

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**PUESTA EN MARCHA REPOTENCIAMIENTO CORREAS
TRANSPORTADORAS PDA FASE I CODELCO CHILE DIVISIÓN ANDINA**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Técnico Universitario en
MECÁNICA INDUSTRIAL

Alumno:

Sr. Felipe Andrés Salinas Guerra

Profesor Guía:

Ing. Carlos Baldi González

RESUMEN

Keywords: Puesta en Marcha, Correas Transportadoras, Andina Fase I.

En el Trabajo “Puesta en Marcha Repotenciamiento correas transportadoras PDA Fase I Codelco Chile División Andina” se ha recopilado información desde manuales de equipos, manuales de operación y mantenimiento, manuales de procedimiento, intranet Codelco Andina y el trabajo en terreno realizado por el autor, cuyo tema principal, como se menciona el nombre, gira en torno a la Puesta en Marcha Correas Transportadoras.

El presente trabajo se ha organizado en cinco capítulos en los cuales se encontrarán tablas, gráficos y figuras que servirán de apoyo a la tarea mencionada, y según el orden y desarrollo de los capítulos, se resume su contenido a modo general de la siguiente manera:

En los capítulos 1 y 2.

- Se da a conocer los antecedentes generales de Codelco Chile, sus Divisiones, producción en cada una de ellas, organigrama de la empresa, presencia y reservas a nivel global, todo ello actualizado, incluyendo grandes cambios llevado a cabo en la plana ejecutiva, y divisiones, bajo la tutela del nuevo Presidente Ejecutivo Diego Hernández.
- Se explica proceso productivo en la División Codelco Andina de Codelco Chile, niveles de producción, sistema de extracción, líneas de chancado primario, transporte, molienda y flotación, hasta producirse transporte del concentrado.
- Se da a conocer presente y futuro de la División Andina, en los proyectos integrales de desarrollo PDA Fase I y Fase II, principales equipos y obras realizadas, y futuras a realizar. En busca de posicionar a la División en la mayor productora de Cobre de la Corporación y en una de las cinco mayores productoras a nivel mundial.
- Se explica de qué manera se ejecuta un proyecto de inversión en Codelco, llevados a cabo por la Vicepresidencia de Proyectos, principales proyectos ejecutados, en construcción y a ejecutar en los próximos años, en dónde destacan los cuatros proyectos estructurales de la corporación, los cuáles permitirán mantener los actuales niveles productivos y aumentar la producción en varios años más.

En los capítulos 3 y 4.

- Se da a conocer los principales componentes de una correa transportadora, en las tres áreas de ingeniería: mecánica, eléctrica y electrónica.
- Se explica trabajos realizados en el repotenciamiento de correas, características de las correas, número de identificación, empresas que participaron en el proyecto y la importancia operativa del sistema de transporte.

Capítulo 5.

- Se explica importancia de una Puesta en Marcha, conceptos técnicos que se deben conocer, pruebas de verificación final a realizar del montaje de los equipos, operación final con carga, pruebas aceptación final y principales fallas obtenidas en las pruebas y medidas adoptadas.
- Se da a conocer mantención recomendada a equipos, inspección a realizar y frecuencia de los mismos.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN

- 1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO
 - 1.1.1. Objetivo general
 - 1.1.2. Objetivos específicos
- 1.2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA
 - 1.2.1. Codelco Chile

CAPÍTULO 2: PROCESO PRODUCTIVO CODELCO ANDINA

- 2.1. HISTORIA CODELCO ANDINA
- 2.2. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL COBRE
 - 2.2.1. Extracción
 - 2.2.2. Extracción a rajo abierto
 - 2.2.3. Extracción subterránea
 - 2.2.4. Chancado
 - 2.2.5. Chancado grueso
 - 2.2.6. Chancado fino
 - 2.2.7. Molienda
 - 2.2.8. Flotación
 - 2.2.9. Tratamiento de aguas
 - 2.2.10. Obtención de Molibdeno
 - 2.2.11. Etapa de filtros
- 2.3. DIAGRAMA FLUJO DIVISIÓN ANDINA
- 2.4. MOVIMIENTO DIARIO MATERIAL Y PRODUCCIÓN ANUAL 2009
- 2.5. PRESENTE Y FUTURO CODELCO ANDINA
 - 2.5.1. PDA Fase I
 - 2.5.2. PDA Fase II
- 2.6. EJECUCIÓN PROYECTOS CODELCO CHILE
 - 2.6.1. Cartera de proyectos
 - 2.6.2. Etapas de un proyecto
 - 2.6.3. Principales proyectos VCP

CAPÍTULO 3: CORREA TRANSPORTADORA

- 3.1. ANTECEDENTES
- 3.2. COMPONENTES MECÁNICOS
 - 3.2.1. Estructura soportante
 - 3.2.2. Polines
 - 3.2.3. Poleas
 - 3.2.4. Reductor
 - 3.2.5. Acople hidráulico
 - 3.2.6. Raspadores
 - 3.2.7. Chutes de carga
 - 3.2.8. Placas de desgaste
 - 3.2.9. Sistema de supresión de polvo
 - 3.2.10. Tensores de correa
 - 3.2.11. Correa o banda o cinta transportadora
- 3.3. COMPONENTES ELECTRÓNICOS
 - 3.3.1. Pesómetro
 - 3.3.2. Pull Cord
 - 3.3.3. Sensores de desalineamiento
 - 3.3.4. Sensor de velocidad
 - 3.3.5. Sensor de ruptura
 - 3.3.6. Detector de metales
 - 3.3.7. Electroimanes
- 3.4. COMPONENTES ELÉCTRICOS
 - 3.4.1. Motor eléctrico
 - 3.4.2. Sub Estación eléctrica
 - 3.4.3. Transformadores
 - 3.4.4. Sala eléctrica

CAPÍTULO 4: REPOTENCIAMIENTO CORREAS TRANSPORTADORAS

- 4.1. ANTECEDENTES
- 4.2. IMPORTANCIA OPERACIONAL Y ECONÓMICA
 - 4.2.1. Para Cu
 - 4.2.2. Para Mo
 - 4.2.3. Costos directos
- 4.3. CORREAS REPOTENCIAMIENTO PDA FASE I
 - 4.3.1. Características correas
 - 4.3.2. TAG Correas
- 4.4. TRABAJOS REALIZADOS PDA FASE I SISTEMA TRANSPORTE

- 4.4.1. Alimentador A2
- 4.4.2. Correa A3
- 4.4.3. Correa A4
- 4.4.4. Alimentador A5
- 4.4.5. Correa A6
- 4.4.6. Correa A7
- 4.4.7. Correa A-51
- 4.5. EMPRESAS QUE PARTICIPAN EN EL PROYECTO
- 4.5.1. Bechtel Chile Ltda.
- 4.5.2. Thyssenkrupp Ingeniería Chile
- 4.5.3. Salfacorp
- 4.5.4. Sigma S.A.

CAPÍTULO 5: PUESTA EN MARCHA

- 5.1. ANTECEDENTES
- 5.2. IMPORTANCIA PUESTA EN MARCHA
- 5.3. DEFINICIONES PUESTA EN MARCHA
- 5.3.1. Pre-Comisionamiento
- 5.3.2. Comisionamiento
- 5.3.3. Pruebas funcionales
- 5.3.4. Pruebas pre-operacionales
- 5.3.5. Pruebas operacionales
- 5.3.6. Ramp-Up
- 5.3.7. Prueba de rendimiento
- 5.3.8. Sistema
- 5.3.9. Sub-sistema
- 5.3.10. Paquetes de entrega (TOP-Turn Over Package)
- 5.3.11. Terminación mecánica
- 5.3.12. Recepción provisoria
- 5.3.13. Recepción definitiva
- 5.3.14. Caminata
- 5.3.15. Equipo de construcción
- 5.3.16. Equipo de pre-operaciones
- 5.3.17. Listado de Pendientes (Punch-List)
- 5.3.18. Codelco DAND
- 5.3.19. Equipo de proyecto de Codelco PEM
- 5.4. VERIFICACIÓN FINAL MONTAJE PREVIA PUESTA EN MARCHA
- 5.4.1. Reductores

- 5.4.2. Poleas
- 5.4.3. Sistema tensor – tensor gravitacional
- 5.4.4. Sistema tensor – huiñche tensor
- 5.4.5. Freno
- 5.4.6. Pesómetro
- 5.4.7. Áreas de transferencia
- 5.4.8. Correas y accesorios
- 5.4.9. Unidad hidráulica
- 5.4.10. Flujo de material
- 5.4.11. Comportamiento general de la correa
- 5.5. PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN FINAL CON CARGA
 - 5.5.1. General
 - 5.5.2. Secuencia de puesta en marcha y operación inicial con carga
 - 5.5.3. Etapa 1 – Puesta en servicio de los componentes
 - 5.5.4. Puesta en servicio componentes, prioridad 1
 - 5.5.5. Puesta en servicio de componentes, prioridad 2
 - 5.5.6. Etapa 2 - Puesta en servicio de la correa transportadora vacía
 - 5.5.7. Etapa 3 - Puesta en servicio del sistema de correas transportadoras en vacío
 - 5.5.8. Etapa 4 Puesta en servicio del sistema de transporte general cargado
- 5.6. PROBLEMAS DETECTADOS
 - 5.6.1. Mal alineamiento en alimentadores CV-02 y CV-05
 - 5.6.2. Mal ajuste de placas de desgaste en alimentador CV-05
 - 5.6.3. Falla de electroválvula que regulaba la tensión de la correa CV-04
 - 5.6.4. Desperfecto en unos de los rodamientos del Motor Número 2 de la correa CV-07
 - 5.6.5. Caída línea dura (Pull-Cord) de correas CV-04 y CV-07
 - 5.6.6. Falla de detector en el acopio de la tolva de 3600 ton
- 5.7. MANTENCIÓN CORREAS TRANSPORTADORAS EN PUESTA EN MARCHA
 - 5.7.1. Lubricación
 - 5.7.2. Inspección componentes

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A: VOCABULARIO RELACIONADO

ANEXO B: TORQUE PERNOS UTILIZADOS EN CORREA

- ANEXO C: TABLA DE TORQUE (LBF-FT) DE LAS SERIES MXT
RELACIONADAS CON LA CAPACIDAD
- ANEXO D: CARACTERISTICAS ACEITE MOBILGEAR REDUCTORES
- ANEXO E: CARACTERISTICAS ACEITE OMALA ISO VG 220 REDUCTORES
- ANEXO F: CARACTERISTICAS GRASA SHELL ALVANIA EP
- ANEXO G: PLANOS Y CARTA GANTT

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1. Divisiones Codelco Chile
- Figura 1-2. Organigrama Codelco Chile
- Figura 2-1. Rajos Codelco Andina
- Figura 2-2. Rajo Sur-Sur Codelco Andina
- Figura 2-3. Pique Traspaso en Rajo Don Luis
- Figura 2-4. Proceso productivo chancado y molienda
- Figura 2-5. Diagrama de Molienda Codelco División Andina
- Figura 2-6. Molienda Convencional Codelco Andina
- Figura 2-7. Molino Unitario Codelco Andina
- Figura 2-8. Molienda SAG Codelco Andina
- Figura 2-9. Flotación Colectiva Codelco Andina
- Figura 2-10. Espesadores Codelco Andina
- Figura 2-11. Diagrama Flujo División Andina
- Figura 2-12. Diagrama Toneladas Métricas diarias Procesadas en Molienda
- Figura 2-13. Movimiento Producción Codelco Andina.
- Figura 2-14. Nuevos Equipos Codelco Andina PDA Fase I
- Figura 2-15. Molino Bolas PDA Fase I
- Figura 2-16. Chancadores Secundarios y Terciarios PDA Fase I
- Figura 2-17. PDA Fase I
- Figura 2-18. Obras Civiles PDA Fase I.
- Figura 2-19. Proyecto PDA Fase II
- Figura 3-1. Correa transportadora
- Figura 3-2. Estructura soportante
- Figura 3-3. Soporte de Polines de Retorno Planos
- Figura 3-4. Desglose Polín
- Figura 3-5. Polín de carga
- Figura 3-6. Polines de carga

Figura 3-7. Polín de impacto

Figura 3-8. Polín de retorno

Figura 3-9. Polín autoalineante

Figura 3-10. Tipos de poleas

Figura 3-11. Grupos de poleas

Figura 3-12. Reductor

Figura 3-13. Acople hidráulico

Figura 3-14. Raspador primario

Figura 3-15. Raspador secundario

Figura 3-16. Raspador de arado

Figura 3-17. Chute de descarga

Figura 3-18. Placas de desgaste

Figura 3-19. Guarderas

Figura 3-20. Aspersores de polvo

Figura 3-21. Huinche Tensor

Figura 3-22. Tensor gravitacional

Figura 3-23. Composición cinta transportadora

Figura 3-24. Cinta cables de aceros longitudinalmente

Figura 3-25. Cables de aceros longitudinalmente reforzados

Figura 3-26. Tabla de nomenclaturas de instrumentos y funciones

Figura 3-27. Pesómetro

Figura 3-28. Pull Cord

Figura 3-29. Sensor de desalineamiento

Figura 3-30. Sensor de velocidad

Figura 3-31. Sensor de Ruptura

Figura 3-32. Detector de Metales

Figura 3-33. Electroimán Correa

Figura 3-34. Motor eléctrico correas transportadoras

Figura 3-35. Subestación eléctrica

Figura 3-36. Transformadores Eléctricos

Figura 3-37. Interior Sala Eléctrica

Figura 3-38. Centro control de motores

Figura 3-39. Variador de Frecuencia

Figura 4-1. Sistema transporte mineral

Figura 4-2. Bechtel Chile Ltda.

Figura 4-3. Thyssenkrupp Ingeniería Chile

Figura 4-4. Salfacorp

Figura 4-5. Sigma S.A.

- Figura 5-1. Primera etapa puesta en marcha correas reponteciamiento
Figura 5-2. Segunda Etapa Puesta en Marcha Correas Reponteciamiento
Figura 5-3. Curva de la bañera
Figura 5-4. Correa Desalineada
Figura 5-5. Mal Ajuste Placas de Desgaste
Figura 5-6. Medición temperatura por pirómetro
Figura 5-7. Alineamiento Laser Motor N°2
Figura 5-8. Daño Raspador

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1-1. Ficha Técnica Codelco Norte
Tabla 1-2. Ficha Técnica Codelco Radomiro Tomic
Tabla 1-3. Ficha Técnica Minera Gaby S.A.
Tabla 1-4. Ficha Técnica División El Salvador
Tabla 1-5. Ficha Técnica División Ventanas
Tabla 1-6. Ficha Técnica División Andina
Tabla 1-7. Ficha Técnica Codelco El Teniente
Tabla 1-8. Producción Cobre por País
Tabla 1-9. Reservas Cobre por País
Tabla 2-1. Definición de Etapas de un Proyecto
Tabla 2-2. Proyectos VCP
Tabla 3-1. Designación instrumentación asociada
Tabla 4-1. Datos operación correas
Tabla 4-2. Características correas repotenciamiento
Tabla 4-3. TAG Correas
Tabla 4-4. Principales componentes mecánicos alimentador A2
Tabla 4-5. Principales componentes mecánicos correa A3
Tabla 4-6. Principales componentes mecánicos correa A4
Tabla 4-7. Principales componentes mecánicos alimentador A5
Tabla 4-8. Principales componentes mecánicos correa A6
Tabla 4-9. Principales componentes mecánicos correa A7
Tabla 4-10. Principales Componentes Mecánicos Correa A-51
Tabla 5-1. Ejemplos Punch-List Correa A7
Tabla 5-2. Tipos de lubricantes utilizados
Tabla 5-3. Programa general de inspección

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

A. SIGLAS

AC	: Corriente Alterna
CCM	: Centro control de motores
CEMA	: Conveyor Equipment Manufacturers Association (Asociación de fabricantes de equipos de transporte)
DAND	: División Andina
EW	: Electro-obtención
HP	: Caballo de Potencia
ISA	:International Society of Automation (Sociedad Internacional de Automatización)
ITO	: Inspector técnico de obras
PDA	: Proyecto División Andina
PEM	: Puesta en Marchar
PLC	: Control Lógico Programable
RAF	: Lingotes refinados a fuego
RPM	: Revoluciones por Minutos
SAE	: Standard American Engineers (Estandarización Americana de Ingenieros)
SAG	: Semi Autógeno
SX	: Extracción por solventes
TMF	: Toneladas Métricas Fina.
TMSD	: Toneladas Métricas Diarias
VCP	: Vicepresidencia Corporativa de Proyectos
VDF	: Variador de Frecuencia

B. SIMBOLOGÍA:

bar	: bar
cm	: centímetros
°C	: grados Celsius
Cu	: Cobre
ft ³	: Pie Cúbico
in	: Pulgada

Ktpd	: kilo toneladas por día
Km	: kilometro
kN	: kilonewton
kV	: Kilo volts
kW	: Kilowatts
Kg	: kilogramo
Lb	: libras
m	: Metro
Mo	: Molibdeno
m/s	: metros por segundo
mm	: milímetros
m.s.n.m .	: metros sobre el nivel del mar
Ton	: toneladas
ton/año	: Toneladas por año
Tmf	: Toneladas métricas finas
Tpd	: Toneladas por día
t/h	: toneladas por hora
V	: volts
yd ³	: yardas cúbicas

INTRODUCCIÓN

En el marco de su Plan de Desarrollo Andina Fase I (PDA Fase I), primer paso que convertirá a la División Andina de Codelco Chile, en la división de mayor producción dentro de la corporación; como parte de estas expansiones se desarrolló la Puesta en Marcha de todo el sistema de correas repotenciadas, que transportan el material desde Chancador Primario Don Luis hasta la nueva línea de Chancado Secundario y Terciario, todo este sistema abarca en conjunto 5934 m de correas subterráneas, este repotenciamiento da mayor capacidad y velocidad de transporte de mineral, acorde al aumento de capacidad de movimiento en la Mina Rajo, con la duplicación de transporte, con la compra de nuevos equipos de apoyo, camiones Komatsu 930 E-4 y Palas de Cable P&H 4100 XPC.

En este repotenciamiento se diseñan nuevos alimentadores (A2 y A5), y tolvas de almacenamiento de mayor capacidad, los cuales tienen como función dar una verticalidad al sistema, lo que permite dividir el sistema en dos, divididos por alimentador A2, y correas A3 y A4, estos traspasan a tolva de 7000 ton, esta alimenta al alimentador A5 y correas A6 y A7, esta última correa posee un chute distribuidor hidráulico, que permite alimentar la planta SAG antigua, o alimentar la correa A51, que alimenta tolva de 3600 ton, que a su vez alimenta pre-chancado o nueva línea de Chancado y Molienda.

Por tanto, es de suma importancia realizar una correcta Puesta en Marcha, respetando principalmente los parámetros de seguridad y funcionamiento de los equipos. Para este proceso es importante considerar parámetros de funcionamiento como: velocidad, vibración, temperatura de los equipos e identificar problemas que se manifiesten, es por ello que se debe conocer a fondo los componentes de la correa y las pruebas que se llevarán a cabo, las cargas con la que deben operar y el tiempo de funcionamiento de los mismos, para la aceptación o entrega del mismo al cliente, en este caso Codelco División Andina.

Todo el proceso de Puesta en Marcha de las correas repotenciadas del proyecto, desde el Pre-Comisionamiento hasta Ram-Up del Comisionamiento, se realizó en aproximadamente cuatro meses, durante los meses de Abril a Julio del 2010, y toda la Puesta en Marcha del proyecto, los cuales se desarrollaban en forma paralela, que abarcan nueva Planta de Chancado Secundario y Terciario, con todas las correas de este mismo sistema; nueva Planta de Molienda Unitaria, con Molino de Bolas de Inducción, nueva línea de Flotación Colectiva y espesador, termina con fecha oficial el 31 de Septiembre de 2010.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN

1. ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN

La necesidad de realizar este trabajo de título, nació en la labor que realizó el autor, como mecánico, en la puesta en marcha del Proyecto PDA Fase I, específicamente en el repotenciamiento de correas, en la empresa colaboradora Sigma S.A, en el marco del "Servicio de Inspección Técnica – Apoyo Construcción Proyecto PDA FASE I" en Codelco División Andina, en donde la nula experiencia en PEM, nace la idea de investigar sobre la misma, sumado a la experiencia adquirida en el transcurso del trabajo realizado, por lo cual el objetivo general y específico, busca el comprender esta PEM, dichos objetivos se detallarán en el presente trabajo de título.

De igual forma, debido a la necesidad de conocer más en profundidad en dónde se llevo a cabo dicho proyecto, es necesario conocer sobre Codelco Chile, las divisiones las que la conforman, y conocer de forma detallada el proceso productivo de Codelco División Andina, y proyectos PDA Fase I y II, puntos que se tratarán a continuación.

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos del Trabajo de Título, involucran aspectos técnicos, operacionales y de mantención que se buscan alcanzar en este, es de suma importancia por lo tanto, conocer el objetivo general y objetivos específicos; los cuales se detallarán a continuación.

1.1.1. Objetivo general

- Conocer la Puesta en Marcha de un sistema de correas transportadoras, orientada en el repotenciamiento, en el marco del Plan de Desarrollo Andina Fase I, en la División Andina de Codelco Chile.

1.1.2. Objetivos específicos

- Conocer sobre Codelco Chile y sus actuales divisiones, y específicamente sobre el proceso productivo de la obtención del concentrado de cobre y molibdeno en la División Andina, y conocer sobre el Mega Proyecto Nueva Andina, en sus etapas Fase I y Fase II.

- Indagar sobre los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos de una correa transportadora.
- Aprender sobre parámetros de pruebas operacionales en Puesta en Marcha de un sistema de correas transportadoras, investigar sobre etapas de la misma y conocer sobre las principales fallas ocurridas en este proceso.
- Investigar sobre recomendaciones de mantención para principales componentes mecánicos de una correa transportadora, enfocado en la lubricación e inspecciones preventivas y fallas típicas en componentes y medidas de mitigación.

1.2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

El acrónimo Codelco, habla por sí solo, desde su creación hasta nuestros días, se ha convertido en el líder indiscutido en producción de cobre a nivel nacional e internacional, siendo la empresa de mayor tamaño en nuestro país, liderazgo que ha mantenido por décadas, el cual con una inversión record, pretende mantener en el futuro, para conocer más sobre la empresa, en el capítulo a continuación se dará a conocer historia, presente y futuro de la empresa.

1.2.1. Codelco Chile

La Corporación Nacional del Cobre de Chile, más conocida por su acrónimo Codelco, es una empresa chilena, de carácter estatal, dedicada a la explotación minera cuprífera.

La historia de Codelco se remonta al proceso de nacionalización de la Gran minería del cobre, que durante gran parte del siglo XX fue realizada por capitales estadounidenses. En 1966 se dictó la Ley N° 16.425, que autorizó la creación de sociedades mixtas entre el Estado de Chile y las compañías extranjeras productoras de cobre. En dichas sociedades mixtas, el Estado chileno debía tener como mínimo un 25% de la propiedad de los yacimientos en manos de las compañías extranjeras, a raíz de esta ley en el año 1967, las minas El Teniente, Chuquicamata y Salvador se convirtieron en sociedades mixtas, por lo que la entonces Corporación Nacional del Cobre adquirió el 51% de la propiedad de ellas. El 49% restante permaneció en manos de las antiguas propietarias: Braden Copper Company, en el caso de El Teniente; y Anaconda Copper Company, en el caso de Chuquicamata y Salvador. Con respecto a Andina y Exótica, en

1967 pasaron a propiedad de la Corporación Nacional del Cobre en un 25%, quedando el resto en poder de Cerro Corporation y de Anaconda, respectivamente.

En 1971, bajo el gobierno de Salvador Allende, a través de la modificación del Artículo 10 de la Constitución, se introdujo la posibilidad de nacionalizar la gran minería del cobre. A través de esta modificación constitucional, pasaron a dominio nacional todos los bienes de las empresas mencionadas y se crearon cinco sociedades colectivas del Estado para administrar dicha riqueza.

El 1° de abril de 1976, bajo el gobierno militar se creó la Corporación Nacional del Cobre de Chile, Codelco Chile, a través del Decreto de Ley N° 1.350, la que unificó todas las sociedades y asumió la administración de los yacimientos nacionalizados. A consecuencia de ello, se agruparon las sociedades existentes en una sola empresa, minera, industrial y comercial, con personalidad jurídica y patrimonio propio, de duración indefinida, que se relaciona con el Gobierno a través del Ministerio de Minería.

En 1997 se inauguró Radomiro Tomic, primer yacimiento puesto en operación íntegramente por Codelco. En el año 2002, las entonces Divisiones Radomiro Tomic y Chuquicamata se integraron para formar la División Codelco Norte, hasta la disolución de dicha división para formar parte de dos divisiones independientes en noviembre del 2010.

En mayo de 2008, finalizó con éxito el Proyecto Gaby, convirtiéndose en la segunda faena minera desarrollada por Codelco desde su ingeniería y construcción hasta su puesta en marcha y producción.

Codelco es encabezada por un directorio con siete integrantes nombrados por el Presidente de la República de Chile. El directorio es presidido por el ministro de Minería y lo integran también el ministro de Hacienda junto a tres directores nombrados directamente por el Presidente y dos designados por el Presidente pero propuestos por los trabajadores y supervisores de la Corporación. El Presidente Ejecutivo es también designado por la Presidencia como el encargado de la administración de la Corporación, cargo en el que actualmente se desempeña Diego Hernández.

1.2.1.1. Divisiones

Está compuesta por ocho divisiones y una filial, ubicadas entre la II Región de Antofagasta y la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, con su casa matriz ubicada en Santiago de Chile y una sede corporativa en Calama. Además cuenta con el 49% de participación de Minera El Abra, la cual produce cerca de 166.000 Tmf de cobre en forma de cátodos.

Para fines del año 2013 se prevé la puesta en marcha de una futura nueva división Ministro Hales la cual producirá 170.000 toneladas métricas de cobre fino y 300 toneladas de plata (Ag) al año.

En la figura 1-1, se aprecian divisiones de Codelco Chile, las cuales se detallaran más adelante con más detalle.



Fuente: Creación propia

Figura 1-1. Divisiones Codelco Chile

- División Chuquicamata

La División Chuquicamata está ubicada a 1.650 kilómetros al norte de Santiago, a 2.870 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con dos minas donde el tipo de explotación es a rajo abierto, "Chuquicamata" y "Mina Sur". Chuquicamata entró en operaciones en 1910.

Formó parte desde el año 2002 de la División Codelco Norte junto a Radomiro Tomic, la cual por decisiones de mejoramiento operacional, fue separada nuevamente con fecha oficial el 01/12/2010; en la tabla 1-1 se detallan datos operacionales de la división.

Tabla 1-1. Ficha Técnica Codelco Norte

Ficha Técnica Codelco Norte	
Vicepresidencia Corporativa	Julio Aranís V.
Producción (TMF)	545.000 Cobre fino. 13.067 Molibdeno.
Dotación Propia	6.000 al 31 Diciembre 2009.

Fuente: www.codelco.cl

- División Radomiro Tomic

Radomiro Tomic está ubicada a 1.670 kilómetros de Santiago, a 3.000 metros sobre el nivel del mar en la cordillera de Los Andes, el tipo de explotación es a rajo abierto para la obtención de minerales oxidados.

Primer proyecto desarrollado íntegramente por Codelco Chile, desde la etapa de exploración a Puesta en Marcha de la mina, sus inicios se remontan al año 1997, y es una de las Divisiones más productivas de la Corporación, basados en bajos costos de producciones debido al bajo número de personal propio, al nivel de grandes mineras privadas, bajo contratos Marc.

Operó como se describía en el punto anterior como una División independiente y fusionada el 2002 con la División Codelco Norte hasta fines del 2010, en la tabla 1-2 se detallan datos operacionales de la división.

Tabla 1-2. Ficha Técnica Codelco Radomiro Tomic

Ficha Técnica Codelco Radomiro Tomic	
Vicepresidencia Corporativa	Juan Carlos Avendaño.
Producción (TMF)	307.000 Cobre fino.
Dotación Propia	800 al 31 Diciembre 2009.

Fuente: www.codelco.cl

- Minera Gaby S.A.

El yacimiento Gabriela Mistral está ubicado en la Región de Antofagasta, comuna de Sierra Gorda, a 120 kilómetros al suroeste de Calama y una altura de 2.660 metros sobre el nivel del mar, el yacimiento entró en producción el año 2008.

La explotación se efectúa a rajo abierto y el proceso productivo está conformado por la etapas de chancado (primario, secundario y terciario), curado en tambores acidificadores, lixiviación en pilas dinámicas, disposición de ripios, extracción por solventes (SX), electro-obtención (EW), y su producción de cátodos es transportada al puerto de Mejillones, en la tabla 1-3 se detallan datos operacionales de la división.

Tabla 1-3. Ficha Técnica Minera Gaby S.A.

Ficha Técnica Minera Gaby S.A.	
Gerente General	Eliseo Pérez Delard.
Producción (TMF)	148.026 Cobre fino.
Costo Directo	97,4 c/lb.
Dotación Propia	381 al 31 Diciembre de 2009.

Fuente: www.codelco.cl

- División El Salvador

Las operaciones de la división Salvador se realizan en la zona de la cordillera de Los Andes a 2.600 metros de altura y a una distancia de 1.100 kilómetros al norte de Santiago. Esta división tiene a su cargo la mina "Inca" de explotación subterránea, y las minas "Campamento Antiguo" y "Damiana Norte" a rajo abierto. Salvador explota minerales oxidados, en la tabla 1-4 se detallan datos operacionales de la división.

Tabla 1-4. Ficha Técnica División El Salvador

Ficha Técnica División El Salvador	
Gerente General	Jaime Rojas E.
Producción (TMF)	65.462 Cobre fino. 1.147 Molibdeno.
Costo Directo	136,7 c/lb
Dotación Propia	1.586 al 31 de diciembre de 2009.

Fuente: www.codelco.cl

- División Ventanas

La división Ventanas es una fundición que se encuentra ubicada en la localidad de Las Ventanas, comuna de Puchuncaví, a unos 164 kilómetros de Santiago y unos 50 de Viña del Mar, en el sector norte de la provincia de Valparaíso, fue inaugurada en el año 1964. Antiguamente era parte de Enami y su traspaso a Codelco fue acordado por las autoridades del Gobierno con ambas empresas y con la participación de sus organizaciones laborales, y requirió la dictación de la Ley 19.993 que lo permitiera, en el año 2005, en la tabla 1-5 se detallan datos operacionales de la división.

Tabla 1-5. Ficha Técnica División Ventanas

Ficha Técnica Codelco Ventanas	
Gerente General	José Sanhueza.
Productos	384.819 toneladas métricas de cobre electrolítico 195.375 kilos Granallas de plata 348.502 toneladas de ácido sulfúrico. 4.951 kilos de Lingotes de oro
Dotación Propia	1.149 al 31 de diciembre de 2009.

Fuente: www.codelco.cl

- División Andina

Está ubicada a ochenta kilómetros al noreste de Santiago, entre 3.700 y 4.200 metros sobre el nivel del mar. En la actualidad esta división realiza la explotación de minerales en la mina subterránea de Río Blanco y en la mina a rajo abierto Sur, en la tabla 1-6 se detallan datos operacionales de la división.

Tabla 1-6. Ficha Técnica División Andina

Ficha Técnica División Andina.	
Gerente General	Armando Olavarría C.
Producción (TMF)	209.727 Cobre fino. 2.163 Molibdeno.
Costo Directo	84,9 c/lb
Dotación Propia	1.609 al 31 de diciembre de 2009.

Fuente: www.codelco.cl

- División El Teniente

La división El Teniente está ubicada a ochenta kilómetros al sur de Santiago y a 2.500 metros sobre el nivel del mar, centra sus operaciones en la explotación de la mina subterránea más grande del mundo. Esta mina que comenzó a ser explotada en 1904 posee 2.400 kilómetros de galerías subterráneas. El teniente produce 404.035 toneladas métricas finas anuales de cobre en la forma de lingotes refinados a fuego (RAF), y cátodos de cobre al año. Como resultado del procesamiento del mineral también se obtienen 5.179 toneladas métricas de molibdeno, en la tabla 1-7 se detalla datos operacionales de la división.

Tabla 1-7. Ficha Técnica Codelco El Teniente

Ficha Técnica Codelco El Teniente	
Gerente General	Octavio Araneda.
Producción (TMF)	404.035 Cobre fino. 5.179 Molibdeno.
Costo Directo	83,3 c/lb
Dotación Propia	5.400 al 31 de diciembre de 2009.

Fuente: www.codelco.cl

1.2.1.2. Producción de mineral y reservas

Codelco es el mayor productor de cobre de Chile y del Mundo, con una producción que alcanzó en 2009 las 1.789 miles de toneladas métricas de cobre fino, correspondientes al 10,2% de la producción del mundo, como subproducto de la extracción, se obtiene molibdeno el cual Codelco es el segundo productor a nivel mundial y primero a nivel nacional de dicho mineral, alcanzando en 2009 una producción de 20.525 toneladas métricas, el 9,79% del total mundial.

Las reservas existentes en la actualidad, y teniendo en cuenta que sólo el 31% del cobre es reciclado, para ser reutilizado, y considerando los actuales niveles de consumo, las reservas se estiman que se acabarán de manera global cerca de 62 años más, es por ello que el liderazgo sostenido en todos estos años será mantenido en un mínimo de una década más, considerando los niveles de inversión en otros países principalmente en Perú, dónde últimamente las grandes compañías mineras han invertido gran cantidad de dinero en nuevos proyectos.

En Chile el cobre seguirá siendo el sueldo de Chile, pero es importante tener presente que es un recurso no renovable y debe existir un plan de contingencia cuándo

dejen de producir los grandes yacimientos, y no vuelva ocurrir lo que sucedió cuándo se encontró un sustituto para el salitre en los años veinte, y Chile caiga nuevamente en una crisis financiera.

En las tablas 1-8, se aprecian producción de cobre en el mundo el año 2009, marcado con una gran diferencia con otros países productores.

Tabla 1-8. Producción Cobre por País

País	Producción 2009 (mill. Ton/año)
Chile	5,32
Perú	1,26
USA	1,19
China	0,96
Indonesia	0,95
Australia	0,9
Rusia	0,75
Zambia	0,65
Canadá	0,52
Polonia	0,44
Kazajistán	0,41
México	0,25
Otros	2,18
Total	15,78

Fuente: Creación propia

Codelco es la empresa que posee mayores reservas de cobre en el mundo, las que alcanzan a unos 52,7 millones de toneladas de cobre fino, en la tabla 1-9, se aprecia reservas mundiales, dónde nuevamente Chile posee una gran diferencia con los demás países.

Dentro de estas reservas las que acapara las mayores es justamente Codelco Andina, estudios geológicos han demostrado importantes reservas como La Americana con unos 800 millones de toneladas de mineral con una ley de cobre de 1% y también Cerro Negro, aun con reservas no cuantificadas con exactitud, pero ya la sitúan del mismo nivel de la reserva La Americana, lo que la sitúan a la división con reservas

cercanas al 4% de las reservas mundiales, es por ello la importancia de este distrito minero, que lo situarán en la división con mayor producción de Codelco en un futuro no muy lejano.

Tabla 1-9. Reservas Cobre por País

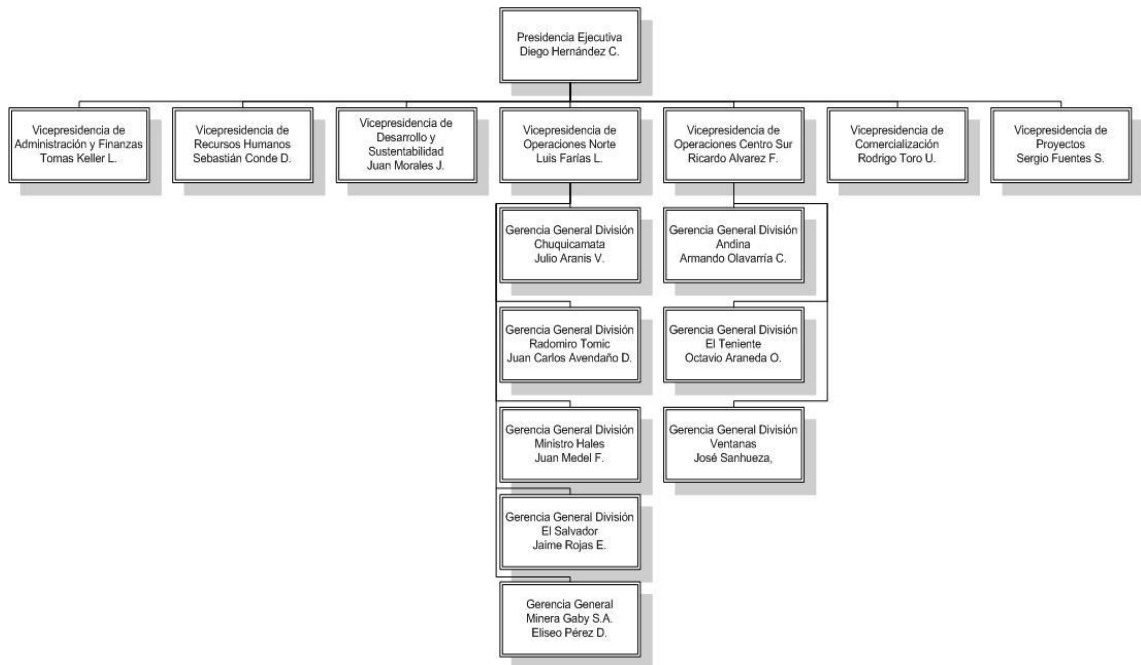
País	Reservas de cobre en 2009 (Mill./Ton)	Porcentaje del total (aprox)
Chile	160	30 %
Perú	63	12 %
México	38	7 %
USA	35	6 %
Indonesia	31	6 %
China	30	6 %
Polonia	26	5 %
Australia	24	5 %
Rusia	20	4 %
Zambia	19	2%

Fuente: Creación propia.

1.2.1.3. Organigrama

En el último tiempo se han producido una gran cantidad de cambios en la plana mayor de la corporación, desde cambio del Presidente Ejecutivo a la creación de nuevas Vicepresidencias (Operación Norte y Sur), cambio de gerentes Generales en las Divisiones y Vicepresidencias , como también creación de nuevas Divisiones con la construcción de la Nueva Mina Ministro Hales y por último la División de Codelco Norte, para formar las Divisiones Chuquicamata y Radomiro Tomic, todo para simplificar la línea de mando y descentralizar el poder, buscando la mejora en gestión y operación de la corporación.

Esto reflejado en la figura 1-2, organigrama a Noviembre del 2010.



Fuente: www.codelco.cl

Figura 1-2. Organigrama Codelco Chile

CAPÍTULO 2: PROCESO PRODUCTIVO CODELCO ANDINA

2. PROCESO PRODUCTIVO CODELCO ANDINA

La División Codelco Andina desde su fundación en la décadas del sesenta ha sufrido varias ampliaciones y repotenciamientos, es por ello que podemos encontrar gran diversidad de equipos, estas líneas productivas buscan en transformar el mineral obtenido desde la mina subterránea y a rajo abierto, en concentrado de cobre y molibdeno, este proceso se detallará en el presente capítulo.

2.1. HISTORIA CODELCO ANDINA

Los antecedentes históricos del hallazgo y aprovechamiento del yacimiento Río Blanco remontan a más de 100 años, cuando se inicio la explotación de la mina Los Bronces, en el año 1916, mina con la cual comparte las vetas de mineral, separadas solamente por una línea imaginaria la cual divide la región metropolitana con la quinta región de nuestro país.

Sin embargo, su ubicación al interior de la alta cordillera siempre constituyo un importante obstáculo para el desarrollo de las faenas. Recién en el año 1955, la compañía Cerro Corporation inicio trabajos formales de reconocimiento y diseño, los que culminaron en 1966 con la creación de la compañía Minera Andina, en la que el estado de Chile mantuvo el 30 % de la propiedad. A partir de entonces se desarrollo un proyecto de explotación subterránea con instalaciones de chancado y concentración, el que se puso en marcha en 1970.

En 1971 la propiedad del yacimiento fue nacionalizada y en 1976 se integro a la Corporación Nacional del Cobre de Chile, CODELCO, con el nombre de División Andina.

En 1980 se descubrió un cuerpo mineral superficial de alta ley llamado Sur-Sur, el que se convirtió en una importante fuente de recursos mineros y comenzó a ser explotado en 1983 como mina a cielo abierto.

Desde el inicio de sus operaciones, división Andina ha efectuado seis proyectos de expansión. El más reciente culmina en 2010, es en dónde se realiza la presente tesis, la cual permitió ampliar la capacidad de extracción y tratamiento desde 72.000 toneladas diarias de mineral a 92.500 toneladas. Gracias a ello, la producción de la división se elevara desde las 230 mil toneladas hasta las 300 mil toneladas anuales de cobre fino.

2.2. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL COBRE

El proceso productivo en división andina consta de seis fases, la cuales desarrolladas en conjunto se obtiene como producto principal concentrado de cobre y como subproducto molibdeno.

Estos procesos son Extracción-Chancado-Molienda-Flotación-Filtrado-Relaves.

2.2.1. Extracción

En Codelco Andina existen dos tipos de extracción, a rajo abierto y subterránea, los cuales han experimentado cambios desde la puesta en marcha de la división en los años 70, la cual solo era explotada de manera subterránea; en la actualidad existen tres rajos en explotación y paulatinamente han ido ampliando su producción, en espera de la gran transformación de la división, con la construcción del proyecto PDA Fase II, el cual duplicará la producción y transformará los tres rajos existentes en un gran rajo abierto, el cuál será base para los futuros niveles de extracción diaria que bordearán las 244000 tpd.

2.2.2. Extracción a rajo abierto

En la figura 2-1 se aprecian los rajos en la División Andina, como también el rajo de División Los Bronces de Angloamerican Chile.



Fuente: Creación propia

Figura 2-1. Rajos Codelco Andina

2.2.2.1. Rajo Sur-Sur

Es un rajo de forma semielíptica, ubicada en la naciente del Valle Río Blanco con orientación norte/sur, ubicada alrededor de los 4.200 m.s.n.m y a 2 Km de la mina subterránea, que desde 1983, se explota a rajo abierto a través del método de extracción por bancos, que incluye perforación, tronadura, carguío y transporte.

El mineral se extrae de la mina por cargadores y camiones de gran tonelaje, y se conduce gravitacionalmente hasta la planta de chancado (ubicada en el interior de Mina Subterránea) a través de piques de traspaso.



Fuente: Creación propia

Figura 2-2. Rajo Sur-Sur Codelco Andina

2.2.2.2. Rajo La Unión

Este rajo, incorporado a la producción en 1998, es el sector más importante de un conjunto de pequeños cuerpos mineralizados que se encuentran entre la mina subterránea y el rajo Sur-Sur.

2.2.2.3. Rajo Don Luis

El más nuevo de todos los rajos, que en un horizonte de 20 años unirá la operación de estos sectores en un solo gran rajo. Se encuentra ubicado a continuación del rajo La Unión.



Fuente: Creación propia

Figura 2-3. Pique Traspaso en Rajo Don Luis

2.2.3. Extracción subterránea

La explotación de la mina subterránea Río Blanco se efectúa mediante el método de hundimiento de bloques o block caving con las variantes de extracción por parrillas y extracción mecanizada. El transporte de mineral a piques de traspaso se realiza por medio de correas. En el proceso también se utilizan cargadores y camiones de bajo perfil.

Existen tres niveles de extracción, Nivel 17, Nivel 16 ½ y Nivel 16, ordenados en forma ascendente en cotas de altura.

2.2.4. Chancado

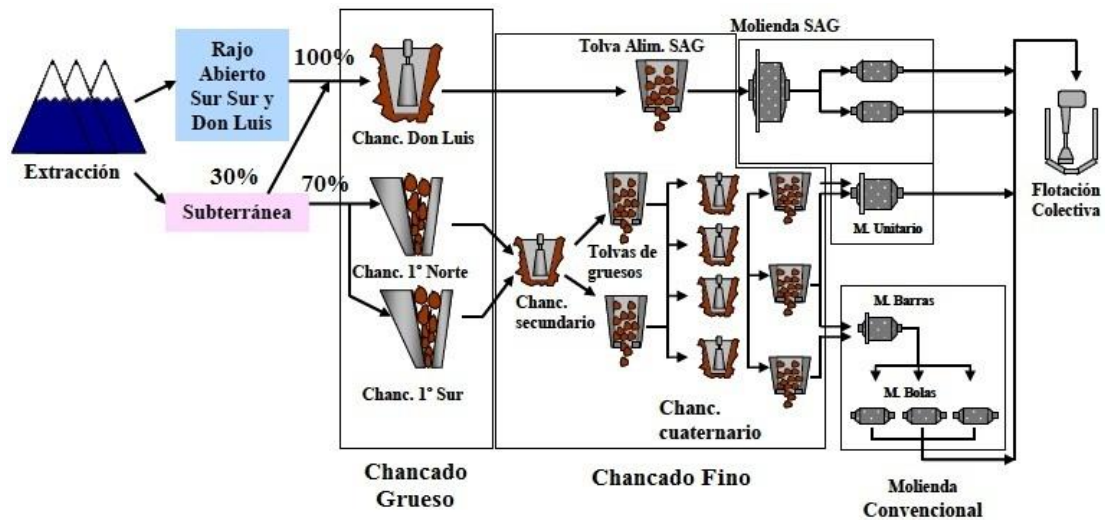
El chancado en la División Andina se divide en dos grandes grupos: Chancado Grueso y Chancado Fino.

El mineral proveniente de la extracción alimenta en el siguiente volumen a Chancado grueso:

Minas Rajos alimenta un 100% Chancador Don Luis.

Mina Subterránea alimenta en un 30% Chancador Don Luis y 70% Chancado Norte y Sur.

En la figura 2-4, se aprecia movimiento mineral en diferentes áreas de chancado.



Fuente: Intranet Codelco Andina

Figura 2-4. Proceso productivo chancado y molienda

2.2.5. Chancado grueso

El proceso de chancado grueso se realiza en tres plantas conocidas como Chancado Primario Don Luís, Primario Sur y Primario Norte, donde el mineral llega a este lugar proveniente tanto del área subterránea como del rajo abierto. En este punto se efectúan las dos primeras etapas de la reducción de tamaño del mineral, siendo reducido de tamaño entre $\varnothing 6 \frac{1}{2}''$ o $\varnothing 7 \frac{1}{2}''$ mediante el uso de chancadoras de mandíbula y el chancador giratorio Don Luis, en una fase primaria, y de cono en una fase secundaria, todas las líneas están conectadas por correas transportadoras.

2.2.5.1. Chancado Primario Don Luis

El chancado primario Don Luis, se alimenta de dos alimentadores de placa A1-1 y A2-2 ambos de 120 [in] de ancho y 14 [m] de largo, descargan el mineral a la tolva de alimentación del chancador. El Chancador Primario Don Luis es un Chancador Giratorio de Poste marca Fuller, de 600 [HP].

Todo el material que procesa la planta de Chancado Don Luis, alimenta la línea SAG y con el nuevo sistema en el cabezal de la correa A7, donde se puede distribuir alimentación también a una nueva línea de chancado.

2.2.5.2. Chancado Primario Norte

El chancado Primario Norte se compone de un Chancador de Mandíbulas marca Traylor Fuller de 600 [HP] y un Chancador Giratorio de Cono marca Symons de 400 [HP].

La planta Norte recibe, desde los procesos productivos, un mineral con granulometría menor a 24'', humedad menor a 3%.

Por su parte, el proceso entrega al proceso Pre-Chancado y Transporte perteneciente al área Concentrador, un mineral con granulometría menor a 3'', con ausencia de no triturables (RISES: chatarras, maderas, gomas, etc.)

2.2.5.3. Chancado Primario Sur

El chancado Primario Sur se compone de un Chancador de Mandíbulas marca Allis Chalmers de 200 [HP].

La planta Sur recibe y entrega parámetros de mineral de las mismas características del chancado Primario Norte.

2.2.6. Chancado fino

Este proceso es en seco y está compuesto por cuatro áreas las cuales son: Chancado Terciario, Chancado Cuaternario, Correa N° 5 y Sistema de Transporte a Molienda SAG.

La etapa de chancado fino se realiza en una planta llamada terciario, en donde el mineral grueso es almacenado en dos tolvas, las cuáles alimentan cuatro secciones similares de chancado terciario. Luego el material pasa por unos chancadores de cono, que realizan el chancado cuaternario y se clasifica mediante harnero, donde el fino es depositado en las tolvas que alimentan la molienda húmeda, el sobre tamaño es chancado y clasificado nuevamente. En esta etapa se logra una granulometría del material menor de $\emptyset\frac{1}{2}$ '' a $\emptyset 1$ ''.

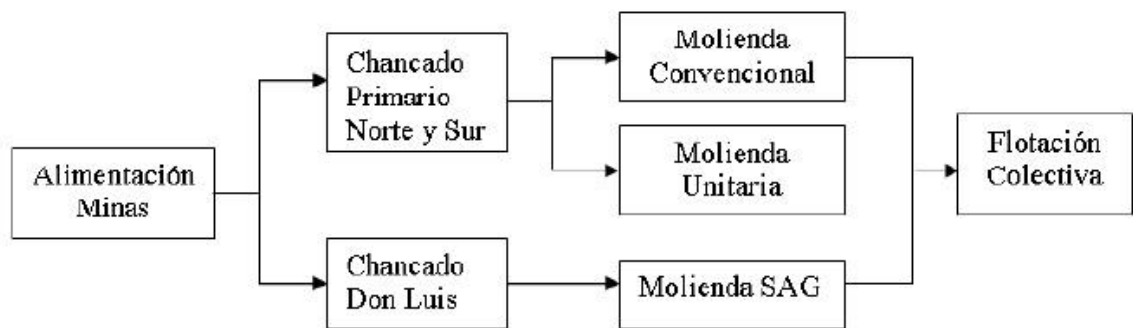
2.2.7. Molienda

Este proceso se compone de las siguientes áreas: Molienda Convencional, Molienda Unitaria y Molienda SAG, Planta de Reactivos y Flotación Colectiva.

En esta etapa el mineral proveniente desde chancado pasa por molienda, el objetivo, es lograr una granulometría que permita la liberación de las partículas mineralizadas, el mineral deja de estar en forma seca ya que se le agrega agua y

reactivos para formar una pulpa; en División Andina existen tres líneas paralelas de molienda, las cuales son Molienda Convencional, Molienda Unitaria y Molienda SAG, las cuales funcionan independientes entre sí, como muestra la figura , teniendo eso si, por capacidad de tratamiento, una función primordial en la producción, la línea de Molienda SAG.

En la figura 2-5, se aprecian diferentes áreas de molienda y área de chancado que alimenta a las mismas.



Fuente: Intranet Codelco Andina

Figura 2-5. Diagrama de Molienda Codelco División Andina

2.2.7.1. Molienda convencional

En esta, el mineral es almacenado en las tolvas de fino las cuales alimentan a tres Molinos de Barra y cada uno de éstos deposita su pulpa con un 81% de sólido a tres Molinos de Bolas. El objetivo de este proceso es lograr una granulometría que permita la liberación de las partículas mineralizadas. La molienda que se desarrolla en los molinos de ésta planta es húmeda. Luego la pulpa es clasificada para ser enviada a flotación colectiva y el sobre tamaño es devuelto a los Molinos de Bolas.

En la figura 2-6, se aprecia la caverna de molienda, en donde se encuentran los molinos de bola y de barra, al interior de la mina.



Fuente: Creación propia

Figura 2-6. Molienda Convencional Codelco Andina

2.2.7.2. Molienda unitaria

La planta unitaria, es equivalente a un Molino de Barras con sus tres Molinos de Bolas, que significa alrededor de 8.000 toneladas diarias. Esta planta está compuesta por un Molino de Bolas, el cual tiene su propia cubeta para descargar la pulpa, posteriormente el material es clasificado para ser enviado a flotación colectiva, el sobre tamaño es devuelto al Molino Unitario.

En la figura 2-7, se aprecia molino unitario de bolas, el cual opera en forma solitaria.



Fuente: Creación propia

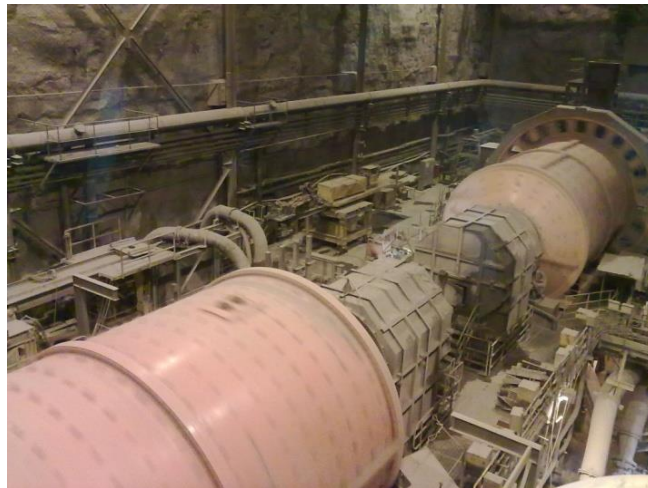
Figura 2-7. Molino Unitario Codelco Andina

2.2.7.3. Molienda SAG

La Molienda SAG, recibe el mineral del Chancado Primario Don Luís, por medio de tolvas de acopio y correas transportadoras.

Esta planta está compuesta principalmente por un Molino SAG y dos Molinos de Bolas. En la descarga del molino SAG existe un harnero que clasifica el mineral destinándolo según su tamaño a una etapa de chancado o a los Molinos de Bolas, o directamente a flotación. La producción de ésta planta es de alrededor de 64.000 Ton diarias.

En la figura 2-8, se aprecia caverna de planta SAG, con sus dos molinos de bolas.



Fuente: Creación propia

Figura 2-8. Molienda SAG Codelco Andina

2.2.8. Flotación

En esta etapa la pulpa de mineral llega a una planta llamada de flotación colectiva, la cual está compuesta por 8 celdas de flotación de 3.800ft³ y por un proceso de remolienda. La idea es realizar flotaciones sucesivas, limpiezas, remolienda y barridos, a fin de separar el cobre y el molibdeno del resto del material, el mineral que tenía inicialmente una ley de 1% a 1,2% de Cu y de 0,026% a 0,028 % de Mo, queda en una ley promedio de un 28% de Cu y 0,48% de Mo. Para conseguir la separación del mineral es necesario agregar elementos que reaccionen con el mineral como cal, espumante y aceite de pino. El proceso es simple, ya que se procede a flotar las partículas de Cu junto con otras, mediante sopladores de aire que producen las burbujas



Fuente: Creación propia

Figura 2-10. Espesadores Codelco Andina

2.2.10. Obtención de Molibdeno

En esta etapa se obtiene el principal subproducto de la División Andina, para esto el cobre es separado del molibdeno, con la incorporación de Sulfhidrato de Sodio (Na Hs), donde a través de sucesivas flotaciones, limpiezas y remoliendas se obtiene un producto con 50% de Mo y de 2% a 3% de Cu.

2.2.11. Etapas de filtros

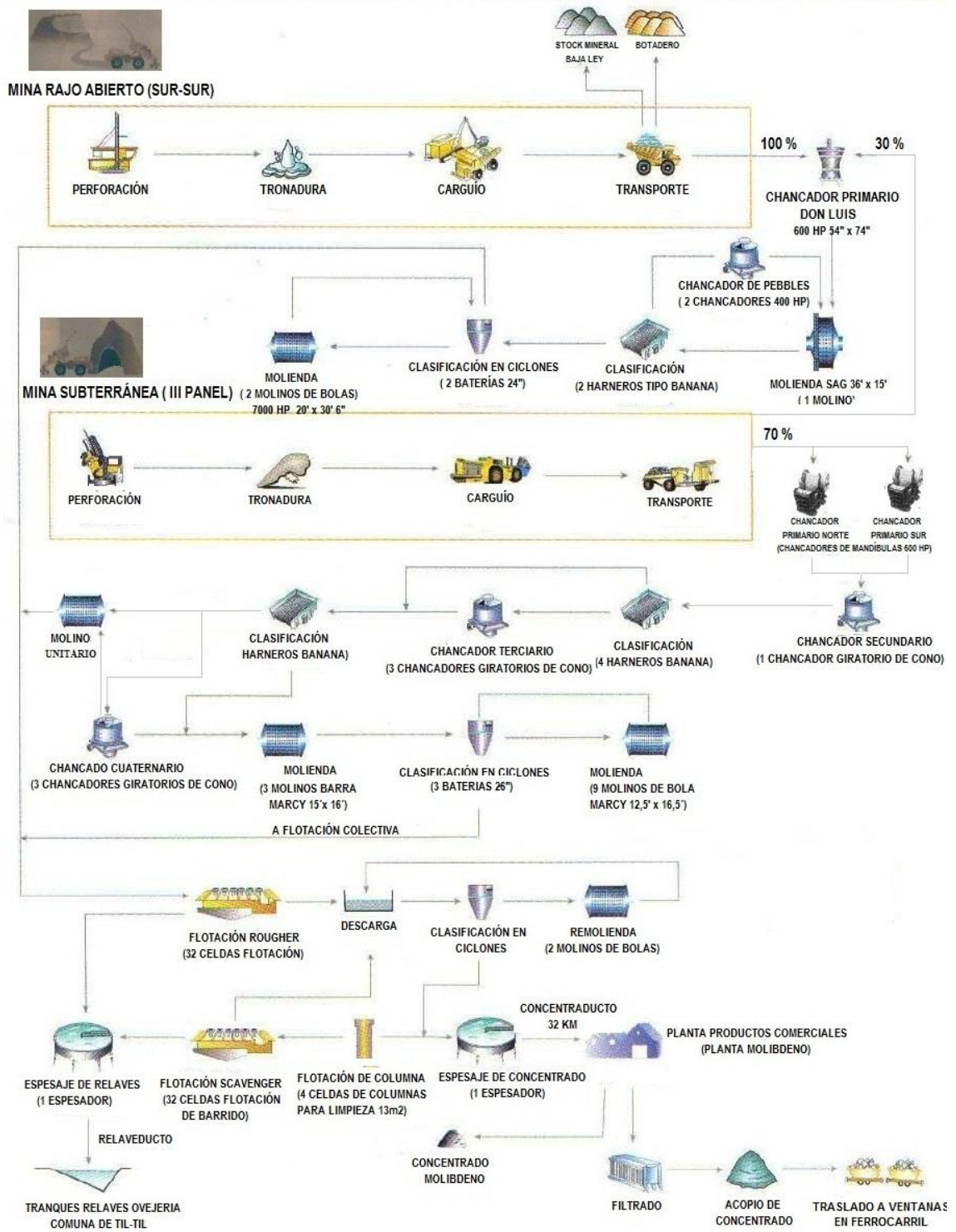
El concentrado final de cobre proveniente de la Planta de Molibdenita, el cuál es procesado en filtros de aire, y posteriormente secado en un Horno Giratorio, de tal forma que la humedad no supere el 9% en el caso del concentrado de Cu, el que tiene una concentración que alcanza al 28% de Cu y 0.55 de Mo como producto final.

2.3. DIAGRAMA FLUJO DIVISIÓN ANDINA

En el siguiente diagrama de flujo figura 2-11 se aprecia sistema productivo explicado en puntos anteriores, dónde se distinguen los dos procesos mineros mina a rajo y mina subterránea que alimentan la planta subterránea, alimentando por buzones a los tres chancadores primarios, los cuáles alimentan las tres líneas de molienda y chancado las que aportan 72.200 TMSD, detallados en figura 2-12.

Importante es apreciar los equipos que interactúan con el proceso de molienda y chancado, como son harneros, los que clasifican el mineral dependiendo de la granulometría, son los encargados de seleccionar el mineral obtenido; siguiendo con el proceso y después de que el mineral es chancado y transportado a través de correas y pasado a molienda, es mezclado con agua y convertido en pulpa, la selección se produce con hidrociclones, los que utilizando fuerza centrífuga inyectada por bombas, separa el mineral dependiendo del peso o la consistencia del mineral, de estos procesos y obteniendo el tamaño deseado es pasado a flotación, donde es mezclado con reactivos para separar partículas de cobre del material estéril, en grandes celdas de flotación y recirculado en el mismo y en celdas de rebarrido y limpieza, luego es llevado a espesadores, que separan el agua que reutilizan en el proceso, estos equipos son los únicos que se ubican en superficie, luego son transportados a través de un concentrado a planta de productos comerciales, cerca de 30 km río abajo, donde el concentrado es secado en filtros y cargados en tren para ser transportado a la división de Ventanas y puerto ventanas, dónde es transportado a diferentes mercados en el extranjero, y el relave es llevado a Tranque Ovejería.

Diagrama de flujo Proceso Productivo División Codelco Andina



Fuente: Minería Chilena y aporte Propio

Figura 2-11. Diagrama Flujo División Andina

2.4. MOVIMIENTO DIARIO MATERIAL Y PRODUCCIÓN ANUAL 2009

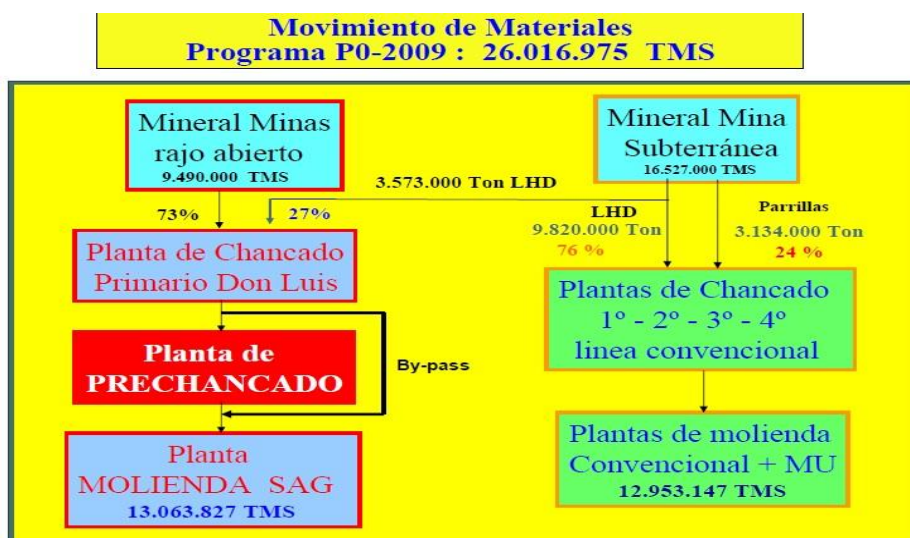
En figura 2-12, se aprecia la capacidad de molienda diaria de las distintas tres líneas de molienda de Codelco Andina, la mayor capacidad se obtiene en Molienda SAG, seguida por Molienda Convencional (Molinos de Barras y Bolas), y luego Molino Unitario.

TMSD Molienda SAG	=	37.000
TMSD Molienda Convencional	=	29.766
TMSD Molienda Unitaria	=	5.434
TMSD TOTAL	=	72.200
TMSD Molienda Convencional + M.Unitaria	=	<u>35.200</u>

Fuente: Intranet Codelco Andina

Figura 2-12. Diagrama Toneladas Métricas diarias Procesadas en Molienda

En figura 2-13, se aprecia producción de Cobre el año 2009, en dónde la Mina Subterránea es aún el pilar de producción para la División, esta situación ha cambiado con la Fase I, que duplicó el movimiento en el Rajo, y se apreciará aún más con la Fase II.



Fuente: Intranet Codelco Andina

Figura 2-13. Movimiento Producción Codelco Andina.

2.5 PRESENTE Y FUTURO CODELCO ANDINA

Codelco Andina se convertirá en un futuro no muy lejano, en unas de las divisiones de mayor importancia dentro de la compañía, este cambio se conoce como Nueva Andina, uno de los cuatro mega proyectos estructurales en Codelco, que buscan mantener los ritmos de explotación para el futuro como también explotar reservas existentes.

Estos proyectos en Codelco Andina, aprobados por el directorio en donde en conjunto se invertirán aproximadamente US 5.500 millones en sus etapas PDA Fase I Y PDA Fase II, las que se detallarán a continuación.

2.5.1. PDA Fase I

El proyecto Plan de Desarrollo Andina (PDA) Fase I, consiste en la ampliación de la capacidad de tratamiento Mina - Planta de División Andina, desde las actuales 72.000 Tpd a 94.500 Tpd de mineral.

Lo anterior se traduce en un aumento productivo en torno a 70.000 toneladas/año de cobre fino, pasando de una producción anual de 230.000 a 300.000 toneladas.

Con una inversión de US 980 millones, monto que incluye el total de la ingeniería, suministros y obras, el alcance del proyecto –por área principal- consiste en:

2.5.1.1. Área mina rajo

Las transformaciones que ejecutará el PDA Fase I prácticamente triplican el nivel de actividad en la mina a rajo abierto, a través de:

- Desarrollo de los diseños de las obras de infraestructura que permitan operar en forma eficiente y segura la Mina Rajo, con niveles de actividad de 58 millones de toneladas anuales (60.000 tpd de alimentación a Planta), incorporando equipos mineros gigantes.
- Adquisición de dos palas P&H 4100 XPC de cable de 73 yardas cúbicas, 15 camiones Komatsu 930-E4 de 330 toneladas, un cargador frontal Le Tourneau 1800 de 33 yardas cúbicas, perforadoras y equipos de apoyo Komatsu. En total, 36 equipos mineros y de carguío, algunos los cuales se aprecian en figura 2-14.
- Construcción de las naves de mantenimiento, del anillo eléctrico (loop) y sus componentes, de las obras de traspaso de mineral (nueva estación de

transferencia y pique directo) y de toda la infraestructura necesaria para la habitabilidad, lo que incluye refugio, casa de cambio, entre otras obras.



Fuente: Creación propia

Figura 2-14. Nuevos Equipos Codelco Andina PDA Fase I

2.5.1.2. Área planta concentradora

En esta área, la ejecución del proyecto considera:

- Desarrollo de los diseños de una nueva planta de chancado - molienda unitaria - flotación subterránea (en tres cavernas gigantes), con capacidad para tratar 22.500 toneladas por día nominales.
- Adquisición de los equipos de proceso, entre los que destacan: un molino de bolas (unitario), el cual se aprecia en figura 2-15, tres chancadores secundarios y terciarios, detallados en la figura 2-16, 14 celdas y columnas de flotación, sistema de transporte de mineral y otros equipos mecánicos y eléctricos.



Fuente: Creación propia

Figura 2-15. Molino Bolas PDA Fase I

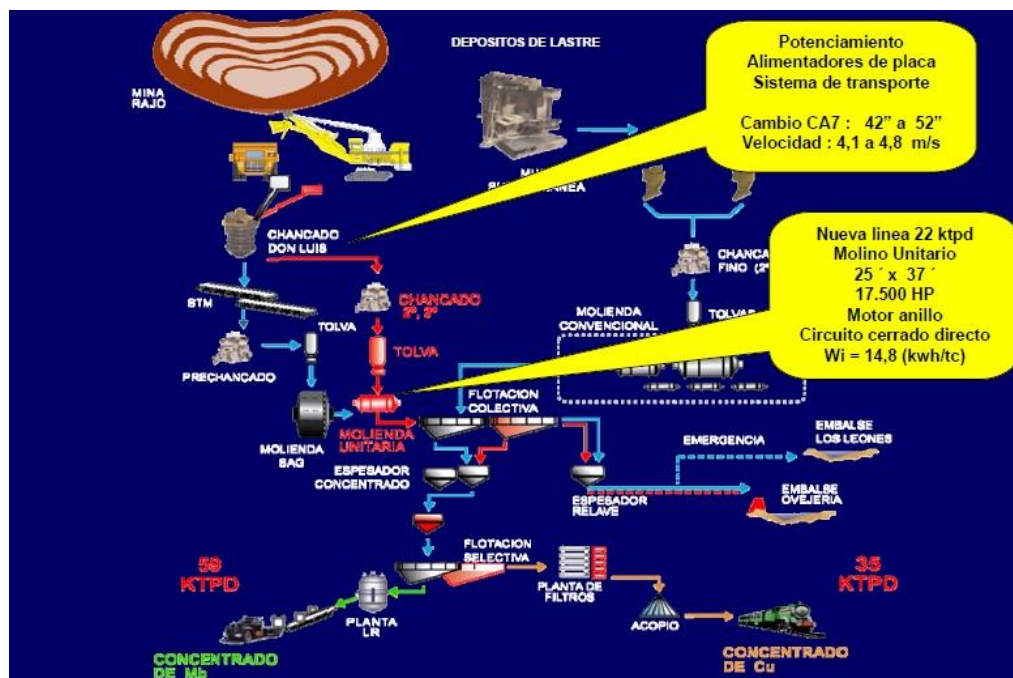
- Construcción y montaje de las obras y equipos necesarios para el desarrollo del proyecto, tales como: excavaciones subterráneas de túneles y cavernas; montaje y conexión de los equipos adquiridos (repotenciamiento del sistema de transporte de mineral; nueva planta de chancado secundario y terciario; molienda; ampliación del circuito de flotación); nuevo espesador de relaves; intervenciones en el sistema de transporte de relaves; obras en la planta de productos comerciales y en el embalse de relaves. En la figura 3-3 se aprecia nueva línea de Chancado y Molienda, del proyecto PDA Fase I, que viene a aumentar capacidad de explotación en 22.500 Tpd.



Fuente: Creación propia

Figura 2-16. Chancadores Secundarios y Terciarios PDA Fase I

En la figura 2-17, se aprecia en color rojo diagrama flujo trabajos realizados en PDA Fase I, dónde los nuevos equipos construidos, proporcionan una nueva línea de chancado, creado con tres chancadores Metso de cono, los cuáles conforman un chancador primario y dos chancadores secundarios, en el cual en el mineral es transportado a un Molino de Bola de inducción ABB, todo este nuevo sistema entrega del orden de 22.500 Tpd adicionales de producción, que son llevadas a una nueva línea de Flotación y nuevo espesador.



Fuente: Intranet Codelco

Figura 2-17. PDA Fase I

En la figura 2-18 se aprecian en color naranja obras que abarcaron proyecto PDA Fase I, en color plomo están aéreas ya existentes, en el proyecto PDA Fase I se construyeron tres grandes cavernas, las de chancado, molienda y flotación.



Fuente: Intranet Codelco

Figura 2-18. Obras Civiles PDA Fase I.

2.5.2. PDA Fase II

PDA Fase II es un proyecto estructural de Codelco que consiste en la expansión de la capacidad de tratamiento de División Andina en 150.000 tpd de mineral, pasando desde las 94.000 tpd alcanzadas con el PDA Fase I a 244.000 tpd nominales. Lo anterior se traduce en una producción adicional de 393.000 toneladas anuales de cobre fino, lo que llevaría a la División Andina a producir alrededor de 643.000 toneladas de cobre fino al año.

2.5.2.1. Área Mina Rajo

La producción de este megaproyecto se sustenta sobre la base de una expansión de la mina desde 34 millones a 89 millones de toneladas anuales de mineral, lo que significa un movimiento total del orden de 600.000 toneladas por día.

El equipamiento contempla 5 palas eléctricas P&H 4100 XPC de cable (73 yd³), dos palas hidráulicas Komatsu PC8000 y dos cargadores frontales Le Tourneau 1850 (30 - 40 yd³), 62 camiones Komatsu de 303 toneladas métricas y 8 perforadoras.

El proyecto considera la construcción de un depósito de lastre cuya capacidad será de 2.200 millones de toneladas.

2.5.2.2. Área planta concentradora

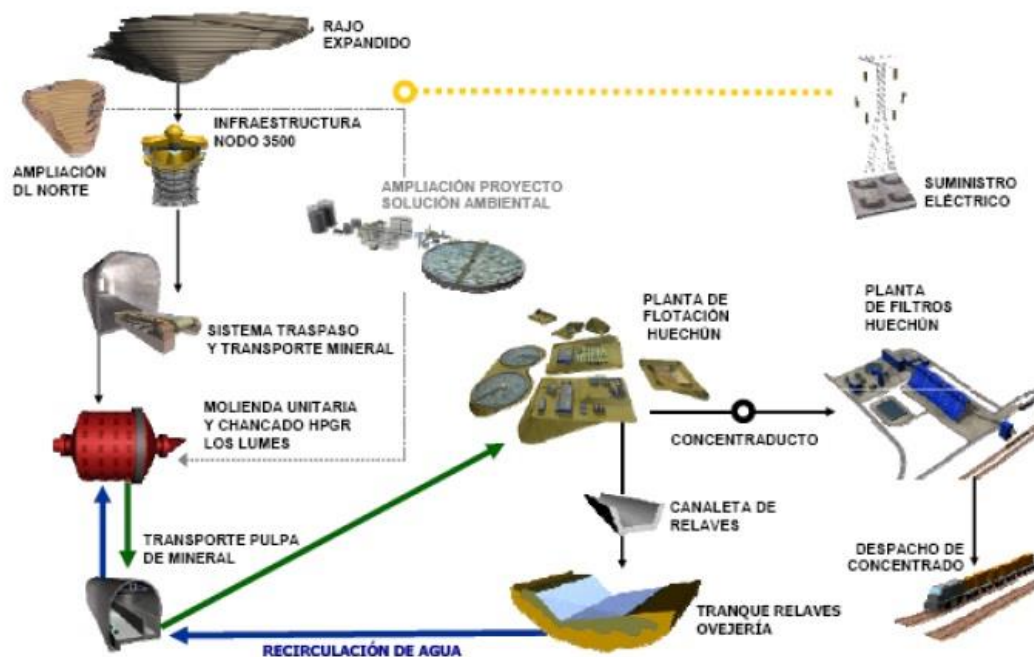
La planta concentradora considera nuevas operaciones unitarias de chancado primario, transporte de mineral, chancado secundario y terciario, transporte de pulpa de mineral a plantas de flotación colectiva, selectiva y de lixiviación de molibdeno, así como una planta de filtros con almacenamiento de concentrados.

La nueva planta de 150.000 tpd tiene las siguientes operaciones unitarias principales:

- Dos chancadores primarios giratorios 60' x 110'.
- Transporte de mineral en correas regenerativas de 2 metros de ancho, alojadas en túneles de sección 7,5 x 5,0 m, de 25 Km. de largo con una transferencia.
- Seis harneros secundarios tipo banana doble deck.
- Cinco chancadores secundarios de cono.
- Cinco chancadores terciarios tipo HPGR (High Pressure Grinding Roll).
- Cuatro molinos de bolas tamaño 26' x 37,5 EGL (15.000 Kw).
- Flotación colectiva en celdas de gran tamaño (300 m³) y molinos de remolienda vertical (1.125 Kw).
- Flotación selectiva en celdas convencionales y columnas.
- Planta de Lixiviación de concentrado de molibdeno con alto contenido de cobre.
- Tres filtros de concentrado de cobre.

2.5.2.3. Diagrama flujo PDA Fase II

En la figura 2-19, se aprecia proyecto PDA Fase II, está contemplado nueva planta de Chancado en nodo 3500, planta de flotación en Huechun, Provincia de Chacabuco en la Región Metropolitana dónde se ubica Tranque de Relaves Ovejera.



Fuente: Intranet Codelco

Figura 2-19. Proyecto PDA Fase II

2.6. EJECUCIÓN PROYECTOS CODELCO CHILE

Codelco gestiona y ejecuta su extensa cartera de proyectos de inversión a través de la Vicepresidencia Corporativa de Proyectos (VCP), organización experta en la materia que conceptualiza, diseña, construye y pone en marcha todos aquellos proyectos con base geo-minero-metalúrgica que superan los US\$ 10 millones.

En las etapas pre-inversionales (estudios de pre-factibilidad y factibilidad) la VCP procura maximizar la rentabilidad de la inversión, agregando valor en cada una de las fases de desarrollo, con el objetivo de ofrecer el mejor negocio posible a la Corporación. Luego, en la etapa de ejecución inversional, busca capturar la promesa ofrecida privilegiando los aspectos plazo, costo, calidad y sustentabilidad, con un estándar de gestión de proyectos de alto nivel que se orienta a maximizar el valor económico de Codelco.

El principio rector del quehacer de la VCP lo constituye la impecabilidad en la gestión de proyectos, lo que supone velar por la integralidad de los desarrollos tanto en sus aspectos técnicos como organizacionales, aplicando las mejores prácticas en la construcción, como también en la operación y mantención de los nuevos activos.

2.6.1. Cartera de proyectos

Un total de 42 estudios y proyectos conforman la actual cartera de la VCP, en lo que constituye el ciclo inversional más agresivo en la historia de Codelco, con el objetivo de agregar decenas de años a sus operaciones y seguir generando riqueza para el desarrollo de Chile.

La cartera en curso involucra un monto total de US\$ 3.800 millones, de los que aproximadamente US\$ 2.000 millones serán invertidos durante 2009 - 2010. La gran cartera potencial en tanto, que cuantifica la construcción y puesta en marcha de todos los estudios y proyectos VCP, asciende a US\$ 14.500 millones.

Con 10 proyectos en etapa de ejecución, los recursos 2009 están destinados principalmente al Plan de Desarrollo Andina Fase I, Explotación Sulfuros Radomiro Tomic (División Codelco Norte) y Explotación Pilar Norte (División El Teniente), los que se pondrán en marcha el año 2010.

Junto a esos desarrollos coyunturales, Codelco estudia 4 proyectos estructurales que transformarán el modelo de gestión de la empresa y que involucran grandes desafíos tecnológicos: Mina Chuquicamata Subterránea, Ministro Hales, Nueva Andina Fase II y Nuevo Nivel Mina El Teniente.

2.6.2. Etapas de un proyecto

El macro ciclo de los proyectos está compuesto por las siguientes etapas: Ingeniería de Perfil, Ingeniería Conceptual, Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalle, Ejecución y Operación. Entre una y otra se generan las inter etapas, para los procesos de revisiones y aprobaciones.

2.6.2.1. Definición de etapas

Todo proyecto para ser llevado a cabo, debe pasar por etapas, desde que se aprueba inversión, hasta la construcción del mismo, estas etapas se detallarán en la tabla 2-1.

Tabla 2-1. Definición de Etapas de un Proyecto

Ingeniería de Perfil	Es la etapa de identificación de las oportunidades para el desarrollo de los proyectos. En Codelco, esta etapa la realiza el Cliente, vale decir la División que operará el futuro activo cuando el proyecto esté terminado.
Ingeniería Conceptual (Pre-factibilidad)	Es la etapa de generación y selección de alternativas de proyectos. En Codelco, esta etapa la realiza el Gestor – Ejecutor, vale decir la Vicepresidencia Corporativa de Proyectos (VCP).
Ejecución Inversional	Es la etapa que completa el diseño al detalle y en que se procede a la construcción, montaje y puesta en marcha del nuevo activo, donde se busca capturar la promesa ofrecida, privilegiando los aspectos plazo, costo, calidad y sustentabilidad. En Codelco, esta etapa la realiza la VCP.
Operación	Es la etapa en que el nuevo activo entra en producción, siendo operado de acuerdo con el diseño del proyecto. En Codelco, esta etapa la realiza el Cliente.

Fuente: Creación propia

2.6.3. Principales proyectos VCP

En el marco de inversión desarrollado por la corporación, en busca de mantener los actuales niveles de producción, Codelco está desarrollando una serie de proyectos para buscar este fin, en la tabla 2-2 se aprecian proyectos, división dónde se están llevando a cabo, etapa del proyecto e inversión realizada. Dentro de estos proyectos es importante mencionar, los cuatro proyectos estructurales de Codelco, los cuáles, como se mencionaba anteriormente, mantendrán los niveles productivos, por varios años más, manteniendo el liderazgo mundial de producción de cobre; dentro de este mismo ámbito, el que resalta por inversión, y por nuevas reservas descubiertas, es la Fase Andina II, la que convertirá la mina a rajo, en unos de los más grandes del mundo.

Tabla 2-2. Proyectos VCP

Proyectos	División	Inversión Estimada (Millones)	Etapas del Proyecto
Explotación Sulfuros Radomiro Tomic	Codelco Radomiro Tomic	US\$ 370	Ejecución
Mina Chuquicamata Subterránea	Codelco Chuquicamata	US\$ 2.006	Ingeniería Básica
Mina Ministro Hales	Codelco Ministro Hales	US\$ 2.333	Ingeniería Básica
Proyecto Gaby Fase II	Minera Gaby S.A.	US\$ 190	Ejecución
Plan de Desarrollo Andina Fase I	Codelco Andina	US\$ 1150	Ejecución
Proyecto Nueva Andina Fase II	Codelco Andina	US\$ 6.400	Ingeniería Básica
5a. Etapa Embalse Carén	Codelco Andina	US\$ 75	Ejecución
Explotación Pilar Norte	Codelco El Teniente	US\$ 121	Ejecución
Nuevo Nivel Mina El Teniente	Codelco El Teniente	US\$ 1.718	Ingeniería Básica
Explotación Diablo Regimiento Fase III	Codelco El Teniente	US\$ 61	Ejecución

Fuente: www.codelco.cl

CAPÍTULO 3: CORREA TRANSPORTADORA

3. CORREA TRANSPORTADORA

Una correa transportadora es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos tambores.

La banda es arrastrada por fricción por uno de los tambores, que a su vez es accionado por un motor. El otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por polines entre los dos tambores.

Debido al movimiento de la banda el material depositado sobre la banda es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario. En esta zona el material depositado sobre la banda es vertido fuera de la misma, debido a la acción de la gravedad.

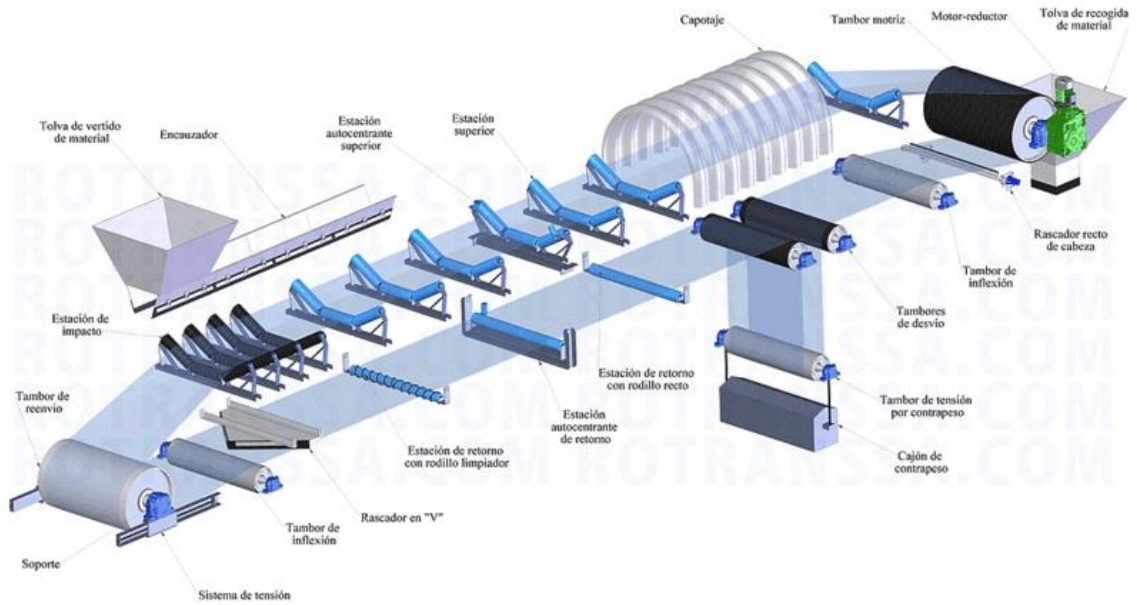
3.1. ANTECEDENTES

La correa transportadora se compone de varios componentes mecánicos, eléctricos e electrónicos; los cuales operados en forma conjunta logran la operación de la correa en forma remota desde una sala de control.

A continuación se detallarán los equipos típicos encontrados en una correa transportadora usada en minería.

3.2. COMPONENTES MECÁNICOS

En una correa transportadora estos elementos son de suma importancia, son los que rompen la inercia de la correa para lograr movimiento, en la figura 3-1, se aprecia componentes típicos, los que se detallarán en el siguiente capítulo.



Fuente: Manual General de Minería y Metalurgia

Figura 3-1. Correa transportadora

3.2.1. Estructura soportante

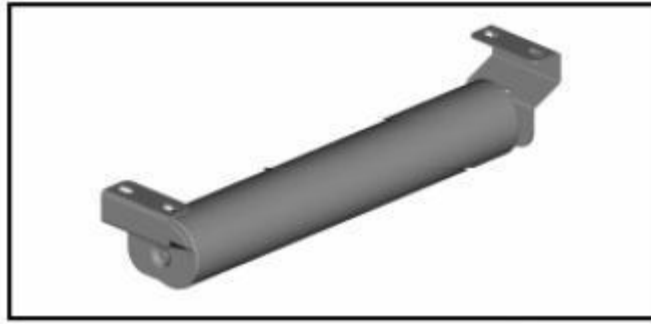
Están compuestas por perfiles tubulares o angulares, formando en algunos casos verdaderos puentes que se fijan en soportes o torres estructurales apernadas o soldadas en una base sólida.

En la figura 3-2 se aprecia una estación de carga, con sus respectivos polines, en la figura 3-3 se aprecia una estación de retorno, con su respectivo polín.



Fuente: Manual PIRELLI - Diseño de cintas transportadoras

Figura 3-2. Estructura soportante



Fuente: Manual PIRELLI - Diseño de cintas transportadoras

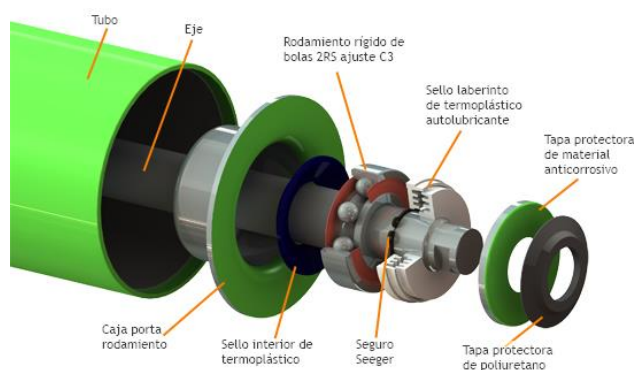
Figura 3-3. Soporte de Polines de Retorno Planos

3.2.2. Polines

Los polines corresponden a dispositivos mecánicos que tienen como función el guiar la carrera que siguen las correas transportadoras. Es decir, es un conjunto formado por uno o más polines y sus respectivos soportes.

De esta forma los polines son piezas rotatorias de geometría cilíndrica que giran en función del movimiento de la correa. Para la elección del polín se utiliza la norma internacional CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association).

Están constituidos como se aprecia en la figura 3-4, por un manto o tubo de acero laminado en caliente SAE 1018 a 1037, un eje de calidad SAE 1020 a SAE 4140 y rodamientos, el más utilizado el rígido de bolas, usualmente del tipo 2Z, con doble sello lateral.



Fuente: Manual PIRELLI - Diseño de cintas transportadoras

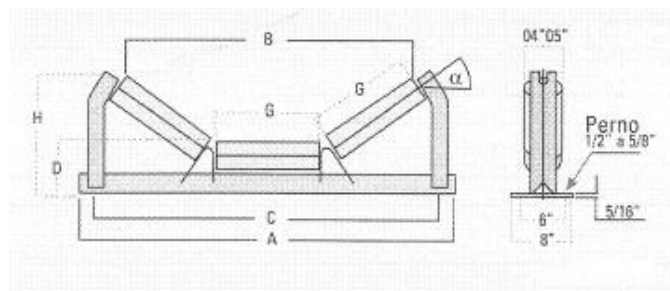
Figura 3-4. Desglose Polín

Existen diferentes tipos de polines, los cuáles son:

- Polín de Carga

El polín de carga es donde descansa la correa, van tres por estaciones, dos laterales (de iguales dimensiones) y uno central (diferente dimensión que los laterales). Usualmente se utiliza inclinación de 20°, 35° o 45°. dependiendo del material y la cantidad a transportar de este.

En la figura 3-5 y 3-6 se aprecia estación de carga, con sus respectivos polines.



Fuente: Manual General de Minería y Metalurgia

Figura 3-5. Polín de carga



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-6. Polines de carga

- Polín de Impacto

Los Polines de impacto se encuentran en variados modelos, y su diseño está adaptado para el impacto que se produce en la recepción del material, su ángulo de inclinación será el mismo del polín de carga, permitiendo una uniformidad en el transporte.

En la figura 3-7 se aprecia un polín de impacto, estos comúnmente utilizados en zonas de transferencias.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-7. Polín de impacto

- Polín de Retorno

Estos Polines de retorno como su nombre lo indica, permiten el retorno de la banda mediante el apoyo de ésta.

En la figura 3-8 se aprecia un polín de retorno con su respectiva estación.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-8. Polín de retorno

3.2.2.1. Polín Autoalineante

Permiten que la correa mantenga su curso y no se desvíe hacia los costados, son de un tamaño pequeño como lo demuestra la figura 3-9.



Fuente: Elaboración Propia

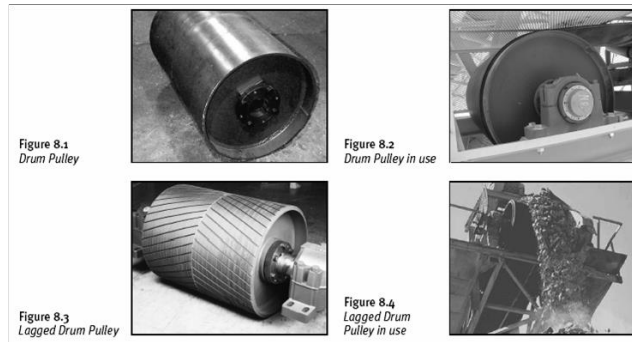
Figura 3-9. Polín autoalineante

3.2.3. Poleas

Las poleas son un importante componente de los sistemas de correas transportadoras, estas se clasifican según su geometría y tipos de recubrimientos.

Los diámetros de las poleas dependen del diseño, tensión y tipo de empalme de la correa, generalmente se establecen tres grupos de poleas.

En la figura 3-10, se aprecia diferentes tipos de poleas utilizadas en diferentes tipos de aplicaciones.



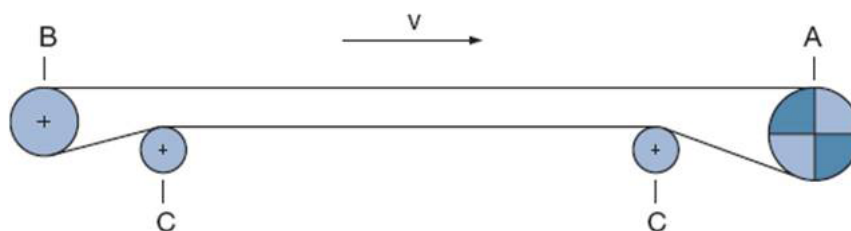
Fuente: Manual PIRELLI - Diseño de cintas transportadoras

Figura 3-10. Tipos de poleas

Grupo A: Poleas motrices y otras poleas en el rango de tensiones altas: Ubicadas en la cabeza de la correa, es dónde se genera el movimiento de la correa y va ubicado el motor o motores, es por ello que se generan grandes tensiones para evitar resbalamientos de la correa.

Grupo B: Poleas deflectoras, en el rango de tensiones bajas, ubicadas en la cola de la correa, es dónde se cambia de dirección de la correa y sirve como elemento deslizante, la tensión en la misma está dada por la tensión generada en la polea motriz principalmente.

Grupo C: Poleas deflectoras que cambian la dirección de la correa en menos de 30° , sirven para evitar el movimiento irregular de la correa lo que provocaría daños en todos los componentes.



Fuente: Catálogo Phoenix

Figura 3-11. Grupos de poleas

3.2.4. Reductor

Encargado de reducir la velocidad que entrega el motor, a la velocidad diseñada para la correa, aumentando su torque, estos son generalmente engranajes de ángulo recto, lubricados por aceite sintético.

Debido a que estos generan una gran cantidad de calor, poseen un sistema de enfriamiento que utiliza ventilador accionado por un motor eléctrico.

En la figura 3-12 se aprecia reductor de una correa transportadora, como también ventilador del mismo.



Fuente: Elaboración Propia

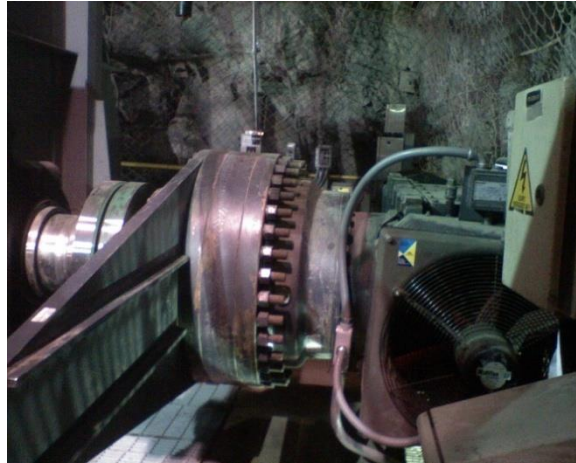
Figura 3-12. Reductor

3.2.5. Acople hidráulico

Elemento utilizado en las correas, va acoplado al reductor separando mecánicamente ambas partes, para que un bloqueo o sobrecarga en la correa no impacte directamente sobre el reductor, a la vez ayuda a vencer la inercia producida en el arranque.

Es utilizado como elemento de protección, ya que ante cualquiera sobrecarga de la correa este elemento se dañara con anterioridad protegiendo el reductor y motor en sí.

En la figura 3-13 se aprecia un acople hidráulico conectado a un reductor y una polea.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-13. Acople hidráulico

3.2.6. Raspadores

El objetivo de los raspadores consiste en evitar que las cintas se ensucien como consecuencia de los materiales transportados, pueden ir montados en el tambor motriz o polea retorno de la correa, tanto en el lado de carga y retorno de la correa.

Existen tres tipos: raspador primario, secundario y de arado.

3.2.6.1. Raspador primario

Ubicado en la parte de descarga de la correa, es el primer elemento de limpieza, elimina el material depositado en la correa que pudiese ocasionar contaminación de los elementos rodantes en el ciclo de giro de la correa.

En la figura 3-14, se aprecia un raspador primario en buzón transferencia.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-14. Raspador primario

3.2.6.2. Raspador secundario

Segundo elemento de limpieza de la correa, va ubicado en forma tangencial a la cinta, en la parte inferior de la polea motriz.

En la figura 3-15, se aprecia raspador secundario.



Fuente: Manual Martins

Figura 3-15. Raspador secundario

3.2.6.3. Raspador de arado

Elemento que limpia la cara inferior de la correa, va ubicado generalmente antes del tambor de retorno, que es dónde se presentan problemas con la presencia de cuerpos extraños.

En la figura 3-16, se aprecia un raspador de arado.



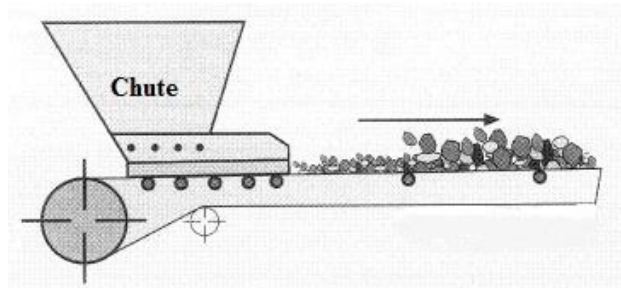
Fuente: Manual Martins.

Figura 3-16. Raspador de arado

3.2.7. Chutes de carga

Es donde se realiza la transferencia del material de un sistema a otro, cumple la función de depositar en forma centrada la carga sobre la correa para evitar desalineamiento y reducir al máximo el daño de la correa reduciendo al máximo el golpe de entrada del material a través de las placas de desgaste y lifters ubicados en todo este.

En la figura 3-17, se aprecia un chute de descarga en una correa transportadora.



Fuente: Manual General de Minería y Metalurgia

Figura 3-17. Chute de descarga

3.2.8. Placas de desgaste

Las placas de desgaste cumplen una función muy importante en las correas, van ubicados en los chutes de descargas y tolvas de transferencia, amortiguan el material en su traspaso y cubren las estructuras del desgaste producido por el paso del material, son de material cerámico de gran resistencia.

En la figura 3-18, se aprecia placas de desgaste en buzón de transferencia.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-18. Placas de desgaste

3.2.9. Sistema de supresión de polvo

Con el fin de disminuir la polución de polvo producido en el proceso de transporte del mineral y sumando el factor de que este proceso se realiza a través de túneles, lo que conlleva a una gran cantidad de partículas de polvo presente en el ambiente, lo que afecta al funcionamiento de polines, motores eléctricos, sensores, etc., y principalmente a la salud del trabajador, en las tolvas de transferencia principalmente, en dónde existe mayor polución, se utilizan guarderas y sistemas aspersores de polvo.

3.2.9.1. Guarderas

Con el fin de disminuir la polución del aire producto del material particulado en suspensión y el derrame de mineral hacia el exterior de los puntos de traspaso entre correas se utilizan protectores de gomas en todo el chute.

En la figura 3-19, se aprecia guardera la cual va sujeta con elementos metálicos.



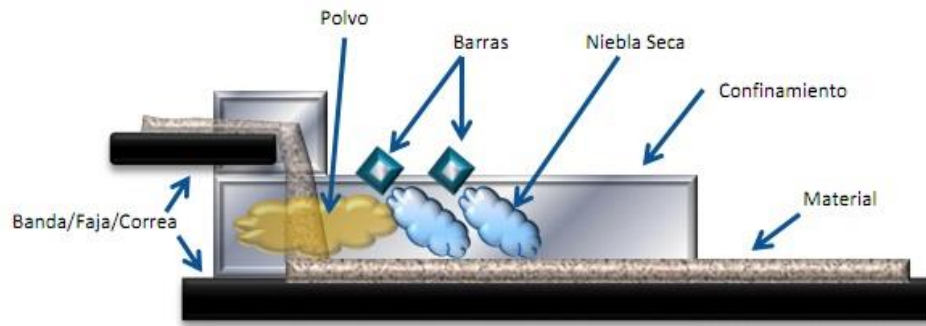
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-19. Guarderas

3.2.9.2. Aspersores de polvo

Son rociadores de agua, el cual utiliza aire a presión que pulverizan partículas de agua en el material transportando, disminuyendo el polvo levantado en el traspaso de material.

En la figura 3-20, se aprecia sistema aspersor de polvo en zona de transferencia.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-20. Aspersores de polvo

3.2.10. Tensores de correa

Elementos indispensables para la operación de la correa, la mala tensión en una correa provoca el prematuro desgaste de los componentes mecánicos, como también un gasto de energía extra, ya que la correa refalaría en los polines.

Existen en general tres tipos de tensores en la correa, los cuales dependerán del lugar físico dónde sean emplazados.

3.2.10.1. Huinche tensor

Se compone de una unidad hidráulica, el cual acciona un huinche hidráulico, el cual con cable de acero tensiona la polea tensora. Posee gran capacidad de trabajo, permite regulación automática, la que entrega diferentes medidas de tensión, el cual da diferentes condiciones de partida, de suma importancia en correas de gran dimensiones.

En la figura 3-21, se aprecia huinche tensor de correa transportadora.



Fuente: Elaboración Propia

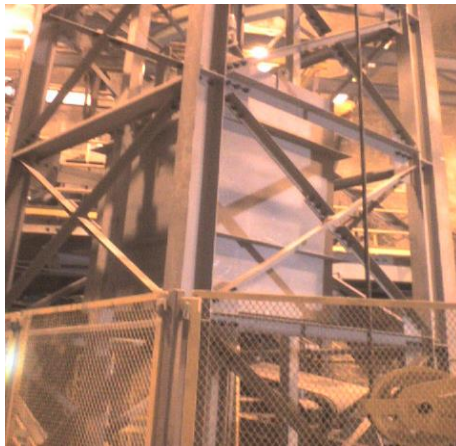
Figura 3-21. Huinche Tensor

3.2.10.2. Cilindro oleo-hidráulico

Se compone de unidad hidráulica y cilindro oleohidráulico el cual al ser accionado contrae cilindro tensando polea tensora.

3.2.10.3. Tensor gravitacional

De gran masificación en la actualidad, se componen de un peso el cual por un sistema de poleas tensan la correa, estos van montados en estructuras como se aprecia en la figura 3-22.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-22. Tensor gravitacional

3.2.11. Correa o banda o cinta transportadora

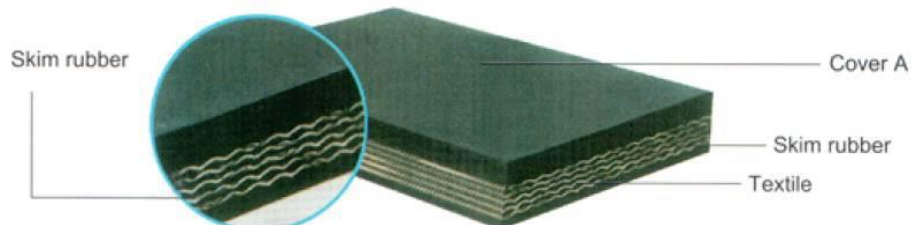
Tiene una gran variedad de características, y su elección dependerá en gran medida del material a transportar, velocidad, esfuerzo, capacidad de carga a transportar o tensión a la que sea sometida.

En la minería se utilizan las correas poliméricas, estas correas generan grandes esfuerzos dinámicos durante las partidas.

Dentro de las correas transportadoras de caucho planas, se distinguen dos grupos principales:

3.2.11.1. Reforzadas en su interior con fibras no metálicas

Varían tanto en los componentes de las capas exteriores, como en el tipo de fibras utilizadas para su reforzamiento, en la figura 3-23 se aprecia correa reforzada con fibra.

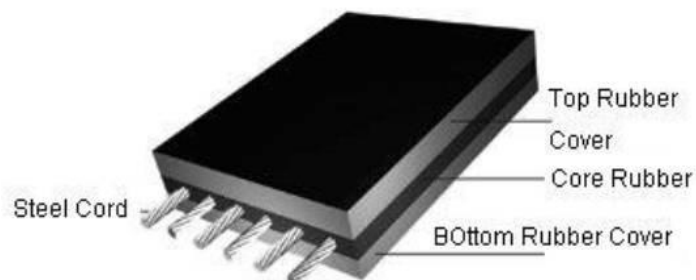


Fuente: Catalogo Cintas Transportadoras Dunlop.

Figura 3-23. Composición cinta transportadora

3.2.11.2. Reforzadas en su interior con aceros longitudinalmente

Estas correas son de muy buena resistencia al desgaste Figura 3-24, estas además pueden poseer un segundo reforzamiento de tela sobre los cables, por el lado de carga Figura 3-25.



Fuente: Catalogo Cintas Transportadoras Dunlop.

Figura 3-24. Cinta cables de aceros longitudinalmente



Fuente: Catalogo Cintas Transportadoras Dunlop

Figura 3-25. Cables de aceros longitudinalmente reforzados

3.3. COMPONENTES ELECTRÓNICOS

En las correas transportadoras se utilizan una serie de instrumentos los cuales ayudan al proceso de transporte, indicando condiciones de funcionamiento de correa, detectando elementos ajenos a las correas, y ayudando a la seguridad, estos están especificados bajo la norma ISA 5.1, figura 3-26, donde se detallan cualquier tipo de nomenclatura, dados en los instrumentos por las dos primeras letras.

1.ª Letra		Letras sucesivas		
Variable medida (3)	Letra de modificación	Función de lectura pasiva	Función de salida	Letra de modificación
A	Análisis (4)	Alarma		
B	Llama (quemador)	Libre (1)	Libre (1)	Libre (1)
C	Conductividad		Control	
D	Densidad o peso específico	Diferencial (3)		
E	Tensión (f.e.m.)	Elemento primario		
F	Caudal	Relación (3)		
G	Calibre	Vidrio (8)		
H	Manual			Alto (6) (13) (14)
I	Corriente eléctrica	Indicación (9) o indicador		
J	Potencia	Exploración (6)		
K	Tiempo		Estación de control	
L	Nivel	Luz piloto (10)		Bajo (6) (13) (14)
M	Humedad			Medio o intermedio (6) (13)
N	Libre (1)	Libre	Libre	Libre
O	Libre (1)	Orificio		
P	Presión o vacío	Punto de prueba		
Q	Cantidad	Integración (3)		
R	Radiactividad	Registro		
S	Velocidad o frecuencia	Seguridad (7)	Interruptor	
T	Temperatura		Transmisión o transmisor	
U	Multivariable (5)	Multifunción (11)	Multifunción (11)	Multifunción (11)
V	Viscosidad		Válvula	
W	Peso o Fuerza	Vaina		
X	Sin clasificar (2)	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y	Libre (1)		Relé o computador (12)	
Z	Posición		Elemento final de control sin clasificar	

Fuente: Norma ISA 5.1

Figura 3-26. Tabla de nomenclaturas de instrumentos y funciones

En la tabla 3-1, se aprecian principales instrumentos utilizados en correas transportadoras, las primeras letras son según norma mencionada anteriormente, los siguientes cuatro dígitos son numeración interna según TAG.

Tabla 3-1. Designación instrumentación asociada

Designación Instrumentación Utilizada en Correas		
Instrumento	Tipo de Instrumento	Servicio
LSH-XXXX	Inst. de Nivel Tipo Capacitivo	Atollo-Trip
SE-XXXX	Sensor de Velocidad	Peso en Correa
ST-XXX	Transmisor de Velocidad	Velocidad Correa Transp.
WQIT-XXXX	Pesómetro	Peso en Correa
XS-XXXX	Inst. Pull Cord	Parada de Emergencia
YS-XXXX	Inst. Rotura Correa Tipo Piola	Rotura Correa- Trip
ZSH-XXXX	Inst. Desalineamiento	Desalineamiento-Alarma
LE-XXX	Sensor de Nivel	Chute Descarga
YE-XXX	Sensor Corte Correa	Corte Correa-Cola

Fuente: Creación propia

3.3.1. Pesómetro

Es una unidad de control de peso electrónico, con sensor de velocidad digital, compuesto de un puente de pesaje con dos celdas de carga, que permite medir la carga transportada en movimiento.

En la figura 3-27, se aprecia pesómetro correa transportadora.



Fuente: www.ramsey.com

Figura 3-27. Pesómetro

3.3.2. Pull Cord

Los interruptores Pull Cord, son accesorios para parada de emergencia que proveen la facilidad de detener eléctricamente la banda transportadora desde cualquier punto a lo largo de ella, dando seguridad al operador en caso de alguna anomalía detectada en la misma.

En la figura 3-28, se aprecia un pull cord.



Fuente: www.ramsey.com

Figura 3-28. Pull Cord

3.3.3. Sensores de desalineamiento

Se instala en el sistema transportador y cuando por cualquier razón la correa se sale de su curso y toca el sensor, este envía una señal eléctrica de advertencia, a donde con anterioridad se ha programado y a la vez deteniendo la correa para evitar un daño de la misma.

En figura 3-29, se puede ver un sensor de desalineamiento en una correa transportadora.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-29. Sensor de desalineamiento

3.3.4. Sensor de velocidad

Sensor que va ubicado en la polea motriz y de cola de las correas, sirve para medir velocidad de las correas y transmitirlos a la sala de control.

En la figura 3-30, se aprecia sensor de velocidad en cola de correa A4.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-30. Sensor de velocidad

3.3.5. Sensor de ruptura

Sensor utilizado para detectar rasgaduras, pinchazos, fallas de empalmes, o con objetos afilados que sobresalen a través de la correa, van montados en la parte inferior de correa.

En la figura 3-31, se aprecia un sensor de ruptura, típico en correas transportadoras.



Fuente: Elaboración Propia

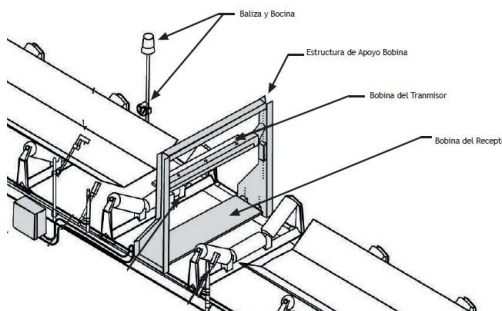
Figura 3-31. Sensor de Ruptura

3.3.6. Detector de metales

El detector de metales es utilizado para detectar la presencia de objetos metálicos extraños que puedan estar mezclados con el material transportado.

Cuando un objeto metálico es hallado por la bobina detectora, instalada junto a la correa transportadora, se comanda un relay que activa un aspesor de pintura, deteniendo la correa y marcando el metal.

En la figura 3-32, se aprecia un detector de metales en una correa transportadora.



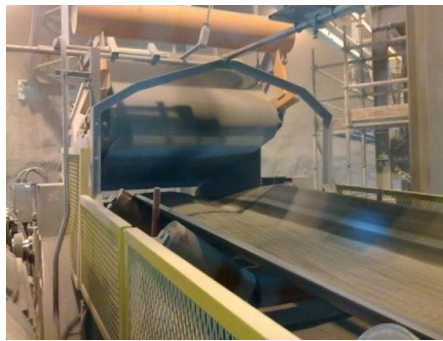
Fuente: Catálogo Rotranss

Figura 3-32. Detector de Metales

3.3.7. Electroimanes

Electroimán, detecta y elimina de la correa los pedazos de metal no deseados. Es un tipo de imán en el que el campo magnético se produce mediante el flujo de una corriente eléctrica, desapareciendo en cuanto cesa dicha corriente.

En la figura 3-33, se aprecia un electroimán en el cabezal de una correa transportadora.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-33. Electroimán Correa

3.4. COMPONENTES ELÉCTRICOS

Los componentes eléctricos son los encargados de dar condiciones de trabajo a los equipos presentes en las correas, el trabajo en conjunto de estos logran la operación continua y automatización de los mismos, para conocer un poco de estos, se detallarán los principales componentes.

3.4.1. Motor eléctrico

Elemento principal de la correa transportadora, transforma la energía eléctrica en energía mecánica el cual da el movimiento a la polea motriz y esta transmite este movimiento a la cinta que se desplaza a través de los polines.

La elección del motor se realiza en función de la potencia necesaria para mover la carga, además de las pérdidas adicionales que aparecen sobre el sistema y la altura dónde se encuentra.

Los motores utilizados son de alto voltaje, corriente alterna, de jaula de ardilla, regulada su velocidad por variadores de frecuencia, generalmente sus rpm fluctúan entre las 1000 RPM y 1500 RPM, dependiendo del número de polos que posean.

Aparte de ser utilizado como elemento motriz de las correas, también existen motores de baja potencia utilizados en elementos secundarios como ventiladores de reductores, motores para accionamiento de bombas en unidades hidráulicas.

En la figura 3-34, se ve motor eléctrico de una correa transportadora.



Fuente: Manual ABB Motors

Figura 3-34. Motor eléctrico correas transportadoras

3.4.2. Sub Estación eléctrica

Instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, con el fin de facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica. En el proyecto de Fase I de Codelco Andina, se alimenta en su gran mayoría por Subestación Cordillera figura 3-35 , la cual alimenta el molino unitario, flotación y nueva línea chancado, en el caso del repotenciamiento de correas, es alimentada con la nueva sala eléctrica VDF A7, la cual abastece la correa A7, las demás correas son alimentadas por salas eléctricas existentes: Sala Eléctrica Polín 3200, para el caso de la correa A6, Sala Eléctrica Chancado Primario Norte, para el caso alimentador A5, Sala eléctrica Cabezal correa A4, para correa de igual nombre y por último Sala Eléctrica Don Luis, alimentador A2 y correa A3.



Fuente: www.codelco.cl

Figura 3-35. Subestación eléctrica

3.4.3. Transformadores

Dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia.

Los transformadores presentes en las salas eléctricas cumplen la función de disminuir la tensión provenientes una subestación, en el caso de repotenciamiento los transformadores transforman tensión de subestación cordillera 33 Kv y entregan energía requerida a equipos según tensión requerida, que según sea su división, en mediana y alta tensión, la primera menor de 1000 volts y la segunda mayor a esta cifra, en las correas motores son generalmente 380 volts y 4000 volts.

En la figura 3-36, se aprecian transformadores eléctricos en sala eléctrica correa A7.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-36. Transformadores Eléctricos

3.4.4. Sala eléctrica

Una sala eléctrica está constituida por una serie de equipos eléctricos destinados a la operación de los sistemas, conformado por una serie de componentes donde destacan: Celdas de Media Tensión, Tableros de fuerza de Baja Tensión, Tableros de Control, PLC y transformadores de distribución.

Estos equipos en común logran la operación de las correas, dando la condición de trabajo a motores principalmente como también a equipos menores.

En la figura 3-37, se aprecia la sala eléctrica cabezal correa A7, con tarjetas identificadoras de PEM de color amarillo.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-37. Interior Sala Eléctrica

3.4.4.1. Centro control de motores

Un centro de control de motores es un tablero en el que se alojan, en compartimientos individuales, los equipos necesarios para el óptimo arranque y protección de los motores eléctricos, es en estos cubículos dónde se energizan y desenergizan los motores, donde se realizan bloqueos departamentales para la mantención de las correas.

En la figura 3-38, se aprecian cubículos de CCM, en sala eléctrica cabezal correa A7.



Fuente: Elaboración Propia

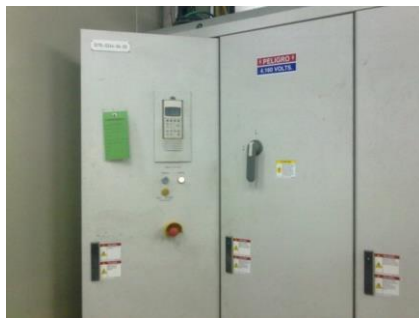
Figura 3-38. Centro control de motores

3.4.4.2. Variador de frecuencia

El variador de frecuencia (siglas VFD, Variable Frequency) es un sistema para el control de la velocidad rotacional para motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

En el repotenciamiento, las correas que operan con VDF la correa A7, la correa de mayor longitud de este sistema de transporte, y los feeder A2 y A5.

En la figura 5-39, se aprecia VDF en sala eléctrica cabezal correa A7.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-39. Variador de Frecuencia

CAPÍTULO 4: REPOTENCIAMIENTO CORREAS TRANSPORTADORAS

4. REPOTENCIAMIENTO CORREAS TRANSPORTADORAS

El repotenciamiento de equipos, es un requerimiento técnico-económico de mejoramiento continuo usado en todas las actividades productivas, siendo sus objetivos fundamentales el reacondicionamiento de equipos e instalaciones y/o el aumento de la capacidad productiva.

En las correas esto se obtiene, modificando y/o reemplazando equipos e instalaciones como también modificando sus parámetros operacionales (velocidad y capacidad de transporte).

En el siguiente capítulo se tratará el repotenciamiento del sistema de transporte desde el chancador primario Don Luis, hacia la nueva planta de chancado en la DAND.

4.1. ANTECEDENTES

En el marco del proyecto de ampliación de Codelco Andina Fase I, se desarrolla este importante proyecto, clave para el aumento de la producción, los datos técnicos y operacionales de dicho proyecto se detallarán a continuación.

4.2. IMPORTANCIA OPERACIONAL Y ECONÓMICA

La importancia operacional de estas correas consiste en estar operativas las 24 horas del día y los 365 días del año, cualquier desperfecto producido conllevará a la detención de la correa y por consecuente el no transporte de mineral, lo que puede provocar, si no se cuenta con material suficiente en tolvas, la detención de chancado y molienda, y por consecuencia el proceso de flotación, en resumen la detención de toda la concentradora y la no venta de concentrado y molibdeno.

Esto trapazado a dinero, resulta lo siguiente, teniendo el siguiente análisis financiero:

Tabla 4-1. Datos operación correas

Datos Operación	
Capacidad de Carga	4184 tph
Ley Minerales	1,045 % Cu y 0,017% Mo.
Precios al 12/01/2011	
Cu	4,36 US/Lb.
Mo	16,27 US/lb.
Costo Directo	84,9 c US/Lb.

Fuente: Intranet Codelco

Precio Dólar al 12/01/2011: 496 pesos.

1 Kg = 2,20462 Lb.

1 ton= 1000 Kg.

4.2.1. Para Cu

4184 tph x 1,045% Cu = 43,72 tph Cu.

Obtengo por Hora 43,72 ton de Cu.

Como ocupación de correas es del 63 %. Transporte 27,55 ton Cu por hora.

Luego:

$$27,55 \text{ ton Cu} \times \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{2,20462 \text{ Lb}}{1 \text{ Kg}} = 60.737 \text{ Lb de Cu.}$$

Obtengo 60.737 Lb de Cu por hora en transporte mineral.

El valor del Cu al 12 Enero de 2011 es de 4,36 US por Lb.

Multiplicando las libras de Cu transportadas por el precio del metal.

$$60.737 \text{ Lb} \times 4,36 \frac{\text{US}}{\text{Lb}} = 264.813 \text{ US}$$

Entonces, se transporta según capacidad de diseño: 264.813 US

Transporta: 264.813 US por hora.

4.2.2. Para Mo

4184 tph x 0,017 % Mo = 0,71 tph Mo.

Obtengo por Hora 0,71 Ton de Mo.

Como ocupación de correas es del 63 %. Transporte 0,45 ton Mo por hora.

Luego:

$$0,45 \text{ ton Mo} \times \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{2,20462 \text{ Lb}}{1 \text{ Kg}} = 992 \text{ Lb de Mo.}$$

Obtengo 992 Lb de Mo por hora en transporte mineral.

El valor del Mo al 12 Enero de 2011 es de 16,27 US por Lb.

Multiplicando las libras de Mo transportadas por el precio del metal.

$$992 \text{ Lb} \times 16,27 \frac{\text{US}}{\text{Lb}} = 16.140 \text{ US}$$

Entonces, se transporta según capacidad de diseño: 16.140 US

Transporta: 16.140 US por hora.

Suma Cu y Mo:

280.953 US por hora.

En dinero, correa transporta 280.953 US por hora entre sus dos principales productos, pero restándoles costos directos, se tiene que:

4.2.3. Costos directos

Teniendo en cuenta el costo directo de 84,9 c US por libra, y considerando el material transportado por hora de 60.737 Lb, obtengo:

$$60.737 \text{ Lb} \times 0,849 \frac{\text{US}}{\text{Lb}} = 51.566 \text{ US}$$

Entonces lo transportado de 280.953 US le resto costos de 51.566 US.

Obtengo:

$$280.953 \text{ US} - 51.566 \text{ US} = 229.387 \text{ US}$$

Esto en pesos chilenos.

$$229.387 \text{ US.} \times \frac{496 \text{ pesos}}{1 \text{ US}} = 113.775.952$$

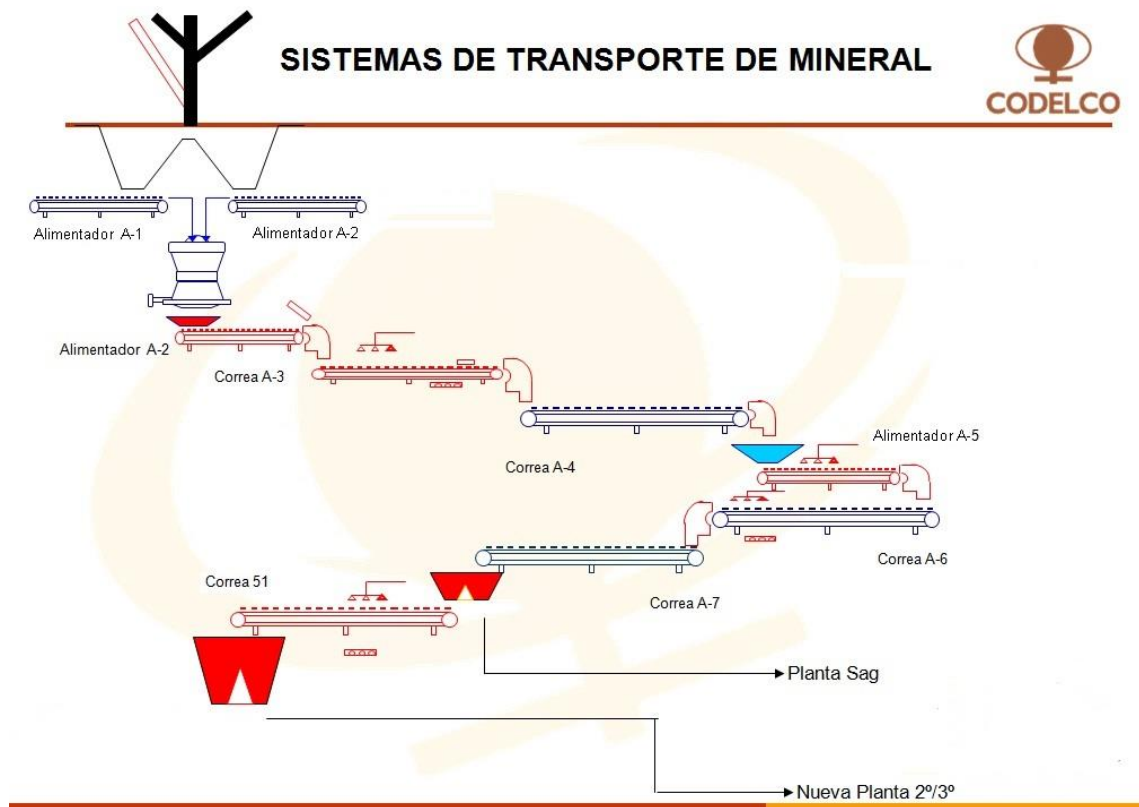
Esto llevado a minutos

$$113.775.952 \frac{\text{pesos}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 1.896.265 \text{ pesos.}$$

Por lo tanto, la importancia operacional es que al no tener disponibles correas, y al no existir material acumulado en tolvas de chancado y molienda, detendría proceso productivo, esto llevado en dinero, perdería por minuto 1.896.265 pesos, y algunas veces más, considerable es que no cumpliría las metas de producción de la compañía.

4.3. CORREAS REPOTENCIAMIENTO PDA FASE I

En figura 4-1, se observa sistema transporte mineral repotenciado del proyecto PDA Fase I, el cual está constituido de alimentadores y correas transportadoras que en su totalidad abarcan aproximadamente 6000 m, los cuales se especificarán a continuación.



Fuente: Intranet Codelco Andina

Figura 4-1. Sistema transporte mineral

4.3.1. Características correas

En la tabla 4-2, se puede apreciar las características más relevantes del sistema de correas, como largo, ancho y velocidad, como también la potencia del motor y el tipo de acoplamiento, en base a planos del proyecto.

Las correas fueron diseñadas para transportar 4184 t/h, con un porcentaje de carga que fluctúa cerca del 63% carga total.

Tabla 4-2. Características correas repotenciamiento

Características Correas Repotenciamiento							
Tipo	Correa	Largo	Ancho	Velocidad	Capacidad Carga	Potencia	Tipo de Acoplamiento
Feeder	A2	13 m	84"	0,42 m/s	4184 t/h	112 Kw (VDF)	Reductor/ Acople Hidráulico
Correa	A3	31 m	54"	3,8 m/s	4184 t/h	75 Kw	Reductor
Correa	A4	773 m	48"	3,8 m/s	4184 t/h	355 Kw	Reductor
Feeder	A5	23 m	84"	0,42 m/s	4184 t/h	150 Kw (VDF)	Reductor/Acople Hidráulico
Correa	A6	324 m	48"	5,1 m/s	4184 t/h	300 Kw	Reductor
Correa	A7	4746 m	28"	5,1 m/s	4184 t/h	2 x 900 Kw(VDF)	Reductor
Correa	A51	45 m	48"	5,1 m/s	4184 t/h	100 Kw	Reductor

Fuente: Intranet Codelco Andina

4.3.2. TAG Correas

TAG correas repotenciamiento correas, utilizadas para su identificación.

Tabla 4-3. TAG Correas

Correa/Alimentador	TAG
A2	3260-2020-02
A3	3260-2010-01
A4	3260-2010-02
A5	3270-2020-03
A6	3270-2010-03
A7	3270-2010-04
A51	3270-2010-05

Fuente: Intranet Codelco Andina

4.4. TRABAJOS REALIZADOS PDA FASE I SISTEMA TRANSPORTE

Los principales trabajos realizados en el Reponteciamiento de Correas, desde el Chancador Don Luis, hasta la entrega a la tolva SAG o a la tolva de 3600 ton, alimentadora de la nueva planta de chancado secundario y principales componentes mecánicos, se detallarán a continuación.

4.4.1. Alimentador A2

Los principales componentes de este alimentador se detallarán a continuación, teniendo en cuenta que este es un equipo nuevo.

Tabla 4-4. Principales componentes mecánicos alimentador A2

PRINCIPALES COMPONENTES MECÁNICOS	
Motor	112 kW / 5011S / 1500 RPM / ABB 3 fases / 50 Hz / 280 V / 725 kg
Acoplamiento Hidráulico	Tipo : Hidraulic Par Fabricante : Falk Modelo HF10
Cinta	1219 EP 1000/4 12 x 6
Tensor	Tipo : Mecánico

Fuente: Manual Thyssenkrup

4.4.2. Correa A3

Los principales componentes de esta correa se detallarán a continuación, teniendo en cuenta que este es un equipo en dónde se realizó un cambio de sistema motriz y un cambio de chute de descarga.

Tabla 4-5. Principales componentes mecánicos correa A3

PRINCIPALES COMPONENTES MECÁNICOS	
Motor	75 kW / 5011S / 1500 RPM / ABB 3 fases / 50 Hz / 380 V / 450 kg.
Reductor	
Acoplamiento Hidráulico	Tipo : Hidraulic Par Fabricante : Falk Modelo HF10
Cinta	1219 EP 1000/4 12 x 6
Tensor	Tipo : Mecánico

Fuente: Manual Thyssenkrup

4.4.3. Correa A4

Los principales componentes de esta correa se detallarán a continuación, teniendo en cuenta que en este equipo se cambio Polea de Cola y se levanto Polea de Cabeza.

Tabla 4-6. Principales componentes mecánicos correa A4

PRINCIPALES COMPONENTES MECÁNICOS	
Motor	400 kW / 5810S / 1500 RPM / TEFC 3 fases / 50 Hz / 4000 V / 2950 kg
Reductor	Tipo: Angulo Recto Capacidad Mecánica: 1260 Kw Capacidad Térmica: 1085 Kw i: 14,950:1
Acoplamiento de alta Velocidad	Tipo : Fluid Coupling Fabricante : Falk
Acoplamiento de baja Velocidad	Tipo : Hidraulic removal fit Fabricante : Falk Modelo: 10180T10
Cinta	1219 EP 1000/4 16 x 6
Tensor	Tipo : Mecánico (Cilindro Oleohidráulico) Tensión operación : 103,7 Kn Carrera: 8500 mm.
Limpiador de Cinta	Polea de cabeza: - Primario. Polea de Cola: - V.Plow.
Poleas	Motriz: Ø 914 x 1422 mm, Herringbone 19 mm. Cola: Ø 800 x 1422 mm, Herringbone 19 mm. Deflectora: Ø 762 x 1422 mm, Plano 13 mm.
Polines	Carga: Cema D6 35°, 48" (707). Carga Autoalineante: Cema D6, 20°, 48" (51). Impacto: Cema D6, 35°, 152 mm (5). Retorno: D6 "V", 10°, 48" (229).

Fuente: Manual Thyssenkrup

4.4.4. Alimentador A5

Los principales componentes de este alimentador se detallarán a continuación, teniendo en cuenta que este es un Equipo nuevo.

Tabla 4-7. Principales componentes mecánicos alimentador A5

PRINCIPALES COMPONENTES MECÁNICOS	
Motor	150 kW / 5011S / 1500 RPM / ABB 3 fases / 50 Hz / 380 V / 725 kg
Acoplamiento Hidráulico	Tipo : Hidráulic Par Fabricante : Falk Modelo HF10
Cinta	1219 EP 1000/4 12 x 6
Tensor	Tipo : Mecánico

Fuente: Manual Thyssenkrup

4.4.5. Correa A6

En la correa A6, se realizaron gran cantidad de trabajos, esta correa fue repotenciada y las modificaciones se detallarán a continuación:

- Cambio sistema motriz desde 150 Kw a uno de 300 Kw, junto con la modificación de toda la estructura de soporte y plataformas.
- Reforzamiento y alargue de la estructura de contrapeso y levantamiento de la estructura.
- Cambio de todos los polines (impacto, carga, retorno, alineamiento y transición de 42" de ancho y 35° de inclinación por polines de 48" y 45°.
- Cambio ancho de correa de 42" a 48".
- Guardapolvos y guarderas nuevas.
- Limpiadores primario, secundario y arado nuevos.

- Cambio de chute descarga.
- Pesómetro nuevo.
- Cambio sistema de contrapeso.
- Cambio de velocidad de 4,1 a 5 m/s.

En la tabla 4-8, se detallan los principales componentes mecánicos en la correa A6.

Tabla 4-8. Principales componentes mecánicos correa A6

PRINCIPALES COMPONENTES MECÁNICOS	
Motor	300 kW / 5011S / 1500 RPM / TEFC 3 fases / 50 Hz / 4000 V / 2150 kg
Reductor	Tipo : Ángulo recto Capacidad mecánica : 766 Kw Capacidad térmica : 530 Kw i : 10,040 : 1
Acoplamiento de alta velocidad	Tipo : Fluid Coupling Fabricante : Falk Modelo : 1584HFDD25
Acoplamiento de baja velocidad	Tipo : Hidraulic removal fit Fabricante : Falk Modelo : 1060MCF
Cinta	1219 EP 1000/4 12 x 6
Tensor	Tipo : Gravitacional Tensión operación : 53 kN Carrera : 5000 mm
Poleas	Motriz: Ø 660 x 1420 mm, Lagging 19 mm. Cola: Ø 660 x 1420 mm, Lagging 13 mm. Deflectora: Ø 500 x 1420 mm, Lagging 13 mm.
Polines	Carga: Cema E6 45°, 48" (203). Carga Autoalineante: Cema E6, 45°, 48" (17). Impacto: Cema E6, 45°, 48" Retráctil (22). Retorno: D6 "V", 10°, 48" Rodillo Acero (99).

Fuente: Manual ThyssenKrupp

4.4.6. Correa A7

En esta correa también se realizó gran cantidad de trabajo, además de ser la de mayor longitud de este reponteciamiento, esta correa fue repotenciada, los trabajos realizados se detallan a continuación:

- Se reemplazan los tres sistemas motrices de 300 Kw c/u por dos sistemas motrices de 900 Kw, controlados por VDF.
- Instalación de un freno de disco Svendborg en la polea de cola.
- Cambio sistema contrapeso. Por un huinche tensor que es accionado por motor hidráulico.
- Reemplazo de la plataforma de operación del cabezal de descarga.
- Cambio de todos los polines (impacto, carga, retorno, alineamiento y transición de 42" de ancho y 35° de inclinación por polines de 48" y 45°.
- Cambio del ancho de correa de 42" a 48".
- Cambio del chute descarga por una que permite un movimiento regulado que permite el total traspaso a correa A-51 o a tolva de alimentación de molino SAG o a ambos, accionada por una unidad hidráulica.
- Guardapolvos y guarderas nuevas.
- Refuerza estructura cabezal.
- Cambio de velocidad de 4,1 a 5 m/s.

En la tabla 4-9, se detallan principales componentes de la correa A7.

Tabla 4-9. Principales componentes mecánicos correa A7

PRINCIPALES COMPONENTES MECÁNICOS	
Motor	900 Kw / HXR 500L R6 / 1000 RPM/ NEMA A / TEFC / 3 fases / 50 hz / 4000 V / 7800 kg
Reductor	Tipo : Ángulo recto Capacidad mecánica : 2144 Kw Capacidad térmica : 1512 Kw i : 11,320 : 1
Acoplamiento de alta velocidad	Tipo : Steelflex Fabricante : Falk Modelo : 1130T10
Acoplamiento de baja velocidad	Tipo : Hidraulic removal fit Fabricante : Falk Modelo : 1095MCF
Acoplamiento para el freno	Tipo Hidraulic : removal fit Fabricante : Falk Modelo : 1080G
Freno	Modelo : BSFH-512-MS40S-501 Cantidad : 2
Disco	Tipo : Disco Fabricante : Svendborg brakes Diám./espesor : Ø 1500 x 40 mm
Cinta	1219 ST 2500 10 x 8
Tensor	Tipo : Huinche Tensión operación : 85.3 kN Carrera : 16000 mm
Limpiadores de cinta	Polea de cabeza : - Primario - Secundario Polea de cola : - V-Plow
Poleas	Motriz: Ø 110 x 1470 mm, Lagging 25 mm. (2) Cola: Ø 940 x 1470 mm, Lagging 25 mm. Deflectora: Ø 940 x 1470 mm, Lagging 25 mm.(2)
Polines	Carga: Cema E6 45°, 48” (2646). Carga Autoalineante: Cema E6, 45°, 48” (64). Impacto: Cema E6, 45°, 48” Retráctil (11). Retorno: D6 “V”, 10°, 48” Rodillo Acero (1299).

Fuente: Manual ThyssenKrupp

4.4.7. Correa A-51

En correa A-51 se repotencia, entre los cuales se destacan los principales componentes modificados:

- Cambio de polines.
- Cambio ancho de correa de 42” a 48”.
- Cambio velocidad de 4,1 a 5 m/s.
- Alarga correa en 10 mts. Para llegar a nueva tolva de 3600 ton.

En la tabla 4-10, se detallan los principales componentes mecánicos de la correa A-51.

Tabla 4-10. Principales Componentes Mecánicos Correa A-51

PRINCIPALES COMPONENTES MECÁNICOS	
Motor	100 kW / 5011S / 1500 RPM / ABB 3 fases / 50 Hz / 380 V / 725 kg
Reductor	Tipo : Angulo Recto Fabricante : Falk Capacidad mecánica: 255 Kw Capacidad Térmica: 236 Kw i: 13,20:1
Cinta	1372 EP 800/4 16x6
Tensor	Tipo : Mecánico
Poleas	Motriz: Ø 110 x 1420 mm, Lagging 6 mm. Cola: Ø 610 x 1420 mm, Lagging 6 mm. Deflectora: Ø640 x 1420 mm, Lagging 25 mm.
Polines	Carga: Cema E6 43°, 48” (16). Carga Autoalineante: Cema E6, 35°, 48” (64). Impacto: Cema E6, 35°, 48” Retráctil (6). Retorno: Plano Cema E6 (4).

Fuente: Manual ThyssenKrupp

4.5. EMPRESAS QUE PARTICIPAN EN EL PROYECTO

En el proyecto de diseño y ejecución del proyecto, participaron tres grandes empresas, en la primera etapa de diseño, bajo el alero de VCP participaron las multinacionales Bechtel y Thyssenkrupp Aceros y Servicios, las que se detallarán más adelante, en la etapa de Montaje participó la nacional Salfacorp, en la Puesta en Marcha y suministro de ITOS participa la empresa Sigma S.A.

4.5.1. Bechtel Chile Ltda.

Filial chilena de la estadounidense Bechtel Group, ofrece servicios para el desarrollo, ingeniería, construcción y administración de proyectos e instalaciones de clientes. Bechtel ha trabajado en proyectos desde ductos e instalaciones mineras hasta obras de tratamiento de aguas servidas y proyectos hidroeléctricos. Diseña y construye instalaciones para generación y transmisión de energía, productos químicos, minería y metales, transporte de superficie, industria aeroespacial, telecomunicaciones y gestión de agua y residuos.

En el proyecto participó en el diseño de nuevas plantas del Proyecto de Ampliación de Codelco Andina.

En la figura 4-2, se aprecian datos e imagen corporativa de Bechtel Chile Ltda.



Fuente: www.bechtel.cl

Figura 4-2. Bechtel Chile Ltda.

4.5.2. Thyssenkrupp Ingeniería Chile

ThyssenKrupp Ingeniería Chile incluye la ingeniería, diseño, suministro, montaje, puesta en marcha, servicios de post-venta, mantenimiento de equipos y ejecución de plantas llave en mano para la minería, industria cementera, puertos y en general chancado, molienda y manejo de materiales de toda índole., esta empresa especialista en

diseño y construcción de estructuras de acero, realizó el repotenciamiento de correas A6 y A7, también a participado en el repotenciamiento de correas de la Minera Los Pelambres y ampliación puerto de embarque de Collahuasi, entre otros.

En la figura 4-3, se aprecian datos e imagen ThyssenKrupp Ingeniería Chile.



Fuente: www.tkic.cl/

Figura 4-3. Thyssenkrupp Ingeniería Chile

4.5.3. Salfacorp

SalfaCorp conforma uno de los principales grupos de empresas chilenas con presencia internacional, ligado al sector de la Ingeniería, Construcción e Inmobiliario, liderando los mercados de Montajes Industriales y Obras Civiles, ejecutó en el proyecto obras de montaje mecánico del Repotenciamiento de Correas, conformando grupos interdisciplinarios para cumplir con el requerimiento del proyecto.

En la figura 4-4, se aprecian datos e imagen de Salfacorp.



Fuente: www.salfacorp.com

Figura 4-4. Salfacorp

4.5.4. Sigma S.A.

Sociedad Servicios Ingeniería y Mantenimiento S.A. (Sigma S.A.) nace en el año 2000, empresa de servicios que proporciona soluciones en las áreas de Ingeniería y Mantenimiento Industrial y sus actividades se concentran en faenas mineras, siendo especialistas en la Inspección Técnica de Obras (ITO), Puesta en Marcha,

Automatización, Instrumentación, Electricidad, Mecánica Industrial, Aseguramiento y Control de la Calidad.

Es la encargada del proyecto PDA Fase I del servicio de ITO, a través de de profesionales expertos en; supervisión de construcción, prevención de riesgos, para controlar los procesos críticos de construcción de la obra y otorgar asesoría técnica experta, a la vez es la encargada del suministro de personal para aportar a la Operación y Puesta en Marcha, en las áreas de electricidad, electrónica y mecánica, otro proyecto importante realizado es la Puesta en Marcha y Operación de Minera Gaby S.A.

En la figura 4-5, se aprecian datos e imagen de Sigma S.A.



Fuente: www.sigmasa.cl

Figura 4-5. Sigma S.A.

CAPÍTULO 5: PUESTA EN MARCHA

5. PUESTA EN MARCHA

En el presente capítulo se tratará las pruebas realizadas al sistema repotenciado de correas transportadoras, estas pruebas deben ser realizadas en su totalidad, para asegurar de manera integral la operación de las correas.

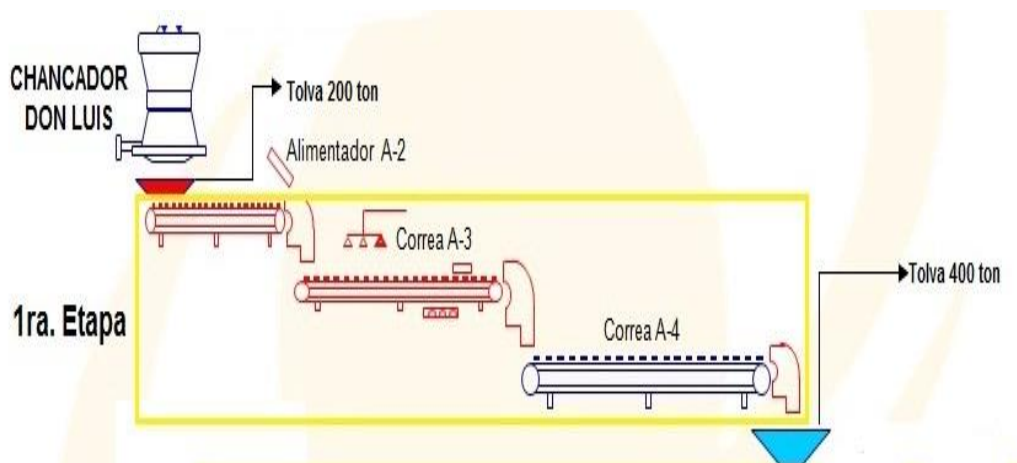
5.1. ANTECEDENTES

La Puesta en Marcha de las correas repotenciadas del Proyecto PDA Fase I, es el primer paso para la prueba funcional de todo el proyecto en sí, ya que es el que alimentará a la tolva de 3600 ton, la cual proveerá de material al nuevo sistema de chancado secundario y terciario, y este al nuevo molino unitario.

Para comenzar las pruebas, se dividen las correas repotenciadas en dos tramos, divididos por las tolvas de 200 ton, ubicadas en los pies del chancador primario Don Luis, la tolva de 400 ton, ubicada al final de la correa A4 y la tolva de 3600 ton, ubicada al final de la correa A51.

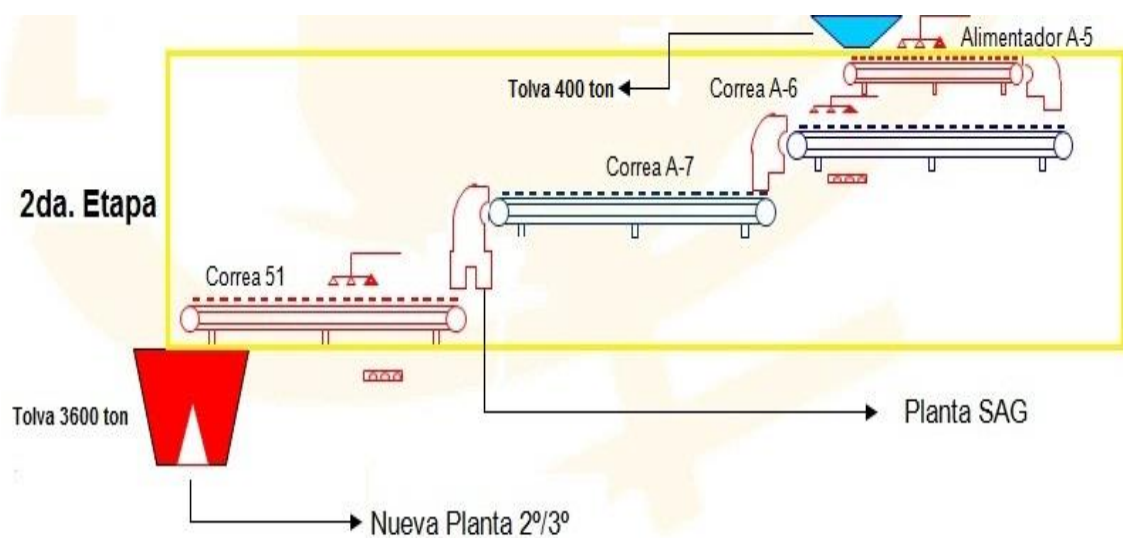
En la figura 5-1, se aprecia el primer tramo, constituido por el alimentador A2, y las correas A3 y A4, en la figura 5-2 se aprecia el segundo tramo constituido por alimentador A5 y correas A6 y A7.

Esta división permite tener dos frentes de Puesta en Marcha agilizando el proceso, mientras cuentan las tolvas con material necesario para poder realizar pruebas.



Fuente: Intranet Codelco Andina

Figura 5-1. Primera etapa puesta en marcha correas reponteciamiento



Fuente: Intranet Codelco Andina

Figura 5-2. Segunda Etapa Puesta en Marcha Correas Reponteciamiento

5.2. IMPORTANCIA PUESTA EN MARCHA

La Puesta en Marcha es de suma importancia, ya que es cuando el sistema pasa de un diseño a la operación, es donde las áreas multidisciplinarias mecánica, instrumentación y eléctrica operan en conjunto para que se lleve a cabo esta operación.

Consta básicamente de pruebas establecidas, donde se lleva al equipo paulatinamente a operación bajo el diseño establecido.

Es en este paso donde se registran los fallos iniciales, ya sea por errores de diseño, defectos de fabricación o mal montaje de los equipos.

Esta primera etapa del equipo queda gráficamente reflejada en lo que se conoce como curva de la bañera, denominada así por la grafica que se produce, es en esta etapa donde se deben identificar y corregir defectos , en beneficio de las personas en primer lugar y de las instalaciones en segundo lugar.

En la figura 5-3, se aprecian características de la curva de la bañera, asociado con estudios estadísticos en gestión de la mantención.

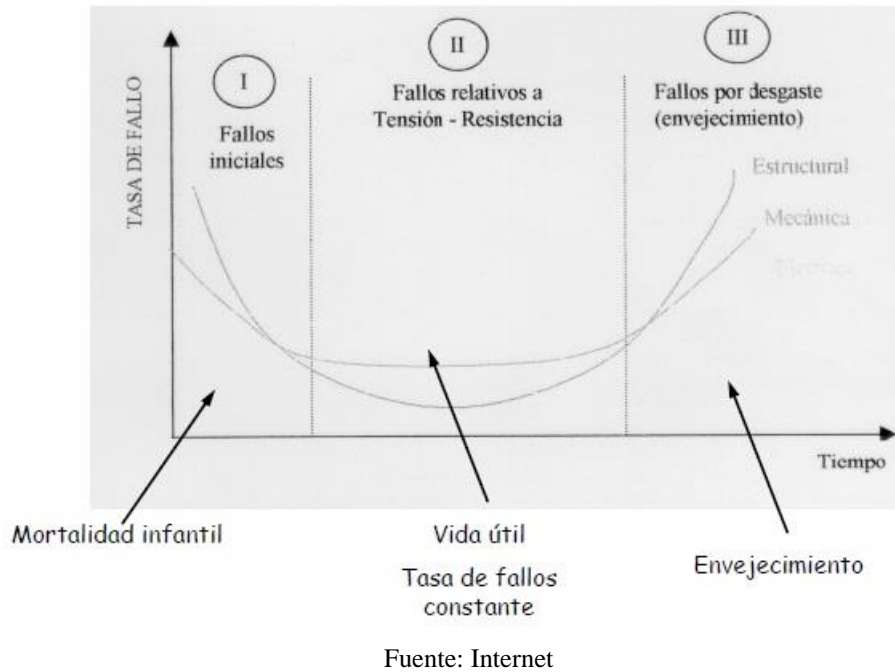


Figura 5-3. Curva de la bañera

5.3. DEFINICIONES PUESTA EN MARCHA

Para poder entender y adentrarse en el proceso de puesta en marcha, es necesario comprender los siguientes términos que se realizarán durante las pruebas operacionales, las cuales llevarán al sistema paulatinamente desde el término del montaje, hasta las pruebas con 100 % de capacidad de diseño.

5.3.1. Pre-Comisionamiento

Son las actividades que comprenden las fases de pruebas funcionales y pruebas pre-funcionales. Corresponden a pruebas para asegurarse que todos los sistemas dentro del alcance del proyecto se hayan construido de acuerdo a los diseños y especificaciones, y que estén en condiciones de operar en forma continua y segura. Es el proceso de chequeo, pruebas y correcciones que aseguran que una unidad funcional o la planta entera está apta para operar en forma continua, sin riesgos para las personas y equipos.

5.3.2. Comisionamiento

Básicamente son las actividades que se realizan durante la fase de pruebas operacionales y termina con la prueba de rendimiento final Ram-Up. Estas pruebas son las que se realizan con mineral y es en esta etapa que se realizan recepciones provisionarias y definitivas de las instalaciones por parte de Codelco.

5.3.3. Pruebas funcionales

Conjunto de pruebas y chequeos que se llevan a cabo con unidades o equipos aislados para asegurar su función operativa local y remota. Incluye pruebas de control sin fuerza, energización de switch-gear, CCM, partidores, sentido de giro de motores, alineamientos de correas, presiones de trabajo, verificación de vibraciones, enclavamientos de partida, de seguridad y de proceso, prueba de sistemas de comunicaciones y transferencias de datos, prueba de despliegue de datos y HMI (estaciones de operación) y servidores, etc.

5.3.4. Pruebas pre-operacionales

Pruebas en las cuales se hace trabajar el conjunto de los equipos de una unidad productiva, en vacío y con agua, para asegurar que estén aptos para el arranque con carga. Incluye detección de nuevos ítems pendientes que deberán ser resueltos antes de las pruebas operacionales o PEM con carga. Una vez terminada esta etapa, se realiza una entrega provisionaria de los equipos o sistemas involucrados a Codelco División Andina.

5.3.5. Pruebas operacionales

Habiéndose levantado todos los pendientes Clase 1 y 2, se procederá a realizar las pruebas con carga de los sistemas que finalizarán con una alimentación progresiva (Ramp-Up) hasta que se produzca la estabilidad operacional a capacidad de diseño. En este período ante fallas del sistema, éste vuelve a responsabilidad del proyecto y se reinicia el proceso de pruebas y entrega provisionaria. La entrega definitiva es cuando se logre la estabilidad productiva a capacidad de diseño durante un tiempo determinado. Una vez lograda esta etapa se procede a la entrega definitiva. Estas pruebas con carga son ejecutadas y lideradas por Codelco DAND bajo los procedimientos de Proyecto.

5.3.6. Ramp-Up

Es la etapa inicial dentro de las pruebas operacionales en que paulatinamente se llevan los equipos hasta el nivel de producción de diseño y su término es consignado como la producción operativamente estable a régimen de diseño.

5.3.7. Prueba de rendimiento

Es la etapa final dentro de las pruebas operacionales en que luego de alcanzar el final Ramp-Up el sistema o equipo opera estable durante un tiempo determinado (Performance Test).

5.3.8. Sistema

Conjunto de equipos o subsistemas agrupados o clasificados de tal forma que pueden funcionar como un proceso independiente y con una mínima interferencia con otros sistemas adyacentes. Ejemplo, una línea de producción que forma parte de una planta de chancado completa.

5.3.9. Sub-sistema

Conjunto de equipos cuya agrupación permite ejecutar las pruebas funcionales sin interferencia con otros subsistemas. Ejemplo, un chancador completo (incluido su sistema hidráulico y de lubricación) que forma parte de una línea de producción.

5.3.10. Paquetes de entrega (TOP-Turn Over Package)

Estas son agrupaciones de sistemas o subsistemas que permiten ordenar la información y posterior entrega al cliente de sistemas o subsistemas. Dentro de estos paquetes se encuentran los diversos documentos, planos y protocolos asociados a los equipos a entregar.

5.3.11. Terminación mecánica

Es el hito que indica que todos los ítems Clase 1 y clase 2 han sido completados por el contratista de construcción y además de los Clase 3 que hasta ese momento hayan sido aceptados por Codelco para ser ejecutados por el contratista. Se entiende que la terminación mecánica puede ser ejecutada en forma incremental, conforme a la

estructura de quiebre del proyecto (WBS), donde la suma total de los incrementos constituyen la Terminación Mecánica del proyecto.

5.3.12. Recepción provisoria

Es el acto formal en que Codelco DAND recibe en forma provisoria un Sistema o Subsistema apto para ser operado con carga para custodiarlo, operarlo y mantenerlo durante pruebas operativas. Este acto se formaliza mediante un acta de recepción provisoria.

5.3.13. Recepción definitiva

Una vez concluidas las Pruebas Operacionales, la Recepción Definitiva es el acto formal en que Codelco DAND recibe en forma definitiva ya sea las obras completas o un Sistema en particular para custodiarlo, operarlo y mantenerlo para producción bajo condiciones de operación continua y bajo condiciones de diseño.

5.3.14. Caminata

Actividad en que representantes predefinidos del Contratista, Contratista de Construcción, Equipo de Proyecto y Operaciones de Codelco, realizan una inspección en terreno del área, equipo o sistema para realizar o actualizar la lista de pendientes. Los participantes de estas caminatas serán definidos oportunamente durante la planificación de detalle de la ejecución.

5.3.15. Equipo de construcción

Equipo multidisciplinario conformado por el contratista principal de construcción o subcontratista de construcción que liderará y ejecutará las obras licitadas del contrato.

5.3.16. Equipo de pre-operaciones

Equipo multidisciplinario conformado por personal del Contratista. Este equipo será el que liderará las etapas de Pruebas Funcionales y Pruebas Pre-Operacionales y será el encargado de preparar los Paquetes de Entrega (TOP) que finalmente el Contratista entregará al Equipo de Proyecto de Codelco, esta entrega se consignará como

primera Recepción Provisoria de los sistemas que avanzarán a la etapa de Pruebas Operacionales.

5.3.17. Listado de Pendientes (Punch-List)

Listado ordenados de acuerdo a los TOP, fechas y sistemas en que se consignan los pendientes clasificados por Clase 1,2 o 3. En la lista se indica el profesional responsable del cierre de cada punto y la fecha estimada de cierre. Lo anterior dará origen, a un programa de término que servirá de base para el control de avance de cierre de pendientes para terminación final, que será monitoreado y controlado por representantes de Codelco.

5.3.17.1. Clase 1

Ítems pendientes que deben ser resueltos antes de comenzar las Pruebas Funcionales. Esta clase incluye todos los aspectos de seguridad que atenten contra las personas e instalaciones.

5.3.17.2. Clase 2

Ítems pendientes que pueden resolverse hasta antes de la partida con carga y no detienen Pruebas Funcionales.

5.3.17.3. Clase 3

Ítems que no afectan la etapa de Pruebas Operacionales. Normalmente son ítems no considerados como parte del proyecto y que frecuentemente corresponden a optimizaciones. Su ejecución será resuelta por una comisión conformada por el equipo de Proyecto de Codelco.

En la tabla 5-1, se muestra ejemplo de una lista Punch-List generada en correa A7, en una caminata.

Tabla 5-1. Ejemplos Punch-List Correa A7

Punch List Correa A7
Punch List Prioridad 1
Falta protección de polea de cola.
Falta montaje hidráulico y sus conexiones.
Falta grout de pedestales de estructura base y soporte freno.
Falta alimentación hidráulica a tensor.
Falta protecciones de unidad motriz
Falta protección huinche carro tensor.
Detalles unidad hidráulica carro tensor.
Falta Protecciones unidad motriz N°1.
Falta Montajes de Pull- Cord.
Falta Canalización.
Falta Conexionado de Pull-Cord.
Falta Montaje de Instrumentos.
Falta Aterramiento Motor N°2.
Punch P2 Correa A7
Falta Montaje de guarderas cola correa A7.
Falta Pintura en general estructura.
Falta Montaje del sistema de suspensión de polvo.
Falta rodapié en base unidad motriz N°1.
Falta limpieza general Área correa N°7.
Falta normalizar barandas en general.
Faltan tapas de escalerillas.
Falta cableado

Fuente: Creación Propia

5.3.18. Codelco DAND

Equipo multidisciplinario conformado por personal de Operaciones Codelco DAND que tendrá a cargo liderar las Pruebas Operacionales bajo procedimientos aprobados por el Equipo de Proyecto de Codelco.

5.3.19. Equipo de proyecto de Codelco PEM

Equipo multidisciplinario conformado por personal de Puesta en Marcha dependiente del Jefe de Puesta en Marcha

5.4. **VERIFICACIÓN FINAL MONTAJE PREVIA PUESTA EN MARCHA**

En este paso, se reciben trabajos de empresas encargadas de montaje, las pruebas solo se realizarán si se cumplen con ciertas clases categorizadas explicadas más adelante, en dónde la seguridad de las personas es lo primordial y segundo la integridad de los equipos e instalaciones.

5.4.1. Reductores

En la verificación final de montaje y para evitar un daño al equipo, se deben tomar las siguientes medidas.

1. Llenado del aceite: Verificar el relleno apropiado de aceite y la lubricación manual de rodamientos y engranajes, verificar el tipo de lubricante y los niveles de llenado.
2. Alineamiento del reductor – polea: Verificar los datos de Alineamiento e instalación del reductor.
3. Alineamiento motor - reductor: Verificar los datos de Alineamiento del motor y el acoplamiento de alta velocidad.
4. Verificación visual: Realizar una verificación visual detallada de los reductores para detectar posibles anomalías, como fugas, partes sueltas, contaminación, etc.
5. Temperatura del depósito de aceite: Observar y supervisar la temperatura del depósito de aceite a diferentes condiciones de carga y comparar con los valores iniciales dados en el manual de operación. Comprobar el desempeño del sistema de control de temperatura interno del depósito de aceite tomando mediciones con un pirómetro.
6. Temperatura de los rodamientos: Observar y controlar la temperatura de los rodamientos y comparar con la temperatura medida manualmente con un pirómetro con el fin de verificar el funcionamiento del sistema de control de temperatura.
7. Ruido: Durante el funcionamiento poner atención a cualquier ruido anormal en el reductor.
8. Vibraciones: Verifique manualmente las vibraciones. Revisar el sistema de control de vibraciones.

9 Revisión visual del reductor: Revisar la carcasa del reductor y la placa base para detectar posibles grietas superficiales, grietas en las soldaduras, deflexiones anormales, deformaciones etc.

10. Inspección visual del brazo de torque: Verificar deflexiones a diferentes condiciones de carga, movimientos, vibraciones del brazo de torque.

11. Hermeticidad para el aceite: Verificar posibles fugas de aceite.

12. Nivel de aceite: Verificar el correcto nivel de aceite.

13. Indicador de nivel de aceite: Verificar el funcionamiento del indicador de control del nivel de aceite.

14. Alineamiento de la unidad motriz: Verificar el alineamiento perpendicular durante la rotación midiendo el movimiento de la placa base en el lado del motor de la transmisión.

5.4.2. Poleas

De igual forma que lo realizado en los reductores, es importante verificar los siguientes puntos en las poleas:

1. Lubricación: Verificar la lubricación de los rodamientos de la polea y la distribución apropiada de grasa.

2. Alineamiento de la polea: Verificar los registros de alineamiento.

3. Instalación del acoplamiento: Verificar que la mitad de acoplamiento se ha instalado conforme a las instrucciones.

4. Daños: Inspeccionar visualmente por cualquier daño de la polea, revestimiento, o rodamientos.

5. Descarga de grasa del rodamiento: Observar la descarga de grasa de los rodamientos. La descarga de grasa moderada es normal al principio, pero debe detenerse después de pocas revoluciones. Observe por potenciales contaminantes como partes de metal, etc.

6. Alineamiento de rodamientos: Verificar el Alineamiento del rodamiento relativo al eje de la polea por medio de galgas calibradas entre el sello y el eje. Esta deberá repetirse en diferentes condiciones de carga.

7. Integridad visual: La inspección visual del ensamble de la polea, incluye verificación de: sellos sueltos o laberintos, pretensión de los pernos de los soportes de los descansos, cerradura del cubo, revisar por deslizamientos aplicando marcas.

8. Temperatura de los rodamientos: Comparar la lectura del transmisor con la medida manual del pirómetro. Ajustar a la temperatura de calibración y controlar, documentar temperatura en el soporte del rodamiento a diferentes condiciones de funcionamiento y verificar esta información con los parámetros de fabricación.

9. Vibraciones del rodamiento: Observar el rodamiento para detectar cualquier vibración anormal.

10. Ruido del rodamiento: Poner atención a los rodamientos para detectar cualquier ruido anormal.

11. Integridad de la cubierta: Se debe realizar una inspección visual de la superficie para detectar posibles señales de daño, peladuras o cualquier otra anomalía.

5.4.3. Sistema tensor – tensor gravitacional

En el sistema tensor-gravitacional es importante verificar los siguientes parámetros:

1. Instalación: Verificar la ubicación y posición apropiada del carro tensor y el contrapeso. Verificar la ubicación apropiada de las conexiones y el funcionamiento de los límites de carrera. Inspeccionar el huiñe.

2. Posicionamiento del contrapeso: Verificar que el contrapeso este ubicado en su posición inicial antes de que la correa transportadora arranque. Verificar la función de posicionamiento de los límites de carrera del contrapeso.

3. Facilidad de movimiento: Verificar que todas las piezas móviles del sistema tensor puedan moverse libremente sin obstrucciones o resistencias excesivas. El libre movimiento del sistema tensor es crítico para asegurar el funcionamiento del tensor es decir manteniendo una fuerza constante de la correa en la polea tensora. Las resistencias internas en los sistemas tensores son una causa frecuente de fallas de los componentes de la correa transportadora y pueden conducir a un comportamiento dinámico sub-estándar de la correa. Comprobar que la cuerda, las poleas y las ruedas del carro tensor no interfieran el libre movimiento del sistema tensor.

Estar atento a ruidos, marcas de roce u otras anomalías que podrían indicar el atascamiento o la fricción entre las piezas. Lubrique las áreas de contacto.

5.4.4. Sistema tensor – huiñe tensor

En el sistema tensor-huiñe tensor es importante verificar los siguientes parámetros:

1. Instalación: Verificar la ubicación y posición apropiada del carro tensor y el contrapeso. Verificar la ubicación apropiada de las conexiones y el funcionamiento de los límites de carrera. Inspeccionar el huiñe.

2. Facilidad de movimiento: Verificar que todas las piezas móviles del sistema tensor puedan moverse libremente sin obstrucciones o resistencias excesivas. El libre movimiento del sistema tensor es crítico para asegurar el funcionamiento del tensor.

Comprobar que la cuerda, las poleas, las ruedas del carro tensor no interfieran el libre movimiento del sistema tensor. Estar atento a ruidos, marcas de roce u otras anomalías, que puedan indicar atascamiento o fricción entre las piezas.

3. Huinche: Observar la acción del huinche y verificar el cable por posibles daños y las conexiones del huinche con las fundaciones. La falla del huinche puede conducir a la pérdida de pretensión de la correa y subsecuentemente a la pérdida de control sobre la correa.

5.4.5. Freno

En el sistema de freno es importante verificar los siguientes parámetros:

1. Acople de disco: Verificar el montaje apropiado del freno de disco. Los pernos deben ser tensionados al valor especificado.

2. Líneas hidráulicas: La conexión hidráulica de las líneas entre la unidad hidráulica y los actuadores deben ser inspeccionadas. Verificar que no haya interferencia entre las partes en movimiento.

3. Limpieza: Verificar la limpieza de la unidad hidráulica y sus conexiones para asegurar que ninguna suciedad o pintura entre en él.

4. Fugas: El sistema hidráulico tiene que ser inspeccionado por fugas.

5. Presión hidráulica: La presión en el sistema hidráulico tiene que ser supervisada por medio de los manómetros, durante el modo stand-by y durante el funcionamiento del freno. Las lecturas de presión tienen que ser analizadas contra los valores de diseño.

6. Acción del caliper: El movimiento de los calipers tiene que ser inspeccionado con y sin la rotación de los discos de freno, se debe verificar: Abertura y cerrado de los calipers, su libre movimiento sin ninguna interferencia u otras resistencias

7. Ruido: Poner atención a ruidos anormales: tonos elevados, rechinados (no común durante el funcionamiento normal), bomba ruidosa (indicador de una falla en el sistema hidráulico)

8. Temperatura del aceite hidráulico: La disminución de la temperatura del aceite hidráulico se produce mediante radiación. Se recomienda mantener la temperatura del aceite hidráulico en niveles normales para evitar variaciones en la viscosidad del fluido. Se debe realizar una inspección visual de los medidores.

9. Temperatura del disco: La función y la temperatura del disco deben supervisarse cuidadosamente durante todas las etapas de la prueba. La temperatura del disco se

supervisaré a través de los sensores infrarrojos. Como revisión independiente, la temperatura debe verificarse también por un método de medición externo, es decir un sensor de medición manual.

10. Espaciamiento y desgaste: El espaciamiento debe inspeccionarse antes y después de cada aplicación del freno y ajustarse para compensar el desgaste si fuese necesario.

11. Torque de frenado: El torque de frenado tiene que ser supervisado cuidadosamente durante las diferentes etapas de la prueba. Es importante que el desempeño del torque, se analice primero con la carga más baja posible de la correa y luego sea controlado a medida que la carga se incrementa.

12. Condición del disco: El disco debe inspeccionarse para detectar posibles daños causados por deformaciones u otras irregularidades.

13. Limpieza: La limpieza del sistema hidráulico debe ser mantenida.

14. Vibraciones: Deben observarse todas las partes mecánicas del sistema por vibraciones, partes sueltas, desplazamiento en las líneas hidráulicas, etc.

15. Zapatas: La condición de las zapatas se supervisará para verificar lo siguiente: daño causado por el calor, desgaste excesivo, remaches sueltos.

5.4.6. Pesómetro

En el pesómetro es importante verificar los siguientes parámetros:

1. Instalación: Verificar que la instalación se realice de forma correcta, constatando: El alineamiento de los polines, comprobar que los polines estén levantados sobre la línea de la correa como está descrito en el manual, verificar las conexiones eléctricas en el pesómetro y el integrador, verificar el montaje del sensor de velocidad y las conexiones eléctricas, verificar que el peso del puente esté sin obstáculo.
2. Calibración: La calibración inicial de los pesómetros tiene que ser realizada por un técnico del fabricante y ser documentada con el certificado de la calibración.
3. Calibración del pesómetro: Verificar la lectura del pesómetro por medio de la comparación de los valores medidos en ambos sistemas del pesómetro. Las lecturas deben estar dentro de la tolerancia mínima. En caso de duda, descargue la sección de la correa y pese externamente para referencia.
4. Alineamiento de correa: Comprobar que la correa se desplace sobre el pesómetro sin desalineamiento significativo y que esté libre de vibración.
5. Soporte: Verificar que la estructura del soporte del pesómetro esté sólida y libre de vibraciones. El movimiento de la estructura de soporte afectará la exactitud.

5.4.7. Áreas de transferencia

En las áreas de transferencia es importante verificar los siguientes parámetros:

1. Instalación: Verificar que la instalación del chute y de las gualderas se realice de forma correcta. Asegúrese de que no haya ningún contacto de la estructura con la correa y que haya suficiente separación entre todas las piezas metálicas (u otros objetos duros) y la correa. Compruebe el ajuste del sello de las gualderas.
2. Trayectoria: Observar la trayectoria de la carga y verificar lo siguiente: La trayectoria deberá golpear en el centro de gravedad de la cama de piedra, no demasiado alto o demasiado bajo, el material no deberá fluir contra la pared o los flancos traseros.
3. Flujo de material: Comprobar el flujo de la carga a través del chute, las condiciones a observar son: si hay obstrucciones en el flujo de la carga, examinar por acumulaciones y potenciales cuello de botella o taponamientos.

La carga después del impacto en la correa debe distribuirse centradamente entre las gualderas.

4. Sensor de atollo del chute: Comprobar la función del sensor introduciendo una obstrucción artificial. El sensor entonces deberá indicar el taponamiento del chute.
5. Sellos de las gualderas: Comprobar el funcionamiento de las gualderas, ver si hay fugas de material, el desgaste de los sellos y por ajuste inapropiado. Comprobar que no haya bordes cortantes que puedan dañar la correa.
6. Desgaste Revestimientos: Comprobar que no haya contacto entre el flujo de material y las áreas desprotegidas. El material debe hacer contacto solamente en las superficies Cubiertas con placas de revestimiento. Observar los patrones de desgaste en los revestimientos para verificar el material adecuado del revestimiento y la protección, observar la velocidad de desgaste, sobre todo en las secciones curvas del chute, supervisar los pernos de los revestimientos viendo de que los pernos de los revestimientos no vengan sueltos (cabezas de pernos dañadas, etc.)
7. Sello contra polvo: Verificar la hermeticidad de los sellos contra polvo, en los siguientes sitios: Sello entre el eje de la polea y el chute (verifique la condición del sello de goma), sello de goma entre el chute y las gualderas.

5.4.8. Correas y accesorios

En las correas y accesorios es importante verificar los siguientes parámetros:

1. Protocolos de empalme: Debe realizarse un protocolo por cada empalme, certificando que el empalme cumple con todas las certificaciones de calidad. Antes de la puesta en marcha inicial con carga, todos los protocolos tienen que ser revisados.
2. Posición inicial del carro tensor: La posición inicial del carro tensor tiene que ser verificada para que coincida con la posición predeterminada. Como resultado del alargamiento permanente de la correa, esta posición cambiará durante la puesta en marcha inicial con carga.
3. Daños: Los daños presentes en la correa transportadora y/o en la instalación, necesitan ser detectados antes de puesta en servicio. Las cubiertas superiores e inferiores de la cinta tienen que ser examinadas visualmente para verificar que no haya rasgaduras, cortes u otros daños.
4. Limpieza: Un revisión visual se requiere para cerciorarse de que la cubierta superior e inferior de la cinta este limpia y libre de suciedad o de cualquier otro material adhesivo o contaminación.
5. Daños visuales: La correa tiene que ser examinada para detectar daños u otras irregularidades. Los daños pueden incluir el desgaste excesivo de la cubierta, abrasión, cortes, muescas, marcas, etc.
6. Integridad del empalme: Los empalmes tienen que ser examinados visualmente para detectar signos de daño o falla. Signos típicos que pueden provocar la falla inminente de un empalme son: Ondas en la correa debido a cables quebrados o flojos, alargamiento de la correa a un lado que conduce a la desalineamiento de la correa, muestras de estiramiento en la cubierta de la correa, ruido y vibración de funcionamiento debido a irregularidades de la correa que golpea los polines.
7. Raspador de correa: Verifique las siguientes funciones de los raspadores de correa: Apropiado contacto con la correa, vibraciones durante el funcionamiento (deberán ser mínimas y no elevar el limpiador afuera de la correa), ejecución de la limpieza.
8. Detección mecánica de rasgadura: La efectividad del dispositivo de detección de rasgadura de correa puede ser verificada manualmente, activando la cuerda.

5.4.9. Unidad hidráulica

En la unidad hidráulica es importante verificar los siguientes parámetros:

1. Vaciado: Verificar que el sistema hidráulico se haya descargado según el procedimiento de vaciado presente en los manuales de instalación.
2. Limpieza: El sistema hidráulico se debe limpiar a fondo en el interior.
3. Eléctrico: Comprobar que la dirección de rotación del motor eléctrico sea la correcta y que los otros componentes eléctricos estén conectados con los voltajes correctos.

4. Conexiones: Comprobar que el motor hidráulico esté conectado en el sentido correcto de giro.
5. Fluido hidráulico: Verificar que la selección del fluido hidráulico este de acuerdo con las recomendaciones.
6. Llenado de los actuadores: Verificar que los actuadores dispongan de la cantidad de aceite recomendado.
7. Llenado de la unidad hidráulica: Verificar que la unidad hidráulica tenga el nivel de aceite recomendado.
8. Fugas: Comprobar que todos los acoples y conectores hidráulico estén apretados correctamente para prevenir fugas.
9. Válvulas de retención: Verificar que todas las válvulas de succión, presión, y de aspiración de la bomba estén abiertas.
10. Verificación de puesta en servicio: La puesta en servicio de la unidad hidráulica será realizada con una bomba totalmente descargada y en intervalos cortos. Es también importante que la potencia hidráulica de salida del motor, esté limitada a 75% de la potencia máxima según los datos técnicos. Comprobar que la bomba tenga la dirección correcta. La dirección correcta de la rotación se indica con una señal situada debajo del motor eléctrico.
11. Presión de trabajo y carga: La presión de funcionamiento y la presión de carga se deben de comprobar para asegurarse de que correspondan a los valores de diseño.
12. Comprobar el nivel de aceite tanque: Si el nivel de aceite cae después de la puesta en servicio, se debe a que las partes purgadas del sistema se están llenando. Llenar con aceite inmediatamente.
13. Fugas: Si ocurren fugas, corrija la avería y tome las nuevas medidas. Compruebe otros puntos posibles de fugas y sustituya las piezas defectuosas.
14. Filtros: Las partículas de suciedad en el sistema son removidas por los filtros.
15. Misceláneos: Compruebe todas las líneas, conexiones, tornillos, etc. Y corregir en caso de necesidad.
16. Inspección visual: Se debe estar atento a vibraciones y ruidos inusuales, fugas, suciedad, niveles de presión anormales, nivel de aceite anormal, temperatura anormal y si la unidad está funcionando correctamente. En caso contrario se debe corregir estas imperfecciones.
17. Cargando el sistema: Una vez que el funcionamiento del sistema hidráulico sin carga es satisfactorio, entonces el sistema hidráulico puede ser cargado.

5.4.10. Flujo de material

Con el flujo de material es importante verificar los siguientes parámetros:

1. Carga: Observar el flujo de material en la zona de carga por las siguientes condiciones: La agitación de material debe terminarse dentro de la longitud de la gualdera, el impacto del material en la correa se debe dirigir en la sentido de funcionamiento de esta.
2. Centrado del material: El material se debe supervisar en el área de carga para que tenga un centrado apropiado y a lo largo de toda la correa. Observar que el centrado del material puede cambiar con el grado de carga de la correa. El centrado óptimo estará con la carga completa.
3. Derrame: Supervisar la correa transportadora en toda su longitud para detectar posibles derrames de material. Mirar a los lados de la correa transportadora para detectar si hay presencia de material derramado.
4. Estabilidad de material: La estabilidad del material en la correa debe ser verificada. Para detectar si hay rodadura o desplazamiento del material en la correa ó si existe turbulencia. Los lugares más comunes son: secciones de mayor pendiente, después de zonas de carga, durante paradas, especialmente durante el frenado mecánico de emergencia
5. Obstrucciones: Examinar la correa transportadora en toda su longitud para asegurar que no haya obstrucciones en la vía del flujo del material.
6. Sección transversal de la carga: Estar atento a la sección transversal de la carga con la correa transportadora en su máxima capacidad con el fin de determinar si la distancias al borde de la cinta y la separación en la entrada del chute es la correcta. Además verificar si hay obstrucciones y/o taponamientos.

5.4.11. Comportamiento general de la correa

Con el comportamiento general de la correa es importante verificar los siguientes parámetros:

1. Vibración vertical: La vibración vertical es una condición anormal de la correa, que puede ocurrir bajo diversas condiciones de carga y/o velocidad. La correa se debe verificar visualmente en diversas condiciones de carga y de velocidad para detectar vibración.
2. Deslizamiento en las poleas: El deslizamiento de la cinta puede ocurrir en las poleas conducidas o motrices, por ejemplo en la polea motriz y la polea deflectora. Las razones

pueden ser exceso de agua, falta de revestimiento, suciedad, etc. El deslizamiento de la cinta será supervisado eléctricamente y se puede detectar por desgaste excesivo del revestimiento.

3. Tensión: El análisis de la tensión de la correa es una herramienta importante para validar el diseño esta. Debe verificarse a través de la presión del sistema hidráulico del huiñche (Correa A-7).

4. Desalineamiento: El desalineamiento de la correa es el arrastre incorrecto de la correa horizontalmente. Según el estándar, el valor máximo no debe exceder ± 50 milímetros, del eje central de la correa. El desalineamiento será comprobado visualmente.

5. Movimiento del tensor: El movimiento del carro tensor y del contrapeso será supervisado durante todas las condiciones de funcionamiento. Los movimientos observados tienen que ser comparados a los valores calculados. Los movimientos, sobre todo durante el arranque y la parada, proporcionarán importante información sobre el comportamiento dinámico de la correa.

6. Deflexión de la correa: La deflexión excesiva en la correa puede ocurrir sobre todo en las áreas de baja tensión. Una evaluación visual es necesaria antes de poner a funcionar la correa transportadora y durante la puesta en marcha, operación, y parada.

7. Elongación permanente: Durante las etapas iniciales de la operación, la correa estará expuesta a un proceso de alargamiento. El alargamiento tiene que ser supervisado durante la puesta en marcha inicial con carga y será comparado con los valores proyectados. El alargamiento puede ser comprobado observando la posición de las roldanas del carro tensor.

5.5. PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN FINAL CON CARGA

Después de haberse cumplido todos los puntos anteriores, se pasará a una prueba final gradualmente con carga (Ram-Up) en donde de igual forma se irán cumpliendo etapas para que finalmente se apruebe el sistema.

Después de cumplido esta aprobación, se llevará a prueba todo el sistema de aumento de producción PDA Fase I en conjunto, desde el chancador Don Luis hasta los espesadores; todos los equipos tienen una garantía de fábrica.

5.5.1. General

Antes de energizar cualquier equipo, se deben completar todas las pruebas de verificación del montaje; todos los dispositivos de seguridad, incluso los frenos deben

funcionar correctamente y todos los interruptores de seguridad deben estar bien posicionados.

Se deben medir y registrar los valores de vibraciones, temperaturas, ruido, etc. como valores de referencia.

Antes y durante la puesta en marcha del sistema, es imprescindible que se sigan las siguientes instrucciones de las que se encargará el personal de operaciones:

- Todas las reglas de seguridad técnica y operacional habrán sido establecidas y obedecidas.
- Todo el personal de las operaciones debe saber la ubicación de los interruptores de emergencia y de todas las llaves de control local.
- Todo el sistema se habrá inspeccionado y los objetos y materiales ajenos eliminados.
- Inicialmente el sistema operará sin carga para confirmar el buen funcionamiento de sus componentes.
- No se permiten materiales o capacidades mayores a las indicadas en la sección de datos técnicos de este manual. Se mantendrán las condiciones de operación indicadas en la sección de datos técnicos.
- El personal de operaciones debe monitorear todos los sistemas para detectar condiciones anormales (ruidos raros, olores, etc.) y debe investigar inmediatamente tales disparidades. Deberá detenerse inmediatamente el equipo para realizar la reparación y ajuste del sistema.
- Se deben seguir las prácticas de seguridad indicadas en este manual y las definidas por el cliente.

5.5.2. Secuencia de puesta en marcha y operación inicial con carga

Esta sección es una descripción paso a paso del procedimiento de puesta en servicio del sistema de transporte. La secuencia descrita a continuación, establece el método general y a menos que se indique expresamente lo contrario, el término de un paso constituye un pre-requisito para avanzar al siguiente.

Este documento identifica los objetivos principales de cada paso de puesta en servicio. Sin embargo, las pruebas individuales y las verificaciones para cada paso se encuentran enumeradas en un documento aparte.

La secuencia de puesta en servicio se divide en 4 etapas:

Etapas 1 Puesta en servicio de los componentes

Etapas 2 Puesta en servicio de la correa transportadora en vacío

Etapa 3 Puesta en servicio del sistema de transporte general vacío

Etapa 4 Puesta en servicio del sistema de transporte general cargado

Las etapas 1 y 2 se aplican a los componentes, a los grupos de componentes o a las correas transportadoras individuales. Esto requiere que el procedimiento descrito sea repetido para cada componente, grupo componente o correa transportadora.

Las etapas 3 y 4 se aplican a todo el sistema de transporte general de mineral.

5.5.3. Etapa 1 – Puesta en servicio de los componentes

Esta sección describe la puesta en servicio de los componentes críticos individuales ó de los grupos de componentes. El propósito de la etapa 1 es verificar la función de los componentes respectivos o del grupo de componentes como un dispositivo independiente. La puesta en servicio de los componentes será realizado antes de la instalación de la correa.

5.5.3.1. Puesta en servicio de los componentes de potencia

El propósito de éste paso de puesta en servicio es verificar la función de los componentes eléctricos asociados a la fuente de alimentación.

a. Condiciones Previas

- El trabajo de instalación ha concluido.
- Hay acceso libre a todo el equipo eléctrico.
- Todos los arrancadores /alimentadores son bloqueables con candados.
- Los extintores están disponibles en los cuartos eléctricos.
- Los suministros de primeros auxilios están disponibles.
- La comunicación está disponible.
- Los accesorios para los tableros de los interruptores (detectores de voltaje, puentes para conexión a tierra de las etiquetas de advertencia, etc.) están disponibles
- Todos los instrumentos que serán utilizados para la puesta en servicio han sido calibrados.

b. Objetivos Principales

- Accionamiento del equipo de alto voltaje.
- Ajustes y dispositivos de protección de interruptor de circuito e interruptores.

- Puesta en servicio del centro de control de motores, ajustes de sobrecarga de los arrancadores.
- Sistemas eléctricos como sistema de protección contra incendios, puesta a tierra, etc.

5.5.3.2. Puesta en servicio del sistema motriz eléctrico

El propósito de esta puesta en servicio del sistema motriz es verificar y energizar todos los componentes relacionados con el sistema motriz, antes de que se acople al sistema mecánico.

Varios registros se hacen en esta etapa: Lado de línea, voltaje lado de carga y corriente, velocidad del motor y corriente del estator.

a. Condiciones Previas

- Puesta en servicio de 1.
- Potencia auxiliar disponible en panel de control Motor principal de acople.

b. Objetivos Principales

- Inspección de todas las líneas internas y externas.
- Inspección de los suministros de voltaje y desequilibrio de voltaje.
- Verificación visual.
- Verificación de las modificaciones hechas en el sitio de trabajo.
- I/O Verificación de señales externas.
- Pruebas de Comunicación.
- Sistemas Paradas de Emergencia Transformador f. Protección.
- Verificación de sincronización. Voltaje (120V).
- Registro de encendido.

5.5.3.3. Puesta en servicio motores eléctricos

Esta prueba sirve como la primera prueba de rotación de los motores eléctricos.

También sirve como la primera prueba de frenado dinámico. La correa está al acoplamiento de alta velocidad desconectada.

En este paso los motores serán acelerados y después detenidos. Esto sirve como prueba para las transmisiones eléctricas.

a. Condiciones Previas

- Pasos de puesta en servicio 1, 2, 3 Completados.

- b. Objetivos Principales
- Verificar la partida y la parada sin carga.
 - Verificar la rampa ascendente y descendente, regulador de velocidad (VDF).
- c. Descripción de la Prueba
- Partir con baja velocidad ($\leq 10\%$) por algunos segundos.
 - Accionar unidad, rampa ascendente hasta 100 % de la velocidad de acuerdo al tiempo de aceleración especificado para cada equipo.
 - Sostener el 100 % de la velocidad por un tiempo prudente.
 - Rampa descendente para frenar de acuerdo al tiempo de desaceleración especificado para cada equipo.

5.5.3.4. Pre-Puesta en servicio del sistema de frenos

El propósito del sistema de pre-puesta en servicio de frenos es conducir una prueba estática de todas las funciones esenciales del sistema de frenos, para asegurar la operación básica de los frenos antes de conducir la primera prueba dinámica (de rotación).

- a. Condiciones Previas - Instalación Terminada.
- Verificación visual.
 - Sistema hidráulico vaciado.
 - Disco de freno Instalado, tensión de los pernos verificada.
- b. Objetivos Principales
- Presurización del sistema hidráulico.
 - Verificación de fugas.
 - Verificación de la acción del caliper activación manual.
- c. Descripción de la Prueba
- Arrancar la bomba del motor.
 - Verificación la dirección de rotación de los motores.
 - Observe el incremento de presión.
 - Empezar a presión baja (abriendo la válvula de descarga) y aumente la presión gradualmente.
 - Verificar la presencia de fugas.
 - Accionar válvulas, realizar operación de cerrar y abrir para verificar la operación de estas.

- Observar el movimiento de los calipers. Verificar por libre movimiento, que no haya atascamiento.

5.5.4. Puesta en servicio componentes, prioridad 1

Los pasos de la puesta en servicio enumerados en esta sección, junto con todos los pasos de la puesta en servicio precedente, deben ser terminados para avanzar a la ETAPA 2.

5.5.4.1. Interfaces operadoras

La puesta en servicio de los paneles operadores es la estructuración de la comunicación y el establecimiento del vínculo con el PLC. Las diversas alarmas y mensajes se verifican a través de la puesta en servicio mientras que las diversas partes del sistema llegan a estar disponibles

5.5.4.2. Dispositivos de seguridad de correas e instrumentación

El propósito de esta parte de la puesta en servicio es verificar la funcionalidad de los dispositivos de seguridad de la correa tales como interruptores de parada de emergencia, interruptores de desalineamiento, controles locales, límites de carrera, etc. Los interruptores se verifican por su contacto (NO/NC).

a. Condiciones Previas

- Puesta en servicio de 1 a 5.1.
- Sistema de comunicación.

b. Objetivos Principales

- Energizar el PLC.
- Energizar y verificar la función de dispositivos de control, interruptores.
- Comprobar la comunicación entre los sistemas.
- Verificar la correcta señal reportada al PLC sobre la activación de los interruptores.

5.5.4.3. Sistema tensor

a. Condiciones Previas

- Instalación del sistema tensor completo.

b. Objetivos Principales

- Verificar la operación del sistema tensor.
- Verificar la instrumentación (límite de carrera).

c. Descripción de la Prueba

- Operar el tensor manualmente.
- Observar el huiñe por arrastramiento (incorporado el freno debe trabar el huiñe sin arrastre).
- Verificar la parada automática (accionando el interruptor de recorrido).
- Verificar la libertad de movimiento del carro; buscar posibles atascamientos o resistencias. (Esta verificación debe ser realizada antes de que la correa esté instalada.)

5.5.5. Puesta en servicio de componentes, prioridad 2

Los pasos de puesta en servicio enumerados en esta sección no son requeridos para avanzar a la Etapa 2 de la puesta en servicio. Sin embargo, deben ser terminados antes de avanzar a la Etapa 3.

5.5.6. Etapa 2 - Puesta en servicio de la correa transportadora vacía

El Paso 2 describe los pasos de la puesta en servicio de una correa transportadora individual con la cinta instalada, sin carga de material.

5.5.6.1. Puesta en servicio a baja velocidad

En este paso de la puesta en servicio, la correa transportadora es operada por primera vez con la correa instalada y con todos los componentes importantes funcionando en conjunto. La velocidad es seleccionada a un 10% de la velocidad nominal. (Si tiene VDF)

La duración de cada operación se limita a 10 minutos.

Esta prueba demuestra la capacidad de la correa transportadora de funcionar por un tiempo corto en 10% de la velocidad.

a. Condiciones Previas

- La instalación de la correa terminada, todos los empalmes de la correa correctamente documentados.
- Inspección visual de la correa.

- Pasos de puesta en servicio Etapa 1 completados.
- Inspección visual de la correa transportadora, principalmente por obstrucciones de partes móviles.
- Todos los circuitos de seguridad están en su lugar.
- Las secuencias lógicas están cargadas en el PLC.

b. Objetivos Principales

- Pruebas de los dispositivos de seguridad de la correa transportadora.
- Pruebas de arranque y parada de la correa transportadora.
- Control de la interacción de las unidades, carga compartida, control del torque.
- Control de la interacción entre los PLC y las unidades motrices.
- Verificar las secuencias del PLC y funciones (alarmas, rampas, parada).
- Verificar y comprobar los enclavamientos de cables entre los PLC y las unidades motrices.
- Supervisar los controles de la correa (interruptores de desalineamiento, interruptores de ruptura).
- Comprobar la trayectoria de la correa.
- Controlar los empalmes de la correa.

c. Descripción de la Puesta en Servicio

- Muchas correas transportadoras trabajan al 10 % de la velocidad, interrumpido después de 10 minutos de trabajo. Operación por 10 minutos a una velocidad de 10%.

5.5.6.2. Puesta en servicio velocidad media

El propósito de este paso de la puesta en servicio es exponer el equipo a una velocidad de funcionamiento más alta (50%) por un período de tiempo extendido (2 horas). Esto permite el control de las condiciones de funcionamiento como temperatura, vibración, etc.

a. Condiciones Previas

- Paso de puesta en servicio 1 completado

b. Objetivos Principales

- Control de trabajo de las poleas.
- Observar la temperatura de funcionamiento del reductor.
- Observar la temperatura del rodamiento de la polea.

- Observar la vibración de todas las partes que rotan.
- Supervisar el avance de la correa.
- Supervisar los empalmes de la correa.
- Registrar el torque total del motor por correa transportadora.

c. Descripción de puesta en servicio

- Observar el funcionamiento de la correa transportadora a un 50% de la velocidad, operando por 2 horas a un 50% de la velocidad.

5.5.6.3. Asentamiento balatas – freno

Este paso de la puesta en servicio es requerido para asentar las balatas del freno, es necesario para verificar que la fricción entre el disco y las balatas del freno es adecuada y estable, y es crítica para todas las pruebas de frenos subsecuentes. Las balatas tienen que alcanzar una temperatura de aproximadamente 170 °C para alcanzar el estado de coeficiente de fricción constante.

a. Condiciones Previas

- Puesta en servicio paso 2 completo.

b. Objetivos Principales

- Asentamiento balatas.
- Confirme el torque del freno y el coeficiente de fricción.

c. Descripción de Puesta en Servicio

- Comenzar con un freno parcialmente aplicado a 100 bar (50%), operar a una velocidad de 50% hasta que las balatas alcancen una temperatura de 170°C después parar usando el VFD.
- Registrar el torque de los motores durante el funcionamiento. Calcular el valor de fricción para cada freno, o el par de los frenos.
- Repetir los procedimientos anteriores por segunda vez. Si el valor de fricción está cerca del valor de diseño, y si no se observa ningún cambio significativo en el valor de la fricción de la prueba precedente, la prueba está completa. Si no, repita el procedimiento hasta que se mantenga la fricción estable.

5.5.6.4. Puesta en servicio plena velocidad

La correa transportadora será operada en esta etapa a un 100 % de la velocidad.

En una serie de pruebas de funcionamiento, será realizada la supervisión de las pruebas. Se deben hacer mediciones de las temperaturas, voltajes, corrientes, Kw, etc.

Además, esta prueba proporciona una buena indicación del funcionamiento del sistema tensor.

a. Condiciones Previas

- Paso de puesta en servicio 3 completo.

b. Objetivos Principales

- Supervisar y registrar las temperaturas, rampas, velocidad.
- Supervisar y registrar la corriente, voltaje, Kw
- Supervisar el regulador de torque.
- Comportamiento de la correa (interruptores de desalineamiento).
- Supervisar el comportamiento del motor.
- Verificar la lógica del control automático del tensor.
- Verificar y compruebe los enclavamientos de cables entre el PLC y las unidades.
- Observar la vibración de todas las partes que rotan.
- Supervisar el avance de la correa.
- Comprobar el sistema de control de empalmes (repetibilidad).
- Supervisar el funcionamiento del tensor.

c. Descripción de Puesta en Servicio

- Operar la correa transportadora en una secuencia de pruebas a un 100 % de la velocidad. La correa debe ser arrancada a un 100% de la velocidad de referencia.

Muchos observadores deberán estar situados a lo largo de la correa para pararla en la eventualidad de cualquier problema.

- Operar la correa 30 minutos a un 100% de la velocidad.

5.5.6.5. Puesta en servicio del control de la correa transportadora

El propósito de este paso de la puesta en servicio es efectuar una serie de pruebas para verificar todas las funciones importantes de control de la correa. Esto incluye todos los modos de parada principal, transmisión de habilitación y deshabilitación del sistema.

- a. Condiciones previas
 - Puesta en servicio paso 5 completo.

- b. Objetivos principales
 - Verificar todos los modos de parada.
 - Verificar la unidad de deshabilitación del sistema (después de parada).
 - Verificar la unidad de habilitación del sistema (después de parada).
 - Supervisar los empalmes de la correa.
 - Supervisar el funcionamiento del freno.

- c. Descripción de puesta en servicio
 - Arrancar la correa transportadora a un 100% de la velocidad y realizar las siguientes pruebas: Nivel 1 Parada, VFD (Si aplica); Nivel 2 parada: frenos mecánicos (controlado por PLC) (Si aplica), Nivel 3 parada frenos mecánicos, deshabilitar unidad, habilitar unidad.
 - Una operación de prueba para cada una de las pruebas mencionadas arriba.

5.5.7. Etapas 3 - Puesta en servicio del sistema de correas transportadoras en vacío

La puesta en servicio de la etapa 3 se alcanza tan pronto como las correas transportadoras se hayan probado individualmente (Etapas 1 y 2). El propósito principal de este nivel de puesta en servicio es, probar la interacción de las correas transportadoras individuales y asegurar que están en condiciones para aceptar la carga de material.

5.5.7.1. Puesta en servicio del sistema de enclavamiento

En este paso de puesta en servicio la comunicación es probada entre las correas transportadoras, los enclavamientos, y las secuencias de arranque. Los diversos elementos de la comunicación que enlaza los diversos PLCs a las diferentes estaciones de trabajo están conectados juntos por primera vez todos como una configuración completa. Los enclavamientos de seguridad entre los transportadores también se prueban.

- a. Condiciones Previas
 - Paso 2 puesta en servicio completo de todas las correas transportadoras.

- b. Objetivos Principales
 - Verificar el sistema de comunicación.

- Verificar el sistema de enclavamientos (PLC y hardware).
- Verificar el inicio de la secuencia de las correas.
- Verificar el sistema de partida y de parada.
- Verificar y probar los enclavamientos tales como la velocidad del alimentador fijada atrás, el funcionamiento permisivo, etc.

c. Descripción de la Puesta en Servicio

- Una serie de partidas son hechas en el sistema de correas. La prueba es hecha en los diversos modos para verificar los diferentes dispositivos de seguridad y para verificar la secuencia de partida, parada del sistema entero. Se registran las variables correspondientes.

5.5.7.2. Prueba de resistencia

El propósito de este paso de la puesta en servicio, es exponer el sistema de correas transportadoras a una duración de funcionamiento extendida, con la intención de identificar todos los problemas posibles relacionados con el funcionamiento prolongado, antes de que el material sea cargado sobre el sistema transportador. Los problemas potenciales podrían incluir el recalentamiento de los rodamientos, aumento de vibración y ruido, etc.

Las pruebas de resistencia forman la conclusión de las pruebas de aceptación de la puesta en servicio en vacío y proporcionan suficiente seguridad de que el sistema de correas transportadoras está acondicionado para aceptar el material.

a. Condiciones Previas

- Puesta en servicio Etapa 3 completo
- Inspección visual de la correa y los componentes principales.

b. Objetivos Principales

- Verificar si hay derramamiento de material a lo largo de las correas transportadoras.
- Verificar si hay desgaste excesivo
- Verificar los puntos de transferencias y el funcionamiento del sistema supresión de Polvo (Si aplica).
- Registrar el torque del motor, velocidad del motor, velocidad de la correa y la presión de los frenos (Si aplica).
- Controlar las lecturas del pesómetro de la correa y compruebe la retroalimentación al control del alimentador.

- c. Descripción de la Puesta en Servicio
 - Correr el sistema de correas transportadoras a máxima velocidad con 10% de la carga.

- d. Prueba de Aceptación
 - Haber realizado servicio de correas transportadoras a máxima velocidad con 10% de la carga por 4 horas.

5.5.8. Etapa 4 Puesta en servicio del sistema de transporte general cargado

Etapa final en dónde las instalaciones se llevaran a un 100% capacidad de diseño, paulatinamente, en lo que se denomina Ramp-Up, este proceso final debe estar registrado para posteriormente hacer entrega al cliente Codelco División Andina, en dónde se garanticen los pasos tomados y desviaciones encontradas, lo que asegure si es que se produjesen defectos en los equipos, una garantía de parte de los fabricantes, y también se garantice la seguridad del personal que trabajará en las nuevas instalaciones.

5.5.8.1. Puesta en servicio con carga parcial (50%)

Como resultado de las tensiones más altas de la correa, el comportamiento dinámico de la correa y el sistema tensor pueden ser supervisados de manera más concluyente. Los parámetros principales del cálculo de la correa se pueden comparar a los valores observados.

- a. Condiciones Previas
 - Puesta en servicio paso 1 completo.

- b. Objetivos Principales
 - Probar la correa transportadora al comienzo de la rampa.
 - Probar todos los modos de parada.
 - Probar la habilitación e inhabilitación de la unidad.
 - Probar arranques sucesivos.
 - Probar el sistema de frenos, calentamiento del disco carga (Si aplica).
 - Observar el flujo de material y los puntos de transferencias.
 - Controlar los empalmes de la correa.
 - Supervisar el sistema tensor.
 - Verificar la tensión de la correa calculada y el torque de la transmisión.

- c. Descripción de la Puesta en Servicio
- Para los siguientes estados de funcionamiento: arranque en vacío y arranque con carga (50% de la carga). Efectuar estas pruebas: Nivel 1 Parada- VFD (Si aplica), Nivel 2 Parada - frenos mecánicos (controlados por PLC) (Si aplica), Registrar el torque del motor, velocidad del motor, velocidad de correa y presión del freno, Prueba de habilitación e inhabilitación de la unidad.
- d. Prueba de Aceptación
- Correr el sistema de correas transportadoras a máxima velocidad con 50% de la carga por 4 horas, después efectúe una parada controlada con VDF. (Si aplica).

5.5.8.2. Puesta en servicio de carga completa (100%)

Éste es el paso final de la puesta en servicio. En esta etapa, todas las funciones críticas del sistema de correas transportadoras serán probadas con la capacidad de diseño original.

Al final de este último paso de la puesta en servicio hay una serie de pruebas de aceptación, en que se requiere demostrar y documentar la capacidad del sistema para llevar a cabo sus funciones a plena carga.

- a. Condiciones Previas
- Puesta en servicio paso 2 completo.
- b. Objetivos Principales
- Probar la correa transportadora en el comienzo de la rampa.
 - Probar todos los modos de parada.
 - Probar la habilitación e inhabilitación de la transmisión.
 - Probar arranques sucesivos.
 - Probar las condiciones de arranque de la correa transportadora contra posibles deslizamientos de correa.
 - Controlar el sistema de frenos, calentamiento del disco. (Si aplica)
 - Controlar la temperatura del reductor y de los rodamientos de la polea y los niveles de vibración.
 - Observar el flujo de material y los puntos de transferencias.
 - Controlar los empalmes de la correa.
 - Controlar el sistema tensor
 - Verificar la tensión de diseño de la correa y el torque de la transmisión.
 - Lograr la aceptación del sistema correas transportadoras.

c. Descripción de la Puesta en Servicio

- Para los siguientes estados de funcionamiento: arranque en vacío y arranque con carga (100% de la carga). Efectuar estas pruebas: Nivel 1 Parada – VDF (Si aplica), Nivel 2 Parada - frenos mecánicos (controlados por PLC), Nivel 3 Parada - frenos mecánicos (seguro-falla, sin PLC), Registro del torque del motor, velocidad del motor, velocidad de correa y presión del freno, Prueba de la habilitación e inhabilitación de la transmisión, si es admisible con los valores actuales de torque.

d. Prueba de Aceptación

Prueba de Aceptación # 1 (Comienzo del sistema – Parada del sistema vacío)

- Arrancar el sistema de transporte en vacío y cargar el sistema al 100% (comienzo del sistema); dejar correr por 4 horas a capacidad constante; inhabilite y habilite sucesivamente cada unidad por correa transportadora durante las 4 horas del período de trabajo (corrida); realice una "Parada del Sistema en Vacío".

Prueba de Aceptación # 2 (Comienzo del sistema – Parada de secuencia del sistema)

- Arrancar el sistema de transporte vacío y cargue el sistema al 100% (comienzo del sistema); dejar que corra por 15 minutos con capacidad constante; realice un "Sistema de secuencia de parada".

Prueba de Aceptación # 3 (Secuencia de pruebas de frenos mecánicos)

- Arrancar el sistema de transporte y cargue el sistema al 100% (Inicio del sistema); Dejar que corra por 15 minutos a capacidad constante; realice una parada nivel 2 (parada controlada con freno mecánico).

- Espere hasta que la temperatura del freno de disco este por debajo de 170°C y repita el paso uno.

Prueba de Aceptación # 4 (Secuencia de pruebas de frenos mecánicos)

- Esperar hasta que la temperatura del freno de disco este por debajo de 170°C.

- Arrancar el sistema de transporte y cargue el sistema al 100% (Inicio del Sistema); Dejar que corra por 15 minutos a una capacidad constante; realice una parada nivel 3 (parada descontrolada con freno mecánico).

- Arrancar el sistema, dejar que corra en vacío y realizar una parada nivel 1.

5.6. PROBLEMAS DETECTADOS

En la Puesta en Marcha de las Correas Transportadoras se produjeron pequeños problemas mecánicos, tales como mal alineamiento en alimentadores CV-02 y CV-05, derrame de material principalmente en correa CV-06, placas de desgaste mal instaladas, en alimentadores CV-05, falla de electroválvula que regulaba la tensión de la correa CV-04 lo que provocó la detención de la correa por dos días, y un gran inconveniente que retrasó las pruebas en el último tramo, este desperfecto en unos de los rodamientos del Motor Número 2 de la correa CV-07, producto de un desperfecto de fábrica, ocasionó el desmontaje y posterior reparación del mismo, lo que provocó un fuera de servicio de dos semanas de dicho elemento, que indudablemente afectaron y retrasaron el cronograma del Proyecto. Otros problemas que retrasaron la continuidad operacional de las correas, fueron los problemas en instrumentación provocados en las correas CV-04 y CV-07, debido a que se caía la línea dura de esta correa (Pull-Cord) y por último el falló de un detector de acopio en la tolva de 3600 ton. lo que provocó un gran derrame de material y daños en los raspadores de correa CV-51.

Estos problemas que en general no fueron muchos, se detallarán más profundamente a continuación:

5.6.1. Mal alineamiento en alimentadores CV-02 y CV-05

Como se aprecia en la figura 5-4, se puede evidenciar en forma clara que la correa está topando en el sensor de desalineamiento, esto ocurrió en ambos alimentadores y las causas de este desperfecto es que la carga del material no es simétrica respecto al centro de la correa, o también debido al alargamiento normal del caucho debido a que son nuevos y se produce un destensamiento del mismo, viendo estas dos principales causas, se corrigió la carga en la correa y se instalaron Porta-Power en ambas caras para ir tensando gradualmente las correas hasta lograr el correcto funcionamiento de las mismas.



Fuente: Creación Propia

Figura 5-4. Correa Desalineada

5.6.2. Mal ajuste de placas de desgaste en alimentador CV-05

Debido al mal montaje de estas placas, que cumplen la función de proteger la estructuras en zona del buzón y impide que se escape material y contamine, el mal montaje provocó que hubiera escape de material, como se aprecia en la figura 5-5, en una abertura de aproximadamente 10 cm, lo que destruyó la guardera de goma y contaminó el área con abundante material, lo que provoca el daño en rodamientos de los polines, como medida correctiva se instalan nuevamente placas de desgaste de manera apropiada y se limpia el área afectada.



Fuente: Creación Propia

Figura 5-5. Mal Ajuste Placas de Desgaste

5.6.3. Falla de electroválvula que regulaba la tensión de la correa CV-04

En las correas CV-04 y CV-07 por un tema de condición física, utilizan como unidad de tensado cilíndricos hidráulicos, con su consecuente unidad hidráulica, es en esta unidad hidráulica de la correa CV-04 dónde falla electroválvula que regula la presión de tensado, al detectarse falla por personal Sigma, se toma contacto con fabricante Eximtec/Hagglunds el cual al estar en garantía equipo, procede a cambio del componente.

5.6.4. Desperfecto en unos de los rodamientos del Motor Número 2 de la correa CV-07

Esta correa es la más importante en el Sistema de Transporte, ya que es la que tiene mayor longitud, 4746 mts. Consta de dos Motores Eléctricos de 900 Kw Marca ABB regulados por VDF, es en el motor número dos dónde se comienzan a registrar temperaturas anómalas sólo con un 70 % de carga nominal en el rodamiento trasero del motor, estas medidas obtenidas del VDF en sala eléctrica del Cabezal de correa CV-07, y por datos obtenidos por el operador en la sala de control, verificados por pirómetro en terreno como lo demuestra figura 5-6 , arroja temperaturas cercanas a 90 °C, tomándose como medida por un equipo multidisciplinario de hacer un seguimiento a estas temperaturas, las cuales no variaron, se verifica correcto alineamiento del motor como se puede apreciar en figura 5-7, se toma como medida retirar el motor y se repara en taller de empresa en Santiago, lo que determinaron es que dicho rodamiento tenía un problema de fábrica, reparándose y verificando en terreno su correcto funcionamiento; este proceso demoró aproximadamente dos semanas, lo que afectó el funcionamiento de las pruebas, lo que era importante para llenar tolva de 3600 ton para comenzar a realizar pruebas en Chancadores Secundarios y el Molino Unitario.



Fuente: Creación Propia

Figura 5-6. Medición temperatura por pirómetro



Fuente: Creación Propia

Figura 5-7. Alineamiento Laser Motor N°2

5.6.5. Caída línea dura (Pull-Cord) de correas CV-04 y CV-07

Producto de la humedad presente y la vibración de las correas, y desperfectos en instrumentos nuevos, se provoca en ambas correas la activación de diferentes Pull-Cord, lo que detiene en forma inmediata las correas transportadoras, al estar ubicados en todo el trayecto de las correas, 34 en correa CV-04 y 162 en correa CV-07, se deben recorrer en totalidad hasta encontrar el desperfecto el cual se debe verificar por activación de baliza o en panel que están ubicados en el trayecto de la correa CV-04 y en las diez ventanas que comunican correa CV-07 con el camino de servicio, una vez ubicado el problema se deben reemplazar Pull-Cord dañados o repararlos limpiando contactores. Este problema ocurrió con frecuencia en estas correas, hasta que se pudo normalizar situación.

5.6.6. Falla de detector en el acopio de la tolva de 3600 ton

Este detector cumple la función de transmitir datos sobre el llenado de tolva, al fallar provocó que el material transportado por correa CV-51 rebalsara y dañara los raspadores, contaminando el área de traspaso, como se aprecia figura 5-8, arado dañado es reemplazado por uno nuevo y el área es limpiada y el sensor es reemplazado.



Fuente: Creación Propia

Figura 5-8. Daño Raspador

5.7. MANTENCIÓN CORREAS TRANSPORTADORAS EN PUESTA EN MARCHA

En el transcurso de las pruebas de Puesta en Marcha, es importante mantener equipos con sus mantenciones adecuadas, ya que como no se han entregado los equipos al cliente, en este caso Codelco División Andina, las mantenciones deben ser realizadas por Sigma S.A, para ello es importante considerar las recomendaciones de lubricación, detalladas más adelante y para ello los siguientes principios:

- No deben dejarse repuestos, materiales, herramientas o equipos desechados en ninguna parte de la correa.
- Todo el personal que realice trabajos de mantenimiento y servicio debe ejecutar dichos trabajos únicamente después de haber informado al operador y una vez obtenida su aprobación y sólo cuando los equipos no estén funcionando.
- Los equipos a intervenir deben estar debidamente bloqueados de acuerdo a los procedimientos del Propietario.

- Verificar que no hayan derrames o acumulación excesiva de material sobre, o cerca de la correa.

5.7.1. Lubricación

La lubricación es una actividad vital que requieren las máquinas y equipos mecánicos para cumplir con su propósito en forma eficiente, durante toda la vida útil prevista. Lo que se refleja en las funciones que cumple la lubricación, las cuales son:

- Disminuir el rozamiento entre las superficies, manteniendo una película de lubricante.
- Disminuir los efectos del roce.
- Disipar calor generado por el roce.
- Proteger las superficies contra la oxidación.
- Arrastrar las inevitables partículas desprendidas por desgaste.
- Aislar los componentes mecánicos de la polución creada en el ambiente de trabajo.

En la tabla 5-1, se especifica tipos de lubricantes utilizados, según marca y frecuencia recomendada para lubricación.

Tabla 5-2. Tipos de lubricantes utilizados

Tipos de Lubricantes Utilizados					
Equipos	Descripción del Equipo	Descripción del Componente	Tipo de Lubricación	Fabricante y Especificaciones	Frecuencia de Lubricación
Correas Transportadoras y Alimentadores	Conjunto Reductor	Reductor	Aceite	ISO VG 220 Omala (Shell) Mobilgear (Mobil) Spartan Ep (Chevron)	En condiciones normales de funcionamiento cada cuatro meses o 2000 hrs.
	Polea Motriz Primaria y Polea Motriz Secundaria	Rodamientos	Grasa	Shell Alvania EP1	Semanalmente
	Polea Deflectora Alta Tensión	Rodamientos	Grasa	Shell Alvania EP1	Semanalmente
	Polea Tensora y Deflectora Baja Tensión	Rodamientos	Grasa	Shell Alvania EP1	Semanalmente
	Polea de Cola	Rodamientos	Grasa	Shell Alvania EP1	Semanalmente

Fuente: Creación propia

5.7.2. Inspección componentes

De igual importancia que la lubricación, la inspección de componentes es de suma importancia para mantener en optimas condiciones los equipos.

En la tabla 5.2, se realiza programación general de inspección como también la frecuencia de dicha inspecciones a realizar, aplicando mantención preventiva.

Tabla 5-3. Programa general de inspección

Programa General de Inspección			
ITEM	Lugar	Descripción	Frecuencia
Reductor	Todos los Equipos	Inspeccionar temperatura, vibración y análisis de aceite.	Semanalmente
Conexiones de Fluido	Todos los Equipos	Inspeccionar si hay goteras.	Cada 100 Horas Operativas
Rodillos de la correa Transportadora	Todos los Equipos	Inspeccionar rodillos para asegurarse de que estén en contacto con la cinta y roten con la misma.	Cada 100 Horas Operativas
Arados en V	Todos los Equipos	Inspeccionar la goma por desgaste. Inspeccionar si hay piezas flojas.	Cada 100 Horas Operativas
Limpiadores de Cinta	Todos los Equipos	Inspeccionar las hojas del raspador, por desgaste.	Cada 100 Horas Operativas
Cintas Transportadoras	Todos los Equipos	Inspeccionar y ajustar la goma de la gualdera.	Cada 100 Horas Operativas
Revestimiento de Poleas	Todos los Equipos	Inspeccionar las camisas de todas las poleas, por desgaste o daño.	Cada 100 Horas Operativas
Rodamientos de Poleas	Todos los Equipos	Inspeccionar estado y nivel de grasa.	Trimestral

Fuente: Creación propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La puesta en marcha de las correas transportadoras, representa un gran desafío ingenieril, donde la planificación, organización, ejecución y control de la misma resulta primordial para lograr con éxito este gran proyecto, donde está en juego un gran capital de inversión, y principalmente gran cantidad de horas hombres; es por ello que el trabajo en equipo, competencias del personal, claridad en las tareas a realizar deben ser claves no sólo por la seguridad de las personas involucradas en el proyecto, sino también por las garantías de equipos e instalaciones por parte de proveedores y fabricantes.

Para generar un proyecto de calidad se necesita de un conocimiento extenso de la empresa en la cual se trabajará, como se detalla en el capítulo 1 de este trabajo de título, donde se conoce sobre la historia de Codelco, sus actuales divisiones y el organigrama que la compone. También es de gran relevancia el conocer sobre el proceso productivo de la división en donde se desenvuelve el proyecto, como se produce el concentrado de cobre y molibdeno, principales proyectos de expansión y como se lleva a cabo un proyecto en la empresa. Todos estos datos son mencionados en el capítulo 2 que compone este trabajo de título. Con estos antecedentes se ve cumplido el primer objetivo específico propuesto para la generación de este proyecto.

En el capítulo 3 se identifican los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos de la correa transportadora, algo primordial con que debe familiarizarse el personal a intervenir; estos conocimientos serán utilizados para comprender las pruebas a realizar durante la puesta en marcha, cumpliendo con uno de los objetivos específicos.

En el capítulo 4 se indaga en el repotenciamiento, debido a su importancia en el aspecto operacional y económico del proyecto, las correas donde se llevo a cabo, y las características técnicas de las mismas. También se interioriza en los trabajos realizados en dichas correas y empresas que desarrollaron el diseño, construcción y puesta en marcha del proyecto.

La puesta en marcha, sus etapas y definiciones son los aspectos mencionados en el capítulo 5. En este punto se conoce de manera detallada todas las pruebas realizadas paso a paso en las correas transportadoras, verificación de montaje de los componentes, pruebas pre-operacionales, operacionales, las que paulatinamente alcanzaron el 100% de capacidad de diseño, pruebas claves para la posterior entrega de las instalaciones al cliente.

Con estas pruebas se detectaron pequeñas fallas, las cuales se identifican en este capítulo y mayoritariamente corresponden a errores humanos, y que se debieron posteriormente corregir, para cumplir con los parámetros solicitados por el mandante.

Aspecto primordial es que el personal que realice una puesta en marcha, primero que nada, debe conocer todas las medidas de seguridad, refugios, vías de escape, números de emergencia, alarmas luminosas o auditivas, para que en el caso de cualquier eventualidad, proceda de la manera más eficiente posible, los cuales están disponibles en manuales de procedimientos de la división, tema que no fue abordado para no hacer más extenso el presente trabajo de título.

Otro aspecto importante, es que el personal involucrado sea instruido en las pruebas a realizar, las etapas de las mismas, pasos a seguir, equipos y personal involucrado, tiempos de las mismas pruebas, se recomienda analizar las tareas designadas en la carta Gantt, de esta manera se podrá comprender de forma más clara las etapas del proyecto.

En el proceso de las pruebas se recomienda la inspección y mantención a los componentes principales para no provocar daños durante la operación en la etapa de pruebas, principalmente en la lubricación de componentes claves de la correa transportadora.

Aspecto clave es realizar un buen alineamiento de los componentes motrices de la correa, ya que el mayor tiempo perdido en estas pruebas, fue el daño del motor número 2 de la correa A7, que en este caso se pudo comprobar que fue un desperfecto de fábrica, pero que en otra condiciones, puede resultar del mal alineamiento del mismo con el reductor.

La mantención predictiva en estos sistemas, es la que se debe realizar para optimizar la operación, aspectos claves son realizar una buena mantención y cuidado a motores eléctricos, realizar seguimiento de temperaturas de funcionamiento de motores: devanados, descansos, rodamientos en VDF o a través de pirómetros; mantener un programa de análisis de aceites en reductores, también se deben respetar las capacidades de diseño, no sobre exigiendo al sistema, si se respetan estos puntos claves se lograrán buenos índices de disponibilidad de equipos.

Otro factor determinante, es mantener en buenas condiciones las áreas de transferencias, evitando el derrame de material, ya que uno de los mayores agentes dañinos a los polines, es el exceso de material y en los motores la sobre polución, para ello es importante el correcto funcionamiento de los aspersores de polvo.

Como conclusión final, se establece que el proyecto de “Puesta en Marcha Repotenciamiento Correas Transportadoras PDA fase I Codelco Chile División Andina” fue cumplida en su cabalidad, llegando a buen término y con los objetivos específicos logrados. Esto debido al trabajo realizado, conforme a las etapas de la recopilación de antecedentes e información obtenida en terreno , ya que el autor trabajó in situ en la presente etapa de puesta en marcha, y además poseía experiencia en mantención de correas transportadoras, en Minera Los Pelambres.

BIBLIOGRAFÍA

Manual General de Minería y Metalurgia. Editorial Portal Minero S.A. Santiago, Abril 2006.

Guía de Ingeniería en Operaciones Mineras. Editorial Portal Minero S.A. Santiago, Octubre 2005.

Manual PIRELLI - Diseño de cintas transportadoras. Editorial Pirelli. Mayo 2004

Manual de Operación y Servicio Correas . Thermo Electron Corporation. Febrero 2003

Fundamentos de Diseño de las Correas Transportadoras Phoenix. Empresa Phoenix. Hamburgo 2006

Manual de Repotenciamiento de Correas Codelco PDA Fase I. Empresa ThyssenKrupp Chile Ltda. Febrero 2010

THYSSENKRUPP INGENIERÍA CHILE “Descripción del Proyecto de repotenciamiento de correas transportadoras PDA Fase I” [en línea] [citado el 20 de Septiembre 2010]. Disponible en: < <http://www.tkic.cl/>>

CODELCO CHILE.“Información sobre Codelco”. [en línea]. [citado el 27 de Septiembre 2010]. Disponible en:< <http://www.codelco.cl/>>

ABB. “Información Técnica sobre motores eléctricos”. [en línea]. [citado el 04 de Diciembre]. Disponible en:< <http://www.abb.cl/>

ANEXOS

ANEXO A: VOCABULARIO RELACIONADO

ABRASIVIDAD DE LA ROCA: Es la capacidad de las rocas para desgastar la superficie de contacto de otro cuerpo más duro durante el proceso de rozamiento.

ACEITE: Lípido que resulta de la reacción de ácidos grasos saturados e insaturados (aquellos presentan enlaces dobles de carbono-carbono) y glicerol. Son líquidos.

ALINEAMIENTO: Acciones que se realizan para poder representar de mejor forma diferentes curvas de nivel, o zonas para una mejor medición.

BANCO: En la explotación a rajo abierto se hacen cortes escalonados en el yacimiento. En los cortes se ven dos caras descubiertas: una cara superior horizontal y una vertical lateral.

BERMA: Es la cara superior del banco. Se utiliza para el carguío y para la circulación de los camiones.

BOTADEROS: Son lugares especialmente destinados para recibir el material estéril de la mina a rajo abierto y los ripios que se obtienen al desarmar las pilas de lixiviación.

CAMIONES TOLVA: Son utilizados en minería para un cargamento superior a 300 toneladas. Estos equipos de grandes mediciones, son empleados en las minas de rajo abierto.

CARACTERÍSTICAS DEL COBRE: Alta conductividad eléctrica, alto grado de conductividad térmica, gran resistencia a la corrosión, alta capacidad de formar aleaciones metálicas. Muy buena capacidad de deformación en caliente y en frío por lo que se puede moldear en alambres y en planchas o láminas de cobre. Tiene propiedades bactericidas y se utiliza en la agricultura (caldo bordelés), en la mantención del agua de las piscinas (soluciones de sulfato de cobre), en el tratamiento de postes y maderas para la construcción.

CARGUÍO: Una de las etapas que forma parte del proceso de explotación a rajo abierto. Se refiere específicamente a la carga de material mineralizado del yacimiento. El carguío se realiza en las bermas de carguío, las que están especialmente diseñadas para esta actividad.

CÁTODO: Corresponde al polo por donde sale la corriente eléctrica. El cátodo tiene carga negativa y, por tanto, atrae a los cationes que son iones de carga positiva. En el caso de la electro refinación, los cátodos iniciales son delgadas láminas de cobre de alta pureza. En el caso de la electro obtención los cátodos pueden ser placas permanentes de plomo o de acero inoxidable.

CELDAS DE FLOTACIÓN: Son espacios cerrados donde se realiza la concentración del cobre mediante el burbujeo de aire en una solución. Las partículas de cobre que son hidrofóbicas se adhieren a las burbujas de aire y suben a la superficie desde donde rebasan a canaletas que se encuentran a los costados.

CHANCADO: Proceso mediante el cual se disminuye el tamaño de las rocas mineralizadas triturándolas en chancadoras y molinos. El material extraído pasa por tres tipos de chancadoras (chancador primario, secundario y terciario) hasta llegar a tamaños de menos de ½ pulgada.

CHANCADOR DE MANDÍBULAS: Es un chancador que tiene dos superficies casi verticales que se llaman muelas y funcionan como una mandíbula. Una de las muelas es móvil y la otra es fija. Cuando la muela móvil se aleja de la muela fija, caen piedras y cuando se acerca a la muela fija las tritura.

CHANCADOR PRIMARIO: Es la maquinaria que realiza el primer proceso de chancado del material. Éste puede ser un chancador giratorio, el que está formado por una superficie fija y una superficie móvil, ambas con la forma de un cono invertido. La superficie móvil gira con un movimiento excéntrico en un eje de rotación diferente al de la pieza fija y, por tanto, las rocas son trituradas cuando las dos superficies se encuentran.

CINTA TRANSPORTADORA: Sistema de transporte del material sólido que se utiliza en distintas etapas del proceso productivo del cobre. El material de distintas granulometrías (tamaños) se recibe sobre una superficie móvil, sobre la cual se traslada desde un lugar a otro. Por ejemplo, en el proceso de chancado y molienda se usan cintas transportadoras de diferentes capacidades y características.

COBRE DE ALTA PUREZA: Tiene una alta conductividad eléctrica y se utiliza en la fabricación de conductores eléctricos, especialmente en conductores de diámetros pequeños.

COBRE: Es un metal anaranjado brillante, rojizo, notable por un conjunto de propiedades que lo hacen extraordinariamente útil y conveniente para una diversidad de usos. El nombre cobre viene de la isla de Chipre, donde se encontraba una de las minas más antiguas de este metal.

CODELCO CHILE: Corporación Nacional del Cobre de Chile. Es una empresa del Estado, creada con el decreto Ley 1.349 y 1.350 (D. Of. del 1 de abril de 1976). Es una corporación minera, industrial y comercial, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

CONCENTRADO DE COBRE: Pulpa espesa obtenida de la flotación, en la que se encuentra una mezcla de sulfuro de cobre, fierro y una serie de sales de otros metales. Su proporción depende de la mineralogía de la mina.

DECANTACIÓN: En esta etapa del proceso productivo del cobre se reduce el agua del concentrado de cobre que viene de la flotación. Esto se realiza en los espesadores, que son piscinas circulares, donde se reúne el material que viene de las celdas de flotación.

ESCORIA: La escoria que se separa en el proceso de fusión en el horno de reverbero, contiene de 8 a 10 % de cobre, fierro (Fe) y bióxido de silicio (SiO₂).

ESTÉRIL: Se refiere al material que no tiene cobre.

ETIMOLOGÍA: Parte de la gramática que estudia el origen de las palabras, su razón de existir, su significado y su forma.

EXTRACCIÓN POR SOLVENTE: este proceso se realiza en la línea de explotación de óxidos. Mediante la extracción por solventes se eliminan las impurezas que se disuelven junto con el cobre en la lixiviación. Para esto se agrega un reactivo que selecciona el cobre, dejando el fierro, aluminio, manganeso y otros en la solución.

Luego, mediante una solución ácida se realiza el proceso de concentración de cobre en la solución.

FILTRACIÓN Y SECADO: cuando el concentrado sale de los espesadores, contiene entre un 50 y un 12 % de humedad. Para llevarlo a la etapa de fundición es necesario secarlo y, para ello, se utilizan filtros y un proceso de secado a fuego directo.

FLOTACIÓN: Procedimiento que permite concentrar el cobre de la pulpa de material mineralizado que viene del proceso de molienda. En las celdas de flotación se hace burbujear oxígeno desde el fondo de manera que las partículas de cobre presentes en la pulpa se adhieren a las burbujas de aire y así suben con ellas y se acumulan en una espuma. La espuma rebasa hacia canaletas que bordean las celdas y que lo llevan al proceso de decantación.

FUNDICIÓN: El proceso de fundición va desde la recepción y clasificación del concentrado de cobre, hasta la producción de ánodos de 99,6 a 99,7 %. El principal objetivo de la fundición es separar en el concentrado de cobre otros minerales e impurezas. Para esto el concentrado de cobre se funde en hornos de reverbero desde donde se obtiene la escoria y el eje (o mata) que contiene 45 a 48 % de cobre. El eje o mata es llevado a los hornos convertidores donde se separa el azufre y el fierro obteniéndose metal blanco que contiene 70 a 75 % de cobre. El metal blanco es llevado a un proceso de conversión desde donde se obtiene el cobre blíster que tiene un 96 % de cobre. Este cobre es llevado al proceso de pirorefinación donde se obtiene el cobre anódico que contiene 96,6 a 96,7 % de cobre.

FUSIÓN: Cambio de estado de la materia, en la que una sustancia pasa del estado sólido al estado líquido.

GEOLOGÍA: Parte de las ciencias naturales que estudia las características físicas de la tierra; su forma, constitución y origen. La geología abarca una serie de ciencias como son la mineralogía, cristalografía, petrografía, morfología, geodinámica, entre otras.

GEÓLOGO: Profesional que se dedica al trabajo geológico.

GEOMETALURGIA: Es la aplicación de las características de las rocas mineralizadas para facilitar los procesos de la metalurgia y extraer los metales que contienen.

GRANULOMETRÍA: Se refiere al tamaño de los granos que forman la mezcla.

HUNDIMIENTO POR BLOQUES: Este sistema se utiliza en la explotación de minas subterráneas. Consiste en quebrar un bloque de material mineralizado mediante el uso de explosivos. De esta forma, el bloque resquebrajado se desprende en forma de rocas de diferentes tamaños, las que caen y van pasando por distintos niveles, a través de piques o galerías verticales, hasta llegar al nivel de transporte desde donde son llevadas al proceso de chancado.

INTRUSIVO: Corresponde a una masa de rocas ígneas, es decir, rocas volcánicas fundidas que fueron empujando desde el magma de la Tierra hacia arriba, solidificándose a 30 mil o 40 mil km bajo la superficie terrestre. Se estima este proceso ocurrió hace 5.000 millones de años.

LEY DE COBRE: Es el porcentaje de cobre que encierra una determinada muestra. Cuando se habla de una ley del 1% significa que en cada 100 kilogramos de roca mineralizada hay 1 kilogramo de cobre puro.

LEY DE MINERAL: Se refiere a la concentración de oro, plata, cobre, estaño, etc., presente en las rocas y en el material mineralizado de un yacimiento.

LÍNEA DE LOS ÓXIDOS: Son los procesos y procedimientos que se aplican para obtener cobre de los minerales oxidados. Los minerales oxidados de cobre se encuentran sobre la corteza o muy cerca de ella y son fácilmente atacables por las soluciones ácidas. Por eso es que la línea de los óxidos incluye el proceso de lixiviación y no el de fundición. La línea de los óxidos incluye los procesos de extracción, chancado, molienda, lixiviación y electro obtención.

LÍNEA DE LOS SÚLFUROS: Conjunto de procesos y procedimientos que se aplican para extraer el cobre a partir de los minerales sulfurados. En este tipo de roca, el cobre se encuentra en combinación con azufre y otros metales. La línea de los sulfuros consiste en: extracción, chancado, molienda, flotación, secado, fundición y electro refinación.

LITÓSFERA: Parte sólida de la corteza terrestre constituida por los minerales y rocas (sílice, silicatos y carbonatos). En ella que se encuentran las placas litosféricas Africana, Euroasiática, Antártica, Americana, Pacífica e Indoaustraliana.

MAGMA: Está formado por rocas fundidas que se encuentran bajo la corteza terrestre. El magma no se genera en el centro de la Tierra, sino, más bien, muy cerca de la superficie (en relación al radio del globo terrestre), en una zona profunda donde la temperatura estimada es de 1.300 °C, cuya profundidad se puede calcular utilizando el gradiente geotérmico. La viscosidad que posee el magma depende de su composición química y aumenta de acuerdo con el contenido de sílice.

MAGNETITA: Mineral negro muy pesado, cuya fórmula química es Fe_3O_4 , que se obtiene en el proceso de fusión conversión.

MALEABILIDAD: Característica de los metales que permite la obtención de láminas muy delgadas. Con el calor aumenta la maleabilidad. Los metales más maleables, en orden de mayor a menor maleabilidad, son los siguientes: oro, plata, platino, cobre, estaño, plomo, cinc, hierro, níquel.

MASA: Es la cantidad de materia que tiene un cuerpo. La masa se expresa en unidades referidas al gramo (g) y sus múltiplos.

MATERIA: Todo aquello que tiene masa y ocupa un lugar en el espacio.

MATRICES: Moldes en los que se funden, cortan o estampan cualquier objeto de metal para reproducirlo en forma idéntica.

METAL BLANCO: Se refiere al metal que sale del Convertidor Teniente de un proceso de fusión conversión que contiene 70 a 75 % de cobre. El cobre del metal blanco se encuentra en forma de sulfuro de cobre (Cu₂S), lo que le da el aspecto blanquecino.

METAL: Sustancia que tiene un lustre específico y que es buen conductor del calor y de la electricidad y que se puede golpear y moldear en varias formas.

METALURGIA EXTRACTIVA: Se refiere al arte y la ciencia de adaptar los metales extraídos desde sus menas para ser utilizados por el ser humano.

MEZCLA: Dos o más compuestos que están unidos físicamente pero que no químicamente, por eso los componentes de la mezcla pueden ser separados mediante métodos físicos.

MEZCLA HETEROGÉNEA: Mezcla en la que se distinguen sus componentes a simple vista.

MEZCLA HOMOGÉNEA: En este tipo de mezclas los componentes no pueden distinguirse a simple vista, es decir, se observa una sola fase física.

MICRÓN: Corresponde a la milésima parte de un milímetro.

MINAS A RAJO ABIERTO: Estas minas se explotan en la superficie utilizando una línea de explosivos. Luego de la tronadura, que remueve el material mineralizado, se realiza el carguío en camiones o en cintas transportadoras, usando cargadores frontales o

palas mecánicas, que lo llevan hasta la Planta de Chancado para iniciar el proceso de concentración.

MINAS SUBTERRÁNEAS: Son las minas cuya explotación se realiza bajo tierra. En estas minas, el sistema de explotación que se utiliza para extraer las rocas, es el de hundimientos por bloques.

MINERAL DE GANGA: Es el mineral que acompaña al cobre.

MINERAL OXIDADO: Se refiere a los óxidos de cobre, que es una de las formas en la que se encuentra el cobre en la naturaleza.

MINERAL PRIMARIO: Rocas formadas a gran profundidad en la corteza terrestre y en condiciones de altas temperaturas

MINERAL SECUNDARIO: Se origina por la oxidación y/o disolución de los minerales primarios (pirita, calcopirita, anhidrita) contenidos en las rocas, lo que produce un aumento de la porosidad y una transformación de los minerales a minerales más blandos.

MINERAL SULFURADO DE COBRE: Se refiere a un mineral que tiene cobre en forma de sulfuros.

MINERALES DE COBRE: Los minerales de cobre pueden ser minerales sulfurados (o sulfuros) y minerales oxidados (u óxidos).

MODELO DE BLOQUES: La evaluación de recursos está basada en modelos de bloques, los cuales son creados a partir de la información real. Estos modelos consisten en una gran agrupación de bloques con forma de un paralelepípedo de rumbo definido por el evaluador. El tamaño del bloque es un tema muy discutido, señalándose hasta ahora que su dimensión está supeditada a condiciones operativas, y la densidad de sondajes.

MOLIENDA: Proceso mediante el cual se reduce el tamaño del material mineralizado a menos de 0,2 milímetros, de manera que sea adecuado para la flotación. Al material mineralizado que viene de la planta de chancado se le agrega agua y algunos reactivos y se lleva a los molinos de barra y de bolas. Los molinos giran y las barras o bolas muelen el material.

MOLINO DE BARRAS: Son molinos de máquinas cilíndricas que tienen en su interior barras de acero que cuando el molino gira caen sobre el material. Los molinos de barras realizan la molienda fina, que es la última etapa de molienda en la que el material que se entrega pasa por un tamiz de malla de 1 mm² de sección.

MOLINO DE BOLAS: Cilindro metálico cuyas paredes están reforzadas con material fabricado en aleaciones de acero al manganeso. Estas molduras van empernadas al casco del molino y se sustituyen cuando se gastan. El molino gira y la molienda se realiza por efecto de la bolas de acero al cromo o manganeso que, al girar con el molino, son retenidas por las ondulaciones de las molduras a una altura determinada, desde donde caen pulverizando por efecto del impacto el material mineralizado mezclado con agua.

MOLINO SAG (SEMIAUTÓGENO): este es un molino de gran capacidad que recibe material directamente del chancador primario. El molino tiene en su interior bolas de acero de manera que, cuando el molino gira, el material cae y se va moliendo por efecto del impacto. La mayor parte del material que sale de este molino pasa a la etapa de flotación para obtener el concentrado de cobre y una menor proporción vuelve a la molienda en el molino de bolas.

OBJETO TECNOLÓGICO: Cualquier objeto creado o intervenido por las personas para satisfacer una necesidad tecnológica, estética, alimenticia, de producción, etc.

ÓXIDOS: Se refiere a los minerales oxidados de cobre entre los que se pueden mencionar la cuprita, atacamita, antherita, brochantita y la crisocola. Los minerales oxidados de cobre tienen su origen en la descomposición y oxidación de los minerales sulfurados. Fueron los primeros yacimientos cupríferos que se explotaron.

PIQUES: Son los túneles verticales que comunican los niveles de hundimiento con los de producción y de transporte al interior de la mina subterránea.

POLIFUNCIONAL: Es una característica de los trabajadores de la mina. Los operarios polifuncionales están capacitados y aptos para asumir responsabilidades, trabajos y manejo de todos los equipos y herramientas que se requieren en cualquier parte del proceso extractivo del cobre.

PÓRFIDO: Tipo de yacimiento que se forma a grandes profundidades en la corteza terrestre (entre 2.000 a 5.000 metros), en las bases de un sistema volcánico activo.

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ÓXIDOS: Las etapas del proceso de producción de óxidos son: extracción, chancado, lixiviación y electro obtención.

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS SULFUROS: Las etapas del proceso de producción de los sulfuros son: extracción, chancado, concentración, fundición y electro refinación.

PROCESO FÍSICO QUÍMICO: Es un proceso en el cual ocurren cambios físicos y químicos, los que están íntimamente relacionados con las propiedades físicas y químicas de las moléculas. En el caso de la flotación, las características y propiedades físicas del cobre permiten que éste sea atraído hacia las burbujas de aire.

El cambio químico dice relación con el hecho de que el cobre se separa de los otros minerales que lo acompañan, dejando de formar parte del compuesto en el que estaba.

PROCESO PRODUCTIVO DEL COBRE: Incluye la línea de producción de los óxidos y de la de los sulfuros, cada una de las cuales tiene por resultado la producción de cátodos de cobre de alta pureza.

PROPIEDADES METALÚRGICAS: Son las propiedad dadas por los constituyentes estructurales y mecánicos de una pieza.

PUNTO DE EBULLICIÓN: Es la temperatura a la cual una sustancia pasa de estado líquido a estado gaseoso. El punto de ebullición es una propiedad específica de cada sustancia. El punto de ebullición del cobre es 2.582 °C.

PUNTO DE FUSIÓN: Es la temperatura a la cual una sustancia pasa de estado sólido a estado líquido. El punto de fusión es una propiedad específica de cada sustancia. El punto de fusión del cobre es 1.083 °C.

PULGADA: 1 pulgada es equivalente a 2,54 cm. Por tanto, las rocas que entran al chancador tienen un tamaño entre 50 a 70 cm.

RIPIOS: Se refiere a todo el material que no tiene cobre y que constituye un desecho.

SÍMBOLO QUÍMICO: Abreviación que representa lo elementos químicos. Por ejemplo, el símbolo químico del cobre es Cu. Los símbolos químicos se utilizan al escribir fórmulas químicas.

SOLUCIÓN: Mezcla homogénea en la que una o más sustancias (soluto) se encuentran disueltas en un solvente.

SOLUCIÓN ELECTROLÍTICA: Es una solución que, al someterse a electrólisis, sus componentes se pueden separar en cargas eléctricas opuestas.

SOLUTO: Es la sustancia que se ha disuelto en un solvente.

SOLVENTE: Sustancia que puede disolver a otra para formar una mezcla homogénea, llamada disolución o solución.

SONDEOS Y TESTIGOS DE SONDAJES: Son muestras de rocas que permanecen como testimonio de la exploración.

SONDAJES: Perforaciones de pequeño diámetro y gran longitud que se efectúan para alcanzar zonas inaccesibles desde la superficie o laboreos mineros. Los sondeos permiten obtener muestras de dichas zonas a profundidades de hasta 1.200 m para ser estudiadas y analizadas por geólogos.

SUBNIVEL: Es un sistema horizontal de trabajos subterráneos, normalmente, los subniveles son usados solamente dentro de áreas de arranque cuando ellos son requeridos para la producción.

SULFUROS: Minerales sulfurados de cobre entre los que se pueden mencionar la calcopirita, covelina, bornita, energita y calcocita. Los minerales sulfurados son frecuentemente mezclas complejas de sulfuros de cobre y fierro, combinados con compuestos de otros metales (cinc, arsénico, antimonio, bismuto, telurio, plata y oro).

SULFATO DE COBRE: El ácido sulfúrico forma sales que se llaman sulfatos, los que en su mayoría son solubles. El sulfato de cobre es la sal que forma el ácido sulfúrico con el cobre. Este sulfato tiene efectos bactericidas por la presencia de cobre.

SUSTANCIAS PURAS: Las sustancias puras tienen una estructura química definida que no cambia. Por ejemplo, el agua está formada por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. Si bien tiene átomos diferentes, el agua pura tiene siempre esta misma estructura y los mismos átomos.

TALUD: En la mina a rajo abierto los bancos se van sucediendo unos a otros en un plano inclinado que es el talud. El ángulo del talud que se le da a la mina se determina según las características de la roca (estructura y resistencia), estudios sísmicos y considerando las condiciones hidrológicas del lugar (lluvias, presencia de ríos y lagunas).

TIPOS DE MINAS: Existen tres tipos de minas clasificadas por el sistema de explotación: explotación a rajo abierto, explotación subterránea y minas de explotación mixta, que son aquéllas que incluyen ambos sistemas de explotación a la vez, como es el caso de la División Andina.

TRANQUE DE RELAVE: El agua que se ha utilizado en el proceso de concentración de cobre y, en general, en todo el proceso productivo, no puede ser vertida a las corrientes naturales porque tiene contaminantes. Esta agua industrial se lleva a los tranques de relave donde lentamente los contaminantes se van depositando en el fondo y el agua se va limpiando, hasta hacerla utilizable por los seres vivos.

TRANSPORTE EN EL RAJO: El transporte en el rajo se realiza por las bermas especialmente acondicionadas para ello, las que tienen 25 metros de ancho, de manera que permiten el cruce de los camiones.

TRITURADOR: Es un equipo de molienda que se utiliza entre el proceso de chancado y de la molienda fina. En estos casos se usa un chancador de cono que usa el mismo principio del chancador giratorio.




TRONADURA: La tronadura es el estallido de los explosivos que se han ubicado en los bancos con el fin de remover una cantidad importante de material. Esta etapa de la extracción de material mineralizado se realiza en las explotaciones a rajo abierto.

VOLCANES: El magma sube a la superficie de la tierra debido a la presión que ejerce el gas que contiene y gracias a las fisuras que existen en la corteza. Bajo los grandes volcanes, a una profundidad de 10 a 70 km, existe un reservorio magmático o cámara de magma, donde éste llega a una velocidad de 0,5 a 2 km/día y se almacena por un tiempo, a veces muchos años, antes de que se desencadene la erupción.

VOLUMEN: Es el espacio que ocupa un cuerpo. El volumen se expresa en unidades referidas a 1 litro.

YACIMIENTO: Lugar físico en el que se encuentra una zona natural mineralizada. Los yacimientos pueden ser de fisura, de veta a manto o pórfidos.

ANEXO B: TORQUE PERNOS UTILIZADOS EN CORREA

Tabla de valores de torque para tornillos y pernos de estándar americano (para hilos gruesos)										
Tamaño nominal de pernos	Hilos gruesos	Tuerca estándar plana hexagonal	Tuerca pesada plana hexagonal	Perno cabeza hueca tipo allen	SAE Grado 5 ASTM 325		SAE Grado 8 ASTM 490		ASTM 574	
										
					Rendimiento de 120,000 psi		Rendimiento de 150,000 psi		Rendimiento de 170,000 psi	
					Pernos med. de cabeza hex. de acero al carbono, termotratarados		Pernos med. de cabeza hex. de acero al carbono de aleación		Pernos med. de cabeza hex. de acero al carbono de aleación	
Pulgada	Por pulgada	Pulgada	Pulgada	Pulgada	Lbs-pies	N-m	Lbs-pies	N-m	Lbs-pies	N-m
1/4	20	7/16	1/2	3/16	9	12	12	16	16	21
5/16	18	1/2	9/16	1/4	18	24	25	34	32	44
3/8	16	9/16	5/8	5/16	31	42	44	60	58	78
7/16	14	5/8	3/4	3/8	50	68	71	96	92	125
1/2	13	3/4	7/8	3/8	76	103	108	146	141	191
9/16	12	13/16	15/16	1/2	110	149	155	210	185	251
5/8	11	15/16	1-1/16	1/2	152	206	214	290	255	346
3/4	10	1-1/8	1-1/4	5/8	269	365	380	516	454	615
7/8	9	1-5/16	1-7/16	3/4	434	588	613	831	731	991
1	8	1-1/2	1-5/8	3/4	650	882	919	1246	1095	1485
1-1/8	7	1-11/16	1-13/16	7/8	811	1100	1302	1766	1553	2105
1-1/4	7	1-7/8	2	7/8	1145	1552	1837	2491	2191	2970
1-3/8	6	2-1/16	2-3/16	1	1501	2035	2408	3265	2872	3893
1-1/2	6	2-1/4	2-3/8	1	1992	2701	3197	4334	3812	5168
1-3/4	5	2-5/8	2-3/4	1-1/4	3141	4259	5041	6835	6011	8150
2	4.5	3	3-1/8	1-1/2	4722	6402	7578	10274	9035	12250
2-1/4	4.5	—	3-1/2	1-3/4	6905	9362	11083	15026	13214	17916
2-1/2	4	—	3-7/8	1-3/4	9447	12809	15162	20557	18078	24511
2-3/4	4	—	4-1/4	2	12822	17385	20579	27901	24536	33267
3	4	—	4-5/8	2-1/4	16918	22937	27152	36813	32373	43892
3-1/4	4	—	5	2-1/4	21803	29560	34992	47442	41721	56566
3-1/2	4	—	5-3/8	2-3/4	27547	37349	44211	59942	52713	71470
3-3/4	4	—	5-3/4	2-3/4	34220	46396	54921	74464	65483	88783
4	4	—	6-1/8	3	41892	56798	67234	91158	80164	108688

ANEXO C: TABLA DE TORQUE (LBF-FT) DE LAS SERIES MXT
RELACIONADAS CON LA CAPACIDAD

psi	HY-1MXT	HY-3MXT	HY-5MXT	HY-10MXT	HY-20MXT	HY-50MXT
1 500	200	480	835	1 755	2 960	7 875
1 600	214	512	890	1 864	3 160	8 400
1 800	242	576	1 000	2 082	3 555	9 450
2 000	270	640	1 110	2 300	3 950	10 500
2 200	298	704	1 222	2 526	4 345	11 550
2 400	326	768	1 334	2 752	4 740	12 600
2 600	354	832	1 446	2 978	5 135	13 650
2 800	382	896	1 558	3 204	5 530	14 700
3 000	410	960	1 670	3 430	5 930	15 750
3 200	438	1 024	1 782	3 656	6 325	16 800
3 400	466	1 088	1 894	3 882	6 720	17 850
3 600	494	1 152	2 006	4 108	7 115	18 900
3 800	522	1 116	2 118	4 334	7 510	19 950
4 000	550	1 280	2 230	4 560	7 905	21 000
4 200	578	1 346	2 342	4 792	8 300	22 050
4 400	606	1 412	2 454	5 024	8 695	23 100
4 600	634	1 478	2 565	5 256	9 090	24 150
4 800	662	1 544	2 678	5 488	9 485	25 200
5 000	690	1 610	2 790	5 720	9 880	26 250
5 200	718	1 674	2 902	5 948	10 275	27 300
5 400	746	1 738	3 014	6 176	10 670	28 350
5 600	774	1 802	3 126	6 404	11 065	29 400
5 800	802	1 866	3 238	6 632	11 460	30 450
6 000	830	1 930	3 350	6 860	11 860	31 500
6 200	858	1 994	3 462	7 094	12 250	32 550
6 400	886	2 058	3 574	7 328	12 645	33 600
6 600	914	2 122	3 686	7 562	13 040	34 650
6 800	942	2 186	3 798	7 796	13 435	35 700
7 000	970	2 250	3 910	8 030	13 830	36 750
7 200	998	2 316	4 022	8 264	14 225	37 800
7 400	1 026	2 382	4 134	8 498	14 620	38 850
7 600	1 054	2 448	4 246	8 732	15 020	39 900
7 800	1 082	2 514	4 358	8 966	15 415	40 950
8 000	1 110	2 580	4 470	9 200	15 810	42 000
8 200	1 138	2 646	4 582	9 432	16 200	43 050
8 400	1 166	2 712	4 694	9 664	16 600	44 100
8 600	1 194	2 778	4 806	9 896	16 995	45 150
8 800	1 222	2 844	4 918	10 128	17 390	46 200
9 000	1 250	2 910	5 030	10 360	17 785	47 250
9 200	1 278	2 974	5 142	10 592	18 180	48 300
9 400	1 306	3 038	5 254	10 824	18 575	49 350
9 600	1 334	3 102	5 366	11 056	18 970	50 400
9 800	1 362	3 166	5 478	11 288	19 365	51 450
10 000	1 390	3 230	5 590	11 520	19 760	52 500

ANEXO D: CARACTERISTICAS ACEITE MOBILGEAR REDUCTORES



Mobilgear XMP

Aceites para engranajes industriales de muy alto rendimiento

Descripción de producto

La serie Mobilgear XMP son aceites para engranajes industriales de alto rendimiento diseñados para proporcionar una óptima protección al equipo bajo condiciones extremas de operación. Los Mobilgear XMP están basados en aceites base minerales de alta calidad y un avanzado sistema de aditivos diseñado para proporcionar una excelente protección contra los modos convencionales de desgaste como el rayado, pero también ofrece un alto nivel de resistencia al "micropitting". La serie de productos Mobilgear XMP ofrece una insuperable protección contra la corrosión y la herrumbre en comparación con los aceites convencionales de engranajes, incluyendo protección frente al agua de mar y agua acidificada. No presentan tendencia a bloquear los filtros finos, incluso cuando hay humedad, y poseen compatibilidad excelente con los metales férricos y no-férricos, incluso a altas temperaturas. Los lubricantes Mobilgear XMP están recomendados para engranajes industriales cerrados incluyendo engranajes rectos, helicoidales y cónicos de acero. Están especialmente recomendados para aplicaciones susceptibles al "micropitting": cajas de engranajes altamente cargadas. También pueden usarse en aplicaciones donde la corrosión puede ser severa. Gracias a su mezcla única de propiedades, a su rendimiento en aplicaciones duras y su resistencia al desgaste por "micropitting", la serie de productos Mobilgear XMP disfruta de una reputación creciente entre los clientes y fabricantes de equipos en el mundo entero.

Propiedades y Beneficios

La marca Mobilgear de lubricantes está reconocida y apreciada en el mundo entero por su innovación y su insuperable rendimiento. Un factor clave en el desarrollo de la serie Mobilgear XMP ha sido el continuo contacto entre nuestros científicos y especialistas de aplicaciones junto con los principales fabricantes de equipos para asegurar que nuestros productos van a ofrecer un rendimiento excepcional en los diseños y operaciones de engranajes industriales que evolucionan rápidamente. Nuestro trabajo con los fabricantes de equipos ha ayudado a confirmar los resultados de nuestros ensayos de laboratorios, los cuales muestran el excepcional rendimiento de los lubricantes Mobilgear XMP. Este trabajo de cooperación también demuestra los beneficios de rendimiento de la nueva tecnología de los Mobilgear XMP, incluyendo un amplio rango de temperaturas de aplicación. Para conseguir sus propiedades frente al desgaste del engranaje debido al "micropitting", nuestros científicos de formulación han diseñado una combinación de aditivos especial para resistir frente a los mecanismos tradicionales de desgaste así como para proteger los engranajes frente al "micropitting". Los Mobilgear XMP ofrecen los siguientes beneficios:

Propiedades	Ventajas y Beneficios potenciales
Óptima protección contra el desgaste causado por el "micropitting" así como alta resistencia al tradicional desgaste por rayado	Vida más larga de los engranajes y cojinetes en engranajes cerrados bajo condiciones de peso, velocidad y temperatura extremos Reducción de las paradas inesperadas y menos mantenimiento- especialmente en cajas de engranajes con accesos difíciles
Muy buena resistencia a la degradación a altas temperaturas	Aceite más duradero e intervalos de cambio más largos por lo que reduce el consumo de aceite y los costos de mano de obra



Propiedades	Ventajas y Beneficios potenciales
Excelente resistencia a la herrumbre y a la corrosión y muy buena demulsividad	Operación suave y libre de problemas a altas temperaturas o en aplicaciones contaminadas con agua
No bloquean los filtros, incluso en presencia de agua	Excelente compatibilidad con metales blandos Menos cambio de filtros y menos costos de mantenimiento

Aplicaciones

La serie Mobilgear XMP son lubricantes para engranajes industriales de rendimiento muy alto, diseñados para proporcionar la protección óptima del equipo y la vida del aceite, incluso en condiciones extremas. Están especialmente formulados para resistir el "micropitting" en los engranajes modernos y en aplicaciones donde se desea una vida más larga del aceite. Aplicaciones típicas incluyen:

- Aerogeneradores
- Cajas de engranajes de extrusoras de plástico
- Cajas de engranajes encontradas en las industrias del papel, acero, aceite, textil, madera y cemento

Especificaciones y Aprobaciones

Mobilgear XMP cumple o excede las siguientes especificaciones	Mobilgear XMP 68	Mobilgear XMP 100	Mobilgear XMP 150	Mobilgear XMP 220	Mobilgear XMP 320	Mobilgear XMP 460	Mobilgear XMP 680
Cumple DIN 51517 Parte 3 (CLP)	X	X	X	X	X	X	X
Cumple ISO 12925-1, Tipo CKD	X	X	X	X	X	X	-
Cumple AGMA 9005-D94 EP (en el grado de viscosidad apropiado)	-	-	-	X	X	X	-

Mobilgear XMP posee las siguientes aprobaciones	Mobilgear XMP 68	Mobilgear XMP 100	Mobilgear XMP 150	Mobilgear XMP 220	Mobilgear XMP 320	Mobilgear XMP 460	Mobilgear XMP 680
Hansen	-	X	X	X	X	X	-
David Brown	X	X	X	X	X	X	X
Flender	-	X	X	X	X	X	X
Jahnel-Kestermann	-	X	X	X	X	X	X

Características típicas

	Mobilgear XMP 68	Mobilgear XMP 100	Mobilgear XMP 150	Mobilgear XMP 220	Mobilgear XMP 320	Mobilgear XMP 460	Mobilgear XMP 680
Grado de viscosidad ISO	68	100	150	220	320	460	680
Viscosidad, ASTM D 445							
cSt @ 40°C	68	100	150	220	320	460	680
cSt @ 100°C	8.6	11.1	14.6	18.8	24.1	30.6	36.9



	Mobilgear XMP 68	Mobilgear XMP 100	Mobilgear XMP 150	Mobilgear XMP 220	Mobilgear XMP 320	Mobilgear XMP 460	Mobilgear XMP 680
Índice de viscosidad, ASTM D 2270	96	96	96	96	96	96	89
Punto de congelación, °C, ASTM D 97	-27	-27	-27	-24	-18	-12	-9
Punto de inflamación, °C, ASTM D 92	250	250	258	272	268	270	272
Densidad @15.6 °C, ASTM D 4052, kg/l, kg/l	0.887	0.890	0.896	0.900	0.903	0.909	0.917
FZG Micropitting, FVA Proc No. 54,							
Etapas de fallo	--	--	--	10+	10+	10+	10+
GFT-Clase	--	--	--	Alto	Alto	Alto	Alto
FZG Rayado, DIN 51534 (mod)							
A/16.6/90, Etapas de fallo	12	12	12	13+	14	14+	14+
A/8.3/90, Etapas de fallo	12+	12+	12+	13+	14	14+	14+
Ensayo EP de las 4-Bolas, ASTM D 2783, Carga de soldadura, kg Índice de desgaste por carga, kgf	250 , 45	250 , 45	250 , 45	250 , 45	250 , 45	250 , 45	250 , 45
Protección contra la corrosión, ASTM D 665,	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Corrosión al cobre, ASTM D 130,3 hrs @ 100°C	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B
Separación del agua, ASTM D 1401, Tiempo a 40/37/3 a 820C, minutos	10	10	10	10	10	10	10
Ensayo de espuma, ASTM D 892, Seq I	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Tendencia/Estabilidad, ml/ml							

Seguridad e Higiene

Basado en información disponible, no es de esperar que este producto cause efectos adversos en la salud mientras se utilice en las aplicaciones a las que está destinado y se sigan las recomendaciones de la Ficha de Datos de Seguridad (FDS). Las Fichas de Datos de Seguridad están disponibles a través del Centro de Atención al Cliente. Este producto no debe utilizarse para otros propósitos distintos a los recomendados. Al deshacerse del producto usado, tenga cuidado para así proteger el medio ambiente.

El logotipo de Mobil y el diseño del Pegasus son marcas registradas por ExxonMobil Corporation, o una de sus afiliadas.

REDUCTORES
Technical Data Sheet

Shell Omala Oil F

Aceite de calidad premium para engranajes industriales

El aceite Shell Omala F es un lubricante de extrema presión de calidad premium desarrollado para la lubricación de engranajes industriales sometidos a servicios severos. Su alta capacidad de carga y sus características antifricción se combinan para ofrecer un desempeño superior en engranajes y otras aplicaciones industriales. Están formulados con aceites básicos de alto índice de viscosidad y un exclusivo paquete de aditivos. Shell Omala F está formalmente aprobado por Flender AG.

Aplicaciones

- Cajas reductoras
- Reductores donde un aceite totalmente EP es requerido.
- Cojinetes.
- Sistemas por circulación y por salpicado. Shell Omala F no debe ser usado para engranajes automotores hipoidales. El adecuado Shell Spirax debe usarse en esa aplicación.

Características Principales

- **Excelente capacidad de carga y características anti-fricción**
Reduce el desgaste en los dientes de los engranajes tanto de acero como de bronce.
- **Excelente estabilidad térmica y a la oxidación**
Soporta alta carga térmica y resiste a la formación de barro y otros productos de oxidación peligrosos. De larga vida, aún con temperaturas de hasta 100°C en ciertas aplicaciones.
- **Efectiva inhibición contra la corrosión**
Protege componentes tanto de bronce como de acero, aún en presencia de agua y sólidos.
- **Sin plomo**
Reduce riesgos a la salud.
- **Amplio rango de viscosidades**
Cubre las más variadas aplicaciones industriales.

- **Resiste el micro-pitting**

Por su exclusiva formulación reduce el efecto conocido como micro-pitting disminuyendo el riesgo de falla prematura.

- **Propiedades de desplazamiento de agua**

El aceite Shell Omala F tiene excelentes propiedades de separación de agua. El exceso de la misma puede ser drenado fácilmente de los sistemas de lubricación. El agua puede acelerar en gran medida la fatiga en la superficie de los engranajes así como también promover corrosión ferrosa en superficies internas. La contaminación con agua debe ser evitada o removida tan rápido como sea posible después de su ocurrencia.

- **Capacidad de carga**

La capacidad de carga del aceite Shell Omala F, de acuerdo a lo determinado en ensayos de laboratorio, es significativamente mejor que en los lubricantes con aditivos de plomo. Se reduce el desgaste en los dientes de los engranajes, particularmente bajo condiciones de alta carga. Resultados típicos para un Shell Omala F 220 son:

Propiedades de extrema presión Timken OK, carga en lbs (IP 240 / ASTM D 2782)	min. 60
Ensayo de cuatro bolas Carga de soldadura, kg (IP 239/79 / ASTM D 2783)	250 min
Capacidad de carga Etapa de carga de falla FZG A/8.3/90 FZG A/16.6/90 (IP 334)	>12

Nivel de Performance

Shell Omala F esta aprobado contra los requerimientos de Flender AG del 22/1/96, los cuales incluyen:

- Suficiente estabilidad frente a la oxidación por un periodo de servicio de 10.000 horas o dos años a 80°C.
- Un valor de etapa de falla de 12 en el ensayo FZG de doble velocidad (DIN 51354 parte 2).
- Pasa la etapa 10 a 90°C del ensayo FVA-54/II de micro-pitting (manchado gris).

Además:

- Es compatible con pinturas internas de cajas de engranajes.
- Es compatible con sellos sólidos.
- Es compatible con sellos líquidos.
- Cumple con el ensayo de espuma de Flender.

Indicaciones de Aplicación

- **Capacidad de los calentadores**

La capacidad de los calentadores usados para calentar el aceite no deben exceder los 11,5 KJ/m² (7,5 W/in²).

● Procedimientos de cambio

Se recomiendan las siguientes precauciones al cambiar el aceite:

Como principio general, el aceite usado debe ser renovado totalmente.

En cajas reductoras: drene la caja completamente e inspeccione internamente. Remueva manualmente barro y otros depósitos. Lave con el nuevo aceite. Drene y vuelva a llenar con Shell Omala F.

Sistemas de engranajes: drene el aceite usado. Agregue una cantidad mínima de Shell Omala F para mantener la circulación en el sistema, tanto como sea posible, para lavar todas las cañerías y puntos de difícil acceso. En lo posible, use aceite caliente. Descarte dicha carga y después de una cuidadosa inspección del sistema, incluyendo filtros, drenajes y sumideros, rellene con la cantidad apropiada de Shell Omala F. Si el examen no es satisfactorio, repita el proceso.

Salud y Seguridad

El aceite Shell Omala F no presenta riesgo para la salud cuando es usado en las aplicaciones recomendadas y se observan los niveles adecuados de higiene personal e industrial. Para una información más detallada sobre higiene y seguridad, solicite la Hoja de Seguridad de Producto al Centro Técnico Shell.

Asesoramiento Técnico

Para aplicaciones no contenidas en esta publicación, consulte al Centro Técnico Shell.

Características Típicas

Shell Omala F	ISO VG 220	ISO VG 320	ISO VG 460
Viscosidad cinemática @ 40°C, cSt @ 100°C, cSt	220 19,4	320 25,0	460 30,8
Índice de viscosidad (VI)	100	100	97
Densidad a 15/4°C, g/cc	0,899	0,903	0,904
Punto de inflamación, COC, °C	199	202	204
Punto de escurrimiento, °C	-18	-15	-9

Los valores indicados son representativos de la producción actual y no constituyen una especificación. La producción del producto se realiza conforme a las especificaciones de Shell.

ANEXO F: CARACTERISTICAS GRASA SHELL ALVANIA EP

SHELL ALVANIA EP

DESCRIPCION

Shell Alvania EP es una grasa multipropósito con alta capacidad de carga, basada en aceites minerales y aditivos de extrema presión, que son espesados con jabones de hidroxilestearato de Litio.

CARACTERISTICAS

- Las grasas **Shell Alvania EP** tienen sobresaliente resistencia al trabajo mecánico prolongado, sin cambios significativos en su consistencia. Una pobre estabilidad mecánica puede conducir al ablandamiento de la grasa originando una reducción en su desempeño como lubricante y una tendencia hacia el escape.
- Están compuestas por aceites base con excelente resistencia a la oxidación. Durante el almacenamiento, su consistencia no se altera y pueden resistir altas temperaturas sin endurecimiento o formación de depósitos en el cojinete.
- Son bombeadas normalmente por los equipos de lubricación.
- Las grasas **Shell Alvania EP** mantienen una fuerte afinidad con el metal y tienen la capacidad de proteger las superficies del cojinete contra la corrosión, aún cuando la grasa esté contaminada con agua.
- Contienen aditivos especiales los cuales las hacen resistentes a condiciones de extrema presión, sin fallas de la película de lubricante.

Las grasas **Shell Alvania EP** se encuentran específicamente diseñadas para resistir el arrastre por agua, ya sea por inmersión o por pulverización.

APLICACIONES

Las grasas **Shell Alvania EP** están recomendadas para cojinetes planos o para rodamientos de trabajo pesado, que operen bajo condiciones severas. Las aplicaciones típicas incluyen cojinetes en industrias del papel, acero, minería y construcción.

ESPECIFICACIONES

Las grasas **Shell Alvania EP**, cumplen y exceden la especificación Timken para aplicaciones en aceras y exceden los requerimientos de las pruebas Timken OK IP 326, el Test de las Cuatro Bolas, el RPH Test de carga severa y el RPH Test de contaminación con agua.

SEGURIDAD E HIGIENE

Shell Alvania EP no produce ningún efecto nocivo cuando se utiliza en las aplicaciones mencionadas, sin embargo se recomienda evitar el contacto prolongado con la piel.

Para mayor información solicite la hoja de seguridad a su representante Shell.

CIFRAS TÍPICAS

PRUEBAS	METODO ASTM	GRADO		
		R 00	1	2
Separación de aceite 18h. @ 40°C, % masa	IP - 121		6	3
Temperatura mínima de operación, °C		-20	-20	-20
Temperatura máxima de operación, °C		100	125	135
Viscosidad del aceite base @ 40°C, cSt	D - 445	185	185	185
Prueba Timken OK, Kg.	D - 2509	16	20	20
Punto de goteo, °C	D - 566	175	180	185
Test de las cuatro bolas, Kg.	IP - 239		315	315
Penetración trabajada a 60 golpes @ 25°C, 1/10 mm	D - 217	400-430	310-340	265-295

Las cifras típicas representan un valor promedio de resultados obtenidos en el laboratorio y son dadas como referencia y no como límites exactos de una especificación.

ENVASES

La grasa Shell Alvania EP R00 está disponible en envases de 180 Kilogramos. Shell Alvania EP1 se encuentra disponible en envases de 16 y 180 Kilogramos. Shell Alvania EP2 se encuentra en envases de 16 y 180 Kilogramos.

GARANTIA DE CALIDAD

Shell Colombia S.A. garantiza que las propiedades y componentes del producto corresponden a las aquí anotadas, y que éste es apto para los usos recomendados por Shell Colombia S.A., de acuerdo con las indicaciones de empleo señaladas. Shell Colombia S.A. no asume responsabilidad alguna por el uso indebido del producto, por estar el manejo del mismo fuera de su control.

ANEXO G: PLANOS Y CARTA GANTT

PLANO P&ID CHANCADO PRIMARIO - DON LUIS CORREAS A2 A3

PLANO P&ID CORREAS A4 A5 A6

PLANO P&ID CORREAS A7 A51

CARTA GANTT PUESTA EN MARCHA CORREAS TRANSPORTADORAS