tachonados (según fabricante KHD)

	HORAS DE OPERACIÓN	
MINERAL	MINIMO	MAXIMO
Menas de hierro (pellets)	14.000	36.000
Menas de hierro	6.000	14.600
Menas de oro	4.000	6.000
Kimberlitas	4.000	6.000
Fosfatos	6.000	8.000

Aunque la superficie HEXADUR no es muy popular en rocas abrasivas, los fabricantes. Aseguran una vida útil de hasta 25.000 horas (Broeckman y Gardula, 2005).

Diseño del chute de alimentación

El diseño del chute de alimentación al HPGR es de suma importancia en la operación del equipo. La forma de alimentación de la correa determina la segregación del mineral dentro del chute y por lo tanto la homogeneidad de la distribución de tamaños en la zona anterior a la formación de capas de partículas. En la correa se produce una mayor acumulación de mineral en el centro y del mismo modo, el diseño y llenado de la tolva determina el flujo de mineral: tolvas con ángulos de descarga bajos permiten la formación de zonas muertas en los extremos de la misma. Esto explica el que los extremos del rodillo se desgasten a una tasa menor.

El material que recubre la tolva es cerámico con el objeto de maximizar su vida útil y evitar la adhesión de partículas de mayor humedad en las paredes del mismo. Con el fin de asegurar la formación de una capa de partículas, los chutes poseen una compuerta variable que permite el control de tonelaje sobre el lecho de mineral.

3.10.4. OPERACIÓN DE LA MOLIENDA CON RODILLOS A ALTA PRESIÓN

La operación del equipo no presenta mayores problemas, salvo por fallas en componentes mecánicos y en los lazos de control.

Independiente de la velocidad periférica de los rodillos y la presión de operación, la granulometría constituye una de las variables más influyentes en la operación del equipo. En general se recomienda alimentar al equipo con una proporción de finos tal que permita rellenar los intersticios entre partículas de mayor tamaño, lo que asegura que la presión aplicada a la capa de mineral efectivamente se utilizará en la conminución y no en el reacomodo de partículas (comunicación personal de Víctor Hugo Gallardo, CMH 2008).

La Tabla 3.3. resume características de diversos equipos, tanto a escala piloto como industrial, y rangos de operación para minerales de oro, cobre y hierro (Klymowsky *et al*., 2002).

Tabla No 3.3: Valores típicos de operación para HPGR

Fuente: tomada de (Alarcón; 2012, p.19)

Tabla 2. Valores típicos de operación para HPGR

Ítem	Valores típicos
Diámetro de Rodillos D, m	0,5 – 2,8
Largo de Rodillos L, m	0,2 – 1,8
Gap operacional, m	0,02 D – 0,03 D
Capacidad de Tratamiento, tph	20 – 3.000
Fuerza de molienda, kN	2.000 – 20.000
Presión media, bar	20 – 300
Máx. Potencia Instalada, kW	3.000 × 2
Velocidad de rodillos U, m/s	$U \leq 1.35\sqrt{D}$, para D < 1.7 m $U \leq D$, para D ≥ 1.7 m
Consumo específico de energía, kWh/t	1 – 3

El operador de sala de control deberá mantener los rangos operacionales del equipo dentro de los indicados en la Tabla 3.3. La estrategia de operación observada para la maximización de tonelaje, consiste en mantener invariante a la presión de operación y sólo modificar la velocidad periférica de los rodillos.

Existe otro problema operacional importante, asociado a la segregación de material dentro del chute de alimentación. Para rodillos con razones Largo/Diámetro mayores a 1, existe el riesgo de que las partículas se acomoden de tal forma que las gruesas se ubiquen en un extremo del rodillo y las finas en el opuesto. Lo anterior provoca el desalineamiento de los rodillos o una diferencia entre el gap operacional entre un extremo y otro. El operador corrige esta situación aumentando la presión del par de cilindros de aceite ubicados en el gap de mayor longitud (comunicación personal de Óscar Torres, CMH 2008).

3.10.5. APLICACIONES INDUSTRIALES

Basado en las ventajas y limitaciones del equipo, Morley propone tres familias de circuitos que integran la tecnología HPGR con el fin de obtener un beneficio específico en el proceso (Morley, 2006), dicha clasificación se extiende a continuación:

3.10.6. CIRCUITOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El HPGR puede ser utilizado como una alternativa a circuitos de chancado previos

a molienda SAG o molienda unitaria. El flowsheet mostrado en la Figura 3.21 fue diseñado para tratar minerales de alta dureza, de modo de minimizar la cantidad de equipos y correas instaladas. Sin embargo se aprecian desventajas operacionales, tales como el control de material particulado en suspensión, la alta carga circulante del circuito de chancado y que la alimentación del HPGR con una distribución de tamaños truncada provoque un desgaste acelerado de revestimientos.

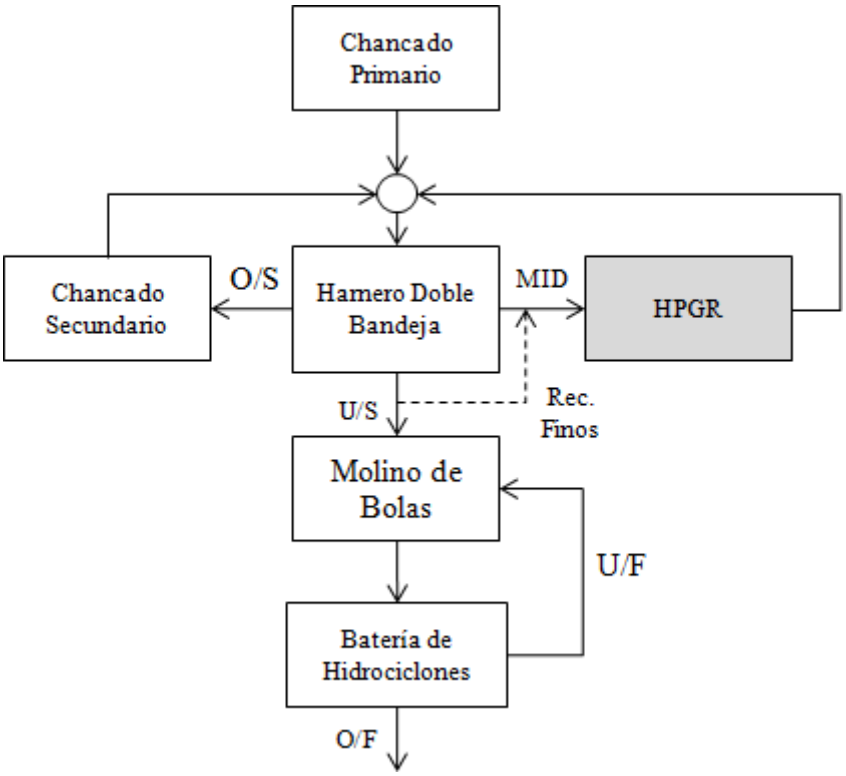


Figura No 3.21: Circuito de chancado en 3 etapas (CCI) para molienda unitaria

Por otro lado, el circuito anterior (Figura 3.21) alimenta al equipo con una granulometría que posee una baja proporción de finos. Este factor, como se ha mencionado anteriormente, incide negativamente en la operación del HPGR al no contar con partículas finas que rellenen los insterticios en el lecho compactado de partículas

Las Figuras 3.22 y 3.23, ilustran un circuito en los cuales, se reducen los problemas de alta carga circulante y el HPGR no se alimenta con una distribución de tamaños truncada. Entre las desventajas se observan una mayor adición de correas, un difícil control de polvo y difícil operación cuando la alimentación del chancador primario presente una cantidad de finos tal que comprometa la eficiencia de la operación de chancado secundario.

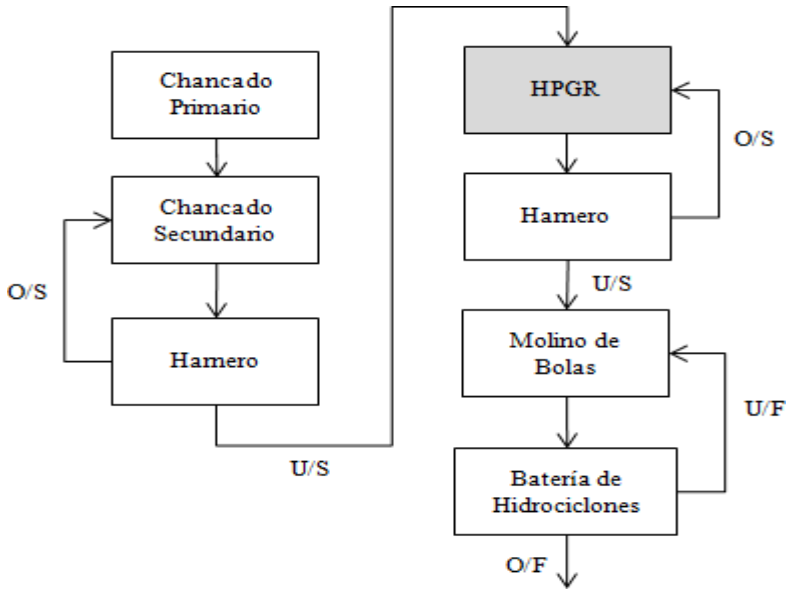


Figura No 3.22: Circuito de chancado en 3 etapas (HPGR Directo) para molienda unitaria

La adición de agua en el circuito de la Figura 3.23, se realiza con fines de mejorar la eficiencia de clasificación del harnero al controlar el material particulado en suspensión y al desaglomerar el queque o producto del HPGR.

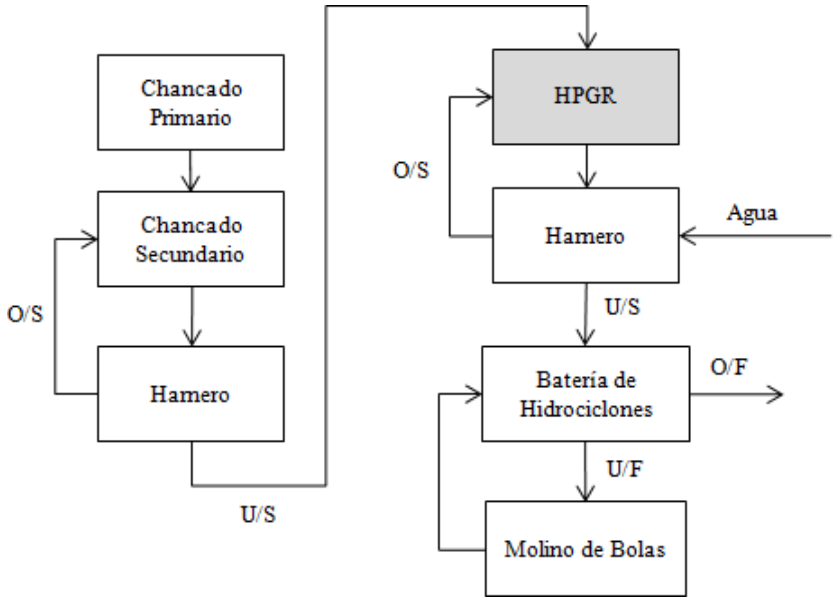


Figura No 3.23: Circuito de chancado en 3 etapas (HPGR Directo) para molienda de bolas (CCI) Circuitos diseñados para eliminar “cuellos de botella”

Los HPGR, al necesitar un área de instalación menor que otros equipos de reducción de tamaño, se convierten en una alternativa ideal para ser utilizados como equipos de aumento de capacidad de tratamiento de líneas de chancado terciario o molienda unitaria.

Sin embargo, el desempeño de los equipos en chancado de pebbles no ha sido satisfactorio. El HPGR presenta problemas operacionales al tratar distribuciones de tamaños truncadas, la fuerza ejercida sobre los rodillos es desperdiciada en los intersticios formados por las partículas y termina por distribuirse y aplicarse en el rodillo mismo. La consecuente aplicación de una fuerza sobre lechos de mineral de distribuciones de tamaños truncadas provoca un desgaste acelerado de los rodillos y, en el peor de los casos, el quiebre de los mismos.

La mejor aplicación del HPGR corresponde al reemplazo de chancado terciario y anterior a molienda unitaria, ya que mejora la capacidad de tratamiento de la molienda de bolas y reduce el consumo específico de energía. En la Figura 3.24, se presenta una alternativa similar, pero utilizando al HPGR como equipo de chancado cuaternario.

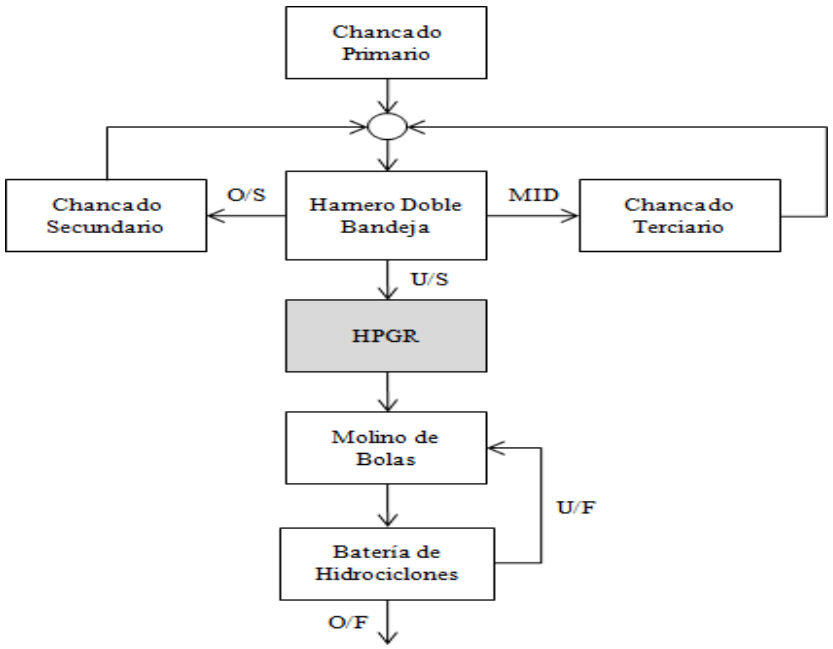


Figura No 3.24: HPGR para mejorar la capacidad de tratamiento de molienda de bolas

3.10.7. Circuitos para aumentar beneficios metalúrgicos

En páginas anteriores, se ha mencionado el beneficio de utilizar HPGR para incrementar la recuperación en operaciones de lixiviación. La Figura 3.25, muestra al HPGR como alternativa a chancado terciario previo a operaciones de lixiviación en pila. Existe una variante del circuito de la Figura 10, en la cual se recirculan los productos del borde en caso de tratar mineral muy competente.

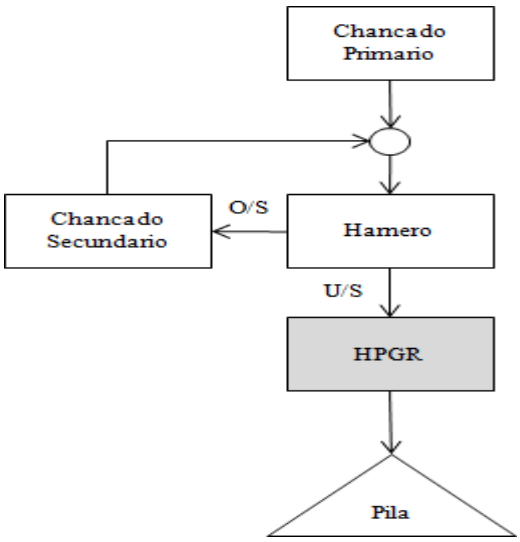


Figura No 3.25: HPGR en circuito abierto y reemplazando a chancador terciario, previo a operaciones de lixiviación en pilas

3.10.8. EXPERIENCIA HPGR EN ROCA DURA

Experiencia HPGR en Cerro Verde

La planta de Cerro Verde, perteneciente a Freeport-McMoran Copper & Gold Inc, se encuentra ubicada cerca de la ciudad de Arequipa (Perú). Actualmente, la planta produce 200 millones de libras de cobre catódico por año, gracias a la lixiviación de mineral ROM y proveniente de las etapas de chancado.

Cerro Verde posee reservas de cobre sulfurado (mineral primario) de 1.4 billones de toneladas a una ley media del 0,49%. La presencia de bajas leyes motivó a los ingenieros a buscar soluciones innovadoras con el fin de mejorar el beneficio del proyecto, para lo cual se consideró al HPGR y al Molino de Torre dentro de los posibles circuitos propuestos de la nueva planta, principalmente por los bajos consumos de energía (Vanderbeek et al., 2006).

Se realizaron evaluaciones comparativas, incluyendo al HPGR como chancado terciario dentro de una molienda unitaria, contra la alternativa SABC. El resumen de la estimación de costos para ambas alternativas se indica en la tabla 3.4

Tabla No 3.4: Resumen de estimación de costos para alternativas de molienda de Cerro Verde

Costos	HPGR	SABC
Costo de Capital, MUS$	237,5	184,4
Costo Operacional, US$/t	1,32	1,69

Independiente de los altos costos de capital, la compañía se decidió por la alternativa HPGR al presentar mejores tasas de retorno, mejor *ramp-up* en la puesta en marcha del proyecto y mejores condiciones de seguridad, al requerir menos personal en las operaciones de mantención. En el proyecto se consideró que la molienda SAG ha llegado a un punto de madurez tan alto, que la incorporación de equipos de diámetros mayores a 40 pies resulta riesgosa. Este hecho corresponde a la primera aplicación de la tecnología HPGR en minería del cobre (Vanderbeek *et al*., 2006).

Durante el año 2006 se construyó la concentradora de Cerro Verde, con una molienda unitaria de 102.800 tpd de tratamiento. La reducción de tamaño comienza con un chancador primario de 60×113 pulgadas, posteriormente el mineral se reduce de tamaño en un circuito cerrado inverso con 4 chancadoras de conos MP-1000. La etapa de chancado terciario es realizada por 4 HPGR de 2,4 m de diámetro y 1,6 m de largo, con una potencia instalada de 2×2500 kW. Los consumos energéticos de la planta no superan las 15 kWh/t (Vanderbeek *et al*, 2006).

CAPITULO IV

CONMINUCION Y SEPARACION DE MINERALES

4.1. CONMINUCION:

La liberación de las especies minerales es el proceso unitario de mayor relevancia práctica en todo circuito de procesamiento de minerales; por cuanto demanda la principal inversión de capital, incide fuertemente en los costos unitarios del proceso metalúrgico, determina la capacidad máxima de tratamiento e influye en la rentabilidad de la operación. A pesar de su reiteradamente reconocida ineficiencia energética, los molinos de bolas, que operan en circuito cerrado con clasificadores hidráulicos, ha sido la alternativa tecnológica tradicionalmente seleccionada para la molienda fina de minerales; sea en etapas únicas o múltiples, integrados con molinos de barras o molinos SAG.

La principal ventaja para el uso de sistemas convencionales de chancado-molienda reside en el menor consumo de energía respecto a los procedimientos no convencionales (molienda autógena, SAG., etc.). Esto debido a que las operaciones de trituración presentan mayor eficiencia en aplicación de energía en relación a su aplicación en molienda que posee mecanismos que generan significativa perdida de energía por acción entre medios moledores y los forros.

Los procesos de reducción de tamaño se cuantifican en términos de la energía consumida durante la operación misma del equipo de conminación. Este enfoque resulta ser bastante lógico ya que tales operaciones son los responsables en gran medida del elevado costo, por consumo de energía, de las operaciones involucradas en el procesamiento de minerales. De esta manera, la información es interpretada casi exclusivamente en términos de relaciones empíricas de energía versus reducción de tamaño o más conocidas como las "Leyes de la Conminución.

Los objetivos más importantes que persigue la conminución son

- Manipulación y manejo adecuado del mineral
- Liberar las especies valiosas contenidas en ellas

- Preparar el mineral para los procesos posteriores

4.2. CONMINUCION DE MINERALES

Las operaciones de concentración de minerales requieren en la mayoría de los casos de una preparación previa de los minerales que conllevan a la liberación de las partículas valiosas de su ganga acompañante. Con las etapas de trituración y molienda se conseguirá completar el grado de liberación necesario para la etapa de concentración.

Dada la importancia que representan estas etapas en el proceso, se requerirá del conocimiento y los fundamentos de las operaciones involucradas y de sus parámetros y variables que influyen en el rendimiento óptimo de los equipos de reducción de tamaño de partícula.

4.2.1. Fractura

Es la fragmentación de un cuerpo sólido en varias partes debido a un proceso de deformación no homogénea. Los métodos de aplicar fractura en un mineral son:

4.2.1.1. Compresión:

La aplicación de esfuerzos de compresión es lenta. Normalmente se produce en máquinas de chancado en que hay una superficie fija y otra móvil. Da origen a partículas finas y gruesas. La cantidad de material fino se puede disminuir reduciendo el área de contacto utilizando superficies corrugadas.

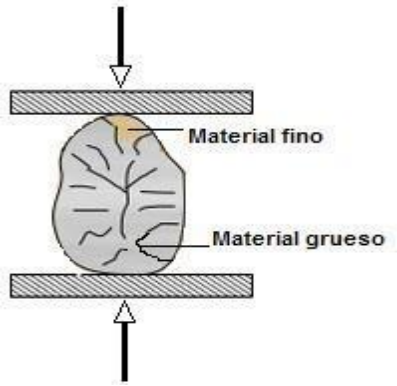


Figura No 4.1:esquema de acción de Compresión
Fuente: tomada de (Ramos; 2008)

4.2.1.2. Impacto

Es la aplicación de esfuerzos comprensivos a alta velocidad. De esta manera la partícula absorbe más energía que la necesaria para romperse. El producto, normalmente, es muy similar en forma y tamaño.

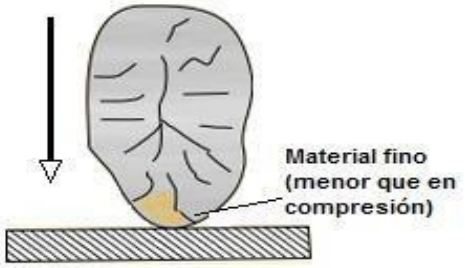


Figura No 4.2: esquema de acción *impacto*
Fuente: tomada de (Ramos; 2008*)*

4.2.1.3. ASTILLAMIENTO: La ruptura de esquicios y cantos de una partícula, ocurrida por la aplicación de esfuerzos fuera del centro de la partícula, genera el mecanismo de astillamiento**.**

4.2.1.4. **ABRASION:** Cuando el esfuerzo de cizalle se concentra en la superficie de la partícula se produce abrasión.

4.2.2. ETAPAS DE LA CONMINUCION

Los productos minerales en bruto son chancados, molidos y/o pulverizados por varias razones. Algunos de los objetivos más importantes para reducir de tamaños un mineral son: lograr la liberación de especies minerales comerciables desde una matriz formada por minerales de interés económico y ganga; para promover reacciones químicas rápidas a través de la exposición de una gran área superficial; para producir un material con características de tamaño deseables para su posterior procesamiento, manejo y/o almacenamiento; y para satisfacer requerimientos de mercado en cuanto a especificaciones de tamaños particulares en el producto.

R.T. Hukki en 1961 propuso la clasificación de etapas básicas de reducción de tamaño de partículas que se presenta en la Tabla 4.1.

Tabla No 4.1: Etapas básicas en conminación

Etapa de Reducción de Tamaño	Tamaño Mayor	Tamaño Menor
Explosión destructiva	Infinito	1 m
Chancado primario	1 m	100 m
Chancado secundario	100 m	10 m
Molienda gruesa	10 mm	1 mm
Molienda fina	1 mm	100 µm
Remolienda	100 µm	10 µm
Molienda superfina	10 µm	1 µm

Las primeras etapas de conminución se realizan para facilitar el manejo del material proveniente de la mina y luego, en sucesivas etapas de chancado y molienda, para separar mineral de la ganga.

Cuando las partículas de una mena están formadas por minerales individuales, se habla de partículas libres; cuando ellas consisten de dos o más especies minerales, se les llama partículas mixtas. El grado de liberación de una especie mineral particular es el porcentaje de partículas individuales de ese mineral que ocurren en forma libre o mixta.

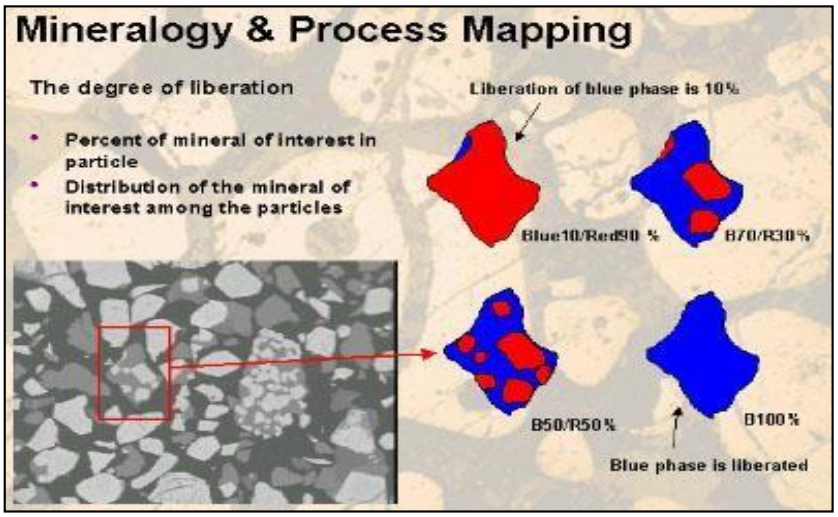


Figura No 4.3: Grafico mostrando el grado de liberación de especies valiosas
Fuente: tomada de (conminución, tecsup)

La separación o fractura en muchos materiales puede deberse a una de las siguientes causas: debilidades macroestructurales, como planos de estratificación en el carbón; debilidades microestructurales, como esquistos en algunos minerales; y diferencias microestructurales en propiedades físicas de minerales adyacentes, como dureza, fragilidad y clivaje. Ejemplos de estos últimos pueden ser lo que ocurre en menas que aparecen calcopirita, pirita, galena y cuarzo.

La decisión de efectuar la fractura de partículas utilizando procesos de conminución en húmedo o seco depende del tipo de material a procesar o del producto a obtener. En ciertos casos, dependiendo del uso final, es necesario efectuar molienda seca, especialmente en el caso de ciertos minerales industriales o cemento. Los principales factores que determinan que un mineral sea procesado en vía húmeda o seca fueron presentados por Taggart en 1927. Estos factores son: características físicas y subsecuente utilización o requerimientos de proceso; efecto del material en el equipo de molienda, tales como, abrasión, corrosión y compactación en la zona de molienda; forma, distribución de tamaños y calidad del producto deseado; consideraciones económicas; condiciones climáticas; disponibilidad de agua; y factores ambientales y de seguridad tales como ruidos, polvos y vibración excesiva.

- **RELACIONES ENERGIA- TAMAÑO PARTICULA**

Desde los primeros años de aplicación industrial de los procesos de conminución al campo de beneficio de minerales, se pudo constatar la relevancia del consumo de energía específica como parámetro controlante de la reducción de tamaño y granulometría final del producto, en cada etapa de conminución.

En términos generales, la energía consumida en los procesos de conminución se encuentra estrechamente relacionada con el grado de reducción de tamaño alcanzado por las partículas en la etapa correspondiente. Por otro lado, se ha logrado demostrar que en las etapas de chancado y molienda convencional la energía mecánica suministrada al equipo de conminución supera entre 10 a 1 OO veces el consumo teórico de energía requerida para crear nuevas superficies; es decir, menos del 10% del total de energía entregada al equipo de conminución es efectivamente empleada en la fragmentación de las partículas.

Los posibles caminos que puede tomar la energía cuando los sólidos están sujetos a reducción de tamaños fueron presentados por C. Orr en 1966 y se resumen a continuación:

Energía suministrada para reducción de tamaño

Material que se fractura

- Reordenamiento cristalino
- Energía superficial
- Deformación elástica de las partículas
- Deformación plástica de las partículas

Máquina de conminución y efectos inter partículas

- Fricción entre partículas
- Roce entre piezas de la máquina
- Energía cinética proporcionada a la máquina
- Deformaciones elásticas de la máquina
- Efectos eléctricos
- Ruido
- Vibraciones de la instalación

Lo anterior indica la importancia de establecer correlaciones confiables entre la energía específica, kWh/t, consumida en un proceso de conminución y la correspondiente reducción de tamaño alcanzada en dicho proceso, a objeto de determinar la eficiencia energética de los respectivos equipos, facilitar su apropiada elección y proyectar su correcto dimensionamiento a escala industrial.

4.2.3. POSTULADOS DE CONMINUCIÓN

Las relaciones entre la energía y el tamaño de partícula han sido expresadas en los *postulados de conminución* los cuales en resumen son los siguientes:

POSTULADO DE RITTINGE: Enunciado en 1,867 por Petter Von Rittinger: “La

energía requerida para reducir de tamaño es proporcional a la nueva superficie"

POSTULADO DE KICK: Planteado por Frederick Kick en 1,885 expresó que: "La energía para triturar un mineral es proporcional al grado de reducción en volumen de las partículas"

POSTULADO DE BOND: Como los postulados de Kick y Rittinger no satisfacían todos los resultados experimentales observados en la práctica, y como industrialmente se necesitaba una norma estándar para clasificar los materiales según su respuesta a los procesos de conminución, Bond, en 1952, postuló una ley empírica que se denominó la Tercera Ley de la Conminución:

"La energía consumida para reducir el tamaño 80% de un material, es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de este tamaño, definiéndose el tamaño 80% como la abertura del tamiz (en micrones) que deja pasar el 80% en peso de las partículas".

$$\hat{E}_B = K_B \left[\frac{1}{\sqrt{d_P}} - \frac{1}{\sqrt{d_f}} \right] \quad (1)$$

donde EB es el consumo específico de energía, kWh/t corta, de acuerdo a la teoría de Bond; K_B es la constante de Bond; df y dp son los tamaños 80% pasante de la alimentación y producto, respectivamente, en micrones.

Bond definió el parámetro K_B en función del Índice de Trabajo del material, Wi, que corresponde a la energía necesaria para reducir una tonelada de material desde un tamaño teóricamente infinito hasta partículas que en un 80% sean inferiores a 100 μm. Esto es,

$$W_i = K_B \left[\frac{1}{\sqrt{100}} - \frac{1}{\sqrt{\infty}} \right] \quad (2)$$

de donde, $K_B = 10$. Así, la ecuación (2) se puede escribir:

$$\hat{E}_B = K_B \left[\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right] \quad (3)$$

Donde F80 y P80 representan el tamaño 80% pasante de la alimentación y producto, respectivamente.

Definiendo la razón de reducción, Rr, como la razón entre las aberturas de los tamices por las cuales pasarían el 80% del material de alimentación y producto de conminución, la ecuación (3) se puede escribir en forma alternativa, como:

$$\hat{E}_B = W_1 \sqrt{\frac{100}{P_{80}}} \left[\frac{\sqrt{R_r - 1}}{\sqrt{R_r}} \right] \quad (4)$$

El Índice de Trabajo depende tanto del material (resistencia a la conminución) como del equipo utilizado, debiendo ser determinado experimentalmente, a través de un ensayo estándar de laboratorio, para cada aplicación requerida.

Durante el desarrollo de la Tercera Ley de la Conminución, Bond consideró que no existían rocas ideales ni iguales en forma, y que la energía consumida era proporcional a la longitud de las nuevas grietas creadas. Bond basó su teoría en tres principios fundamentales, los que a su vez se basan en mecanismos observados durante la reducción de tamaño de partículas. Dichos principios son:

Primer Principio: Dado que una partícula de tamaño finito ha debido obtenerse por fractura de una partícula de tamaño mayor, todas ellas han debido consumir una cierta cantidad de energía para llegar al tamaño actual. Se puede considerar, entonces, que todo sistema de partículas tiene un cierto registro energético o nivel de energía, correspondiente a toda la energía consumida para llevar las partículas a su tamaño actual. Solamente una partícula de tamaño infinito tendría un registro energético igual a cero (valor de referencia inicial usado por Bond). De lo anterior resulta que el consumo de energía en la conminución es la diferencia entre el registro energético del producto y el correspondiente al de la alimentación:

$$\left[\begin{array}{c}\text{Consumo}\\ \text{de}\\ \text{Energía}\end{array}\right] = \left[\begin{array}{c}\text{Registro de}\\ \text{Energía del}\\ \text{producto}\end{array}\right] - \left[\begin{array}{c}\text{Registro de}\\ \text{Energía de la}\\ \text{Alimentación}\end{array}\right]$$

Segundo Principio: El consumo de energía para la reducción de tamaño es proporcional a la longitud de las nuevas grietas producidas. Como la longitud exterior de una grieta es proporcional a la raíz cuadrada de la superficie, se puede concluir que la energía consumida es proporcional a la diferencia entre la raíz cuadrada de la superficie específica obtenida después y antes de la conminución. Esto es:

$$\hat{E}_B = C_B \left(\sqrt{\hat{S}_P} - \sqrt{\hat{S}_f} \right) \tag{5}$$

Reemplazando la superficie específica en términos de un tamaño promedio, d, y de los factores de forma superficial y volumétrica, resulta:

$$\hat{E}_B = K_B \left[\frac{1}{\sqrt{d_p^{0.5}}} - \frac{1}{\sqrt{d_f^{0.5}}} \right] \tag{6}$$

En su deducción teórica, Bond utilizó como tamaño promedio el tamaño 80%, denominando P80 al tamaño 80% pasante del producto, en micrones, y F80 al tamaño 80% pasante de la alimentación, en micrones. Entonces, también se puede escribir:

$$\hat{E}_B = K_B \left[\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right] \tag{7}$$

Que corresponde a la forma matemática equivalente a la ecuación desarrollada anteriormente, donde se demostró además que KB = 1OWi.

Tercer Principio: La falla más débil del material determina el esfuerzo de ruptura, pero la energía total consumida está controlada por la distribución de fallas en todo el rango de tamaños involucrados y corresponde al promedio de ellas.

La Tercera Ley de la Conminución, desarrollada por Bond, tiene un carácter netamente empírico y su objetivo fue llegar a establecer una metodología confiable para dimensionar equipos y circuitos de conminución, y en este sentido, dominó el campo por casi 25 años. Solamente en la última década han aparecido métodos alternativos que prometen desplazar

definitivamente el procedimiento estándar de Bond, situación que aún no se ha concretado en forma generalizada. En realidad, el método de Bond proporciona una primera estimación del consumo real de energía necesario para triturar y/o moler un material determinado en un equipo de conminución a escala industrial, con un error promedio de 120%. Sin embargo, debido a su extremada simplicidad, el procedimiento estándar Bond continúa siendo utilizado en la industria minera para dimensionar chancadoras, molinos de barras y molinos de bolas a escalas piloto, semiindustrial e industrial.

De acuerdo a lo estipulado por Bond, el parámetro Wi es función del material, del equipo de conminución y de las condiciones de operación. Por esta razón, para ser utilizado debe determinarse bajo condiciones experimentales estándar de laboratorio para cada aplicación.

Tenemos entonces que el Wi es una constante propia del mineral y puede ser expresado por:

$$W = Wi \left(\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right) \quad (8)$$

Esta expresión permite calcular la energía necesaria para reducir un material desde un tamaño original F hasta un producto de tamaño P, si se conoce el Wi

En este punto es necesario hacer una precisión de lo que se entiende por F y P. En las operaciones de conminución es habitual que no se tenga un material uniforme en tamaño, por ejemplo, esferas del mismo diámetro en el alimento. Igualmente, el producto siempre estará constituido por una distribución granulométrica. Por lo tanto, F y P deberán ser tamaños representativos de distribuciones granulométricas. Por lo cual, Bond eligió el tamaño de partícula correspondiente al 80% acumulado pasante en la distribución granulométrica.

DETERMINACIÓN DEL WORK INDEX

A continuación, se describen en resumen los principales métodos de determinación práctica del Work Index:

EN TRITURACIÓN

<u>Método directo</u>

Consiste en determinar la energía (Kw-h/TM) para una relación de trituración determinada F/P. Para ello, se tritura una cantidad de mineral con granulometría conocida, determinando el valor F en micras de la alimentación y P de la descarga, computando el tiempo de trituración empleado y midiendo la demanda de energía de la chancadora en vacío y con carga.

Para determinar la energía consumida en reducir de tamaño el mineral se emplea la ecuación (9)

$$W = \frac{V*A*t*\sqrt{3}*\cos\varphi}{M*1000} \quad (9)$$

Donde:

W: energía consumida durante la reducción de tamaño, Kw-h/TM

V: voltaje aplicado al motor, Voltios

A: intensidad de corriente consumida, amp

t: tiempo, h

cos φ : ángulo de desfase entre V e I

M: peso de mineral, TM

Realizando el análisis granulométrico de la alimentación y el producto, con los valores F80 y P80 se determina el Wi experimental empleando la fórmula de Bond.

Método del Péndulo

Consiste en fracturar partículas de mineral mediante el impacto producido por el péndulo con peso de 33.3 lbs y carrera máxima de 3.0 pies, que gira libremente en un perno, como se aprecia en la figura, el cual imparte una energía variable (pies-lb) a la roca a ser fracturada. Normalmente se hacen entre 40 y 60 pruebas, tomando un promedio de los espesores de las rocas fracturadas, así como de las lecturas registradas por la altura de caída del péndulo. El producto de dividir el promedio de lecturas entre el promedio de espesores corresponde a la

energía necesaria en pies-lb por pulgada que se denomina como factor “C”. La siguiente ecuación de Bond determina, el Work Index (Wi).

$$Wi = \frac{2.59*C}{S} \tag{10}$$

Donde:

Wi: Kw-h/TM

C: pies-lb/pulgada

S: promedio de peso específico de rocas probadas

EN MOLIENDA

Método de Bond

El método estándar propuesto por Bond, para la determinación del work index, consiste en operar un circuito de molienda discontinuo (molino de laboratorio) y un tamiz, que hará las veces de un clasificador según se indica en la figura 4.4.

El método de bond no hace referencia a un proceso estándar para determinar la distribución de análisis granulométrico de F (Tamaño en micras al cual se halla el 80% de la alimentación.) por lo tanto esto interpreta generalmente cada laboratorio de acuerdo a su experiencia.

Se considera usar un tamizaje en húmedo al realizar el F (Tamaño en micras al cual se halla el 80% de la alimentación)- prueba estándar de bond debido a que el porcentaje de finos determinado será el más óptimo para el desarrollo del test y no será subestimado en la muestra si se realiza un tamizaje en seco.

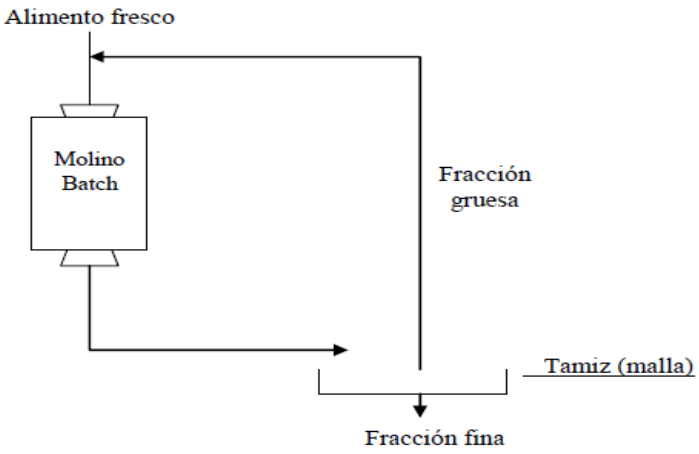


Figura No 4.4: ***método de bond***

La técnica experimental, establecida para la aplicación de la teoría presentada, consiste en efectuar una molienda en pasos, eliminando en cada uno de ellos el producto a la malla deseada y sustituyendo su peso por carga nueva. El molino utilizado es un equipo estándar de dimensiones D x L = 12" x 12" con una carga de bolas de 20.125 Kg compuesta por bolas de diámetro variable entre 0.61" y 1.45". El molino opera a una velocidad de 70 r.p.m. y es alimentado con 700 cm3 de carga seca preparada a -6 mallas (—1/8"), la que se clasifica al tamaño deseado después de 100 revoluciones en el primer paso, reponiendo el producto que pasa (fino) con carga nueva (a —6 mallas) para el siguiente paso el cual se realizará durante un numero de revoluciones determinadas en función de la cantidad de material molido por cada revolución (g/rev) obtenido en el paso anterior; esta misma operación se repite durante varias etapas hasta alcanzar una carga circulante del orden de 250% y analizando granulométricamente el producto fino del último caso.

El Wi se calcula por la fórmula:

$$Wi = \frac{44.5x1.1}{(Pi)^{0.23}(g/r)^{0.82}\left[\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}}\right]} \qquad (11)$$

Donde:

Wi = kwh/t; (por t métrica)

Pi = Abertura de la malla empleada en micras

g/r = Gramos por revolución

P = Tamaño en micras al cual se halla el 80% del mineral molido.

F = Tamaño en micras al cual se halla el 80% de la alimentación.

1.1 = Toneladas cortas por cada tonelada métrica.

Métodos Alternativos para la Obtención del Wi en Laboratorio

El uso del Wi como parámetro de control de la molienda precisa de su rápida determinación en laboratorio; contrariamente el procedimiento estándar de Bond requiere de una considerable cantidad de tiempo, de personal experto y del molino estándar con el que no siempre se cuenta en las plantas concentradoras. Por ello se han desarrollado algunos métodos alternativos de mayor simplicidad aunque de menor precisión que indicaremos a continuación.

Método de Berry y Bruce

Se basa en el hecho de que si se muele separadamente el mismo peso de dos nuestras diferentes, una de Wi conocido (muestra A) y la otra de Wi desconocido (muestra B), durante el mismo tiempo, al mismo porcentaje de sólidos, en el mismo molino, con una carga de bolas constante, la energía consumida será igual para los dos casos y se podrá plantear la siguiente ecuación:

$$Wi_A\left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}}-\frac{10}{\sqrt{F_{80}}}\right)_A \quad Wi_B\left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}}-\frac{10}{\sqrt{F_{80}}}\right)_B$$

Muestra A Muestra B (12)

Si se analiza granulométricamente ambas muestras antes y después de la molienda, todos los términos de la ecuación serán conocidos excepto WiB que por lo tanto podrá ser calculado. Este método es muy simple, rápido y basta determinar una sola vez el término

$$Wi_A\left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}}-\frac{10}{\sqrt{F_{80}}}\right)_A \tag{13}$$

a un tiempo t, para determinar cualquier otro WiB si la muestra incógnita se muele también al tiempo t manteniendo todas las condiciones del molino constantes. La principal limitación de este método es que no considera la influencia de la viscosidad de la pulpa, la cual varía con la proporción de finos. Para que este método sea más exacto requeriría que las distribuciones granulométricas de las dos muestras antes de la molienda sean iguales.

Método Anaconda

Constituye una mejora del método anteriormente descrito, ya que precisa una sola prueba batch, no necesita mineral de referencia con Wi conocida y puede ser obtenido en cualquier molino el cual debe calibrarse previamente con minerales de Wi conocidos este método supera también la limitación principal del método de Bruce y Berry, ya que para la molienda considera material de – l0m + 100m es decir elimina los finos (-100m).

El postulado básico en que sustente este trabajo es que el Wi de la prueba estándar es directamente proporcional al Índice de trabajo de la prueba batch Wi ya que ambos miden la dureza del mineral.

$$\begin{aligned} &Wi \propto Wi^* \\ &Wi = K\, Wi^* \end{aligned} \tag{14}$$

donde K es una constante de proporcionalidad, además:

$$Wi^* = \frac{W}{\frac{10}{\sqrt{P_{80}}}-\frac{10}{\sqrt{F_{80}}}} \tag{15}$$

W sería la energía que consumiría el molino durante la prueba batch que sería constante si esta prueba se realiza siempre en un mismo tiempo y con el molino a condiciones constantes. P_{80} y F_{80} corresponderían al producto y alimento a la prueba batch. Transponiendo:

$$W = \frac{kW}{10}\left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}}\right)^{-1} \tag{16}$$

Si se hace A = KW/l0, que será una constante propia de cada molino, se tendrá:

$$Wi = A\left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}}\right)^{-1} \tag{17}$$

La calibración del molino consistiría en determinar el valor de A lo cual podrá lograrse si se cuenta con muestras de Wi conocida, por ejemplo, tomadas de operaciones industriales mediante el procedimiento descrito anteriormente. La ecuación anterior podrá ser ajustada a una recta si se grafica los valores de Wi y:

$$\left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}}\right) \tag{18}$$

La pendiente será el valor de A, en algunos casos por comodidad podrá graficarse Wi y

$$\left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}}\right) \tag{19}$$

En este caso la ordenada en el origen será el log A.

Coma se indicó previamente, el método precisa que la muestra sea de -10m + 100m, pudiendo usarse 1 kg y molerlo en húmedo 10 minutos; si se realizan los análisis granulométricos del alimento y producto el Wi podrá ser calculado directamente por la ecuación anterior.

Este método da resultados con un error del 5% aproximadamente respecto a la prueba standard.

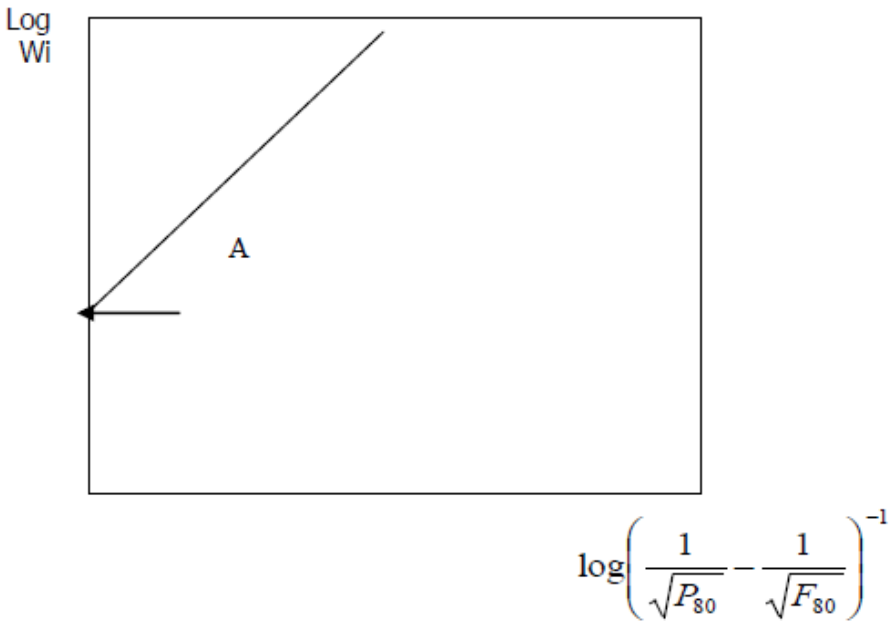


Figura No 4.5: Disminución de la constante A en el método Anaconda
Fuente: tomada de (conminución, tecsup)

RATIO DE REDUCCIÓN

Es la relación entre el tamaño de alimentación y el tamaño del producto que establece la razón de reducción (Ratio) en un determinado tamaño de partícula. El ratio de reducción es característico en los equipos de conminución y permite dimensionar los equipos en una determinada aplicación. La relación de reducción está establecida por:

$$R = \frac{F_{80}}{P_{80}} \tag{20}$$

Donde F_{80} y P_{80} representan el tamaño al cual se halla el 80% de peso en cada caso.

4.3. DESCRIPCIÓN DE MAQUINARIA DE CONMINUCIÓN: CHANCADO Y MOLIENDA

En una planta de procesamiento de minerales, la reducción de tamaños o conminución del mineral se realiza en una secuencia de etapas. Esta reducción de tamaños en etapas permite una clasificación de los equipos y métodos empleados. En primer lugar, se distingue entre chancado y molienda. El término chancado (o trituración) se aplica a la conminución del

material extraído de la mina hasta partículas de aproximadamente 1 cm. Se habla de molienda para referirse a la conminución de tamaños pequeños, 1 cm a 100 pm. Tanto el chancado como la molienda se subdividen a su vez en dos o tres etapas que se les denomina primaria, secundaria y terciaria. Dado que en algunos casos estas etapas de conminución pueden realizarse con el mismo tipo de equipos, los límites entre ellas no son rígidos. Más aún, es posible que en algunas plantas en particular no se haga uso de todas ellas. Así, por ejemplo, una planta de molienda semiautógena no requiere de chancado secundario, terciario ni molienda primaria de barras.

En la Tabla 4.2 se presentan los rangos de aplicación de cada una de las etapas de reducción de tamaños y los consumos promedio de energía involucrados en cada una de ellas.

Tabla No 4. 2: Rango de aplicación de cada una de las etapas de reducción de tamaños

Etapa	Sub-etapa	Rango Tamaño	Consumo energía [kWh/t]
Chancado	Primario	100 a 10 cm	0.3 a 0.4
	Secundario	10 al cm	0.3 a 2
	Terciario	1 a 0,5 cm.	0.4 a 3
Molienda	Primario	10 al mm	3 a 6
	Secundario	1 a 0.1 mm	4 a 10
	Terciario	100 a 10 µm	10 a 30

Fuente: tomada de (www.inacap.cl) minería y metalurgia

CAPITULO V

MANTENIMIENTO DE RODILLOS DE ALTA PRESION HPGR

5.1. MANTENIMIENTO

Es el conjunto de técnicas y de sistemas que nos permiten prevenir las averías en los equipos, y efectuar las revisiones y reparaciones correspondientes a fin de garantizar el buen funcionamiento de los equipos

En pocas palabras el objetivo principal del mantenimiento es el hacer que la empresa gane más dinero, evitando las perdidas por piezas defectuosas o por paradas intempestivas de la línea de producción.

tipos de mantenimiento

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Proactivo
- Mantenimiento Cero horas (Overhaul)

5.1.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

es el que se realiza cuando ya se produce el daño en el equipo o el daño en este ya es inminente. Este tipo de mantenimiento se realiza en la gran mayoría de empresas.

5.1.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

son las labores que se realizan antes de que ocurra un desperfecto en la maquinaria, todo esto ocurre bajo condiciones controladas en la empresa.

- Fases del Mantenimiento Preventivo:
- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a

efectuar periódicamente,

- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

5.1.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

se basa en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin detención de la producción. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.

- Ventajas del Mantenimiento Predictivo:
- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.

La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.

Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.

Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.

Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.

Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.

Facilita el análisis de las averías.

Permite el análisis estadístico del sistema.

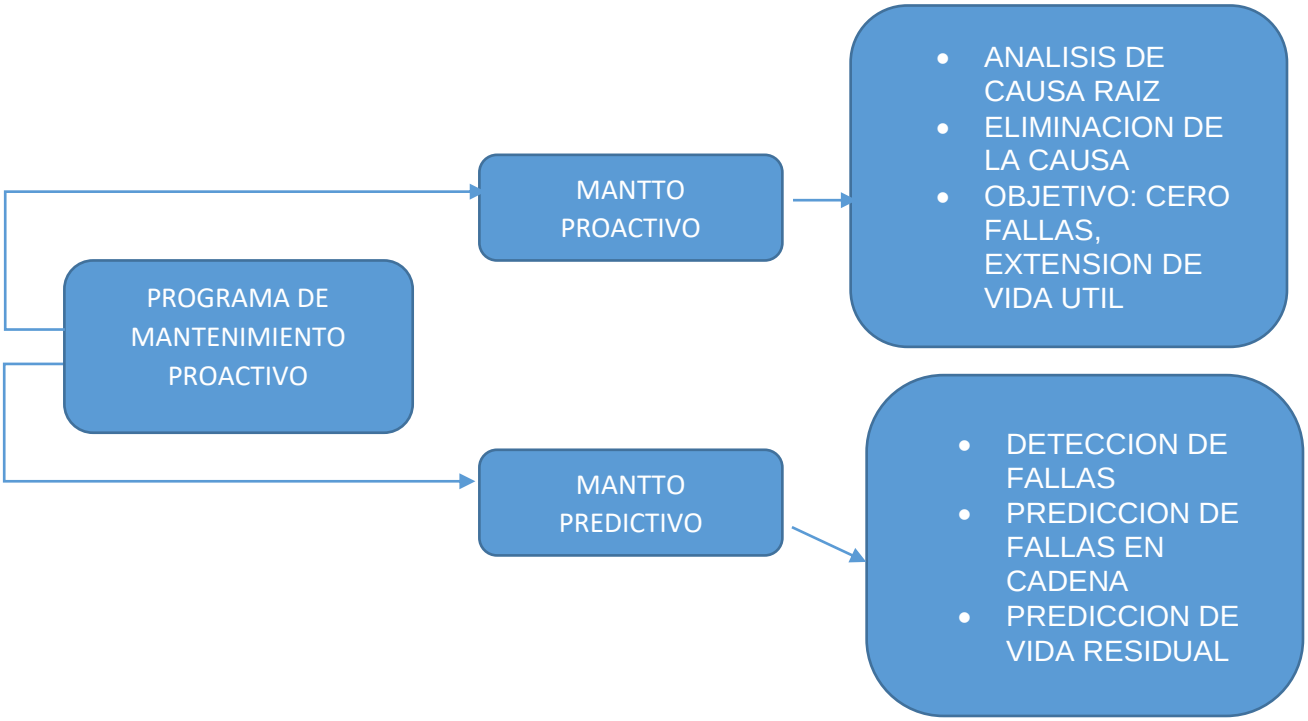
Comparación de costos de los 3 sistemas de mantenimiento

TABLA 5.1. – COMPARACION DE COSTOS.
FUENTE: Tomada de www.fing.uncu.edu.ar/catedras/planeamiento/archivos

COSTOS	CORRECTIVO	PREVENTIVO	PREDICTIVO
Para implementar	Bajo	Mediano	Altos
Improductivos	Alto	Mediano	Muy bajos
Tiempo de parada	Alto e indefinidos	Predefinidos	Mínimos
Asociada a existencia de repuestos	Alto consumo e indefinidos	Alto consumo y definidos	Consumo mínimo

5.1.4. MANTENIMIENTO PROACTIVO

Se fundamenta en ejecutar actividades de mantenimiento orientadas a prevenir los factores que provocan el inicio de las fallas, se trata de actividades sencillas pero esenciales, aquellas tareas que mejoran el desempeño de los activos, actuando antes de que las fallas muestren sus síntomas, no se trata de detectar y/o corregir fallas, la meta es combatir los malos actores que más tarde provocarán un síntoma asociado a los modos de fallas característicos del activo. En la figura 5.1 que se muestra a continuación, se puede observar un resumen del plan de mantenimiento proactivo.



FUENTE: organización y gestión integral de mantenimiento, García garrido, Santiago

5.1.5. MANTENIMIENTO CERO HORAS (OVERHAUL)

Objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. tiene como objetivo dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si éste fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

5.2. PLAN DE MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento es el elemento en un modelo de gestión de activos que define los programas de mantenimiento a los activos (actividades periódicas preventivas, predictivas y detectivas), con los objetivos de mejorar la efectividad de estos, con tareas necesarias y oportunas, y de definir las frecuencias, las variables de control, el presupuesto de recursos y los procedimientos para cada actividad.

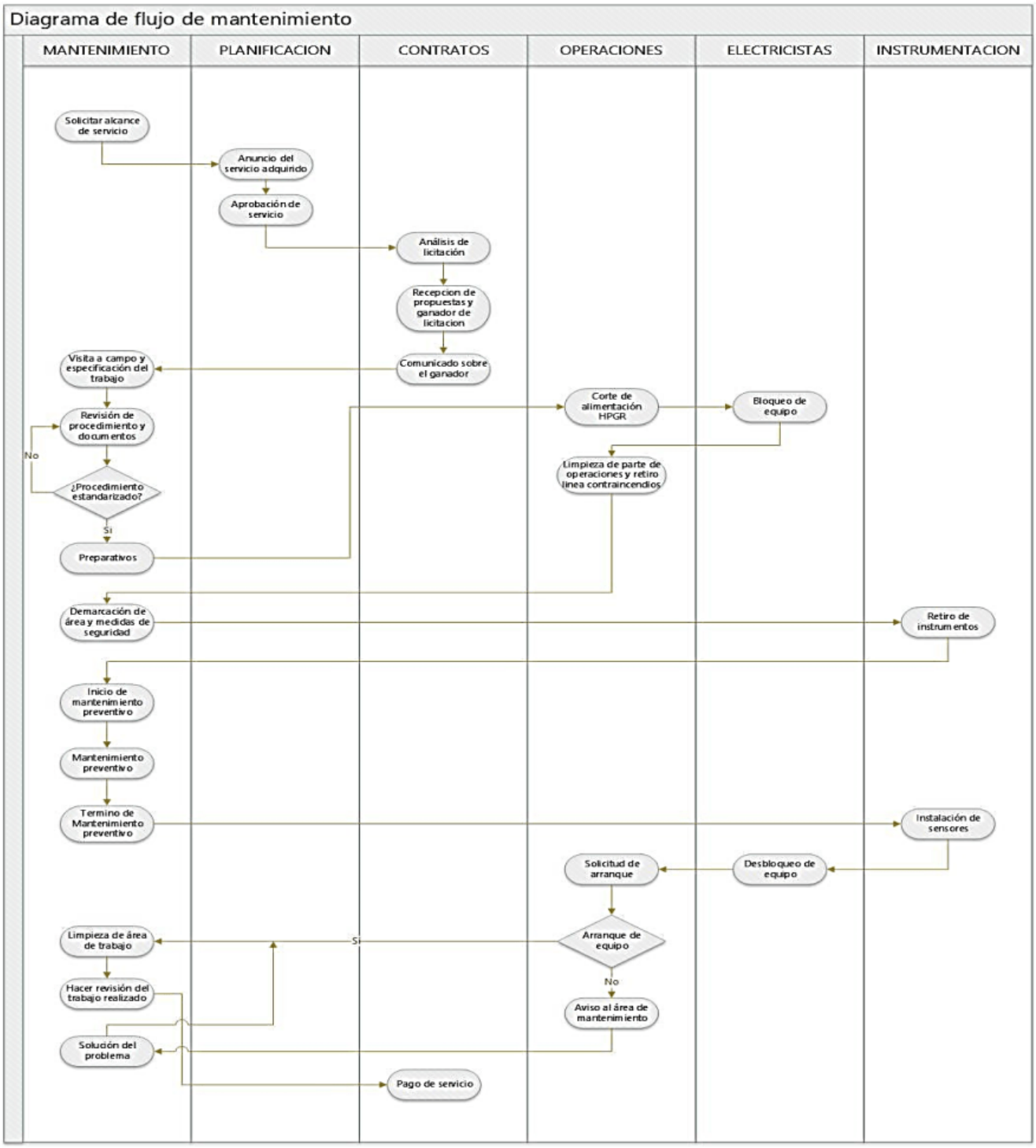
Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas preventivas a realizar en una instalación con el fin de cumplir unos objetivos de disponibilidad, de fiabilidad, de coste y con el objetivo final de aumentar al máximo posible la vida útil de la instalación. Existen al menos tres formas de elaborar un plan de mantenimiento, es decir, de determinar el conjunto de tareas preventivas a llevar a cabo en la instalación: basarse en las recomendaciones de los fabricantes, basarse en protocolos genéricos o basarse en un análisis de fallos potenciales

El conocido plan de mantenimiento no es más que una serie de tareas que de manera planeada y programada se deben realizar a un equipo o sistema productivo con una frecuencia determinada.

En el circuito de chancado terciario donde se encuentran ubicados las chancadoras de rodillos de molienda de alta presión, equipos de muy alta relevancia en la producción de material particulado para el procesamiento de concentrado de cobre, se encontró deficiencias en los cumplimientos de los mantenimientos preventivos, autónomos y planificados, debido al no cumplimiento en las entregas a tiempo de estos equipos para su mantenimiento, el motivo principal eran las detenciones inesperadas por altas temperaturas en rodamientos de motores eléctricos y en rodamientos de rodillos, seguido de las detenciones por atoros por falta de inspecciones y limpiezas en las tolvas de alimentación a estos equipos y por otros motivos de

relevancia menor.

Figura 5.2 Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo en HPGR



Fuente: tomada de (segundo,2021)

Secuencia de cambio de rodillos

PASOS	DESCRIPCIÓN	Tiempo
1	Traslado de herramientas a punto de trabajo	0.5H
2	Coordinación para pedido de equipo	0.5H
3	Limpieza de equipo por parte de operaciones	3.0H
4	Entrega del equipo	0.5H
5	Bloqueo del equipo	1.5H
6	Demarcación de áreas de trabajo	1.0H
7	Mantenimiento preventivo	50H
8	Desbloqueo de equipos	2.0H
9	Orden y limpieza	0.5H
10	Entrega de equipos a operaciones para prueba de arranque	0.5H
TOTAL DE HORAS		60 H

Fuente: tomada (manuales, escon)

En la siguiente descripción tenemos los efectos más relevantes que están ocasionando la disminución de la eficacia global de los equipos de rodillos de molienda de alta presión en SMCV.

Análisis de causas de las detenciones de los equipos

- Alta temperatura en rodamientos de rodillos
- Alta Temperatura en Rodamientos de Motores Electricos
- Atoros en tolvas de Hopper
- Deficiente Lubricación ME
- Encalicha miento de tuberías de agua de refrigeración
- Desprendimiento de Studs
- Reuso de rodamientos de rodillos
- Fugas de Aceite en sellos de Reductores
- Alta Vibración en rodillos

- Cambio de motor eléctrico
- Cambio de rodillos
- Cambio de slider/Placas laterales
- Medición de desgaste de Studs

5.3. RESPONSABLES DEL MANTENIMIENTO

"Sin perjuicio, de lo desarrollado en el presente documento que establece condiciones y especificaciones mínimas que los trabajadores deben cumplir, todo trabajador tiene como responsabilidad la identificación de peligros y evaluación de los riesgos, cumpliendo con implementar los controles previos al inicio de cada trabajo, de acuerdo con lo establecido en el Art. 44 del D.S. 024-2016-EM."

5.3.1. GERENTE GENERAL:

- Colaboración con el cliente en la definición y cumplimiento de los objetivos del proyecto.
- Planificación del proyecto en todos sus aspectos, identificando las actividades a realizar, los recursos a poner en juego, los plazos y los costos previstos.
- Dirección y coordinación de todos los recursos empleados en el proyecto.
- Mantenimiento permanente de las relaciones externas del proyecto: clientes, proveedores, subcontratistas, otras direcciones, etc.
- Toma de decisiones necesarias para conocer en todo momento la situación en relación con los objetivos establecidos.
- Adopción de las medidas correctoras pertinentes para poner remedio a las desviaciones que se hubieran detectado.
- Proveer los recursos y asignar las responsabilidades para que el trabajo se desarrolle cumpliendo los estándares de seguridad del cliente, y los establecidos en la

normativa legal relativa a Seguridad y salud ocupacional.

5.3.2. SUPERVISOR DE OPERACIONES:

- Coordinación diaria con el LIDER DE GRUPO sobre la actividad a ejecutar en la jornada.
- Capacitar al personal respecto a los procedimientos escrito de trabajo seguro requeridos para el desarrollo de esta actividad.
- Es el responsable de la implementación y mantenimiento de lo establecido en los diferentes documentos requeridos para la actividad
- Es el responsable de mantener actualizada la documentación frente a cualquier cambio que se establezca y realizar la capacitación respecto a dichos cambios y la evaluación respectiva de ser necesario basado en la criticidad de la actividad.
- Supervisar la instrucción y entrenamiento de empleados nuevos.
- Monitorear el rendimiento de los empleados para asegurar el uso de prácticas seguras.
- Responsabilidad por el uso y la mantención de dispositivos de equipos de protección personal, equipos y resguardos.
- Notificar al líder de grupo, y la personal sobre las áreas de trabajo que presenten condiciones peligrosas y/o requieran atención especial.
- Desarrollar inspecciones para corroborar que se cumpla lo establecido en los documentos exigidos para la ejecución de las actividades.
- Inmediatamente informar todo incidente que podía resultar en lesiones o daño a la propiedad.
- Asegurarse que antes del inicio de las actividades se cuenten con los permisos de trabajo exigidos por la ley y SMCV.

- Paralizar las actividades cuando las condiciones de trabajo se tornen peligrosas y exista potencial de perdida.

- Es responsable de todo lo establecido en el DS 024-2016-EM art. 38.

5.3.3. SUPERVISOR DE SEGURIDAD

- Verificar y asesorar en el control de los riesgos, previa identificación de los peligros registrados en el IPERC CONTINUO.

- No permitir que personas sin autorización ingresen al área de carga, traslado y descarga de materiales.

- Paralizar cualquier labor en operación que se encuentre en peligro inminente y/o en condiciones sub-estándares que amenacen la integridad de las personas, equipos e instalaciones, hasta que se eliminen dichas amenazas.

- Estar presente en todas las actividades de alto riesgo.

- Asegurar que todo el personal haga uso adecuado de los equipos de protección personal asignados.

- Verificar la aplicación de los permisos de trabajo.

- Verificar y asesorar el trámite y/o uso de los permisos de trabajo correspondientes.

- Verificar y asesorar en la aplicación y efectividad de las medidas de control necesarias.

- Paralizar las actividades cuando las condiciones de trabajo se tornen peligrosas y exista potencial de perdida.

5.3.4. LIDER DE GRUPO

- Cumplir estrictamente el contenido del presente procedimiento para la actividad.

- Elaborar el IPERC CONTINUO en conjunto con todos los involucrados y

establecer medidas de control.

- No realizar ninguna actividad ni operar ningún equipo si no se está debidamente capacitado y autorizado para ello.
- Ejecutar todas las actividades encomendadas de acuerdo a lo señalado en el presente procedimiento.
- Informar inmediatamente a su jefe inmediato y residente de seguridad sobre la ocurrencia de incidentes, actos y condiciones sub-estándares y/o desviaciones en el proceso.
- Utilizar correctamente y en forma permanente sus equipos de protección personal.
- Señalizar y demarcar sus áreas de trabajo previo al inicio de las actividades.
- Proveer información a la supervisión a fin de mejorar las condiciones de seguridad.
- Obedecer las normas, reglamentos, procedimientos e instrucciones de seguridad que se te han entregado.
- Comunicar a su residente inmediato la paralización de las actividades cuando las condiciones de trabajo se tornen peligrosas y exista potencial de perdida.

5.3.5. PERSONAL OPERATIVO:

- Cumplir estrictamente el contenido del presente procedimiento para la actividad.
- Elaborar el IPERC CONTINUO en conjunto con todos los involucrados y establecer medidas de control.
- No realizar ninguna actividad ni operar ningún equipo si no se está debidamente capacitado y autorizado para ello.
- Ejecutar todas las actividades encomendadas de acuerdo a lo señalado en el presente procedimiento.
- Informar inmediatamente a su jefe inmediato y residente de seguridad sobre la

ocurrencia de incidentes, actos y condiciones subestandares y/o desviaciones en el proceso.

- Utilizar correctamente y en forma permanente sus equipos de protección personal.
- Señalizar y demarcar sus áreas de trabajo previo al inicio de las actividades.
- Proveer información a la supervisión a fin de mejorar las condiciones de seguridad.
- Obedecer las normas, reglamentos, procedimientos e instrucciones de seguridad que se te han entregado.
- Comunicar a su residente inmediato la paralización de las actividades cuando las condiciones de trabajo se tornen peligrosas y exista potencial de perdida.

5.3.6. VIGIA DE FUEGO:

- Antes de iniciar el trabajo, se asegura que los sistemas de alarma y combate de incendio se encuentran operativos. Debe contar con acreditación de vigía de fuego en SMCV actualizada.
- Realiza la vigilancia después de terminado el trabajo (30 y 60 minutos)
- Reconoce los riesgos potenciales del trabajo en caliente.
- Solicita el cierre del permiso una vez concluida la vigilancia post – trabajo.
- Vigila el área donde se realiza el trabajo en caliente.
- Ayuda a asegurar la contención de chispas y escorias resultantes del trabajo.
- Mantiene en las proximidades del trabajo extintores operativos y cargados.
- Conoce el procedimiento de emergencias de SMCV.
- Asegurarse que se retire en un radio de 11 m. cualquier peligro potencial de incendio o explosión. En caso no pudieran ser retirados deberán ser cubiertos con elementos resistentes al fuego.

- Conoce la ubicación de los sistemas de alarma y combate de incendio.

5.3.7. SOLDADOR:

- Participar en el llenado del IPECR continuo y en el llenado del permiso de trabajo en caliente.
- Contar con conocimientos y experiencia en trabajos de soldadura
- Aplicar reglamento de sistema de bloqueo LOTOTO antes de la intervención.
- Demarcar el área de trabajo con cinta de seguridad amarilla o roja si fuere necesario
- Preparar con anticipación los equipos, herramientas y materiales necesarios para el trabajo programado.
- Inspeccionar los equipos de soldadura, antes de usarlos, para asegurar su funcionamiento.
- Inspeccionar los equipos de protección personal de soldadura antes de realizar las actividades.
- Conocer y cumplir lo establecido en las hojas FDS de los productos químicos involucrados.
- Mantener el orden y limpieza del área de trabajo durante y después de realizar el trabajo.
- Limpiar y almacenar las herramientas correctamente después de usarlas.
- Utilizar el equipo de protección personal de soldadura de forma correcta en todo momento al realizar el trabajo.
- Prohibir la presencia de personas ajenas al área de trabajo, la cual deberá estar demarcada con cinta de peligro.
- Cumplir con el procedimiento operativo y la documentación relacionada en el desarrollo de la actividad, el personal debe tener limpia y ordenada el área de

trabajo, con buenas prácticas ambientales y de seguridad.

5.3.8. OPERADOR DE CAMION GRUA:

- Inspeccionar diariamente el equipo asignado al inicio de cada jornada de trabajo
- Operar la grúa respetando la tabla de capacidad del equipo y la velocidad establecida para el área de operación. Debe contar con licencia de operador en SMCV actualizada, debe indicar hasta que capacidad está autorizado a operar.
- Seguir los procedimientos adecuados al operar el equipo.
- Informar de cualquier daño o anomalía que pueda afectar la operación y la seguridad de la grúa a su supervisor y según instrucciones del supervisor proceder con lo necesario para la respectiva reparación.
- Planificar y documentar cualquier Izaje Crítico que vaya a efectuar
- El operador tendrá la responsabilidad por las operaciones que estén bajo su control. En caso de existir alguna duda en cuanto la seguridad de la operación, el operador tendrá la autoridad de detener y rehusarse a manejar la carga hasta que las condiciones sean seguras.

5.3.9. MANIOBRISTA:

- Inspeccionar diariamente el equipo asignado al inicio de cada jornada de trabajo
- Conocer y hacer uso del Código de Señales de Mano Estándar ASME B30.5-2007 referido en el presente reglamento.
- Proveer de señales claramente entendibles y verificar su cumplimiento en coordinación continua con el operador.
- Es el encargado de planificar el izaje, selecciona los elementos de izaje, realiza y/o dirige el estrobado o fijación de la carga, da las señales al operador de la grúa para el manejo de la carga.
- Debe asegurarse que su ubicación garantice un contacto visual permanente con el

operador, así como de la trayectoria de la carga a izar, en casos especiales se deberá hacer uso de medios de comunicación fiables como radio transmisores.

- Detener la operación de la grúa si es alertado de alguna condición insegura que afecte la seguridad de tales operaciones.

- Asegurarse que el área para soportar la operación de la grúa esté preparada antes del inicio de la operación de la grúa

- Asegurarse que la zona de trabajo de la grúa esta señalizada para restringir el ingreso no autorizado de personas y vehículos.

- Designar al señalero en coordinación con el operador de la grúa, asegurándose que este calificado.

- Informar al operador del peso de la carga a ser izada, el lugar de ubicación y posicionamiento.

5.3.10. VIGÍA DE ESPACIOS CONFINADOS:

- Estar familiarizado con los peligros de los espacios confinados durante el ingreso incluyendo las rutas de exposición (inhalación, absorción, etc.), signos, síntomas, consecuencias.

- Mantener permanentemente un conteo exacto de todos los trabajadores que estén en cualquier momento en el interior del Espacio Confinado

- Debe estar ubicado fuera del espacio confinado y solo monitorear un espacio confinado a la vez.

- Conocer el procedimiento de emergencias de SMCV

- Monitorear las actividades y trabajos dentro y fuera del Espacio Confinado para determinar si es seguro para los trabajadores permanecer en su interior.

- Mantener una comunicación continua y efectiva con los trabajadores que estén en el interior del Espacio Confinado y nunca entra al Espacio Confinado.

- Activar el procedimiento de emergencia tan pronto como determine que hay una emergencia y que los trabajadores autorizados deben evacuar el Espacio Confinado.

- Cerrar el Permiso de Ingreso si las condiciones de trabajo no son seguras, o si un trabajador no autorizado traspasa hacia el interior del Espacio Confinado.

- Verificar que ningún personal este debajo de la carga suspendida al momento de retirar los liners

5.4. CAMBIOS DE RODILLO EN LOS HPGR

5.4.1. Instalación de plataformas

Previo a la detención de equipos se coordina el armado de andamios para la instalación de plataformas de trabajo. Verificar el correcto embone y fijación de las plataformas de trabajo, asimismo realizar la inspección de las uniones soldadas de los puntos de izaje y anclaje alrededor de la plataforma del Hooper. Aplicar los controles referidos a Trabajos en Altura o Desnivel.

Para C2, Supervisor de Mantenimiento coordina la restricción y bloqueo del sistema contraincendios asociado al equipo a intervenir. Recuerde: Verificar el cumplimiento de las medidas de control asociados a la interrupción temporal de sistema contra incendios que figuren en el formato correspondiente.

5.4.2. Bloqueo y limpieza de carga acumulada

Se coordina el requerimiento de limpieza del Hooper de alimentación vacío. El supervisor mecánico verifica que en las partes altas no haya mineral con riesgo de caer.

Bloqueo: Se bloquean todos los equipos aguas arriba y aguas abajo. En C2, verificar que las cuchillas o sliders se encuentren totalmente abiertos.

Equipos a Bloquear	C1	C2
Chancadora Terciaria HPGR	X	X
Faja de Alimentación		X
Feeder de Alimentación	X	
Sistema Hidráulico	X	X
Divisor	X	X
Bloqueo Mecánico de Líneas Agua Refrigeración	X	X
Faja de Descarga HPGR´s (Bloqueo Temporal)	X	X

Retiro de guardas de reductor e instalación de plataformas en chute de descarga

Retirar y asegurar las guardas de los reductores y de los ejes cardanicos en una zona que no interfiera las maniobras de desmontaje/montaje ni el tránsito de personal. Aplicar los controles referidos a Trabajos con Izaje o Cargas Suspendidas y Restricción y Demarcación de Áreas.

Figura No 5.3: Instalación de plataformas en la descarga de HPGR´s
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Supervisor de Mantenimiento coordina con Supervisor de Operaciones la detención de la faja de descarga de los HPGR´s.

Verificar la limpieza de los rodillos y el chute de descarga, instalar las barreras físicas de Open Hole por la puerta frontal y posterior del HPGR. Instalar plataformas en el interior del chute de descarga verificando que no haya aberturas entre ellos. Aplicar los controles críticos para Trabajos en Espacios Confinados y Trabajos con Open Hole.

5.4.3. Desconexión de tuberías y sensores

- Retirar las conexiones de los puntos de engrase de los rodillos, debiendo verificar

el cierre o sellado de todas las conexiones expuestas.

- Retirar todas las tuberías de alimentación y salida de agua de sistema de enfriamiento de los HPGR´s.
- Solicitar a personal de E&I el retiro de los sensores y conectores adicionales:
- Sensor de Nivel de Hooper
- Sensor intuitivo de cuchilla
- Sensor de posición de cuchillas
- Conectores de válvulas de cuchillas
- Conectores de solenoides
- Sensor de posición de rodillos
- Sensor de temperatura de rodillos RTD
- Sensor de guardas (solo para desconexión de cardán)
- Sensor de velocidad cero de reductores

5.4.4. Instalación de soporte de reductores (Trineos)

Posicionar y/o verificar los soportes debajo de los reductores del rodillo fijo/móvil regulando las medias lunas a los reductores mediante los espárragos, verificar la limpieza de los soportes, el estado de los espárragos y la limpieza de los reductores.

En C1, instalar las tortugas móviles debajo del soporte, usar un cilindro hidráulico de 10TON debajo del soporte C para facilitar la instalación de las tortugas, fijar las tortugas con sus pernos de sujeción.

Ya posicionado el reductor sobre su soporte se fijará con correas de amarre (RATCHET) verificando su buen tensado.

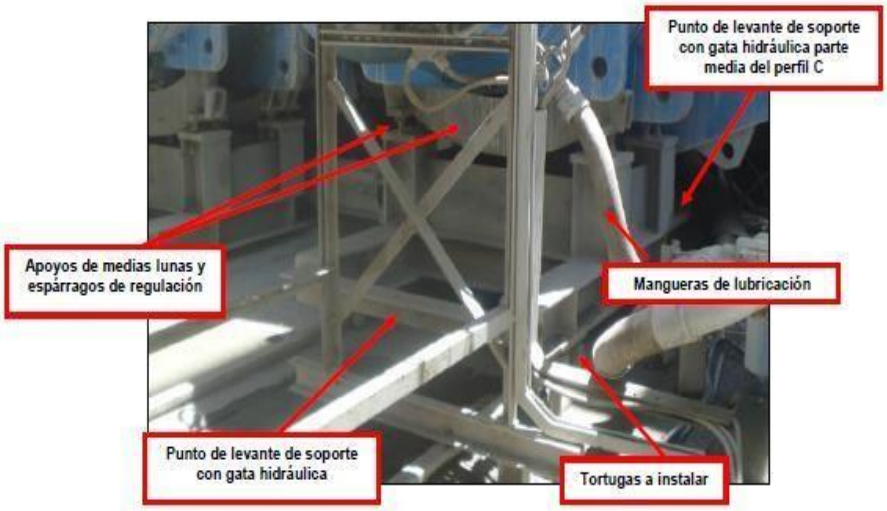


Figura No 5.4:. Soporte retiro de reductor
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.4.5. Retiro de pernos base – Rodillo Fijo

Retirar los 10 pernos por cada lado de la base del rodillo fijo con una llave dinamométrica (Hytorc 85 mm). No accionar el equipo hidráulico mientras no se tenga la confirmación del mecánico que coloca la llave dinamométrica en el perno a desajustar, mantener la comunicación en todo momento.

Realizar la limpieza manual de los pernos de fijación con removedor de óxido, asimismo retirar las tuberías de engrase de los rodillos siguiendo los controles críticos de Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas.

Figura No 5.5: Soporte retiro de reductor
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.4.6. Desacople y despegado de los reductores con rodillos fijo/móvil

Posicionar las chavetas del rodillo fijo / móvil en forma vertical y calzar los reductores para evitar las cargas inclinado.

Retirar los pernos de la unión bridada entre el rodillo fijo/móvil y su reductor con llave hidráulica (HYTORC 75mm), finalmente retirar los pernos con una pistola neumática de 1".

Para realizar el retiro de los pernos de la parte superior del acople una persona debidamente anclada sobre el acople del rodillo procederá a desajustar los pernos manteniendo comunicación constante con el operador de la bomba hidráulica. Aplicar los controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel.

Despegar el reductor del rodillo hasta que la chaveta quede totalmente separada del reductor aprox. 100 – 150 mm, hacer uso del soporte metálico entre la base del rodillo y la base del brazo del reductor y un pistón hidráulico de 100 TON. Mantenerse alejado fuera de la línea de fuego en momento de accionamiento del conjunto hidráulico.

Figura No 5.6: Desacople y despegado de rodillos fijo/móvil
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.4.7. Desmontar las placas laterales de acuerdo al procedimiento:

Para C2, con ayuda de una escalera instalar un tecle manual de cadena de 1/1.5TON en la oreja de izaje del Hopper. Implemente controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel.

Para C1, colocar la herramienta de sujeción en la viga superior donde será instalado el tecle de 1/1.5 TON. Implemente controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel.

Figura No 5.7: Instalación del tecle manual de cadena C2 y C1
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Instalar las cadenas (barreras físicas) que ayudan a demarcar el Open Hole, asimismo realizar la demarcación de área en la zona inferior de la escalera de acceso a la plataforma de trabajo. Aplicar los controles críticos asociados para trabajos con Open Hole y Restricción y Demarcación de Áreas.

Retirar la cubierta superior para liberar el regulador, ubicar un pistón hidráulico en la parte inferior de la superficie de la placa lateral y ejercer presión con una bomba hidráulica manual hasta liberar el regulador, con una llave mixta de 30mm retirar la tuerca de fijación del regulador.

Figura No 5.8: Desconexión de mangueras y retiro del regulador
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Instalar los elementos de izaje previo al retiro de pernos de sujeción.

Retirar los pernos de sujeción con pistola de impacto de ¾” y los dados de 1 7/16” y 1

5/16”, con ayuda del tecle instalado se realiza el izaje de la placa lateral y es debidamente asegurada en la plataforma del Hooper o descendida al nivel inferior si se requiriese su cambio.

Finalmente retirar las tapas laterales. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. Recuerde: Todo izaje debe ser planificado, incluyendo la preparación del lugar donde se colocará la carga y la forma de demarcación que incluya la trayectoria de la carga y permita alcanzar los vientos sin exponerse a una posible caída de la carga. Verifique que nadie se encuentre dentro de la zona demarcada.

Figura No 5.9: Desmontaje de las placas laterales C2 y C1
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Desplazamiento de Hooper, Izaje de Tolvín Regulador e Izaje de Upper Boom

En C2, considerar el retiro de las vigas de reforzamientos estructural en ambos lados de los Hooper, para ello retirar los pernos de sujeción con pistolas neumáticas.

Realizar el retiro de los pernos de la unión bridada entre la brida superior e inferior del Hooper y el Tolvin regulador.

Instalar el aparejo a las orejas del Hooper, unir el aparejo con un estrobo, el cual es guiado por una roldana de 3 TON al gancho de la grúa puente.

Verificar y/o retirar liners superiores del Hooper que pueda interferir con la maniobra de desplazamiento, asimismo verificar la limpieza de las vigas y ruedas de desplazamiento.

El rigger en coordinación con el operador de la grúa proceden a desplazar el Hooper hasta

el extremo de la viga en rodadura que lo soporta. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. Recuerde: Todo izaje debe ser planificado, verifique que nadie se encuentre debajo de la carga suspendida durante la maniobra.

Figura No 5.10: Desplazamiento de Hooper
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.4.8. Izaje de Tolvin Regulador

Retirar las planchas del piso de la plataforma del Hooper, las cuales son colocadas y aseguradas sobre el tolvín regulador del Hooper. Personal debe estar anclado en todo momento a las líneas de vida instaladas alrededor del Hooper.

Retirar los pernos de fijación de la mesa centradora y pernos del Upper Boom del rodillo fijo haciendo uso de pistola y dado de impacto de 85 mm, de ser necesario usar llave Hytorc 85 mm.

Instalar eslingas en los cuatro puntos de izaje del Tolvin regulador, los cuales son asegurados e izados con los tecles de 05 TON instalados en la viga de parte superior del Hooper.

Figura No 5.11: Izaje de Tolvín Regulador
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.4.9. Izaje de Upper Boom

Instalar grilletes de 1 ¼" en los cáncamos del Upper Boom e izarlo aproximadamente 75 – 100 mm con los dos tecles de 10 TON instalados previamente hasta que las chavetas superiores del rodillo fijo queden liberadas. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. Recuerde: Verificar que nadie se encuentre dentro de la línea de fuego durante la maniobra.

5.4.10. Retiro de Chavetas

Personal debidamente anclado ingresa por la compuerta frontal del HPGR e instala un soporte para el retiro de las chavetas inferiores del rodillo Fijo, el soporte funciona como base para la instalación de un pistón hidráulico, el cual al ser accionado desplaza la chaveta hacia afuera; en el exterior las chavetas son aseguradas y retiradas en coordinación continua.

Implementar controles críticos para Trabajos en Espacios Confinados. Recuerde: Si durante el accionamiento de la gata hidráulica no se observa desplazamiento de la chaveta, detener el trabajo y revisar las condiciones de trabajo, personal no debe de estar expuesto a la línea de fuego.

Figura No 5.12: Retiro de chavetas inferiores del rodillo fijo
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.4.11. Preparativos para desmontaje de rodillos

Instalar los teflones sobre los soportes guiadores para el retiro de los rodillos y asegurarlos con sus respectivos pernos de fijación. Hacer uso de gatas de 100 TON para levantar el rodillo e instalar y asegurar los teflones debajo de los mismos.

Retirar los topes mecánicos inferiores que unen los rodillos fijo y móvil e instalar el brazo conector que une el rodillo fijo al rodillo móvil durante su desplazamiento.

Retirar los protectores de los cilindros émbolos buzos del rodillo móvil con ayuda de llaves mixtas.

Instalar los 02 soportes que unen la puerta frontal con el rodillo fijo, asegurar los pernos de fijación de los mismos con ayuda de una pistola de impacto, asimismo instalar la baranda de protección en la puerta frontal.

Instalar los 02 cilindros hidráulicos de doble efecto sobre los soportes guiadores con la grúa puente, asegurar los soportes de los cilindros con sus 02 pines de fijación respectivamente. Instalar los cáncamos M36 en ambos lados del rodillo fijo, los cuales son conectados a los cilindros hidráulicos de doble efecto.

Coordinar constantemente todos los trabajos mencionados para evitar congestión de personal en el área de trabajo. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. Recuerde: Verificar que nadie se encuentre dentro de la línea de fuego durante las

maniobras de izaje de los diversos componentes.

Figura No 5.13: Preparativos para desmontaje de rodillos
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.4.12. Desmontaje de puerta frontal

Accionar la bomba hidráulica de los pistones de doble efecto en simultaneo, se contarán con vigías que verifiquen en todo momento el desplazamiento paralelo de los rodillos sobre los teflones.

Cuando la carrera de los pistones de doble efecto es mínima; detener la maniobra, reubicar y extender los vástagos de los pistones, asegurar nuevamente a los cáncamos del rodillo y continuar con la maniobra de desplazamiento hasta que el gancho de la grúa puente tenga acceso para el izaje de la puerta.

Instalar los accesorios de izaje, desmontar la puerta y trasladarla hasta el nivel inferior del edificio de chancado. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. Recuerde: Todo izaje debe ser planificado, incluyendo la preparación del lugar donde se colocará la carga y la forma de demarcación que incluya la trayectoria de la carga. Verifique que nadie se encuentre dentro de la zona demarcada.

Figura No 5.14: Desmontaje de puerta frontal HPGR
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.4.13. Desmontaje de rodillos fijo y móvil

Fijar los pistones hidráulicos a los cáncamos del rodillo fijo, accionar el sistema hidráulico y verificar el desplazamiento de ambos rodillos hasta que el gancho de la grúa pueda ubicarse en sobre el rodillo fijo para su desmontaje. Se contarán con vigías que verifiquen en todo momento el desplazamiento paralelo de los rodillos sobre los teflones.

Instalar y asegurar el TRAVERSO de izaje sobre el rodillo fijo, con una pistola neumática de 1 ½" ajustar los 08 pernos del TRAVERSO; instalar los grilletes y eslingas tubulares de 80 TON a las orejas de izaje.

Retirar los pistones y los cáncamos del rodillo fijo, asimismo retirar el brazo conector entre el rodillo fijo y móvil. Aplicar los controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel.

Izar el rodillo y trasladarlo sobre su soporte en el nivel inferior, retirar el TRAVERSO e instalarlo en el rodillo móvil. Repetir el procedimiento para el retiro del rodillo móvil.

Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. Recuerde: Todo izaje debe ser planificado, incluyendo la preparación del lugar donde se colocará la carga y la forma de demarcación que incluya la trayectoria de la carga y permita alcanzar los vientos sin exponerse a una posible caída de la carga. Verifique que nadie se encuentre dentro de la zona demarcada.

Figura No 5.15:: Desmontaje de rodillo fijo y móvil
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Desvestido de rodillos desmontados y vestido de rodillos nuevos

Retirar las chavetas, los topes móviles y fijos, conexiones hidráulicas de los rodillos desmontados e instalarlos en los rodillos nuevos previa inspección de los mismos.

Figura No 5.161:: Vestido de rodillos nuevos
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.4.14. Montaje de rodillos nuevos

Instalar los TRAVERSOS sobre los rodillos nuevos y asegurar los accesorios de izaje, izar el rodillo móvil sobre los teflones, instalar los pistones de doble efecto e iniciar el desplazado del rodillo móvil. Se contarán con vigías que verifiquen en todo momento el desplazamiento paralelo del rodillo sobre sus guías.

Izar el rodillo fijo e iniciar su desplazamiento similar a la maniobra con el rodillo móvil,

antes de ubicar el rodillo fijo en su posición final, desconectar los pistones hidráulicos e izar la puerta y asegurarla al rodillo fijo y continuar con la maniobra de empuje rodillo móvil, fijo y la puerta frontal del HPGR.

Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. Recuerde: Todo izaje debe ser planificado, incluyendo la preparación del lugar donde se colocará la carga y la forma de demarcación que incluya la trayectoria de la carga y permita alcanzar los vientos sin exponerse a una posible caída de la carga. Verifique que nadie se encuentre dentro de la zona demarcada.

Figura No 5.27:: Montaje de rodillos fijo, móvil y puerta de HPGR
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Alinear el rodillo fijo respecto a su base teniendo como guía la instalación de los pernos de la base y la verificación de la muesca de las 04 esquinas inferiores. Instalar las chavetas inferiores levantando el rodillo fijo con cilindros hidráulicos desde su base.

Alinear los reductores fijo y móvil, alinear las chavetas del reductor y colocar los pernos en las uniones bridadas, instalar y alinear las chavetas superiores del rodillo fijo y mediante el accionamiento de los tecles descender el Upper Boom. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. Recuerde: Verificar que nadie se encuentre dentro de la línea de fuego durante la maniobra.

Figura No 5.18: Alineamiento del rodillo fijo
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Verificar alineamiento entre ambas caras del rodillo. Instalar y ajustan los topes móviles y fijos entre ambos rodillos. Considerando los rodillos montados, se debe verificar las medidas de los topes y platos a instalar.

Ajustar los pernos de la base del rodillo y del Upper Boom con la llave Hytorc Stealth 14 de 85 mm a 9000 Nm.

Personal mecánico procede a ajustar los pernos de la unión bridada de los reductores con los rodillos haciendo uso de la llave Hytorc Stealth 08 de 75 mm a 7700 Nm.

Ajustar los pernos manteniendo comunicación constante con el operador de la bomba hidráulica. Mantener las manos alejadas de la línea de fuego. Aplicar los controles críticos para trabajos en Altura o Desnivel.

Figura No 5.19: Ajuste de pernos de reductor con llave Hytorc
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.4.15. Montaje de Tolvin regulador

Descender el tolvín regulador accionando los tecles de 05 TON instalados en la viga superior del Hooper, Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. Recuerde: Verificar que nadie se encuentre dentro de la línea de fuego durante la maniobra.

Instalar las planchas del piso de la plataforma del Hooper. Personal debe estar anclado en todo momento a las líneas de vida instaladas alrededor del Hooper.

5.4.16. Jalado del Hooper de Alimentación

El rigger en coordinación con el operador de la grúa proceden a desplazar el Hooper hasta su posición de trabajo. Retirar los accesorios de izaje. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. Recuerde: Todo izaje debe ser planificado, verifique que nadie se encuentre dentro de la zona demarcada durante la maniobra.

Instalar los pernos de la unión bridada entre la brida inferior del Hooper y el Tolvin regulador.

5.4.17. Montaje de placas laterales

Instalar las cadenas (barreras físicas) que ayudan a demarcar el Open Hole, asimismo realizar la demarcación en la zona inferior de la escalera de acceso a la plataforma de trabajo. Aplicar los controles críticos asociados para Trabajos con Open Hole y Restricción y Demarcación de Áreas.

Instalar y asegurar los elementos de izaje en la placa lateral, se realiza el izaje del componente y es ubicada dentro de la abertura. Instalar los pernos de sujeción con pistola de impacto de ¾” y los dados de 1 7/16” y 1 5/16”.

Implementar controles críticos para Trabajos con Open Hole y Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. Recuerde: Todo izaje debe ser planificado, incluyendo la preparación del lugar donde se colocará la carga y la forma de demarcación que incluya la trayectoria de la carga y permita alcanzar los vientos sin exponerse a una posible caída de la carga. Verifique que nadie se encuentre dentro de la zona demarcada.

Ubicar un pistón hidráulico en la parte inferior de la superficie de la placa lateral y ejercer presión con una bomba hidráulica manual hasta instalar el regulador, con una llave mixta de 30mm ajustar la tuerca de fijación del regulador. Verificar la separación entre el rodillo y la placa lateral.

Figura No 5.20: Montaje de placas laterales
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.4.18. Instalación de guardas, mangueras y retiro de plataformas

Instalar las mangueras de lubricación y sistema de enfriamiento de los rodillos, finalmente coordinar con personal de E&I la instalación de los sensores retirados según el punto de Instalar y asegurar las guardas en los reductores y eje cardánico.

Para C2, Supervisor de Mantenimiento coordina el desbloqueo del sistema contraincendios asociado al equipo a intervenir.

Personal mecánico realiza el bloqueo temporal de la faja de descarga de HPGR´s para realizar el retiro de tablones instalados. Aplicar los controles críticos para Trabajos en Espacios Confinados y Trabajos con Open Hole

Figura No 5.213: Instalación de las mangueras de lubricación
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

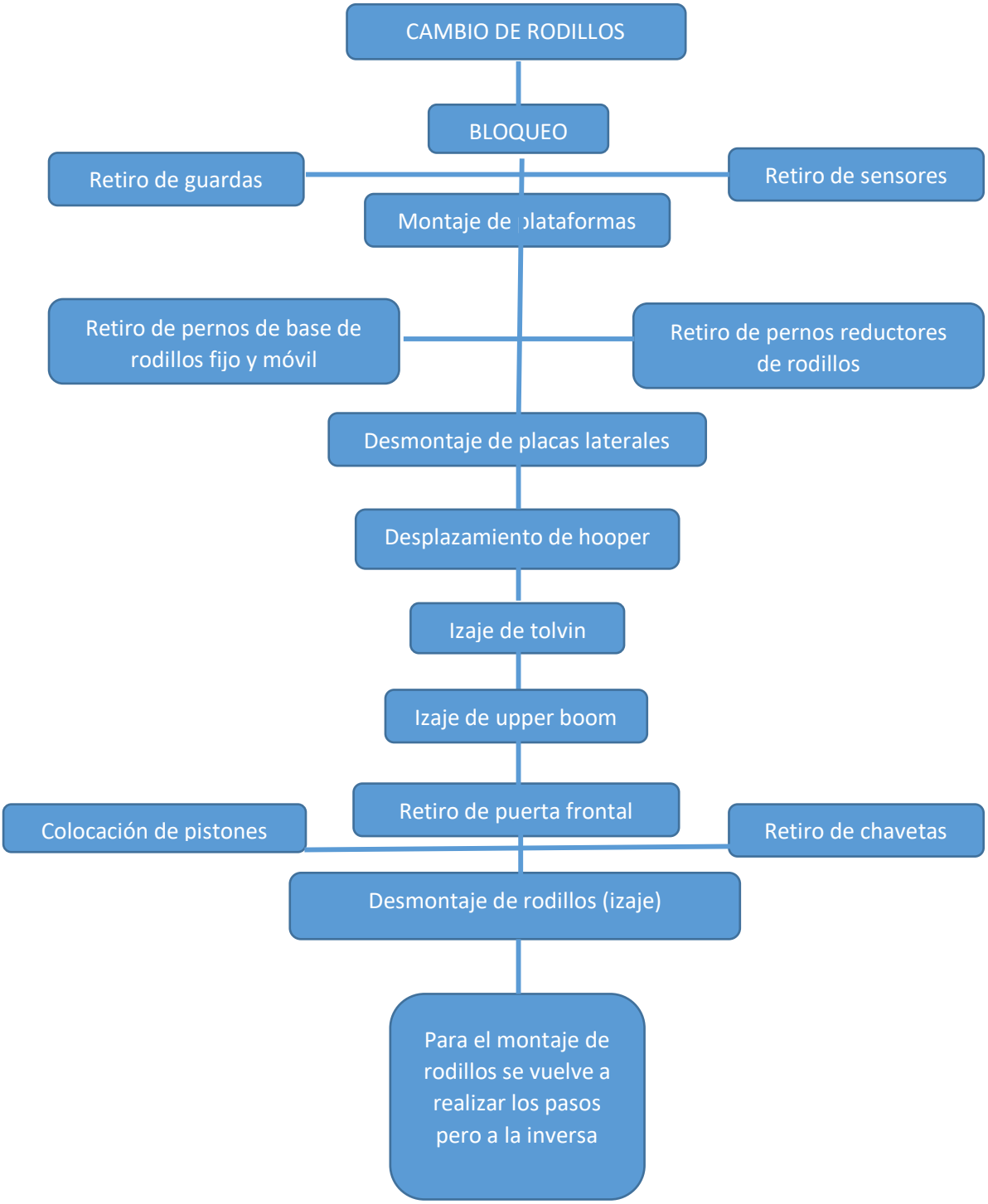


Figura No 5.22: Diagrama de cambio de cambio de rodillos
Fuente: elaboración propia

5.5. CAMBIO DE PLACAS LATERALES Y REGULACION DE GAP

5.5.1. Traslado y ubicación de placas laterales

Coordinar el traslado y ubicación de placas laterales en la plataforma del Hopper. Izar las Placas Laterales hacia la plataforma del Hooper (zona de cambio), apoyar y asegurar las placas laterales a la estructura de la plataforma. Implementar los controles críticos de Trabajos con Izaje o Cargas Suspendidas.

En C2, retirar las placas laterales de la tolva camión grúa con 02 eslingas de 1m x 1.4 TON, utilizar vientos necesarios para dirigir la carga de forma segura hasta el nivel de la chancadora. Para ubicar las placas laterales a nivel de los Hopper, ubicar el puente grúa y un estrobo (14m x 3/8") en la escotilla ubicada en un costado chute de descarga de las CV (050-053 y CV 054-057) y la plataforma de acceso.

Colocar 03 vientos a la placa lateral para que durante su izaje se eviten puntos de atascamientos con las vigas y/o compuertas y realizar el izaje de la placa lateral con las 02 eslingas de 1m x 1.4 TON hasta la plataforma del Hopper. Realizar el cambio de maniobra; asegurar 01 eslinga de 1m x 1.4 TON al tecle instalado en el Hooper y proceder con el aseguramiento de la placa lateral a la plataforma del Hooper debidamente con sogas a las barandas para evitar su caída. Implementar los controles críticos de Trabajos con Izaje o Cargas Suspendidas.

Para realizar el traslado de placas laterales dentro de la plataforma del Hooper, instalar tecles como retenidas en ambos lados de la placa y asegurarlas a las estructuras o puntos de izaje ubicados alrededor de la plataforma del Hooper, realizar el traslado con maniobras consecutivas hasta su posición final y asegurar la placa lateral a la plataforma del Hooper según lo indicado anteriormente.

Implementar los controles críticos de Trabajos con Izaje o Cargas Suspendidas. Recuerde: Todo izaje debe ser planificado, incluyendo la preparación del lugar donde se colocará la carga y la forma de demarcación que incluya la trayectoria de la carga y permita alcanzar los vientos sin exponerse a una posible caída de la carga. Utilizar vientos necesarios pare evitar posibles atascamientos de la placa lateral con vigas y/o compuertas. Verifique que nadie se encuentre dentro de la zona demarcada.

Verificar si existe la posibilidad de caída de materiales a diferente nivel y elimine la posibilidad de lastimar a alguien aplicando el estándar de Restricción y Demarcación de Áreas.

5.5.2. Bloqueo de Equipo

Limpieza: Coordinar con personal de operaciones la limpieza del Hooper del equipo a intervenir, de ser necesario se realizará una corrida al adicional al(los) equipo(s) asociado(s) al chute para facilitar la inspección y cambio de componentes. Verifique que no exista mineral con riesgo de desprendimiento.

Bloqueo: Se bloquean todos los equipos aguas arriba y aguas abajo. Verificar que las cuchillas o sliders se encuentren totalmente abiertos o retraídos. Implemente controles críticos de LOTOTO.

Equipos a Bloquear	C1	C2
Chancadora Terciaria HPGR	X	X
Faja de Alimentación		X
Feeder de Alimentación	X	
Sistema Hidráulico *(No considerar en GAP 0)*	X	X
Divisor	X	X

5.5.3. Desmontaje de placas laterales

Para C2, con ayuda de una escalera instalar un tecle manual de cadena de 1/1.5TON en la oreja de izaje del Hopper.

Para C1, colocar la herramienta de sujeción en la viga superior donde será instalado el tecle de 1/1.5 TON.

Figura No 5.23:: Instalación del tecle manual de cadena C2 y C1
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Retirar la cubierta superior para retirar los conectores del sistema hidráulico y el regulador, ubicar un pistón hidráulico en la parte inferior de la superficie de la placa lateral y ejercer presión con una bomba hidráulica manual hasta liberar el regulador, con una llave mixta de 30mm retirar la tuerca de fijación del mismo.

Figura No 5.24: Retiro de conectores y retiro del regulador
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Retirar los pernos de sujeción con pistola de impacto de ¾" y los dados de 1-7/16" y 1-5/16", con ayuda del tecle instalado se realiza el izaje de la placa lateral y es debidamente asegurada en la plataforma del Hooper. Implementar controles críticos para Trabajos en Espacios Confinados.

Verificar que no haya personal dentro del Open Hole antes de realizar el izaje de la placa lateral. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. Recuerde: Todo izaje debe ser planificado, incluyendo la preparación del lugar donde se colocará la carga. Verifique que nadie se encuentre dentro de la zona demarcada.

Figura No 5.254: Desmontaje de las placas laterales C2 y C1
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.5.4. Montaje de placas laterales

Colocar los elementos de izaje en la placa lateral nueva o reparada en la zona de cambio, izar la placa lateral dentro del Open Hole y verificar su posición desde el exterior. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes y Cargas Suspendidas.

Calzar los pernos de sujeción y verificar la posición y regulación de las guías de las cuchillas, ejercer presión en la placa lateral con un pistón hidráulico en la parte media de la placa lateral para darle el ajuste necesario a los pernos de sujeción con la pistola de impacto. Implementar controles críticos para Trabajos en Espacios Confinados y Trabajos con Open Hole

Figura No 5.26: Montaje de las placas laterales
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Verificar el GAP entre la placa lateral y los rodillos HPGR (Gap de 3 – 5 mm); de no ser así colocar o retirar lainas que están ubicadas entre la placa lateral y la base de los pernos de fijación de esta, ejercer presión en la placa lateral con el pistón hidráulico ubicado en la parte inferior de la placa lateral. Finalmente reponer el regulador en la parte inferior para mantener la distancia entre la placa lateral y los rodillos HPGR.

Reponer los conectores hidráulicos y la plataforma que cubre la placa lateral. Repetir el procedimiento descrito para el cambio de placa lateral opuesto.

5.5.5. Retiro y ubicación de placas laterales

Coordinar el retiro las placas laterales en la plataforma del Hopper. Izar las Placas Laterales desde la plataforma del Hooper (zona de cambio) hacia el camión grúa y/o nivel inferior del edificio de chancado terciario.

Implementar los controles críticos de Trabajos con Izaje o Cargas Suspendidas. Recuerde: Todo izaje debe ser planificado, incluyendo la preparación del lugar donde se colocará la carga y la forma de demarcación que incluya la trayectoria de la carga y permita alcanzar los vientos sin exponerse a una posible caída de la carga. Utilizar vientos necesarios pare evitar posibles atascamientos de la placa lateral con vigas y/o compuertas. Verifique que nadie se encuentre dentro de la zona demarcada.

Verificar si existe la posibilidad de caída de materiales a diferente nivel y elimine la posibilidad de lastimar a alguien aplicando el estándar de Restricción y Demarcación de Áreas.

5.5.6. Regulación de GAP 0 - HPGR´s C2

Cierre de rodillos: Ubicar en el BOX POLYCOM la pestaña SUMARIO y selecciona el servicio: “Modo local o Local AUTO” *(Fig.5.27)*, en la pestaña SIST. HIDRAULICO, selecciona “Activar panel adicional” y cerrar los rodillos hasta el límite de desplazamiento que permiten los topes mecánicos *(Fig.5.28)*

NOTA: Verificar que el sistema hidráulico se encuentre desbloqueado antes de aperturar/cerrar los rodillos.

Figura No 5.27: Configuración Modo local BOX POLYCOM
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Figura No 5.28: Cierre de rodillos BOX POLYCOM
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Apertura de ventana de inspección del Hopper: Retirar los pernos de las ventanas de inspección con la llave mixta 24mm.

Medición: Introducir la barra o bloque patrón por la ventana de inspección del Hopper hasta la zona más cerrada de los rodillos, medir y anotar la separación de los rodillos resta 40 milímetros (Gap 0). Este valor final ayudará para regular la apertura de los topes mecánicos regulables. Implementar controles críticos para trabajos con Open Hole.

Figura No 5.29: Introducción del bloque patrón
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Apertura de rodillos: Ubicar en el BOX POLYCOM la pestaña la pestaña SIST. HIDRAULICO, selecciona “Activar panel adicional” y procede a aperturar los rodillos hasta el límite de desplazamiento que permiten los topes mecánicos (aprox. 100mm).

Recuerde: Es necesario aperturar los rodillos para poder regular los topes regulables.

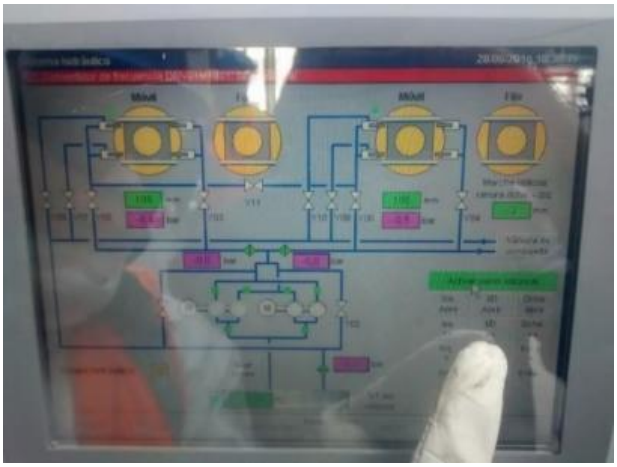


Figura No 5.305: Apertura de rodillos en BOX POLYCOM
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Retirar las guardas a un lado los topes, con llave o dado ¾" y pistola de impacto de encastre de ½" *(Fig.5.31)*. Para los pernos superiores hacer uso de escalera o plataforma de trabajo. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel.

Figura No 5.31: Guardas a retirar
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Ajuste de topes regulables (Superiores e Inferiores): BLOQUEAR EL SISTEMA HIDRAULICO. Retirar las abrazaderas y cubiertas que protegen a los topes regulables, adicionar a la longitud de los topes regulables el valor obtenido en la medición .

Retirar los seguros de los topes, verificar el punto inicial y giran los topes en sentido horario hasta conseguir la medida necesaria e instalar los seguros nuevamente. Repetir el mismo procedimiento hasta regular los 04 topes regulables.

NOTA: Considerar 1 vuelta completa de los topes equivale a 8 mm de longitud.

Ejemplo: Si se mide una abertura inicial de 60 mm, se resta 40mm (Gap 0), se tiene una diferencia de 20mm; entonces se necesita cerrar los topes regulables 20 mm, equivalente a girar 2.5 vueltas a los topes regulables.

Figura No 5.32: Seguro de los topes regulables.
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Verificación: Ubicar en el BOX POLYCOM la pestaña "SIST. HIDRAULICO", selecciona "Activar panel adicional" y cerrar los rodillos hasta el nuevo límite de desplazamiento que permiten los topes mecánicos.

Si la medida es 40mm continuamos con la calibración del gap cero; si es diferente de 40 mm entonces volver a repetir el ajuste de topes regulabes; reponer las cubiertas de protección, las abrazaderas y finalmente se coloca la guarda de seguridad.

Calibración Gap Cero: Coordinar con personal E&I la calibración de los sensores de posición en el BOX POLYCOM, de acuerdo a los siguientes pasos.

En el panel de operación del BOX POLYCOM ubicar la pestaña "POLYCOM", ingresar el usuario y la clave de acceso (PASSWORD□Dato por confirmar).

Figura No 5.33: Ingrese usuario y password
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

En el panel de operación del BOX POLYCOM ubicar la pestaña “PCS”, visualizar el texto “Ajustar ranura básica” desactivado; para activar el texto la presión del hidráulico deberá ser superior al valor indicado en “Presión inicial” en la parte superior de la misma pantalla.

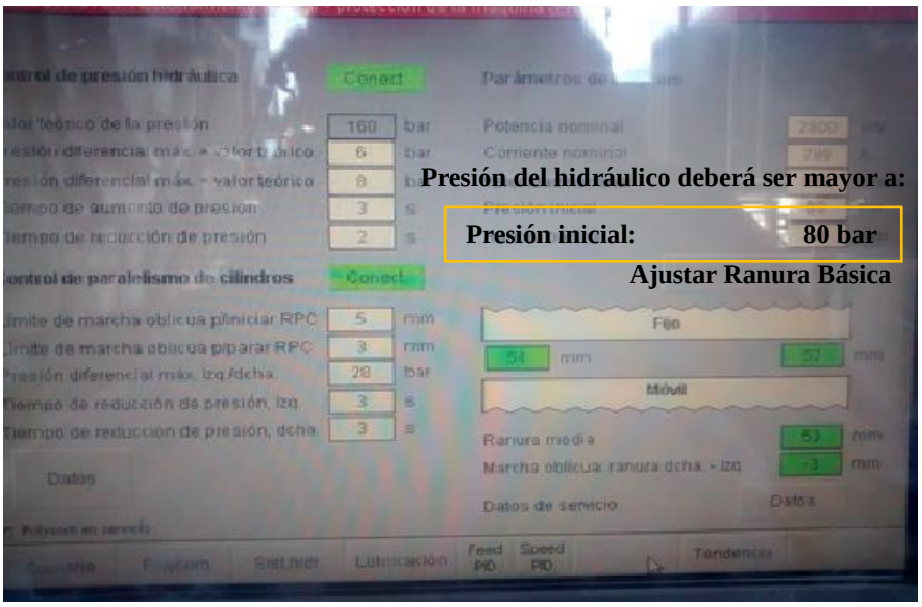


Figura No 5.34: Presión inicial a calibrar
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

En el panel de operación del BOX POLYCOM ubicar la pestaña “SIST. HIDRAULICO”, selecciona “Activar panel adicional” y ajustar la presión hasta que sea superior a la indicada en el paso anterior.

Figura No 5.35: Calibración de presión
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

En el panel de operación del BOX POLYCOM ubicar la pestaña “PCS”, aparecerá una pantalla donde se visualizará el texto “Ajustar ranura básica” activado; hacer click en el texto y se ajustará automáticamente al valor “40 mm”

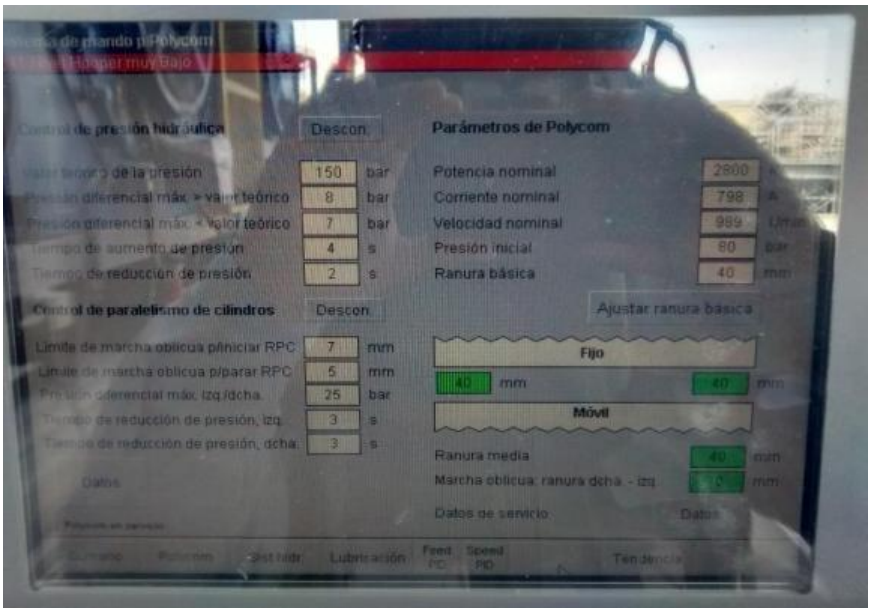


Figura No 5.36: Ajuste de GAP 0
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

El técnico mecánico responsable ubica en el BOX POLYCOM la pestaña “SIST. HIDRAULICO”, selecciona “Activar panel adicional” y procede a abrir los rodillos hasta el

límite de desplazamiento que permiten los topes mecánicos aprox. 100mm.

NOTA: Se debe dejar abierto el Gap de los rodillos antes de su entrega a operaciones.

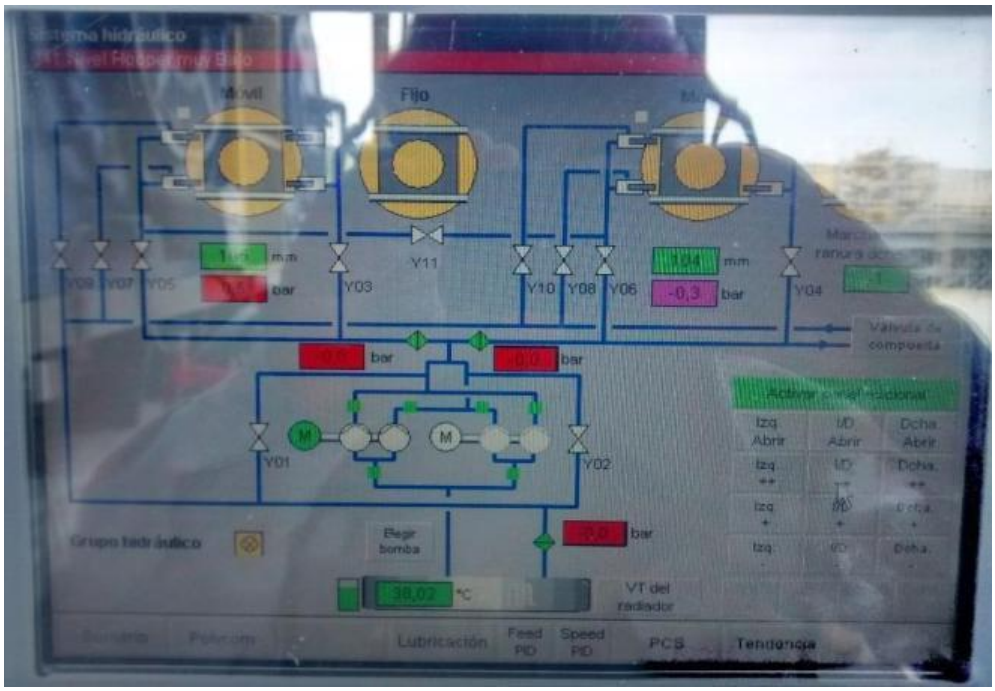


Figura No 5.37: Apertura de rodillos
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Finalmente, ubicar en el BOX POLYCOM la pestaña “POLYCOM”, se muestra una pantalla en la cual se deberá cerrar sesión” LOGOUT”

5.5.7. Regulación de GAP 0 - HPGR´s C1

Cierre de rodillos: Ubicar en el POMUX el modo local “Modo local o Local AUTO” *y* cerrar los rodillos hasta el límite de desplazamiento que permiten los topes mecánicos

NOTA: Verificar que el sistema hidráulico se encuentre desbloqueado antes de aperturar/cerrar los rodillos.

Figura No 5.38: Cierre de rodillos en POMUX

Apertura de ventana de inspección del Hopper: Retirar los pernos de las ventanas de inspección con la llave mixta 24mm.

Medición: Introducir la barra o bloque patrón por la ventana de inspección del Hopper hasta la zona más cerrada de los rodillos, medir y anotar la separación de los rodillos resta 30 milímetros (Gap 0). Este valor final ayudará para regular la apertura de los topes mecánicos regulables.

Figura No 5.39: Introducción del bloque patrón
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Apertura de rodillos: Ubicar en el POMUX el modo local "Modo local o Local AUTO" y aperturar los rodillos hasta el límite de desplazamiento que permiten los topes mecánicos (aprox. 100mm) como se indica en la *(Fig.5.40)*. Recuerde: Es necesario aperturar los rodillos para poder regular los topes regulables.

Figura No 5.40: Apertura de rodillos en POMUX
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Retiro de guarda: Retirar las guardas a un lado los topes, con llave o dado ¾" y pistola de impacto de encastre de ½" *(Fig.5.41)*. Para los pernos superiores hacer uso de escalera o plataforma de trabajo. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel.

Figura No 5.41: Guardas a retirar
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Ajuste de topes regulables (Superiores e Inferiores): BLOQUEAR EL SISTEMA HIDRAULICO. Retirar las abrazaderas y cubiertas que protegen a los topes regulables, adicionar a la longitud de los topes regulables el valor obtenido en la medición.

Retirar los seguros de los topes, verificar el punto inicial y giran los topes en sentido horario hasta conseguir la medida necesaria e instalar los seguros nuevamente. Repetir el mismo procedimiento hasta regular los 04 topes regulables.

NOTA: Considerar 1 vuelta completa de los topes equivale a 8 mm de longitud.

Por ejemplo: Si se mide una abertura inicial de 60 mm, se resta 40mm (Gap 0), se tiene una diferencia de 20mm; entonces se necesita cerrar el tope regulable 20 mm, equivalente a girar 2.5 vueltas a los topes regulables.

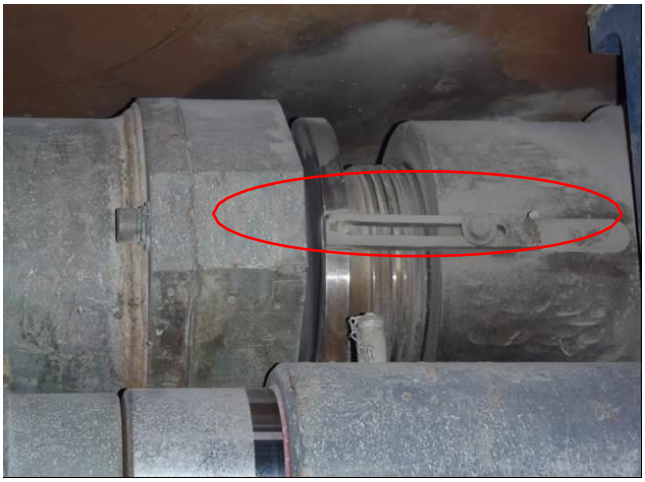


Figura No 5.42: Seguro de los topes regulables.
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Verificación: Ubicar en el POMUX el modo local "Modo local o Local AUTO" y cerrar los rodillos hasta el nuevo límite de desplazamiento que permiten los topes mecánicos.

Si la medida es 30mm continuar con la calibración del gap cero, si es diferente de 30 mm entonces volver a repetir el ajuste de topes regulabes, reponer las cubiertas de protección, las abrazaderas y finalmente se coloca la guarda de seguridad.

Calibración Gap Cero: Coordinar con personal E&I la calibración de los sensores de posición en el POMUX, de acuerdo a los siguientes pasos.

En el panel de operación del POMUX presionar la tecla subir (TAB) para ingresar al Menu_1

Figura No 5.43: Menu_1 de POMUX
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Presionar F3 o F4 para ingresar a la opción SET POINT

Figura No 5.44: BASIC GAP de POMUX
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Presionar ENTER

Figura No 5.45: SUMARIO de POMUX
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Se avista una pantalla donde se ingresa la clave de acceso y el password (PASSWORD 009).

Figura No 5.46: LOG IN de POMUX
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Aparece el cursor en PASSWORD, presionar ENTER y luego aparecerá un asterisco.

Figura No 5.47: SETTINGS de POMUX
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Usar las teclas subir (TAB), bajar (+/-), izquierda (DEL), derecha (INS), para seleccionar los dígitos requeridos en el PASSWORD

Figura No 5.48: SELECT PASSWORD de POMUX

Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Presionar ENTER para confirmar, el casillero se autocompleta de asteriscos.

Figura No 5.49: CONFIRM PASSWORD de POMUX
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Presionar la tecla (TAB) hasta seleccionar el casillero OK, remarcado con una línea punteada y presionar ENTER

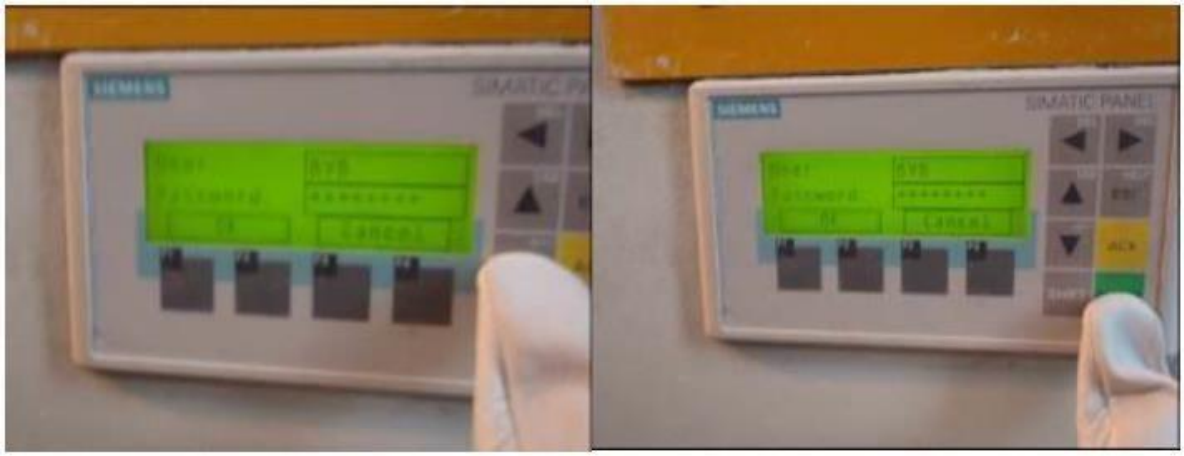


Figura No 5.50: CONFIRM PASSWORD de POMUX
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

En la pantalla figura BASIC GAP, en la cual se indica el valor del SETPT en 30 mm, presionar ENTER para confirmar el valor final del GAP

Figura No 5.51: CONFIRM ZERO GAP
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Presionar F1 y F3 a la vez por 2 segundos para confirmar el ajuste de los nuevos valores del GAP generalmente 30mm, este valor se actualizará en el valor "Actl"

Figura No 5.52: REFRESH ZERO GAP
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Salir de la configuración presionando (TAB), presione (+/-) hasta seleccionar el Menu_2.

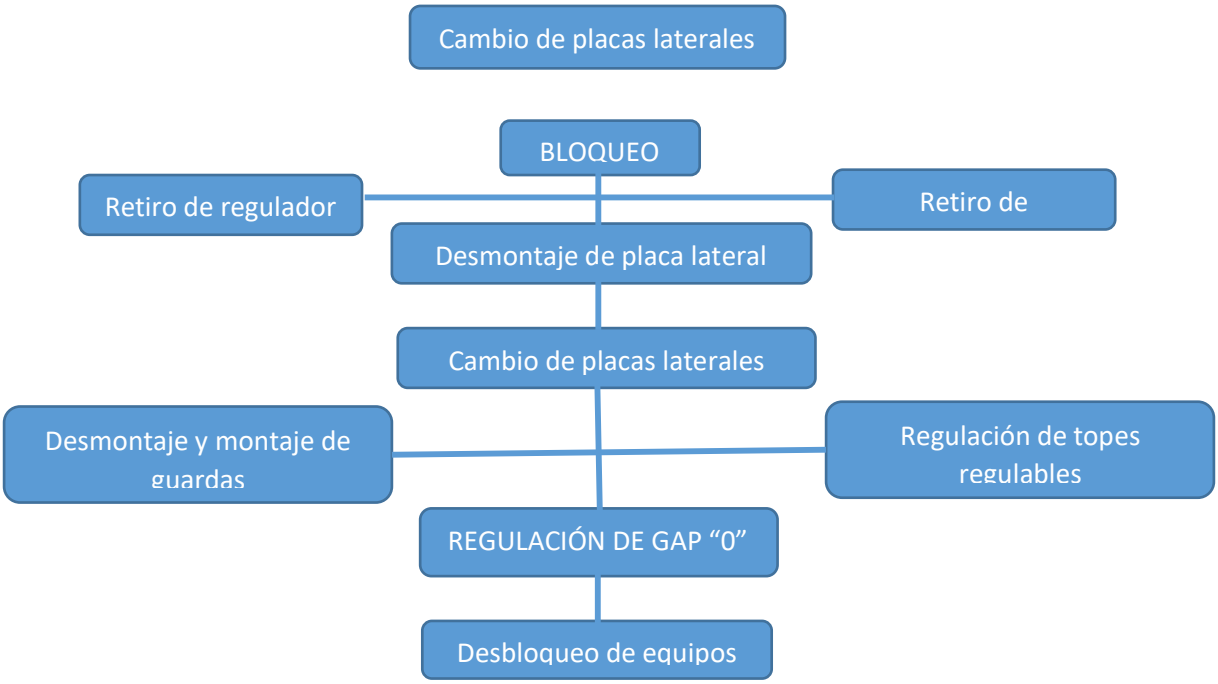


Figura No 5.53: Diagrama de cambio de placas laterales
Fuente: elaboración propia

5.6. REPARACION DE RODILLOS

Limpieza y Bloqueo del Equipo

- El requerimiento de limpieza es Hooper de alimentación vacío. Coordinar y dar la conformidad de limpieza con Supervisor de Operaciones.

C1	C2	
	LINEA 1	LINEA 2
HPGR	CR 015-018	CR 025-028
Feeder de Alimentación	FE 051-054	FE 061-064
Faja CV003	CV 017	CV 027
Divisor	Divisor	
Sistema Hidráulico	Sistema Hidráulico	
*Se bloquean todos los equipos aguas arriba y aguas abajo. Verificar que las cuchillas o sliders se encuentren totalmente abiertos o retraídos.		

5.6.1. Apertura de Puertas

Abrir las compuertas de seguridad en ambos extremos de los rodillos (fijo y móvil). Instalar una baranda para restringir el Open Hole generado tras la apertura a las compuertas. Implementar controles críticos para Trabajo con Open Hole.

Figura No 5.54: Apertura de compuertas e instalación de baranda
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.6.2. Inspección de estado de los rodillos

Retirar las guardas del eje del motor e instalar la cadena de la rueda dentada del motor al eje de giro de cardán. Girar los rodillos para realizar inspección. Asegurar las guardas en una zona de almacenamiento temporal. Recuerde: El retiro de guardas implica establecer un área restringida temporal, establecida con una demarcación en rojo y su control de ingreso y salida de áreas restringidas.

En caso no se pueda realizar el giro de rodillos con el motor de giro de cardán, insertar una barreta en un extremo del acople cardánico y aplicando brazo de palanca girar el cardan según el sentido que requiera para la inspección. Verifique la longitud de la barretilla para ejercer el brazo de torque sin exponer partes del cuerpo a la línea de fuego. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel.

Figura No 5.55: Giro de rodillos según evaluación de motores de giro
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.6.3. Cambio de Edge Blocks y Studs

Retirar los Edge Blocks y Studs dañados con cincel y comba. Utilizar protectores durante la manipulación de los cinceles.

Calentar la superficie cercana del Edge Block o Stud a cambiar con oxiacetileno para facilitar su extracción. Implementar controles críticos para Trabajos en Caliente, Trabajos en Altura o Desnivel y Trabajos con/cerca de Energía o Partes Móviles.

Asegurar la fijación de los Edge Blocks y Studs sustituidos.

Figura No 5.56: Retiro de Edge Blocks
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Figura No 5.57: Reposición de Edge Blocks y Studs
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Preparar y aplicar compuesto resistente a la abrasión (wearing) sobre los Edge Blocks y Studs sustituidos con la finalidad de reforzar la reparación. Aplicar los controles críticos para Trabajos con/uso de Sustancias Químicas. Recuerde: Verificar la disposición de bandejas antiderrames en la zona de trabajo.

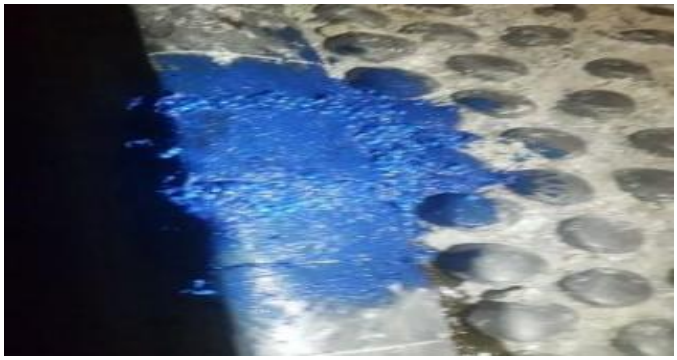


Figura No 5.58: Reparación de rodillos con wearing
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Si el desgaste es crítico en la base de los Edge Blocks, reforzar con una placa soldada en la cara lateral del rodillo, de manera que sirva como soporte de los Edge Blocks a reemplazar. Implementar controles críticos para Trabajos en Caliente, Trabajos en Altura o Desnivel y Trabajos con/cerca de Energía o Partes Móviles.

Figura No 5.59: Reforzamiento de Edge Blocks
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.6.4. Reposición de guardas y cierre de compuertas

Reponer las guardas del eje del motor, ajustar las guardas repuestas y verificar no hagan contacto con las partes móviles. Cerrar las compuertas y reponer las barandas de protección. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel y Trabajos con Open Hole.

Orden, limpieza y entrega de equipos

El personal mecánico retira los repuestos usados, materiales y herramientas de la zona de trabajo, limpia toda el área y retira los bloqueos, demarcaciones y señalizaciones.

Al concluir la tarea el personal dispondrá los residuos como lo indica el SGA_RSpg0001

Plan de manejo de residuos, clasificándolos en los contenedores según corresponda.

Supervisor de mantenimiento comunica a operaciones el término de los trabajos, se procede a coordinar con el operador para realizar las pruebas de arranque y dada la conformidad entregar el equipo a operaciones previo desbloqueo del equipo en la sala eléctrica correspondiente.

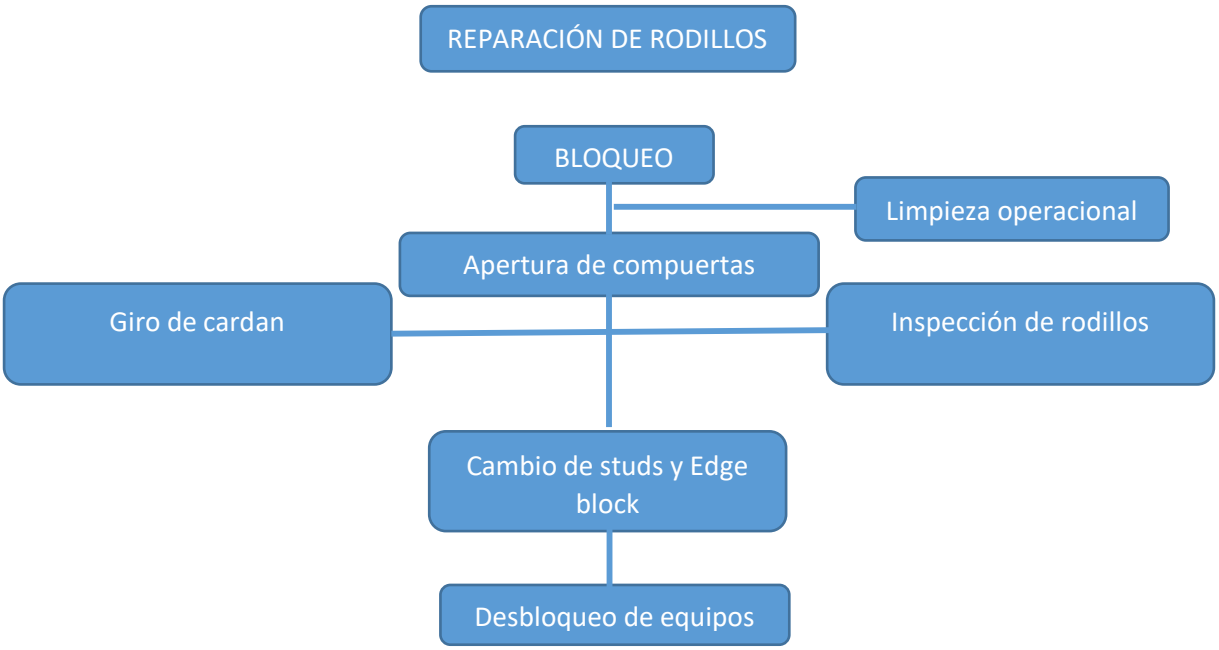


Figura No 5.60: Diagrama de reparación de rodillos
Fuente: elaboración propia

5.7. MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE TRANSMISION

5.7.1. Bloqueo de equipos

Bloqueo: Se bloquean todos los equipos aguas arriba y aguas abajo.

Chancadora terciaria HPGR

Faja de alimentación (Belt Feeder C1 y Feed Conveyor C2)

Sistema Hidráulico

Sistema de Lubricación

Bloqueo mecánico de líneas de agua de sistema de enfriamiento

Retiro y reposición de guardas

Según evaluación retirar y asegurar las guardas de los reductores y de los ejes cardanicos en una zona que no interfiera las maniobras de desmontaje/montaje ni el tránsito de personal. Aplicar los controles referidos a Trabajos con Izaje o Cargas Suspendidas y Restricción y Demarcación de Áreas.

Figura No 5.61: Retiro de guardas
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.7.2. Desmontaje y montaje de eje cardánico HPGR´s Desmontaje de Eje Cardánico

Instalar los accesorios de izaje en ambos extremos del eje cardánico y realizar una retenida con la grúa puente.

Retirar los pernos de sujeción de los acoples con una pistola y dado de impacto o llave de golpe, coordinar su desmontaje y ubicación en una zona de almacenamiento temporal. Aplicar los controles referidos a Trabajos con Izaje o Cargas Suspendidas y Restricción y Demarcación de Áreas.

Figura No 5.62: Desmontaje de eje cardánico Montaje de Eje Cardánico
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Izar el eje cardánico y centrarlo para colocar sus pernos de sujeción, apoyarse con guiadores o desarmadores para centrar los agujeros con los pernos. Evitar el contacto directo de las manos con la carga durante el centrado del cardán. Aplicar los controles referidos a Trabajos con Izaje o Cargas Suspendidas y Restricción y Demarcación de Áreas.

Instalar y ajustar los pernos de sujeción de los acoples con una pistola y dado de impacto o llave mixta, finalmente realizar la instalación de las guardas retiradas.

NOTA: Verificar la tabla de torques para el montaje del cardánico del Anexo 02.

Figura No 5.63: **Montaje de eje cardánico**
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.7.3. Desmontaje y montaje de motor HPGR´s

Para C2, Supervisor de Mantenimiento coordina la restricción y bloqueo del sistema contraincendios asociado al equipo a intervenir. **Recuerde:** Verificar el cumplimiento de las

medidas de control asociados a la interrupción temporal de sistema contraincendios que figuran en el formato correspondiente.

Figura No 5.64: Retiro de tuberías de SCI Desmontaje de motor eléctrico
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Coordinar con personal E&I el retiro de los sensores y bandejas de cableado del motor eléctrico.

Retirar los pernos de sujeción de la base del motor con llaves Hytorc 55mm (Torque de pernos M36 2300N.m) y dados de impacto. Personal debe estar anclada en todo momento y debe mantener comunicación constante con el operador de la bomba hidráulica. Aplicar los controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel

Instalar los accesorios de izaje en el motor y coordinar su desmontaje. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas y Demarcación de Áreas. Recuerde: Todo izaje debe ser planificado, incluyendo la preparación del lugar donde se colocará la carga y la forma de demarcación que incluya la trayectoria de la carga y permita alcanzar los vientos sin exponerse a una posible caída de la carga. Verifique que nadie se encuentre dentro de la zona demarcada.

5.7.4. Montaje de motor eléctrico

Instalar los accesorios de izaje en el motor y coordinar su montaje. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas y Demarcación de Áreas.

Ajustar los pernos de sujeción de la base del motor con dados de impacto y llave Hytorc 55mm (Torque de pernos M36 2300N.m), verificar constantemente el alineamiento del motor respecto a su base. Personal debe estar anclado en todo momento y debe mantener comunicación constante con el operador de la bomba hidráulica durante el torqueo de pernos. Aplicar los controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel

Coordinar con personal E&I la reposición de los sensores y bandejas de cableado del motor eléctrico.

Para C2, Supervisor de Mantenimiento coordina la reposición y desbloqueo del sistema contraincendios asociado al equipo a intervenir.

NOTA: Verificar la tabla de torques para el montaje del cardánico del Anexo 02.

Figura No 5.65: Montaje y desmontaje de motor eléctrico
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.7.5. Desmontaje de conjunto SafeSet y Cambio de Sello de Alta

Drenar aceite de reductor (2-3 cilindros) hasta que nivel de aceite este debajo del sello de alta. Desajustar y retirar los cuatro pernos de la tapa de reten del Safe-set con llaves Allen para poder desmontar el Safe-set.

Retiro: Retiro de pernos de tapa sello.

Retirar el seguro y proceder a despresurizar el SafeSet para facilitar su extracción.

NOTA: Verificar la secuencia para el control de despresurizado del SafeSet.

Figura No 5.66: Retiro del seguro y despresurizado de SafeSet.
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Desplazar el SafeSet utilizando un pistón hidráulico, instalar una retenida en toda la circunferencia del SafeSet y asegurarlo a la grúa puente de tal modo que no permita su caída durante el desplazamiento del SafeSet. Retirar y ubicar el SafeSet en una zona de almacenamiento temporal. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas y Demarcación de Áreas.

Figura No 5.67: Desmontaje de SafeSet.
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Desajustar y retirar el anillo cortante del SafeSet y la pista del retén interior

Figura No 5.68: Retiro de Anillo Cortante.
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.7.6. Desmontaje de Sello de Alta

Retirar el sello de polvo aflojando los prisioneros con una llave hexagonal de 3mm (El sello de polvo se desmonta en conjunto con la tapa del eje), retirar los pernos de la tapa con dado de impacto de 36mm o 1 7/16".

Dejar 2 pernos como guía e instalar el extractor mecánico, accionando con la pistola de impacto retirar el sello de polvo y la tapa del sello de alta. Mantener comunicación constante durante el accionamiento del extractor con el operador de la bomba hidráulica durante el

torqueo de pernos.

Figura No 5.69: Retiro de sello de polvo y tapa de sello de alta.
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Calentar la pista del sello con equipo oxiacetileno para facilitar su desmontaje. Verificar la medida de la pista a la punta del eje antes de retirar la pista del sello para montarlo en la misma posición. Implementar controles críticos para Trabajos en Caliente.

Figura No 5.70: Calentamiento y retiro de pista de sello.
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Cambiar el sello y aplicar una capa de Loctite 596. Es necesario realizar la limpieza del eje para eliminar impurezas y de ser necesario utilizar lijar de agua para una limpieza adecuada.

Figura No 5.71: Aplicación de loctite 596 y cambio de sello.
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.7.7. Montaje de sello de alta y conjunto Safe-set

Presentar la tapa con el sello sobre el eje y ajustar la tapa del sello, luego colocar la pista del sello utilizando los cilindros de montaje y lubricando con aceite ligero ISO 32.

Figura No 5.72: Montaje de tapa de sello de alta
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Medir la distancia de la pista de sello hasta la punta del eje, debe ser 308 a 310 mm.

Colocar el sello de polvo utilizando los cilindros de montaje, verificar la posición de los anillos de tal manera que queden centrados y ajustar los pernos prisioneros con llave Allen de 3 mm.

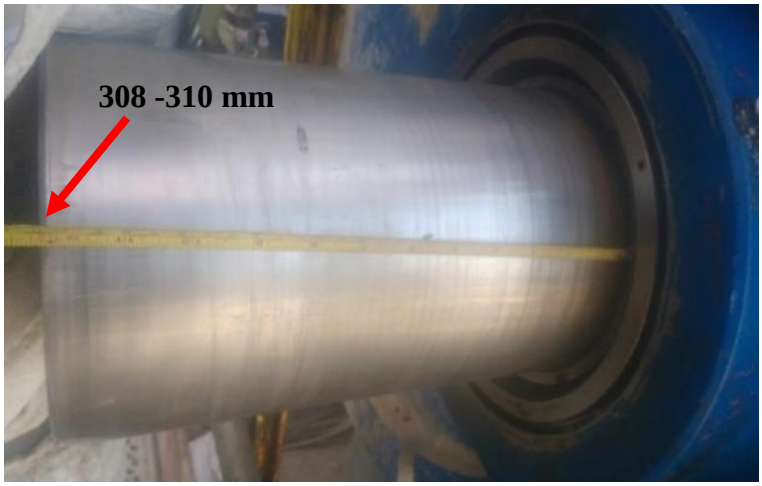


Figura No 5.73: Verificación de medidas antes del eje
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Colocar el anillo de corte y pista de reten interior del SafeSet, izar el SafeSet con el puente grúa y desplazarlo con una gata de 10 TON verificando el centrado del eje, Mantener comunicación constante durante el accionamiento de la gata hidráulica.

Verificar que el anillo de corte coincida con el destaje del disco de corte, finalmente colocar la tapa del SafeSet y asegurar con la llave hexagonal de 10 mm y presurizar el SafeSet.

NOTA: Verificar la secuencia para el control de presurizado del SafeSet

NOTA: Verificar la tabla de torques para el montaje del cardánico

5.7.8. Desmontaje y Montaje de Reductor Flender HPGR´s

.Desconexión de mangueras y drenado de aceite

Drenar reductor y verificar la presión en las líneas de lubricación antes de proceder a su desconexión, si se tuviera presión en la línea, despresurizar el sistema a través de las purgas.

Coordinar con personal de E&I el retiro de sensores del reductor.

Figura No 5.74: Drenaje de aceites
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Limpiar los conectores de mangueras de lubricación, retirar el filtro respiradero ubicado en la parte superior del reductor, con una bomba neumática drenar el aceite del reductor a recipientes vacíos. Hacer uso de bandejas de segunda contención y hacer uso de trapo industrial. Finalmente cubrir los extremos de las mangueras para evitar su contaminación. Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de sustancias químicas y Trabajos en Altura o Desnivel.

Instalación de soporte debajo de reductor a cambiar

Verificar y posicionar los soportes debajo de los reductores del rodillo fijo/móvil regulando las medias lunas a los reductores mediante los espárragos. Inspeccionar estado de espárragos y limpieza del área de desplazamiento.

En C1, instalar las tortugas móviles debajo del soporte, usar un cilindro hidráulico de 10TON debajo del soporte “C” para facilitar la instalación de las tortugas, fijar las tortugas con sus pernos de sujeción.

Luego de posicionado el reductor sobre su soporte fijarlo con correas de amarre (RATCHET) verificando su buen tensado.

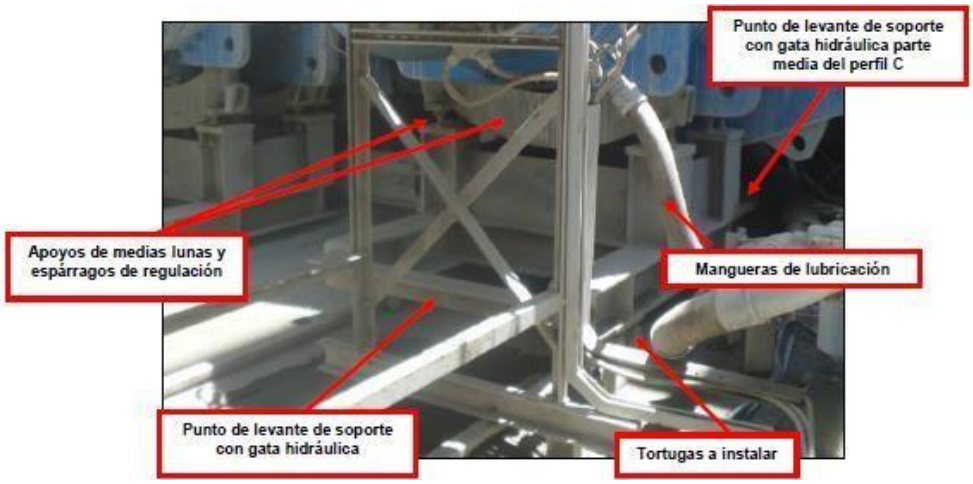


Figura No 5.75: Soporte retiro de reductor
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.7.9. Desacople y despegado de reductor con rodillo

Posicionar las chavetas del rodillo fijo / móvil en forma vertical

Desajustar los pernos de la unión bridada entre el rodillo fijo/móvil y su reductor con llave hidráulica (HYTORC 75mm), finalmente retirar los pernos con una pistola neumática de 1".

Para realizar el retiro de los pernos de la parte superior del acople una persona debidamente anclada sobre el acople del rodillo procederá a desajustar los pernos manteniendo comunicación constante con el operador de la bomba hidráulica. Aplicar los controles críticos para trabajos en Altura o Desnivel.

Despegar el reductor del rodillo hasta que la chaveta quede totalmente separada del reductor aprox. 100 – 150 mm, hacer uso del soporte metálico entre la base del rodillo y la base del brazo del reductor y un pistón hidráulico de 100 TON. Mantenerse alejado fuera de la línea de fuego en momento de accionamiento del conjunto hidráulico.

Figura No 5.76: Desacople y despegado de rodillos fijo/móvil
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Retirar los pernos de la unión bridada del reductor con llave hidráulica (HYTORC 75mm), finalmente retirar los pernos con una pistola neumática de 1". Todos los pernos de la brida y del acople serán desajustados a 7700 N.m (equivalentes a 7100 PSI con la llave Hytorc *Stealth 8).*

Para realizar el retiro de los pernos de la parte superior de la brida, una persona debidamente anclada sobre la brida del reductor procederá a desajustar los pernos manteniendo comunicación constante con el operador de la bomba hidráulica. Aplicar los controles críticos para trabajos en Altura o Desnivel.

Despegar el reductor de su unión bridada totalmente separada aprox. 100 – 150 mm, hacer uso del soporte metálico entre la base del rodillo y la base del brazo del reductor y un pistón hidráulico de 100 TON. Mantenerse alejado fuera de la línea de fuego en momento de accionamiento del conjunto hidráulico.

Figura No 5.77: Retiro de pernos de brida del reductor
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.7.10. Desmontaje y montaje del reductor

Hacer uso de 02 eslingas tubulares de 16 TON x 3m en “U”, 01 eslinga tubular de 16 TON y 01 tecle de 08 TON. Peso aproximado 28 TON. Retirar las correas tipo ratchet que sujetan el reductor

Izar el reductor con el puente grúa lentamente hasta que quede totalmente liberado, ubicar el reductor sobre su base de descanso en el nivel inferior. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas. **Recuerde:** Todo izaje debe ser planificado, incluyendo la preparación del lugar donde se colocará la carga y la forma de demarcación que incluya la trayectoria de la carga y permita alcanzar los vientos sin exponerse a una posible caída de la carga. Verifique que nadie se encuentre dentro de la zona demarcada.

Figura No 5.78: Desmontaje del reductor
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Limpiar el interior de la brida del reductor y aplicar una capa de anti seize para evitar que esta se oxide o se pegue al acople del reductor.

Verificar el alineamiento y altura de la base del soporte del reductor antes del montaje, izar el reductor y posicionarlo sobre sus bases. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas.

Recuerde: Todo izaje debe ser planificado, incluyendo la preparación del lugar donde se colocará la carga y la forma de demarcación que incluya la trayectoria de la carga y permita alcanzar los vientos sin exponerse a una posible caída de la carga. Verifique que nadie se encuentre dentro de la zona demarcada.

Instalar el soporte metálico y un pistón de 100 TON entre la base de concreto del motor y el soporte del reductor nuevo y apegar el reductor con el acople del rodillo fijo/móvil. Mantenerse alejado fuera de la línea de fuego en momento de accionamiento del conjunto hidráulico.

Colocar los pernos tanto de la brida como del acople y ajustar los pernos haciendo uso de la llave hidráulica (Hytorc).

Para realizar el ajuste de los pernos de la parte superior de las bridas, una persona debidamente anclada sobre la brida del reductor procederá a ajustar los pernos manteniendo comunicación constante con el operador de la bomba hidráulica. Aplicar los controles críticos para trabajos en Altura o Desnivel.

Todos los pernos de la brida y del acople serán ajustados a 7700 N.m (equivalentes a 7100 PSI con la llave Hytorc Stealth 8*).*

Desajustar las tuercas de los espárragos de nivelación y de esta forma bajar los apoyos de las medias lunas hasta tener una separación de 1cm aproximadamente entre el apoyo y el reductor Levantar las bases posterior y delanteras con un pistón hidráulico de 10 TON para realizar el retiro de las tortugas.

Figura No 5.79: Montaje de reductor
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Limpiar los conectores de mangueras de lubricación, con una bomba neumática llenar el aceite del reductor. Colocar el filtro respiradero ubicado en la parte superior del reductor,

hacer uso de bandejas de segunda contención y hacer uso de trapo industrial. Finalmente colocar y asegurar las conexiones hidráulicas. Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de sustancias químicas.

NOTA: Verificar la tabla de torques para el montaje del cardánico.

Figura No 5.80: Diagrama de mantenimiento de sistema de transmisión
Fuente: elaboración propia

5.8. MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE HPGR

5.8.1. Bloqueo de equipos y retiro de guardas

Bloqueo: Se bloquean todos los equipos aguas arriba y aguas abajo.

Retiro de guardas: Retirar las guardas de protección ubicadas en los lados motrices del

rodillo fijo y móvil. Asegurar las guardas fuera de pasarelas y zona de trabajo. Almacenar las guardas retiradas en una zona de almacenamiento temporal.

Tabla No 5.1: Equipos a bloquear

Equipos a Bloquear	C1	C2
Chancadora Terciaria HPGR	X	X
Faja de Alimentación		X
Feeder de Alimentación	X	
Sistema Hidráulico	X	X
Bloqueo Mecánico de Líneas Agua de Proceso	X	X

LIMPIEZA QUIMICA DE HPGR´S

5.8.2. Drenaje y desconexión de tuberías

Instalar las mangueras en los puntos de drenaje de las líneas de entrada y salida del sistema de refrigeración al isotanque (almacén) ubicado en la parte inferior.

Retirar las tuberías de refrigeración de los Block Bearing o ejes de los rodillos y conectar mangueras a la estación de bombeo por donde se realizará la limpieza química de las líneas de refrigeración. Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas. Utilizar bandejas de segunda contención para contener derrames.

NOTA: De acuerdo a la intervención, se coordina el retiro de las líneas de refrigeración de los Block Bearing o líneas de refrigeración del eje de los rodillos.

Figura No 5.81: Líneas de refrigeración de rodillos
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.8.3. Instalación de estación de Bombeo

Instar la estación de bombeo en una zona rígida y estable. Verificar el acople de las mangueras con la estación de bombeo. Asegurar los acoples de la conexión con teflón y Permatec para evitar posibles derrames durante el proceso de limpieza. Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas. Utilizar bandejas de segunda contención para contener derrames.

Figura No 5.82: Conexión de mangueras al sistema de enfriamiento
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.8.4. Limpieza con solución desincrustante

Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas. De acuerdo a la ficha FDS del producto, hacer uso del EPP adecuado (Traje, Visor, Guantes de PVC, Botas de Jebe, Respirador contra gases).

Verificar que el equipo de bombeo contenga una tina de inox en la cual se depositara la mezcla y por donde se realizara el recirculado. Verificar que el tapón de drenaje de dicho recipiente se encuentre debidamente sellado. Verter el químico en el recipiente y realizar la mezcla correspondiente. La mezcla será de 50 galones de agua por 50 galones de químico.

Encender la bomba e iniciar el proceso de limpieza. El personal de apoyo debe estar pendiente de los acoples y conexiones realizadas para evitar y controlar cualquier fuga.

Terminado el proceso de limpieza, drenar la solución del recipiente y de las tuberías con

la bomba hacia el isotanque instalado en la plataforma inferior para neutralizar la solución y ser transportado a la disposición de materiales peligrosos del área de medio ambiente en SMCV.

Figura No 5.83: Aplicación de desincrustante a líneas de enfriamiento HPGR´S
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.8.5. Limpieza con solución neutralizante

Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas. De acuerdo a la ficha FDS del producto, hacer uso del EPP adecuado (Traje, Visor, Guantes de PVC, Botas de Jebe, Respirador contra gases).

Similar a la limpieza con solución desincrustante. Verter el químico en el recipiente y realizar la mezcla correspondiente. La mezcla será de 25 galones de agua por 10 galones de químico.

Encender la bomba e iniciar el proceso de limpieza. El personal de apoyo debe estar pendiente de los acoples y conexiones realizadas para evitar y controlar cualquier fuga.

Terminado el proceso de limpieza, drenar la solución del recipiente y de las tuberías con la bomba hacia el mismo isotanque instalado en la plataforma inferior para neutralizar la solución y ser transportado a la disposición de materiales peligrosos del área de medio ambiente en Sociedad Minera Cerro Verde.

Figura No 5.84: Aplicación de neutralizante a líneas de enfriamiento HPGR´s
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.8.6. Inspección, cambio de mangueras, conectores y filtro *strainer*

Inspeccionar las tuberías de alimentación y retorno del sistema de enfriamiento, así como los accesorios conectores entre los mismos, en caso se encuentren partes defectuosas coordinar su cambio utilizando herramientas manuales como llaves francesas y Stilson.

Verificar en cada inspección el estado del filtro "*Strainer"* en la línea de retorno del HPGR, en caso se encuentre saturado proceder a su limpieza y/o cambio.

Reposición de tuberías y guardas

Desconectar las mangueras de las estaciones de bombeo y reconectar las tuberías de ingreso y salida de agua con las líneas de enfriamiento, ajustar las conexiones universales con aseguramiento de Permatec y Teflón. Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas. Limpiar el excedente de solución de las superficies afectadas con trapo industrial.

Reponer las guardas de protección en los lados motrices del rodillo fijo y móvil. Verificarel correcto aseguramiento de las guardas.

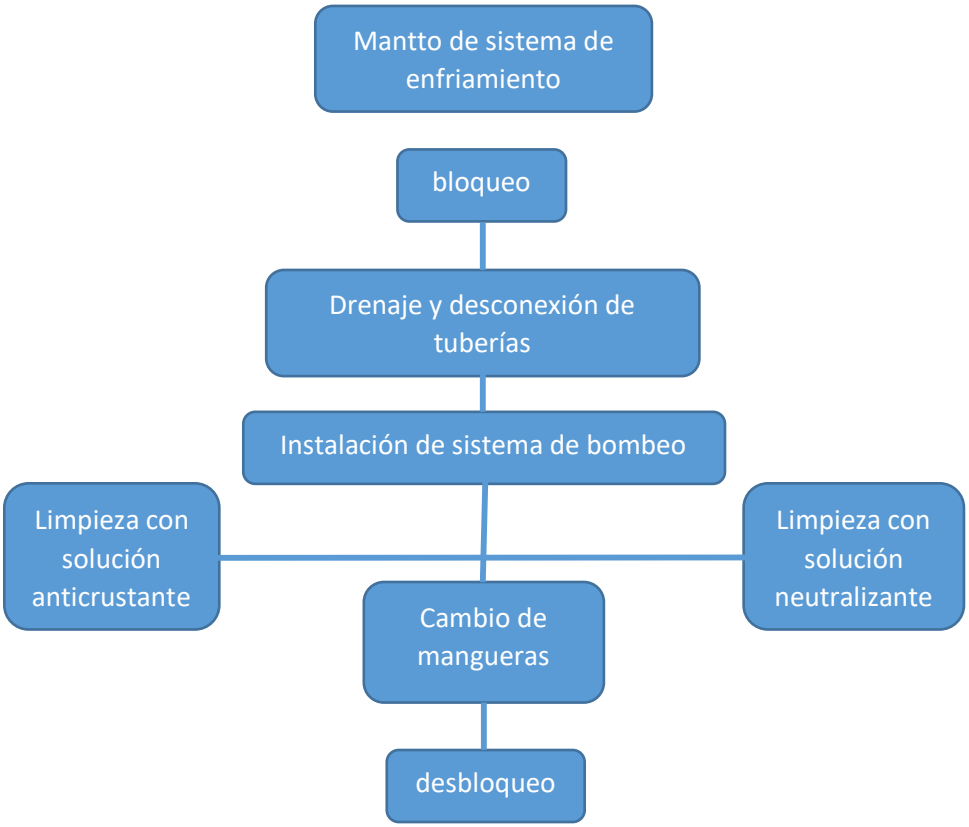


Figura No 5.85: Diagrama de mantenimiento de sistema de enfriamiento
Fuente: elaboración propia

5.9. MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE LUBRICACION

5.9.1. Bloqueo de equipos y retiro de guardas

Retiro de guardas: Retirar las guardas de protección ubicadas en los lados motrices del rodillo fijo y móvil. Asegurar las guardas en una zona de almacenamiento temporal debidamente asegurada. Recuerde: El retiro de guardas implica un área restringida temporal, por lo que se requiere una demarcación roja y un registro de ingreso y salida de áreas restringidas.

Tabla No 5.2: Equipo a bloquear de equipos

Equipos a Bloquear	C1	C2
Chancadora Terciaria HPGR	X	X
Faja de Alimentación		X
Feeder de Alimentación	X	
Sistema Hidráulico	X	X
Bloqueo Mecánico de Líneas Agua Fresca	X	X

5.9.2. Sistema de Lubricación de Reductores HPGR´s

Limpieza de intercambiar de calor

Verificar la purga y bloqueo de las líneas de agua de enfriamiento (Ingreso y Salida). Desacoplar las uniones bridadas de entrada y salida del intercambiador de calor con llaves mixtas e inspeccionar el serpentín de tubos de agua en busca que material obstruido.

Limpiar las tuberías de agua haciendo uso de varillas de acero o en su defecto con pistolas de aire. Revisar la unión de la línea de aire con los respectivos lazos de seguridad.

Acoplar las uniones bridadas de entrada y salida del intercambiador de calor con llaves mixtas verificando su correcto ajuste.

Inspeccionar los filtros del sistema de lubricación, retirar las tapas con llaves mixtas y cambiar los filtros indicados y finalmente reponer y asegurar las tapas.

Figura No 5.86: Limpieza de intercambiador de calor reductor flender
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.9.3. Inspección y cambio de filtro respirador

Habilitar escalera o plataforma para ingreso a la zona superior de reductor flender. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel. Manualmente o con el uso de llave de cadena retirar el filtro respiradero; inspeccionar la saturación del filtro y según evaluación coordinar su retiro o cambio, verificando su correcto montaje. Implementar

controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas.

Figura No 5.87:filtro respirador
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.9.4. Cambio de Bomba Steimel (Bomba de Engranajes)

Verificar la purga y bloqueo de las líneas de aceite (Ingreso y Salida). Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas. Utilizar trapos industriales y bandejas de segunda contención antiderrames. Coordinar con personal E&I el retiro de sensores.

Desacoplar las uniones bridadas de entrada y salida a la bomba Steimel con llaves mixtas, desmontar la bomba y ubicarla en una bandeja de segunda contención Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas. Presentar la bomba y colocar los pernos de sujeción en la entrada y salida de la bomba. Unir la unión con sellador de bridas y verificar el correcto montaje del conjunto.

Coordinar con personal E&I la reposición de sensores. Verificar el desbloqueo de las líneas de aceite (Ingreso y Salida).

Sistema de Lubricación de Rodillos HPGR´s Inspección y cambio de bomba engrase

Verificar la presión de la línea de alimentación de la bomba de engrase. Verificar la presión de alimentación de aire a la bomba de engrase (P = 5.5 bar), según el setting la frecuencia de engrase es de 1800 segundos.

Bloquear la alimentación de aire, retirar los conectores de las líneas de engrase y aire

del sistema. Retirar los pernos de sujeción de la bomba unidos al cilindro de engrase, reemplazar el componente y ajustar los pernos de sujeción. Ajustar los conectores de las líneas de engrase y aire y presurizar el sistema. Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas.

Figura No 5.88: Bomba de engrase de HPGR´s
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.9.5. Inspección y cambio de válvulas de distribuidor

Verificar la presión de la línea de alimentación en el conjunto distribuidor. Verificar el despresurizado del conjunto hidráulico. Realizar la limpieza de las válvulas, de existir fugas de grasa proceder con el cambio de componente. Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas. Inspeccionar el filtro *Strainer* en la línea de retorno del sistema de lubricación, de acuerdo a su inspección proceder al cambio.

Figura No 5.89: Distribuidor de lubricación HPGR´s
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Reponer las guardas de protección en los lados motrices del rodillo fijo y móvil. Verificar el correcto aseguramiento de las guardas

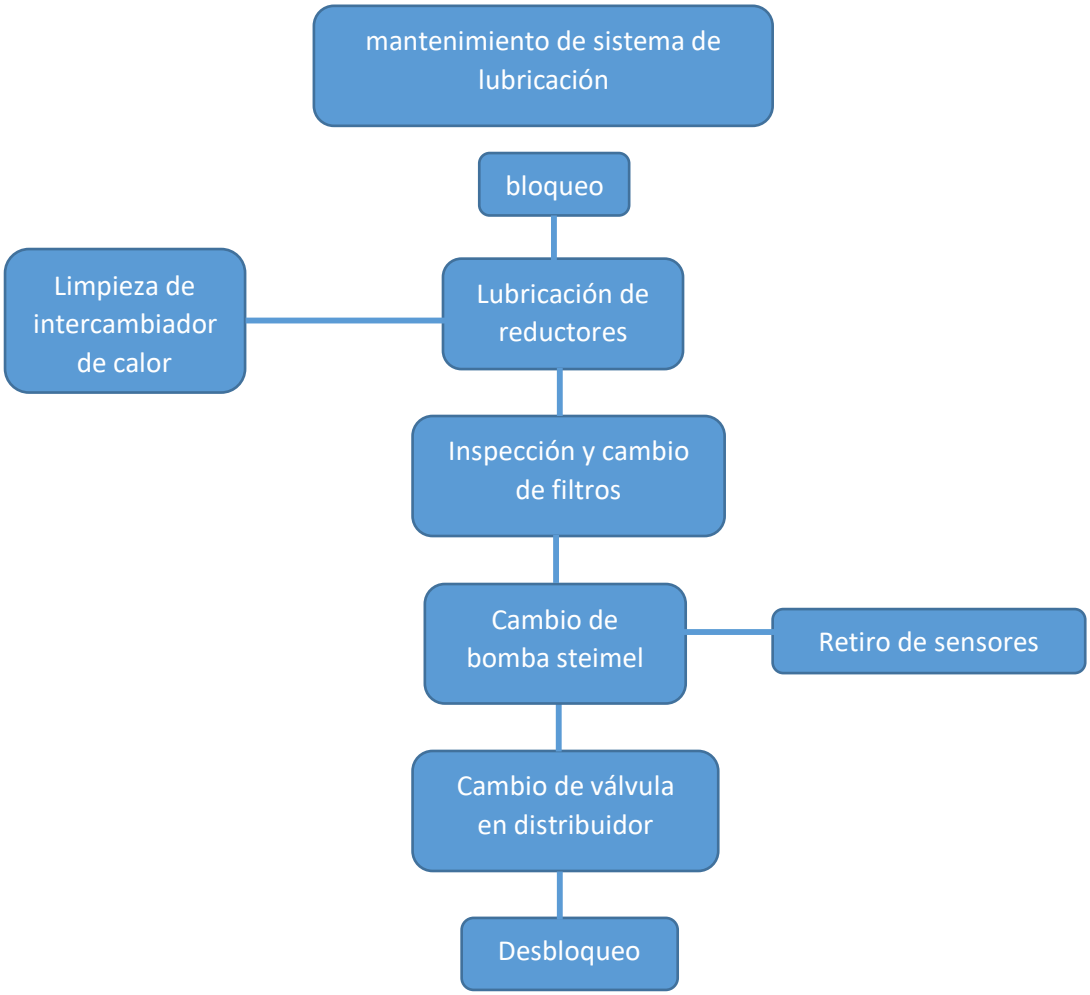


Figura No 5.90: Diagrama de mantenimiento de sistema de lubricación
Fuente: elaboración propia

5.10. MANTENIMIENTO DE SISTEMA HIDRAULICO

5.10.1. Bloqueo de equipos y retiro de guardas

Bloqueo: Se bloquean todos los equipos aguas arriba y aguas abajo.

Retiro de guardas: Retirar las guardas de protección ubicadas en los lados motrices del

rodillo fijo y móvil. Asegurar las guardas en una zona de almacenamiento temporal debidamente asegurada.

Tabla No 5. 3: Equipos a bloquear de equipos

Equipos a Bloquear	C1	C2
Chancadora Terciaria HPGR	X	X
Faja de Alimentación		X
Feeder de Alimentación	X	
Diverter	X	X
Sistema Hidráulico de HPGR	X	X

Cambio de cilindros de émbolo buzo HPGR´s

Despresurizado de sistema y retiro de sensores

En el Panel View con modo local, aperturar los rodillos accionando los solenoides Y3 y Y4. Despresurizar las válvulas de drenaje del bloque de válvulas para que el aceite regrese al tanque. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel y Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas. Recuerde: Utilizar trapo industrial y bandejas de segunda contención para evitar el derrame de aceite.

Figura No 5.91: Válvula de despresurización
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Desajustar las conexiones utilizando llave francesa o mixtas de 24 mm y sus respectivos seguros de las abrazaderas con llaves hexagonales de 6 mm, drenar del aceite residual a baldes

o recipientes, hacer uso de bandejas de segunda contención y trapo industrial. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel y Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas.

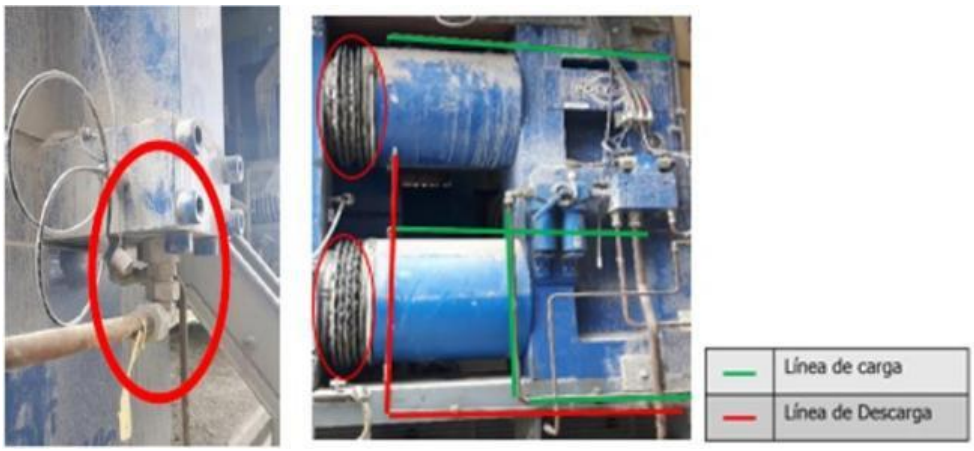


Figura No 5.92: Líneas de alimentación y retorno de cilindros embolo buzo
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Solicitar a personal E&I el retiro de los sensores de posición, presión y temperatura comprometidos para el desmontaje del émbolo buzo.

Figura No 5.93: Retiro de sensores E&I
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.10.2. Instalación de accesorios

Desmontar las bases de la plataforma del Hooper que se encuentren en la zona superior de los émbolos buzo, instalar el soporte de izaje del embolo buzo (colocar perno y tuerca de seguro en alojamiento de base). Delimitar Open Hole de la plataforma de Hooper con cadenas. Implementar controles críticos para Trabajos con Open Hole.

Instalar el accesorio de izaje y hacer una retenida previo el izaje de los émbolos buzo, este accesorio posee 4 orejas, 2 en cada lado del embolo y en los cuales se asegura el tecle de 1 ½ TON, 1 eslinga de 2 TON y un grillete de 5/8” en cada oreja.

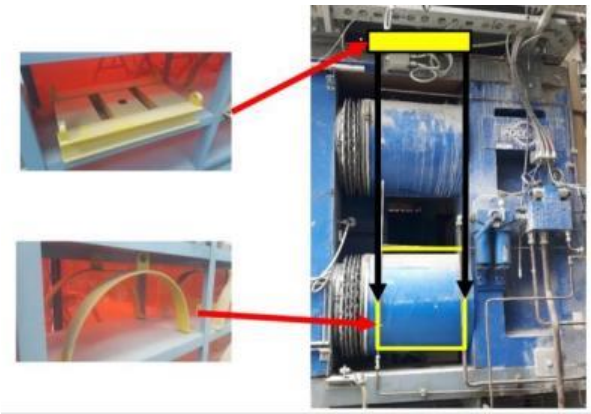


Figura No 5.94: Instalación de accesorios de izaje
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Utilizar una bomba hidráulica y el pistón de 100 TON para llevar el vástago del embolo buzo a carrera cero. Colocar la barra segura con llave M16 antes del desmontaje del embolo para evitar la caída del vástago durante su izaje. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel y Estándar de Restricción y Demarcación de Áreas.

Figura No 5.95: Barra seguro del embolo buzo
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.10.3. Desmontaje del Embolo Buzo

Retirar los 04 pernos del émbolo con la pistola de contacto angular y dado de 22 mm.

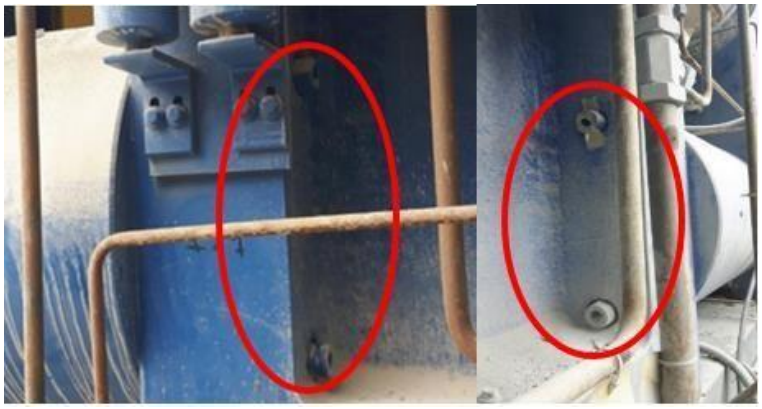


Figura No 5.96:. Desmontaje de pernos de sujeción
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Izar el embolo buzo lentamente hasta que quede suspendido en los tecles posicionados en la parte exterior y retirar la maniobra interior de los 02 tecles instalados.

Instalar un tecle en posición perpendicular a la carga (en la estructura o base de motor de la chancadora adyacente), utilizar eslingas de 2 TON x 2 metros y grilletes de 5/8" los cuales deberán de estar instalados en las 2 orejas inferiores del accesorio de izaje del embolo buzo para que durante la maniobra de desmontaje el émbolo no golpee la estructura. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas, Trabajos en Altura y Restricción y Demarcación de Áreas.

Desmontado el embolo buzo se colocará tapón posterior para evitar derrames de aceite. Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas.

5.10.4. Montaje de Embolo Buzo

Posicionar el émbolo buzo y aproximarlo hacia la zona de izaje. Izar el componente con la misma secuencia de desmontaje y posicionarlo sobre tacos de madera. Centrar los orificios de las líneas de aceite, colocar el accesorio de izaje y continuar con el montaje del émbolo siguiendo la secuencia contraria al desmontaje. Verificar el torque de los pernos de sujeción de embolo buzo. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas, Trabajos en Altura y Restricción y Demarcación de Áreas.

Reposición de accesorios, conectores, sensores y guardas

Reponer y asegurar los pisos de la plataforma del Hooper retirados. Implementar

controles críticos para Trabajos con Open Hole.

Coordinar con personal E&I la reposición de los sensores retirados.

Reponer y verificar la instalación de las líneas de alimentación y retorno retiradas. Desbloquear el Sistema Hidráulico (2 bombas del Sistema Hidráulico) y configurar Panel View en modo local. Presurizar el sistema ligeramente, de tal forma que se pueda realizar una purga del aire contenido en el sistema hidráulico.

Reponer las guardas de protección en los lados motrices del rodillo fijo y móvil. Verificarel correcto aseguramiento de las guardas.

5.10.5. Cambio de cilindros de retroceso y topes mecánicos HPGR´s

Retiro de Guardas y Despresurizado de sistema

Retirar las guardas de protección ubicadas en los lados motrices del rodillo fijo y móvil. Asimismo, retirar la guarda que protege los topes mecánicos. Asegurar las guardas en una zona de almacenamiento temporal debidamente asegurada. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel y Estándar de Restricción y Demarcación de Áreas.

En el Panel View con modo local, aperturar los rodillos accionando los solenoides Y3 y Y4. Adicionalmente despresurizar la válvula de drenaje del bloque de válvulas para que el aceite regrese al tanque. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel.

Cambio de cilindros de retroceso y topes mecánicos

Retirar los pernos de sujeción de los cilindros de retroceso y/o topes mecánicos con llaves mixtas y/o Hexagonales.

Retirar las cubiertas, abrazaderas y los seguros de los topes y verificar el punto inicial, esta referencia es necesaria para verificar el GAP 0. Implementar controles críticos para trabajos en Altura o Desnivel y Estándar de Restricción y Demarcación de Áreas.

Instalar los cilindros de retroceso y topes mecánicos, ajustar los pernos de sujeción de los con llaves mixtas y/o Hexagonales.

Reponer las cubiertas, abrazaderas y los seguros de los topes y verificar el punto inicial y calibrar la carrera del tope mecánico verificando el GAP 0. Implementar controles críticos para trabajos en Altura o Desnivel y Estándar de Restricción y Demarcación de Áreas.

NOTA: Considerar 1 vuelta completa de los topes equivale a 8 mm de longitud.

Por ejemplo: Si se mide una abertura inicial de 60 mm, se resta 40mm (Gap 0), se tiene una diferencia de 20mm; entonces se necesita cerrar los topes mecánicos 20 mm, equivalente a girar 2.5 vueltas a los topes regulables.

Figura No 5.97: Cambio de cilindros de retroceso y topes mecánicos
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.10.6. Reposición de Guardas y Presurizado de sistema

Reponer las guardas de protección ubicadas en los lados motrices del rodillo fijo y móvil. Asimismo, reponer la guarda que protege los topes mecánicos. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel

En el Panel View con modo local cerrar los rodillos. Verificar la calibración de GAP 0 de acuerdo al procedimiento asociado.

Cambio de cilindros acumuladores HPGR´s Despresurizado y drenado de sistema

En el Panel View con modo local, aperturar los rodillos accionando los solenoides Y3 y Y4. Adicionalmente despresurizar la válvula de drenaje del bloque de válvulas para que el aceite regrese al tanque. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel

Drenar el aceite hacia un recipiente, hacer uso de contenedor de segunda contención y

trapos industriales. Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas.

Despresurizar el nitrógeno el cilindro acumulador aperturando la válvula de despitch y retirar la conexión de la parte superior del cilindro acumulador. Retirar la brida de sujeción del acumulador del HPGR

5.10.7. Cambio de cilindros acumuladores

Instalar retenidas en la zona media y superior del acumulador a desmontar, una de las retenidas ira asegurado a un tecle de cadena instalado para la maniobra de desmontaje. Retirar los pernos de sujeción de la base los acumuladores e iniciar el desmontaje con la maniobra del tecle, asegurar el acumulador retirado en una zona que no interfiera el tránsito. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas

Instalar retenidas en la zona media y superior del acumulador a instalar, una de las retenidas ira asegurado a un tecle de cadena instalado para la maniobra de montaje. Ubicar el acumulador sobre su soporte y ajustar los pernos de sujeción. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas y Restricción y Demarcación de Áreas.

Finalmente reponer las líneas desconectadas (aceite y nitrógeno). Presurizar el sistema a una presión de 80 bar. Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas.

Desbloquear el Sistema Hidráulico y configurar Panel View en modo local. Presurizar el sistema ligeramente, de tal forma que se pueda realizar una purga del aire contenido en el sistema hidráulico.

Figura No 5.98: Presurizado de acumulador HPGR
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.10.8. Cambio de componentes de diverter HPGR´s

Cambio de pistones

Coordinar el armado de andamios por debajo de los pistones hidráulicos antes de la intervención del equipo.

Verificar el bloqueo del diverter, despresurizar y retirar las entradas y salidas del pistón hidráulico. Retirar los pines de sujeción del pistón y proceder con su desmontaje. Asegurar las herramientas y repuestos en la plataforma del andamio. Implementar controles críticos para Trabajos en Altura o Desnivel.

Instalar el nuevo pistón y asegurar los pines de sujeción. Inspeccionar las mangueras y conectores las líneas de entradas y salidas del pistón, de ser necesario proceder con su reemplazo. Finalmente coordinar el retiro de andamios instalados.

5.10.9. Cambio de pistón de sliders HPGR´s

Apertura de Pistones de Sliders

Previo al bloqueo del sistema hidráulico, ubicar en el Panel View la pestaña SUMARIO y seleccionar: “Modo local o LocalAUTO” (Fig. 5.93); ubicar la pestaña SIST. HIDRAULICO, selecciona “Liberar Botoneras” y presionar en ABRIR para que el cilindro hidráulico eleve las cuchillas de los sliders.

Nota: Una vez realizada la elevación de la cuchilla, personal mecánico deberá de Realizar el Bloqueo del Sistema Hidráulico.

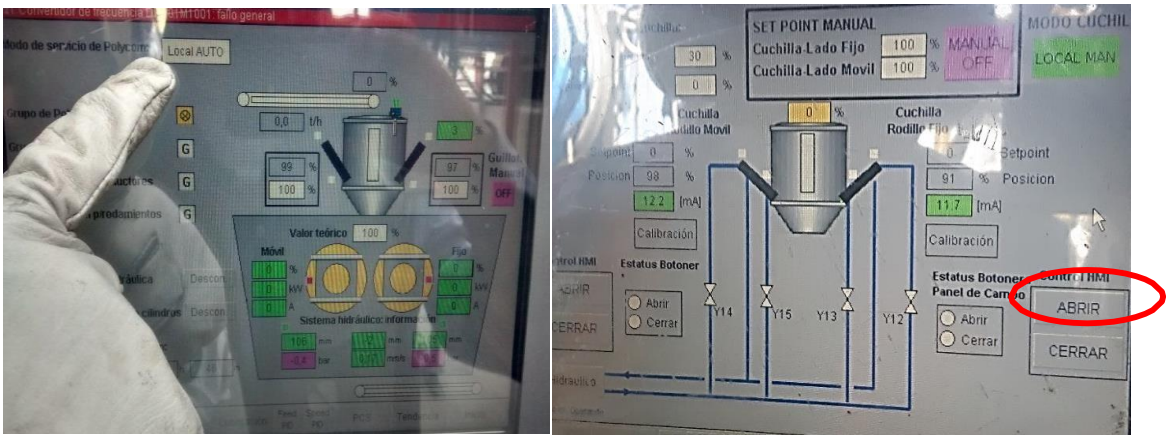


Figura No 5.99: Configuración para cierre de Cuchillas
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Retiro de sensores y despresurización de sistema.

Realizado el levantamiento del pistón hidráulico, despresurizar el sistema cerrando las válvulas (94.01, 94.02 para cuchilla del lado de rodillo fijo y 94.03, 94.04 para cuchilla del lado de rodillo móvil). Acto seguido retirar las cañerías de alimentación y descarga del pistón hidráulico (Ver Fig. 5.94) para lo cual se deberá de utilizar un balde y trapos para el remanente de aceite en las mangueras. Verificar la presencia de una bandeja de segunda contención antiderrames Implementar controles críticos para Trabajos con/uso de Sustancias Químicas.

Figura No 5.100: Válvulas a cerrar
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Solicitar a personal de E&I el retiro de los sensores comprometidos para el desmontaje del pistón hidráulico y cuchillas de slider.

Desbloqueo de Equipos (BY-PASS)

Una vez realizada la despresurización y desconexión de sensores, se coordina con Supervisor de Operaciones y Cuarto de Control la deshabilitación de los sensores para realizar la maniobra de cambio de pistón y slider con equipo en movimiento.

5.10.10. Desmontaje de Pistón

Retirar las tapas de mesa centradora y soldar una oreja en cada lado de la cuchilla del slider y una tuerca en cada pared lateral de la mesa centradora .Implementar controles críticos para Trabajos en Caliente.

Utilizar un perno para pasarlo por el agujero de la oreja soldada y ajustarlo en la tuerca soldada en la pared de la mesa centradora.

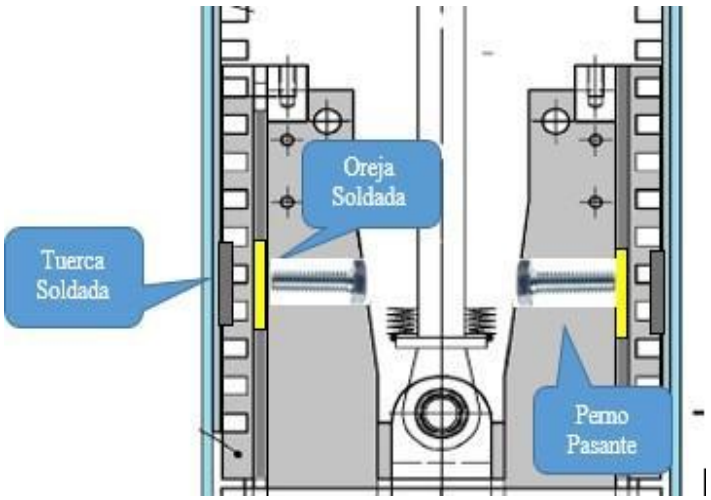


Figura No 5.101: Maniobra de Retenida
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Realizada la retenida, retirar el pin de la cuchilla y los pernos del soporte de pistón con llaves mixtas.

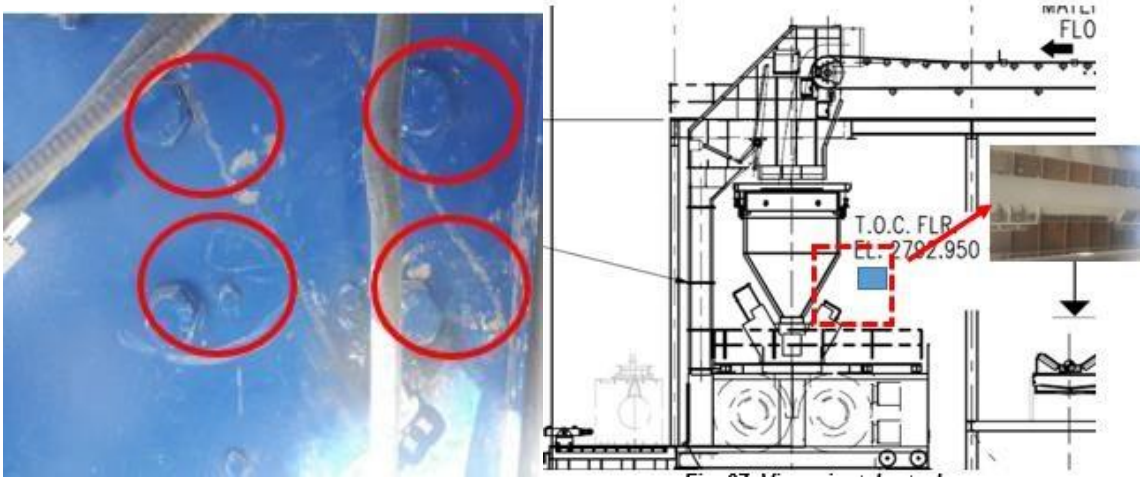


Figura No 5.102: Pernos y Pin a extraer para desmontaje de viga de pistón
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

Izar el pistón hidráulico con ayuda de tecle de 1 ½ ton y una eslinga de 4 ton x 6 metros, el tecle deberá de ser apoyado en la viga de superior.. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas Estándar de Restricción y Demarcación de Áreas.

5.10.11. Desmontaje de Cuchilla

Retirar cuchilla con apoyo de 02 tecles de 1.5 Ton y grilletes, los cuales deberán de ser instalados en los agujeros pasantes de la cuchilla. Los tecles deberán de ser apoyados en la viga utilizada para el desmontaje del pistón . Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas y Estándar de Restricción y Demarcación de Áreas.

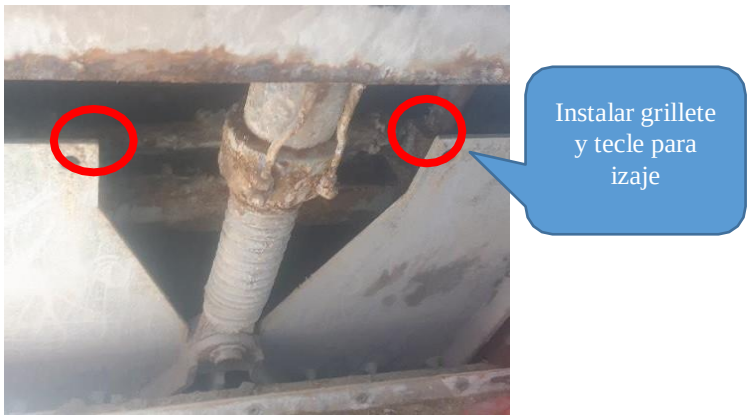


Figura No 5.103: Agujeros pasantes para instalación de grillete
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

5.10.12. Montaje de Cuchilla y Pistón de slider.

Realizar el montaje de la cuchilla nueva soldando orejas y realizando la maniobra de izaje de la misma manera tal como fue desmontada. De igual manera realizar el montaje del pistón nuevo tal como se realizó el desmontaje, utilizando maniobra con ayuda de tecle de 1.5 ton y eslinga de 4 ton x 6 metros.

Realizado el montaje del pistón, proceder con el montaje del Pin que une la cuchilla del slider con las horquillas del pistón hidráulico. Implementar controles críticos para Trabajos con Izajes o Cargas Suspendidas y Trabajos en Caliente.

Bloqueo y reposición de sensores y cañerías.

Coordinar con personal E&I para reponer los sensores y demás elementos retirados. Personal mecánico repone y verifica la correcta instalación de conectores de las líneas de las líneas de carga y retorno retirados.

Presurización y Cierre de Pistones hidráulicos de Slider.

Desbloquear el Sistema Hidráulico (2 bombas del Sistema Hidráulico) y abrir las válvulas (94.01, 94.02 para cuchilla del lado de rodillo fijo y 94.03, 94.04 para Cuchilla del lado de rodillo móvil). Finalmente, personal mecánico ubica en el Panel View la pestaña SIST. HIDRAULICO, selecciona “Activar panel adicional” y procede a Cerrar los cilindros hidráulicos.

5.10.13. Inspección y mantenimiento de válvulas distribuidor HPGR´s

Verificar la presión de la línea de alimentación en el conjunto distribuidor. Verificar el despresurizado del conjunto hidráulico. Realizar la limpieza de las válvulas, de existir fugas de grasa proceder con el cambio de componente.

Implementar controles críticos para Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas. Recuerde: Utilizar trapo industrial y bandejas de segunda contención antiderrames. Inspeccionar los demás componentes en las líneas del sistema hidráulico y de acuerdo a su inspección proceder al cambio.

Figura No 5.104: Distribuidor hidráulico de HPGR´s
Fuente: fotografía chancado III SMCV -C2

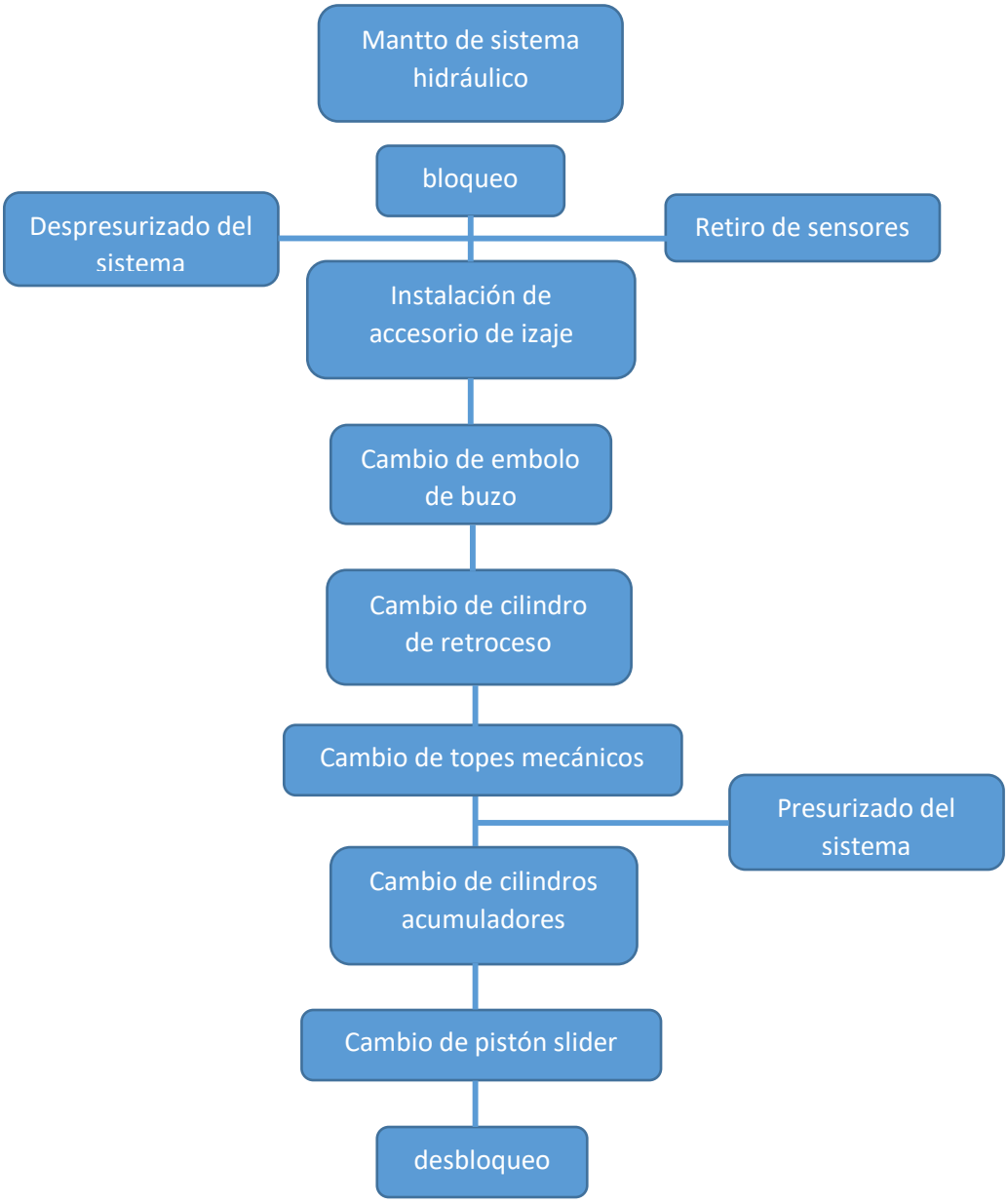


Figura No 5.105: Diagrama de mantenimiento de sistema hidráulico
Fuente: elaboración propia

5.11. RESTRICCIONES

Para realizar el trabajo descrito en este estándar aplique los controles críticos de las siguientes reglas para vivir:

- Estándar de Bloqueo LOTOTO
- Trabajos en Espacios Confinados
- Aberturas en pisos o plataformas abiertas – "Open Hole"
- Trabajos con Izaje o Cargas Suspendidas
- Trabajos en Altura o Desnivel
- Trabajo con/cerca de energía o partes móviles
- Trabajos con/cerca de Sustancias Químicas
- Ingreso a áreas restringidas sin autorización

5.12. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- SSOpr0001 Identificación Peligros, Evaluación y Control de Riesgos
- SSOre0004 Reglamento General Transito SMCV
- SSOpr0005 Estándar de seguridad para Permiso para Trabajos de Alto Riesgo
- SGIst0001_Inspección de Herramientas, Equipos e Instalaciones
- SGIst0022_Manejo de Productos Químicos
- SGIpr0015 Procedimiento General de Bloqueo LOTOTO
- SSOst0001_Trabajos en Espacios Confinados
- SSOst0002_Trabajos en Caliente

- SSOst0003 Trabajos en Altura
- SSOst0007_Proceso de Variación
- SSOst0008_Trabajos en Circuitos Energizados
- SSOst0009_Trabajos con Open Hole
- SSOst0010_Restrición y Demarcación de Áreas
- SSOst0015_Ergonomía
- SSOst0016_Guardas de Protección
- SSOst0017_Ingreso a Salas Eléctricas y Sub Estaciones
- SSOst0018_Seleccion, Distribución y Uso de EPP´s
- SSOst0024_Tormentas Eléctricas
- SSOst0030_Trabajo en Circuitos Desernegizados
- SSOst0031_Equipos y Elementos de Izaje
- SGA_RSpg0001_Plan de manejo de residuos
- FDS de productos químicos

CONCLUSIONES

- Al realizar un correcto mantenimiento de los rodillos de molienda de alta presión (HPGR), también denominados prensas de rodillo, encontramos varios beneficios entre ellos aumentar la vida útil del equipo y minimizar el riesgo de avería

- En efecto esto aumentara la productividad lo cual esto se traduce en una mayor rentabilidad siendo una mejoría para la empresa

- Se debe de conocer todas las partes fundamentales de los rodillos de alta presión (HPGR), para poder mantenerlos operando de la mejor manera y tener los repuestos a tiempo. Para ello, es importante tener en cuenta los manuales de mantenimiento, las listas de repuestos, los manuales de operación, los plazos de entrega, los intervalos de mantenimiento

- Las piezas cambiadas de los rodillos de alta presión (HPGR) pueden repararse completamente y prepararse para el siguiente mantenimiento. Todo depende de la calidad con la que se realicen las cosas.

- Aplicar y conservar la planificación del mantenimiento preventivo propuesto de los rodillos de alta presión (HPGR), haciendo énfasis en las actualizaciones ocurrentes que deben de ser implantados como complemento para los procedimientos de trabajo.

- El mantenimiento preventivo de los rodillos de alta presión (HPGR) constituye una actividad esencial para alcanzar altos grados de eficacia en los sistemas productivos ya que puede manejar un cambio en la dureza del mineral, con poco efecto sobre el rendimiento de conminución. Debido a que los HPGR generan partículas con micro-fisuras, produciendo un mejoramiento en el rendimiento de los procesos de lixiviación y flotación

RECOMENDACIÓN

- Planificar ejecutar y mantener cada parada de mantenimiento siguiendo un proceso de dirección de parada de planta establecido, seguramente en tiempo, dentro de un presupuesto para facilitar una operación confiable por un período de tiempo seguro

- Se debe de tener el protocolo con todos los componentes críticos de los hpgr y deben ser distribuidas a cada integrante involucrado en la tarea y debe de estar al alcance para que de esta forma el personal encargado del mantenimiento pueda inspeccionar detalladamente estos elementos

- Durante el desarrollo de los trabajos de ejecución, cada lista de trabajo los documentos de los equipos deben priorizarse para fijar y manejar los propósitos. Alineando los equipos por especialidad se asegura una eficaz utilización de recursos.

- El equipo de trabajo de la ejecución también debe especificar los objetivos de la actuación es importante lo referido al coste, seguridad, calidad, plazo, riego, trabajo extraordinario e impacto ambiental.

- El coste, la duración y la eficacia en la realización del trabajo son trascendentales. Por eso no se debe de tener una mala coordinación de las actividades ya que puede traer consecuencias nefastas en cualquiera de los tres aspectos

- Es posible realizar una parada en un tiempo notablemente inferior al que habitualmente se establece, de manera que el periodo en que la instalación es improductiva sea mínimo, para ello es necesario ser muy meticuloso en la planificación y sus revisiones posteriores. Destacaremos dos aspectos relevantes, la preparación del trabajo y la gestión del camino crítico.

- No debemos descuidar en ningún momento la calidad y la seguridad, por lo que en la gestión de paradas deberemos seguir este orden (Seguridad-Medio Ambiente, Calidad, Tiempo, Coste)

BIBLIOGRAFÍA

- http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/134948/Analisis-comparativo-de-modelos-fenomenologicos-de.pdf?sequence=1
- https://www.sgs.pe/es-es/mining/metallurgy-and-process-design/unit-operations-and-metallurgical-services/comminution-and-beneficiation/high-pressure-grinding-rolls-hpgr
- https://docplayer.es/14414295-molinos-hpgr-osvaldo-pavez.html
- https://podpolanka.pl/150tph/Jun_6222/
- https://es.scribd.com/document/360191324/HPGR
- https://www.911metallurgist.com/metalurgia/conminucion-minerales/
- https://www.academia.edu/36722321/Conminuci%C3%B3n_de_minerales
- https://www.emagister.com/uploads_courses/Comunidad_Emagister_56661_MINERALES_-_II_-.pdf
- Sociedad Minera Cerro Verde manual de chancado secundario-terciario
- HPGR Polysius manual de operaciones
- Esctructuras y construcciones S.A.C manual de procedimientos y seguridad
- navarro elola, luis, gestión integral de mantenimiento, mar combo boixareu editores, barcelona, 1997. 112 p.
- boulcy, francis, gestión de mantenimiento, aenor. aenor. madrid. 1999. 310 p.
- sistemas de mantenimiento: planeación y control, editorial limusa. méxico
- cast steel products rodillos de molienda de alta presión (hpgr)

- ThyssenKrupp rodillos de molienda de alta presión (hpgr)
- Metso outotec series de rodillos de molienda de alta presión (hpgr) series hrc
- Hoffmann group rodamientos de rodillos de alta presión
- Molinos hpgr, osvaldo pavez, ii encuentro internacional de metalurgia.
- Zegarra, j. (2005). "chancadora de rodillos de alta presión", cobre 2005, lima, perú.
- Matriz de identificación de peligros, evaluación y control de riesgos de mantenimiento de chancadoras en planta concentradora cerro verde.
- Procedimiento para cambio de rodillos hpgr- en cerro verde. 12. manual de chancador hpgr-polysius.
- Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales, 3o edición william fsmith.
- Polycom@high-pressure grinding roll for the minerals industry.

GLOSARIO

Acarreo: Traslado de materiales hacia un destino señalado.

Accidente de Trabajo: Suceso que resulta en lesión o daño no intencional.

Accidente Trivial o Leve: Es aquél que luego de la evaluación, el accidentado debe volver máximo al día siguiente a sus labores habituales.

Accidente Incapacitante: Es aquél que, luego de la evaluación, el médico diagnostica y define que el accidente no es trivial o leve y determina que continúe el tratamiento al día siguiente de ocurrido el accidente. El día de la ocurrencia de la lesión no se tomará en cuenta, para fines de información estadística.

Accidente Fatal: Es aquél en el que el trabajador fallece como consecuencia de una lesión de trabajo; sin tomar en cuenta el tiempo transcurrido entre la fecha del accidente y la de la muerte. Para efecto de la estadística se debe considerar la fecha en que fallece.

ACGIH: Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales. Organización de salud ocupacional que publica anualmente una lista de límites de exposición ocupacional recomendados para una serie de peligros químicos y físicos.

Actividad Minera: Es el ejercicio de las actividades de exploración, explotación, labor general, beneficio, comercialización y transporte minero, en concordancia con la normatividad vigente.

Ambiente de Trabajo: Es el lugar en el que se desarrollan las labores encomendadas o asignadas.

Causas por Falta o Falla en el Sistema de Gestión: es cuando no existe o son deficientes los Planes de Gestión, los estándares operacionales y el desempeño directivo y operativo.

Causas Básicas: son aquéllas producidas por factores personales y factores de trabajo, donde; Los Factores Personales.-

habilidades, conocimientos, la condición físico-mental y psicológica de la persona y

Los Factores del Trabajo.- Se refiere a defectos en el diseño, errores y demora logística, adquisiciones inadecuadas, uso de equipos, herramientas y materiales inapropiados y mala elección o mala ejecución de los métodos de explotación. Están relacionados con el ambiente de trabajo.

Causas Inmediatas: Son aquéllas producidas por actos y/o condiciones **subestándares,** donde; Las Condiciones Subestándares.- Se llama así a las instalaciones incorrectas, áreas de trabajo inapropiadas, uso incorrecto de sustancias, materiales, equipos y/o energía y Los Actos Subestándares.- Es toda acción o práctica incorrecta ejecutada por el trabajador que causa o contribuye a la ocurrencia de un accidente.

Código de Colores: Es un sistema para colorear las partes del equipo u otros artículos con varios colores predeterminados para facilitar su identificación.

Consecuencia: Se refiere a los resultados o impactos de los eventos de riesgo y peligros al materializarse; las consecuencias siempre se expresan en pérdidas.

Controles: Son medidas utilizadas para eliminar y/o minimizar el impacto dañino de las energías negativas o peligros. Entre ellas podemos mencionar: Estándares; Procedimientos escritos de trabajo seguro; Observación planeada de trabajo seguro; Permisos de trabajo; Procedimientos de bloqueo; Uso de equipos de protección personal adecuado, entre otros.

Controles Administrativos: Métodos para controlar la exposición de los trabajadores por turno laboral, asignación de tareas, tiempo lejos del peligro, o capacitación en prácticas laborales específicas diseñadas para disminuir la exposición.

Control de Ingeniería: Métodos para controlar una exposición peligrosa de los trabajadores, eliminando el peligro mediante la sustitución por un material menos peligroso, aislamiento o enclaustramiento; modificando la fuente o reduciendo la cantidad de contaminantes liberados en el ambiente de trabajo a través de ventilación y enclaustramiento, etc.

Comité de Seguridad e Higiene Minera: Está formado por representantes en capacidad no supervisora y supervisora, nombrados para considerar los asuntos de seguridad y salud.

Charla de Seguridad: Exposición de un grupo de trabajadores a temas de Prevención de Pérdidas. Donde la frecuencia puede ser diaria o semanal con una duración de 15 aproximadamente.

Conducta: cualquier acción que una persona realiza y que puede ser medida o controlada, como por ejemplo hablar, actuar y realizar funciones físicas.

Contaminación del Ambiente de Trabajo: Es toda alteración indeseable del ambiente de trabajo, referido a la calidad del suelo, agua o aire, a un nivel que puede afectar la salud y la integridad física de los trabajadores en su entorno.

CPI: (Indicadores Críticos del Programa); Métrica que se emplea para medir la eficacia del Programa de Prevención de Pérdidas en las diferentes áreas operativas.

Cultura de Seguridad: Es el conjunto de valores, principios, normas, comportamiento y conocimiento que comparten los miembros de una organización, con respecto a la prevención de incidentes, accidentes, enfermedades ocupacionales, daños a la propiedad y pérdidas asociadas, sobre los cuales se resuelve la gestión empresarial

Daño: Cualquier lesión o enfermedad ocasionada a personas, o pérdida de procesos, daños materiales o al medio ambiente.

Empleador: Es toda persona natural o jurídica que da empleo a uno o más personas.

Empresa Especializada: Es toda persona jurídica que por contrato, ejecuta una obra o presta servicio a los titulares de la actividad minera.

Enfermedad Ocupacional: Se llama así a todo estado patológico permanente o temporal que adquiere el trabajador como consecuencia de los agentes físicos, químicos, biológicos o ergonómicos del trabajo que desempeña.

Empresa Minera: Es la persona jurídica, que ejecuta las acciones y trabajos de la actividad minera de acuerdo a las normas legales vigentes, diseños, métodos de explotación, estándares, procedimientos y prácticas establecidas.

Elementos del Riesgo: El riesgo posee dos elementos la posibilidad o probabilidad de que algo suceda y las consecuencias o impactos si esto ocurre.

Equipos de Emergencia: Conjunto de personas organizados para dar respuesta a las emergencias, tales como incendios, hundimientos de minas, inundaciones, grandes derrumbes o deslizamientos.

Ergonomía: Es el estudio sistemático o evaluación de la productividad y eficiencia del hombre con relación lugar y ambiente de trabajo. Su propósito es la concepción de equipos para mejorar los métodos de trabajo con el fin de minimizar el estrés y la fatiga y con ello incrementar el rendimiento y la seguridad del trabajador.

Espacio confinado: Es aquel lugar de área reducida constituido por maquinaria, tanque, tolvas o labores subterráneas; en las cuales existen condiciones de alto riesgo, como falta de oxígeno, presencia de gases tóxicos u otros similares que requieran permiso de trabajo.

Estadística de accidentes: Es un sistema de control de la información de los incidentes y accidentes.

Estándares de Trabajo: El estándar es definido como los modelos, pautas y patrones que contienen los parámetros y los requisitos mínimos aceptables de medida, cantidad, calidad, valor, peso y

Extensión establecida por estudios experimentales, investigación, legislación vigente y/o resultado del avance tecnológico, con los cuales es posible comparar las actividades de trabajo, desempeño y comportamiento industrial.

Es un parámetro que indica la forma **correcta de hacer las cosas.**

Evaluaciones de Riesgos: Cálculo y asignación de prioridades a los riesgos para la posterior gestión o tratamiento de los mismos.

Explosivos: Son compuestos químicos susceptibles de descomposición muy rápida que generan instantáneamente gran volumen de gases a altas temperaturas, y presión ocasionando efectos destructivos.

Facilitador: Es una persona con características particulares de conocimientos y experiencia combinadas en la industria minera, este calificativo es otorgado a los expertos en seguridad e higiene minera.

Fiscalizador: Es toda persona natural o jurídica domiciliada en el país encargada de realizar exámenes objetivos y sistemáticos en las unidades de actividad minera, sobre asuntos de salud, seguridad y medio ambiente y cuente con autorización expresa de la Dirección General de Minera del Ministerio de Energía y Minas.

Fiscalización: Proceso de control sistemático y objetivo que permite la identificación y evaluación de los sistemas de gestión, para luego recomendar acciones correctivas, a efectos de minimizar la ocurrencia de incidentes y accidentes.

Gases: Fluidos sin forma que ocupan cualquier espacio que esté disponible para ellos, emitidos por los equipos diesel, explosivos y fuentes naturales.

Gestión de la Seguridad e Higiene Minera: Es la aplicación de los principios de la administración profesional a la seguridad, así como se aplica a la producción, a la calidad y al control de costos. Permite dejar de tratar a la seguridad como un factor separado del trabajo y de la administración, para considerarla como la forma correcta de hacer las cosas.

Hoja de Seguridad (MSDS): Documento que proporciona información relacionada con materiales y químicos peligrosos.

Humos: Son productos de la combustión incompleta de los materiales orgánicos tales como la madera, el carbón, los productos del petróleo y las plantas.

Inducción u Orientación: Capacitación inicial para ayudar al trabajador a ejecutar el trabajo en forma segura, eficiente y correcta. Estas se dividen en dos tipos:

Inducción u Orientación General.- Es una presentación a los trabajadores con anterioridad a la asignación al puesto de trabajo sobre temas principales de la política, beneficios, servicios, facilidades, reglas y prácticas generales, y el ambiente laboral de la organización.

Inducción u Orientación del Trabajo Específico.- Es orientar al trabajador con

la información necesaria a fin de prepararlo para el trabajo específico.

Investigación de Incidentes y Accidentes: Es un proceso de recopilación, evaluación de datos verbales y materiales que conducen a determinar las causas de los incidentes y/o accidentes, para tomar las acciones correctivas y prevenir la recurrencia.

Inventario de Productos Químicos: Una relación de materiales y químicos peligrosos utilizados por la empresa

Inspección: Proceso de observación metódica para examinar situaciones críticas de prácticas, condiciones, equipos, materiales y estructuras. Donde se identifica los peligros y riesgos en el lugar de trabajo, los mismos que de no ser controlados oportunamente podrían ocasionar accidentes. Son realizadas por personas capacitadas y conocedoras en la identificación de peligros y evaluación de riesgos.

Inspecciones previas al cambio de turno: Breves inspecciones diarias/antes del cambio de turno realizadas por los capataces y documentadas en los formularios de inspección previa al cambio de turno del departamento.

Inspecciones previas al uso del equipo: Inspecciones que se llevan a cabo antes del uso de un equipo móvil de manipulación de material con el propósito de identificar y corregir peligros.

Lesión: Es un daño físico u orgánico que sufre una persona como consecuencia de un accidente de trabajo, la misma que debe ser evaluada y diagnosticada por un médico titulado y colegiado o paramédico calificado.

Matriz de Responsabilidades: conjunto de actividades de carácter preventivo programadas en un periodo no mayor a un mes, asignadas a la línea de mando principal de una empresa.

Mina: Para fines de fiscalización, incluye a todo lugar donde:

Se ha realizado rotura de la corteza terrestre o cualquier excavación hecha para explorar o producir minerales metálicos y no metálicos con título de concesión minera.

Actividad incluida perforaciones de exploración, explotación, beneficio, depósito de desmonte, relaves, plantas de tratamiento de aguas de mina, entre otros.

Observación de Tareas: Una observación que permite al observador saber si un trabajador está ejecutando o no todos los aspectos de una tarea específica en la forma correcta.

Operaciones Mineras: Conjunto de medios mineros que se ponen en juego para conseguir un resultado favorable durante y después de la actividad minera (Ver definición de actividad minera).

Práctica: Un conjunto de pautas positivas, útiles para la ejecución de un tipo específico de trabajo que puede no hacerse siempre de una forma determinada.

Prevención de Accidentes: Es la combinación razonable, de políticas, estándares, procedimientos y prácticas, en el contexto de la actividad minera, para alcanzar los objetivos de Seguridad e Higiene Minera del empleador. **Probabilidad:** Una medida del estimado de la probabilidad y/o frecuencia de un evento de riesgo que se está produciendo.

Procedimiento: Una descripción paso a paso sobre cómo proceder, desde el comienzo hasta el final, para desempeñar correctamente una tarea.

Práctica: Un conjunto de pautas positivas, útiles para la ejecución de un tipo específico de trabajo que puede no hacerse siempre de una forma determinada.

Proceso: Viene hacer la suma de actividades; Cada proceso tiene una serie de actividades y cada actividad tiene una serie de tareas pequeñas que al descomponer en un diagrama de flujo operacional ayudan a identificar los peligros, a evaluar, y tomar las mejores prácticas de control.

Programa de higiene industrial: Un programa de Higiene Industrial es un conjunto de actividades realizadas con la finalidad de eliminar o minimizar los peligros a la salud originados en el lugar de trabajo, estando constituido por tres elementos básicos; identificación, evaluación y control.

Prevención de perdidas: Es una práctica administrativa que tiene por objeto controlar los daños físicos (lesiones o enfermedades ocupacionales) o daños a la propiedad (equipos, materiales y/o medio ambiente), pérdidas en el proceso que resultan de los acontecimientos no deseados (accidentes) relacionados con los peligros de las operaciones.

Procedimiento: Una descripción paso a paso sobre cómo proceder, desde el comienzo hasta el final, para desempeñar correctamente una tarea; resuelve la pregunta ¿Cómo?

Reglas: Son principios, fórmulas o preceptos que se deberán cumplir siempre, sin ninguna excepción; para asegurar que una tarea sea bien hecha.

Reglamento: Es el conjunto de disposiciones y la autorización de uso y aplicación de una norma, que abarca todos los procedimientos, prácticas o disposiciones detalladas, a las que la autoridad competente ha conferido el uso obligatorio.

Representante de los Trabajadores: Es un trabajador sindicalizado o no, con experiencia en seguridad o capacitación recibida en ella, elegido mediante elecciones convocadas por los trabajadores para representarlos por un año, ante el Comité de Seguridad e Higiene Minera.

Requerimientos de Capacitación: Capacitación requerida para asegurar que un empleado alcance competencia en las tareas.

Reunión de orientación en el emplazamiento de trabajo: Una reunión previa con los empleados que se realiza en el emplazamiento de trabajo para educarlos sobre temas específicos en el emplazamiento de trabajo

Reuniones Grupales de 5 minutos (R-5): reunión de personas que practican la comunicación al revisar temas específicos de seguridad el tiempo promedio de duración es de 15 minutos.

Reuniones Grupales de 30 minutos (R-30): reunión de personas que practican la comunicación al revisar temas específicos de seguridad el tiempo promedio de duración es de 45 minutos.

Revisiones de la Gerencia: Revisiones periódicas del programa de

Seguridad, Salud y Medio Ambiente realizadas por la Gerencia de la empresa Contratista. Las revisiones abordan puntos tales como progreso frente a los objetivos, necesidades del personal, asuntos presupuestarios así como estadísticas y análisis de accidentes.

Roles y Responsabilidades: Documentos que definen el trabajo de la línea de mando según sea la línea funcional de la empresa Contratista donde se señala quién hace qué y cuándo, para garantizar que las actividades a contemplar de carácter proactivo sean cumplidas.

Salud: En relación con el trabajo, abarca la ausencia de afecciones o enfermedades, incluyendo los elementos físicos y/o mentales; directamente relacionados con el desempeño competitivo del trabajador.

Tarea: Es una parte específica del trabajo. También es conocido como un segmento de una asignación o trabajo.

Tarea no Crltica: Es cualquier tipo de trabajo que requiere para su realización equipo regular de protección

Tarea Crítica: Cualquier tarea que para su realización requiera, además del equipo regular de protección. Una adecuada planificación con el fin de garantizar la seguridad durante el trabajo. Puede producir una pérdida si no se realiza en forma adecuada.

Temperatura Efectiva: Es el resultado de la combinación de tres factores:

Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del Aire, que expresa en un solo valor el grado de confort termo-ambiental. Se define también como la sensación de frío o calor del cuerpo humano.

Trabajo/Tarea.- Una sección del trabajo, una asignación específica de trabajo, un conjunto de acciones necesarias para completar un objetivo específico de trabajo. El objetivo de trabajo es denominado “trabajo”) por muchas personas y “tarea”, por muchas otras. Por razones de simplicidad y consistencia, emplearemos la palabra “tarea” la mayor parte del tiempo.

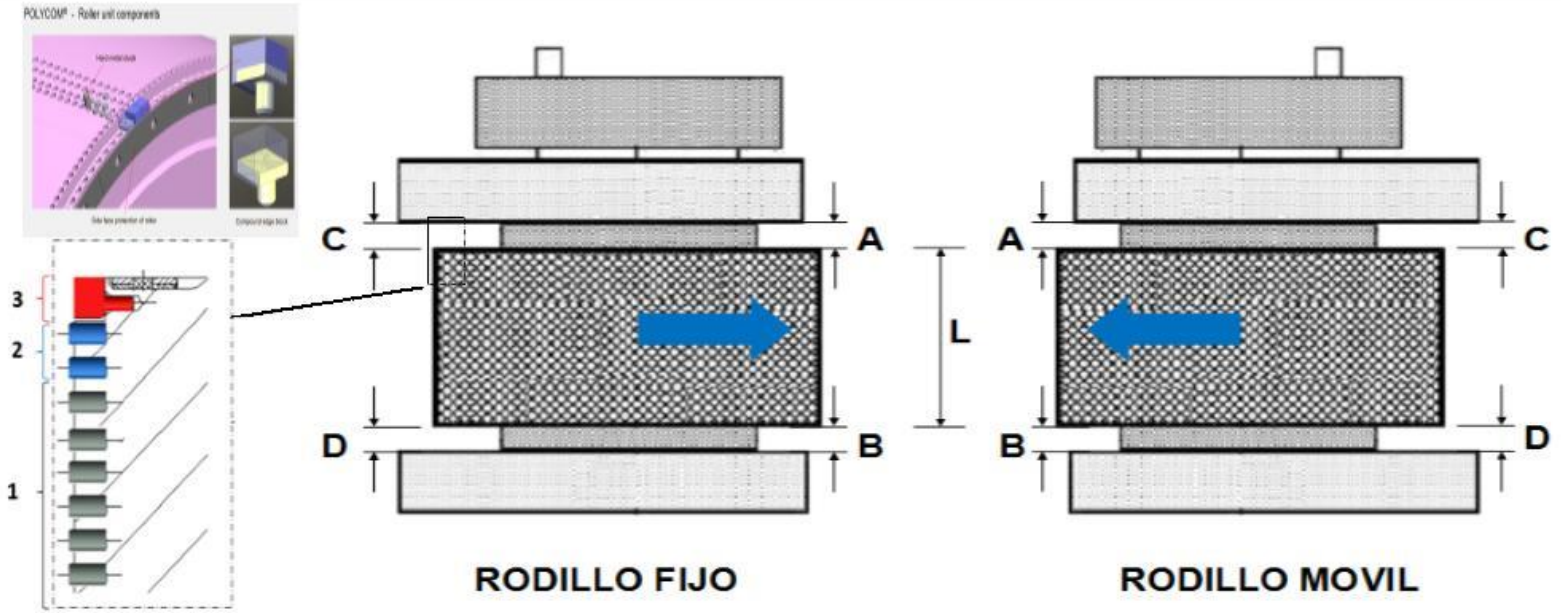
Trabajo en Caliente: Trabajo en caliente es aquél que involucra la presencia de llama abierta generada por trabajos de soldadura, chispas de corte, esmerilado y otras afines, como fuente de ignición en áreas con riesgos de incendio.

Zonas de Alto Riesgo: Son áreas o ambientes donde están presentes las condiciones de peligro inminente, que pueden presentarse por un diseño inadecuado o por condiciones físicas, eléctricas, mecánicas, ambientales

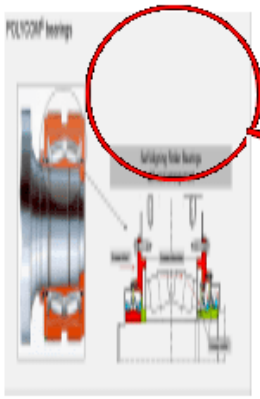
ANEXOS

	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO DE CHANCADORAS TERCIARIAS HPGR				
Cerro Verde	EQUIPO		RESPONSABLE		
	EMPRESA		SUPERVISOR DE TURNO		
	S/N RODILLO FIJO		FECHA DE INICIO		FIRMA DE RESPONSIBLE
	S/N RODILLO MOVIL		FECHA DE TERMINO		

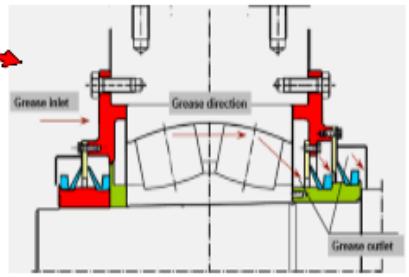
SECCION 1 - ARMADO DE RODILLOS

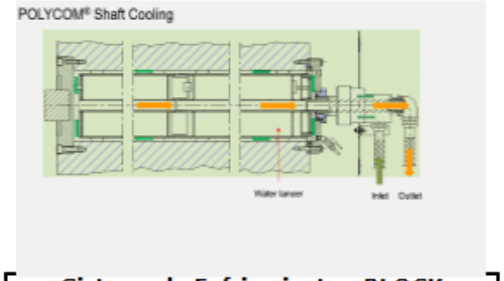


RODILLOS NUEVOS	RODILLOS REPARADOS		RODILLO FIJO	RODILLO MOVIL
DIAMETRO DE RODILLOS				
STUDS	NUEVOS	USADOS		
EDGE BLOCKS	NUEVOS	USADOS		
DIMENSIONES		A		
		B		
		C		
		D		
INSPECCION GENERAL DE SOLDADURA BIMETALLIC PLATE				



RODAMIENTOS DE RODILLOS A ROTULA





Sistema de Enfriamiento - BLOCK BEARING

		Interno	Externo	Interno	Externo
SELLOS DE BLOCK BEARING	RODILLO FIJO				
	RODILLO MOVIL				

Nota: La inspección de sellos deben realizarse antes del montaje de los rodillos, desmontar tapas de ser necesario.

VERIFICACIÓN DE TORQUE PARA BLOCK BERING

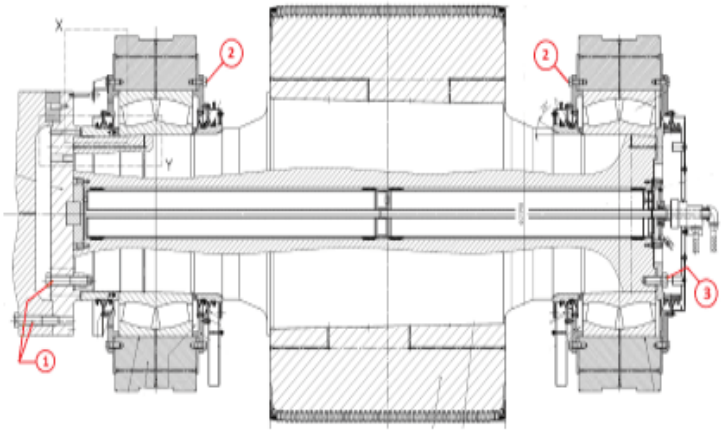


TABLA DE TORQUES			
NUMERO	MEDIDA	TORQUES	GRADO
1		7700 KN	
2		1300 KN	
3		5500 KN	

Nota: Requiere revisar el torque para evitar problemas en los block bearing

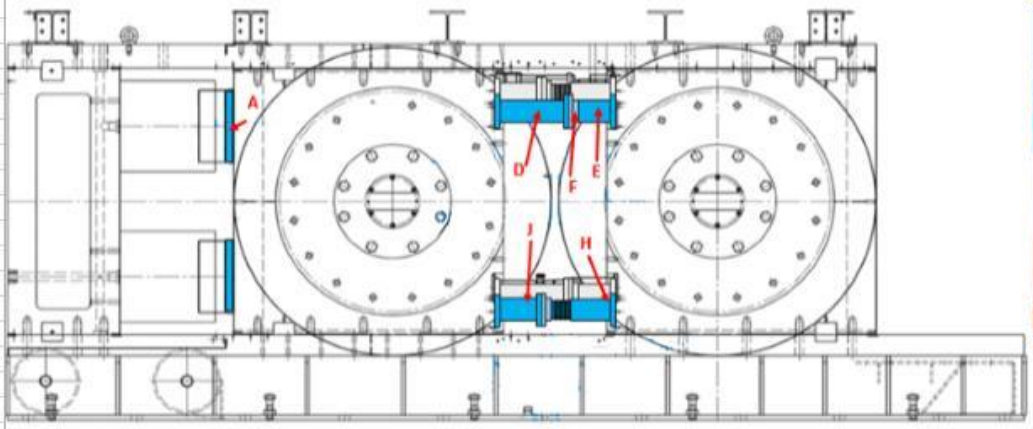
Se reviso el torque de los

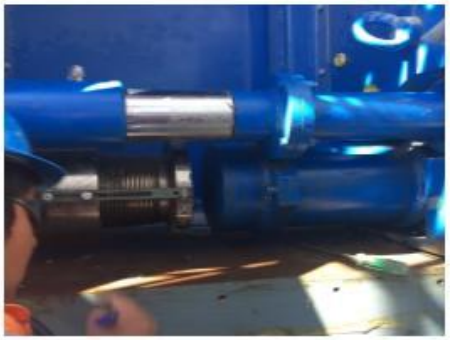
	SI	NO
PERNOS N°1		
PERNOS N°2		
PERNOS N°3		

OBSERVACIONES:

ACCESORIOS PARA CAMBIO DE RODILLOS

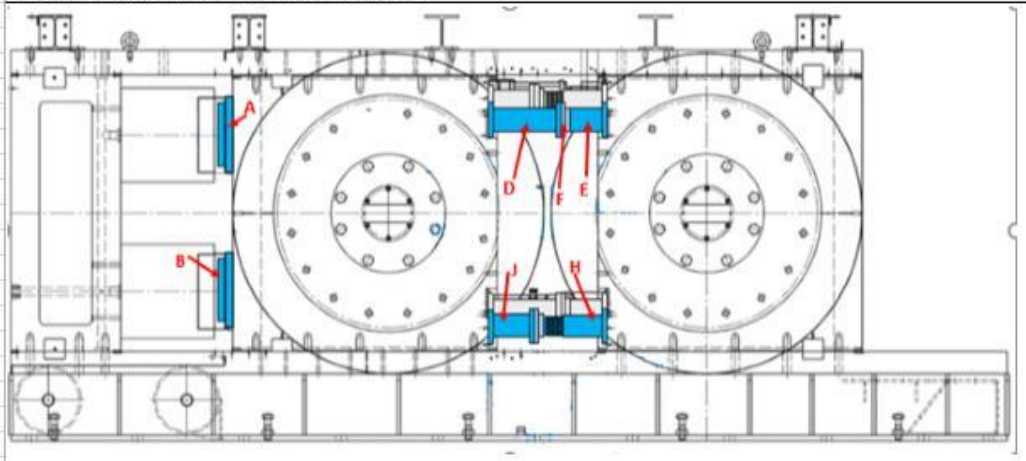
DIAMETRO DE RODILLOS ES IGUAL A: 2400 mm





OBSERVACIONES:

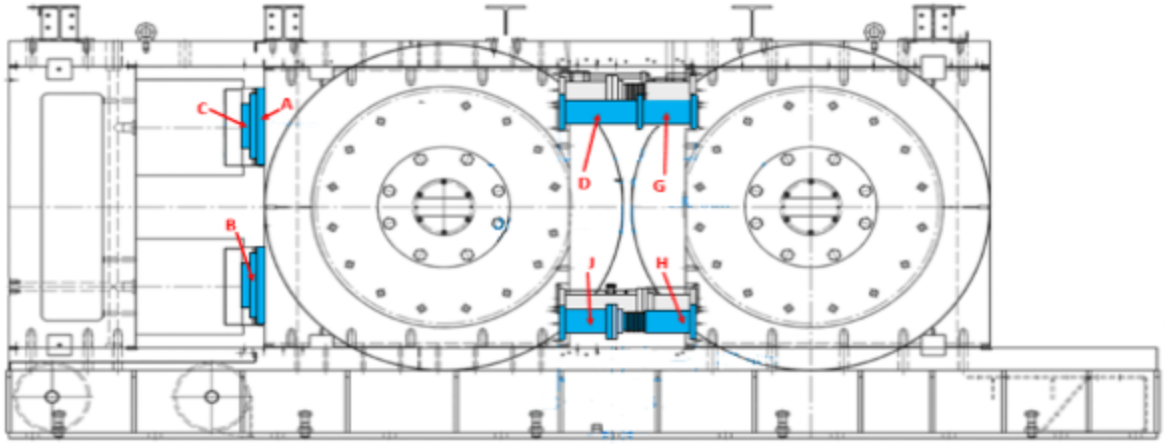
DIAMETRO DE RODILLOS ES IGUAL A: 2340 mm



SE INSTALAN LOS MISMOS ACCESORIOS IDENTIFICADOS PARA LOS RODILLOS DE ϕ 2400, SE RECOMIENDA COLOCAR UN JUEGO DE TOPES DE 40 mm A LA SALIDA DE LOS EMBOLOS BUZO

OBSERVACIONES:

DIAMETRO DE RODILLOS ES IGUAL A: 2280 mm

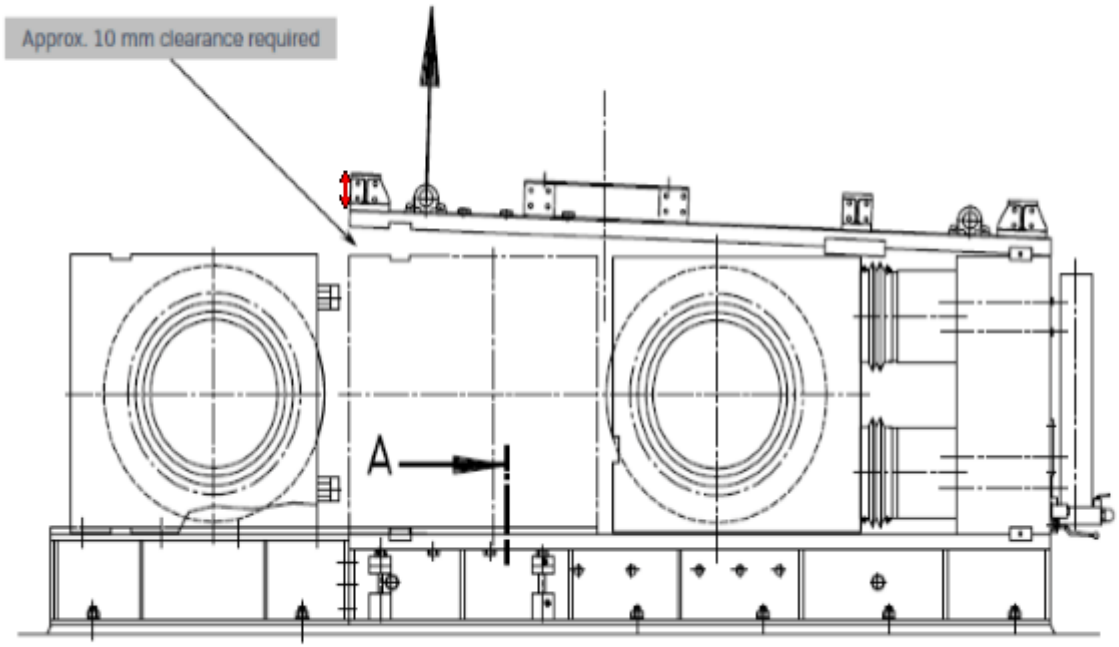


OBSERVACIONES:

COMPONENTES PARA MONTAJE DE RODILLO

A) con ø 570 mm y espesor de 40 mm	**B)** con ø 420 mm y espesor de 40 mm	**C)** con ø 225 mm y espesor de 60	**D)** Largo de 360 mm	**E)** Largo de 354 mm	**F)** Largo de 100 mm	**G)** Largo de 354 mm	**H)** Largo de 425 mm	**J)** Largo de 328 mm

TOLERANCIA MÍNIMA Y MÁXIMA DE LEVANTAMIENTO DE UPPER BOOM



TOLERANCIAS	DIST. (mm)
Distancia Mínima Requerida	10
Distancia Máxima Permitida	30
Distancia Recomendada	20

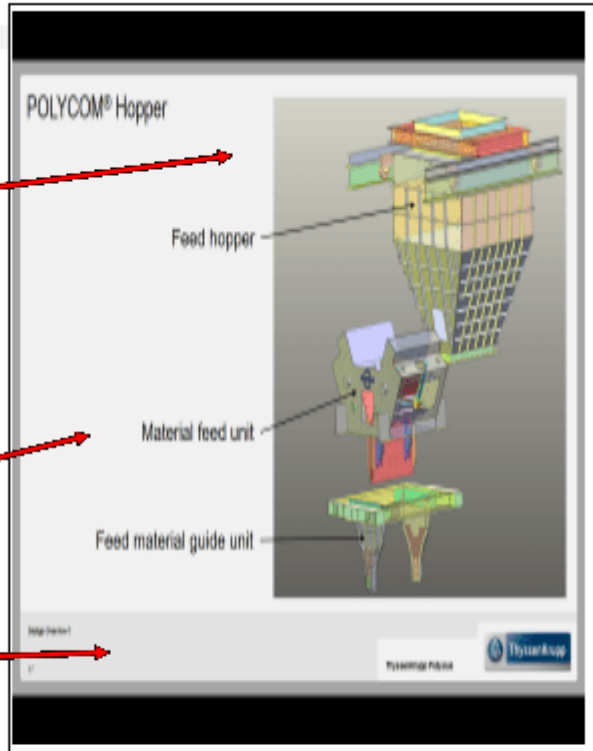
Nota: Para poder retirar los rodillos, las chavetas deberan ser retiradas previamente.

SECCION 2 - INSPECCION DE HOOPER / MESA CENTRADORA

Feed Hopper

Mesa Centradora

Cheeck Plate

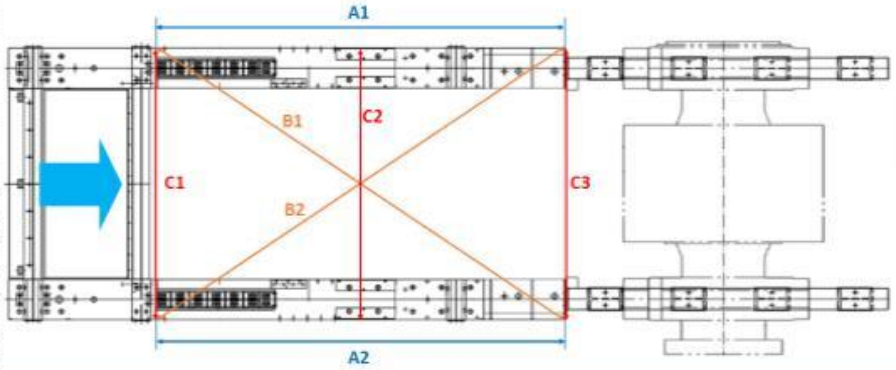


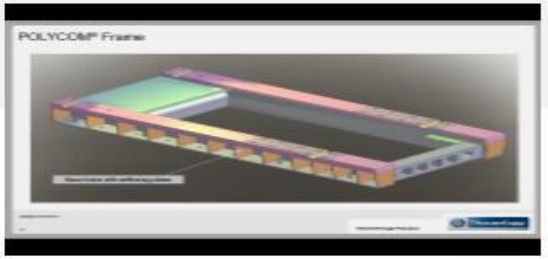
ELEMENTOS A INSPECCIONAR		BIEN	MAL	OBSERVACIONES
Inspección general de hopper				
Inspección de mesa centradora				
Ruedas de soporte de hopper				
Pernos de soporte tipo cancam				
Estado de liners cerámicos de hopper y mesa centradora				
Inspección de junta de expansión SANDIWCH (Especificar si requiere regulación o cambio)				
Estado de placas laterales (Especificar si requiere cambio)				
Conjunto de Sliders	liners de desgast			
	Piston			
	Desplazamiento (carrera)			
Inspección de sistema de guia de mesa centradora				

NOTA: Es muy importante revisar que los sensores sean retirados para evitar incidentes.

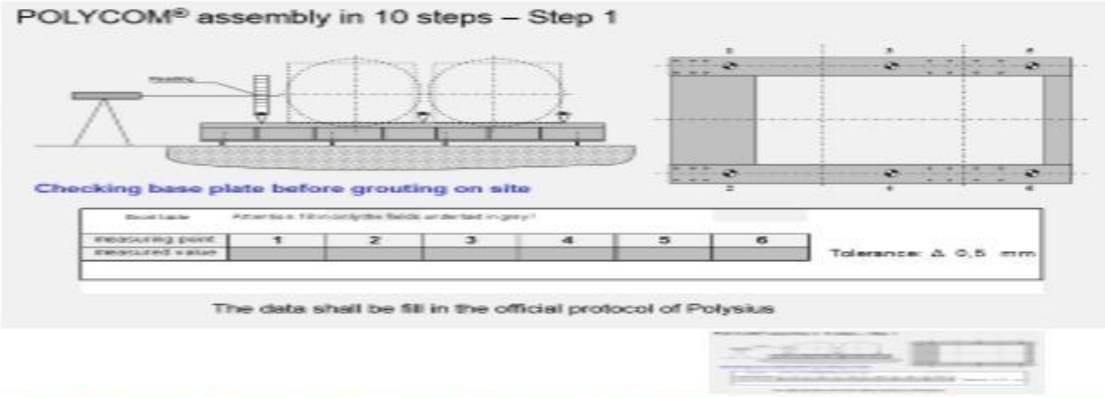
OBSERVACIONES:

SECCION 3 - INSPECCION DE FRAME





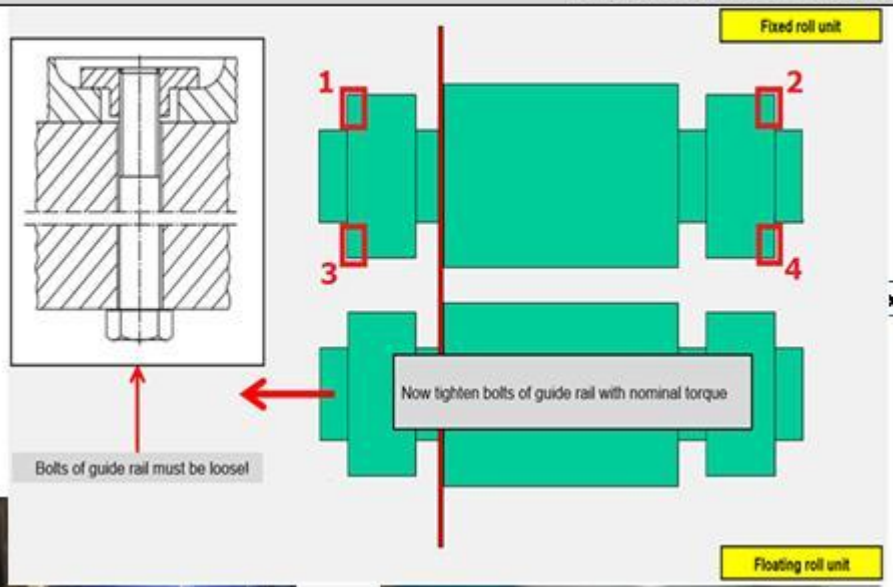
MEDICION DE BASE FRAME DE HPGR						
DIMENSIONES	A1			A2		
	B1			B2		
	C1		C2		C3	
Sistema de lubricación/engrase de vigas carril		BIEN	MAL	OBSERVACIONES		
	IZQ					
	DER					

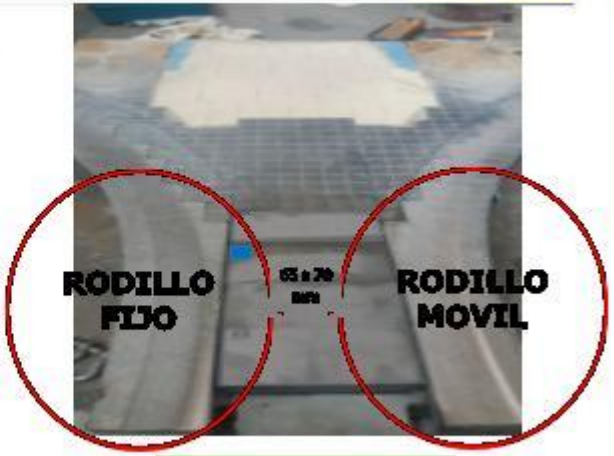


Nota: En lo posible realizar alineamiento tografico de Frame.

OBSERVACIONES:

SECCION 3 - MONTAJE DE RODILLOS Y CHEECK PLATE





Sin funcionamiento

Alineamiento de Rodillos con Frame				
Tolerancia alineamiento del Block Bering y Frame				
	1	2	3	4
Distancia				

Tolerancia 5mm

Nota: En caso de no poderse alinear sera necesario volver a alinear las guias del rodillo movil

	SI	NO
Se verifico paralelismo de las caras de los rodillos		
Se realizo GAP 0		

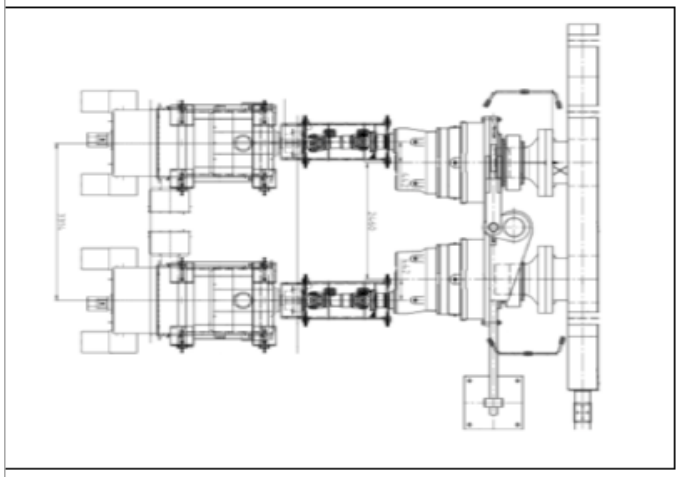
Montaje de Cheeck Plate		
	ESTE	OESTE
Distancia		

Nota: Distancia no menor de 2 mm y no mayor de 6 mm

Alineamiento de mesa centradora	
Tamaño de Rodillos	Distancia
2400	
2340	
2280	

Nota: La distancia no debe ser menor de 65 mm ni mayor a 70 mm. Esta distancia sera medidas despues del primer cuadro de carburo de tungsteno central.

SECCION 4 - SISTEMA DE TRANSMISIÓN



Montaje de Brida de Reductor y Rodillo

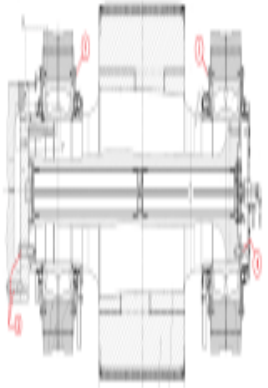


TABLA DE TORQUES			
NUMERO	MEDIDA	TORQUES	GRADO
1		7700 KN	

Se ejecuto torque necesario para bidras	
SI	NO

Montaje de Cardan

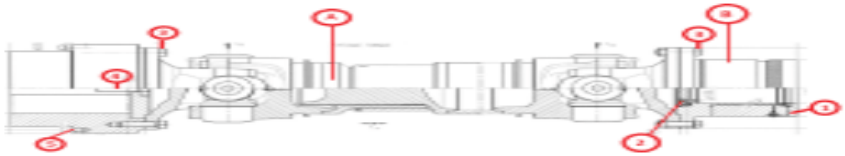


TABLE DE TORQUES			
NUMERO	MEDIDA	TORQUES	GRADO
1		52 Nm	
2	M10	49 Nm	
3	M27	410 Nm	
4	M27/ M30	410 Nm	
ASEGURADO CON LOCTITE 242			
TABLE DE TORQUES			
NUMERO	MEDIDA	TORQUES	GRADO
5	M16	410NM	

VERIFICACIÓN DE TORQUE								
	SI	NO		SI	NO		SI	NO
PERNO N 1			PERNO N 2			PERNO N 3		
	SI			SI	NO			
PERNO N 4			PERNO N 5					

SECCION 5 - VERIFICACION DE SISTEMA HIDRAULICO

	BIEN	MAL
Unidad de potencia hidráulica		
Acumuladores		
Cilindros hidráulicos de empuje		
Cilindros hidráulicos de retroceso		
Cilindros de slider		
Bloques de válvulas		
Válvulas de control		
Sistema de lubricación p/engrase de rodamientos		
Sistema de lubricación p/engrase de vigas carril		
Sistema de lubricación de reductores		
Verificar el funcionamiento del panel de control		

ndros hidráulicos de retroc

ndros hidráulicos de emp

OBSERVACIONES: