

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

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA CORREA TRANSPORTADORA
CRÍTICA EN PLANTA DE CHANCADO EN MINERA ANDINA

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Ingeniero de Ejecución en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:
Sergio Esteban Silva Sanhueza

Profesor Guía:
Ing. Marcelo Rojas Vidal

2017

Hace un tiempo atrás me propuse continuar mis estudios, una decisión difícil, ya que conlleva a toda la familia, la cual siempre ha estado conmigo en los buenos y malos momentos que nos toca pasar. Agradecer a mis padres que me inculcaron y enseñaron los valores fundamentales que debe tener una persona.

Cabe mencionar que, sin ti, mi mujer Mirza, no se hubiera cumplido esta meta, gracias por todo el apoyo incondicional en esta etapa de mi vida, que paso a ser una meta nuestra.

Como dice un cantante “caminante no hay camino, sé hace camino al andar”.

Eternamente agradecido a todos los que me apoyaron en esta misión.

Sergio Esteban Silva Sanhueza.

RESUMEN

KEYWORDS: MINERA ANDINA – PLAN DE MANTENIMIENTO CORREA TRANSPORTADORA.

El presente trabajo, tiene como propósito mostrar el mantenimiento en el proceso de traslado de mineral chancado, mediante correas transportadoras.

En el primer capítulo, se presenta a la empresa como tal, describiendo cada uno de sus procesos en la función de extraer mineral, que en este caso es cobre. Dando a conocer la función y finalidad de las correas transportadoras, además de nombrar las ventajas y sus componentes.

En el segundo capítulo, está dirigido a la descripción de las correas transportadoras de mineral, enfocado a sus componentes principales, de que están compuestos, cuál es su función y nombrar las fallas más recurrentes que presentan siendo estas las que pueden detener el proceso productivo.

En el tercer capítulo, comprende todo lo relacionado al mantenimiento, una pequeña reseña de los tipos más utilizados, los cuales son: mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo, overhoul y en uso. Se realiza un análisis de datos obtenidos generando el plan de mantenimiento más adecuado al equipo en cuestión, con la finalidad de prevenir las fallas inesperadas o no planificadas.

Finalmente se señalan las conclusiones y recomendaciones derivadas del trabajo realizado.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVOS ESPECIFICOS 2

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES 3

1.1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA 5

1.1.1. Productos producidos por Codelco 6

1.2. CODELCO DIVISIÓN ANDINA 6

1.2.1. Proceso de extracción de mineral Codelco división Andina 7

1.2.2. Chancado de mineral 8

1.3. CORREAS TRANSPORTADORAS 9

1.3.1. Historia de las correas transportadoras 10

1.3.2. Ventajas de las cintas transportadoras 11

1.3.3. Componentes principales una cinta transportadora 12

1.4. CORREA TRANSPORTADORA 8-B. 14

1.5. DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO 16

1.5.1. Cálculo de disponibilidad 17

1.5.2. Disponibilidad correa 8-B 18

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA CORREA 21

2.1. DESCRIPCION DE LA CORREA TRANSPORTADORA 23

2.2. CORREAS TRANSPORTADORAS 24

2.2.1. Principales fallas de las correas transportadoras 25

2.3. POLINES 26

2.4. TIPOS DE POLINES Y ESTACIONES 27

2.4.1. Estaciones y polines de carga 27

2.4.2. Polines de impacto 28

2.4.3. Estaciones centradoras de carga 29

2.4.4. Estación centradora de retorno 30

2.4.5, Polines y estaciones de retorno 31

2.4.6. Principales fallas de los diferentes polines 32

2.5. SISTEMA MOTRIZ 33

2.5.1.	Motor eléctrico, tipo SD10 (uso severo carcasa en fundición gris)	33
2.5.2.	Principales fallas de un motor eléctrico	34
2.5.3.	Caja reductora Falk 5415-jr-14	35
2.5.4.	Principales fallas en una caja reductora	35
2.5.4.	Correas de transmisión C116	36
2.5.5.	Principales fallas en correas de transmisión	36
2.6.	SISTEMA POLEAS	37
2.6.1.	Principales fallas en las poleas	38
2.6.2.	Rodamientos	38
2.6.3.	Principales fallas en los rodamientos	40
2.7.	ESTRUCTURA DE UNA CORREA TRANSPORTADORA	40
2.7.1.	Chute de traspaso	41
2.7.2.	Principales fallas en chute de traspaso	42
2.7.3.	Guarderas	42
2.7.4.	Principales fallas en las Guarderas	43
2.7.5.	Raspadores	43
2.7.6.	Principales fallas en raspadores	44

CAPÍTULO 3:	PLAN DE MANTENIMIENTO CORREA	
TRANSPORTADORA		45
3.1.	MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	47
3.1.1.	Historia del mantenimiento	47
3.1.2.	Tipos de mantenimiento	49
3.2.	PLAN DE MANTENIMIENTO CORREA 8-B	50
3.2.1.	Análisis de datos	51
3.2.2.	Evaluación de fallas	52
3.2.3.	Polines	53
3.2.4.	Guarderas	55
3.2.5.	Planchas de desgaste	58
3.2.6.	Chutes de traspaso	59
3.3.	ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	61
3.4.	CARTA GANTT PLAN DE MANTENIMINIENTO CORREA 8B	63
3.4.1.	Pauta quincenal de correa	65
3.5.	PROYECCIÓN DE DISPONIBILIDAD	68
3.6.	COSTOS GENERALES	69

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXO A: PLAN DE MANTENIMIENTO CORREA 8B ELABORADO EM MICROSOFT PROJECT	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Logotipo Codelco	5
Figura 1-2.	Ubicación geográfica Codelco división Andina	7
Figura 1-3.	Proceso productivo de mineral en Codelco división Andina	7
Figura 1-4.	Proceso chancado de Mineral en Codelco división Andina	9
Figura 1-5.	Correa transportadora de mineral	10
Figura 1-6.	Antigua correa transportadora para levantar ladrillos	11
Figura 1-7.	Esquema correa transportadora y sus partes componentes	13
Figura 1-8.	Esquema de ubicación en la planta de chancado fino, correa 8-B	14
Figura 1-9.	Correa transportadora ,8-B	15
Figura 1-10.	Clasificación de los estados de los procesos industriales	16
Figura 2-1.	Imagen de correa transportadora de mineral	23
Figura 2-2.	Correa transportadora, 8-B	24
Figura 2-3.	Partes principales de un polín	26
Figura 2-4.	Los materiales más utilizados en los polines	27
Figura 2-5.	Polín de carga	27
Figura 2-6.	Estación de polines de carga	28
Figura 2-7.	Polín de impacto	28
Figura 2-8.	Estación de polines de impacto	29
Figura 2-9.	Estación centradora de carga	29
Figura 2-10.	Estación centradora de carga	30
Figura 2-11.	Estación centradora de retorno	30
Figura 2-12.	Estación centradora de retorno	31
Figura 2-13.	Polín de retorno	32
Figura 2-14.	Tipos de polines de retorno	32
Figura 2-15.	Motor eléctrico correa 8-B	34
Figura 2-16.	Caja reductora Falk	35
Figura 2-17.	Correas de transmisión correa 8-B	36

Figura 2-18.	Esquema de correa 8-B, con sus poleas	37
Figura 2-19.	Partes componentes de una polea	38
Figura 2-20.	Caja de rodamientos y sus partes	39
Figura 2-21.	Mesa correa transportadora	40
Figura 2-22.	Chute de traspaso sector cola	41
Figura 2-23.	Chute de traspaso sector cabezal	41
Figura 2-24.	Esquema de funcionamiento de un buzón de traspaso	42
Figura 2-25.	Guarderas en zona de carga	43
Figura 2-26.	Raspador primario frontal	44
Figura 2-27.	Raspador secundario recto	44
Figura 3-1.	Diagrama Pareto	52
Figura 3-2.	Polín de carga roto	53
Figura 3-3.	Polín de retorno roto	53
Figura 3-4.	Estudio 5 porqués, polines desgastados	54
Figura 3-5.	Guardera con desgaste excesivo	55
Figura 3-6.	Estudio 5 porqués, guarderas con desgaste y rotura	57
Figura 3-7.	Plancha de desgaste exceso de deteriorada	58
Figura 3-8.	Parte posterior de chute de traspaso liberando mineral	59
Figura 3-9.	Estudio 5 porqués, chutes de traspasos deteriorados y rotos	60
Figura 3-10.	Porcentaje de avance proyectado para estandarización	61
Figura 3-11.	Porcentaje de avance proyectado en los chutes de traspaso	62
Figura 3-12.	Porcentaje de avance proyectado de polines para estandarización	63
Figura 3-13.	Pauta de inspección quincenal página 1	66
Figura 3-14.	Pauta de inspección quincenal, página 2	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Datos técnicos para correas transportadoras textiles	15
Tabla 1-2.	Datos técnicos correa 8-B	16
Tabla 1-3.	Cantidad de horas en detenciones NP	19
Tabla 1-4.	Cantidad de horas en detenciones PL	19
Tabla 2-1.	Información técnica de la correa transportadora	25
Tabla 2-2.	Características técnicas del motor	34
Tabla 2-3.	Tabla de rodamientos utilizados en correa 8-B	39
Tabla 3-1.	Cantidad de detenciones no programadas y porcentaje	51

Tabla 3-2.	Carta Gantt de la semana n°1 hasta la n°6	64
Tabla 3-3.	Carta Gantt perteneciente a la semana n°7 hasta la n°10	65
Tabla 3-4.	Tabla comparativa entre las horas de NP antes y las proyectadas	68
Tabla 3 5.	Indicadores económicos	70
Tabla 3-6.	Costos de mantenimiento	71

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

A. SIGLAS

CLP	: Peso chileno
D	: Diámetro.
LR	: Lixiviación redox.
NP	: Detención no planificada
PL	: Detención planificada
RCM	:Reliability centred maintenance (mantenimiento centrado en Confiabilidad)
SAG	: Molino semiautógeno.
UNID	: Unidad.

B. SIMBOLOGÍAS

%	: Porcentaje
Gr	: Gramo
m	: Metro
mm	: Milímetro
Plg	: Pulgada
Ton/h	: Toneladas por hora

INTRODUCCIÓN

La correa transportadora de mineral, en la planta de chancado fino, correa 8-B. No posee un plan de mantenimiento adecuado a su criticidad, en lo referente a la producción, o no se cumplen las mantenciones que se programan.

Las detenciones del equipo, para realizar mantenimiento, se programan en base a fallas, o la inspección, realizada por los operadores y mecánicos en terreno, que es bastante precaria, ya que es sólo visual.

Este tipo de mantenimiento no es lo más adecuado para este equipo, en lo que respecta a producción, por su cinta transita todo el mineral que se dirige a la siguiente etapa del proceso de conminución de mineral, molinos. Por esta razón, cada vez que se produce una detención no programada, se detiene toda la planta, lo cual es una pérdida significativa.

Se pretende desarrollar un plan de mantenimiento, para evitar detenciones no programadas, fallas, realizando un servicio, el cual mantenga en buenas condiciones el equipo.

OBJETIVO GENERAL

- Realizar un plan de mantenimiento, para la correa transportadora de mineral, considerando las fallas más recurrentes, en la planta de chancado fino, correa 8-B, con la finalidad de prevenir las fallas inesperadas, que provocan detenciones de planta.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar una descripción de los elementos que componen la correa transportadora, cuál es su función y sus características.
- Determinar las fallas más recurrentes del equipo a tratar y la disponibilidad que posee la correa, para proponer un plan de mantenimiento.
- Realizar pautas de inspección (check list), centrados en los componentes con mayor probabilidad de fallas, para prevenir las detenciones no programadas y mantener un control permanente.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

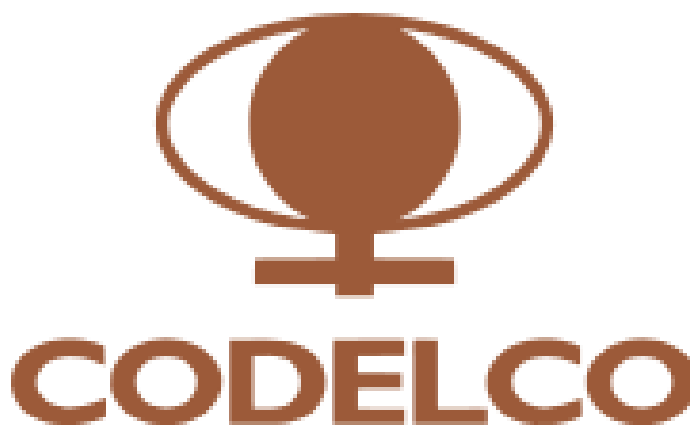
El nombre Codelco representa a la Corporación Nacional del Cobre de Chile, una empresa autónoma propiedad del Estado chileno, cuyo negocio principal es la exploración, desarrollo y explotación de recursos mineros de cobre y subproductos, su procesamiento hasta convertirlos en cobre refinado, y su posterior comercialización.

Codelco es el mayor productor de cobre de mina del mundo. En 2014, la producción de Codelco alcanzó a 1.841 miles de toneladas métricas de cobre fino, considerando su participación en El Abra y en Anglo American Sur. Esta cifra equivale al 10% de la producción mundial de cobre de mina y un 31% de la producción nacional en 2014.

La Corporación es también el segundo mayor productor mundial de molibdeno de mina, con una producción total de 30.628 miles de toneladas métricas finas en 2014.

Tiene activos por US\$ 35.257 millones y un patrimonio que a fines de 2014 ascendió a US\$ 11.526 millones. Su principal producto comercial es el cátodo de cobre grado A.

Codelco concentra el 9% de las reservas globales de cobre, contenida en yacimientos de clase mundial. Por otra parte, los recursos minerales estimados en la Corporación, le permitirían proyectar su explotación por más de 70 años, lo que muestra la fortaleza de su base minera. Ver figura 1-1.



Fuente: Codelco división Andina

Figura 1-1. Logotipo Codelco

La compañía ejecuta sus operaciones a través de siete divisiones mineras más la Fundición y Refinería Ventanas, que pertenece a Codelco desde mayo de 2005. La División Ministro Hales, la más nueva de las Divisiones, inició a fines de 2013 su puesta en marcha como operación minera. Su estrategia corporativa es coordinada desde la Casa Matriz ubicada en Santiago de Chile.

La Corporación es encabezada por un Directorio con nueve integrantes.

1.1.1. Productos producidos por Codelco

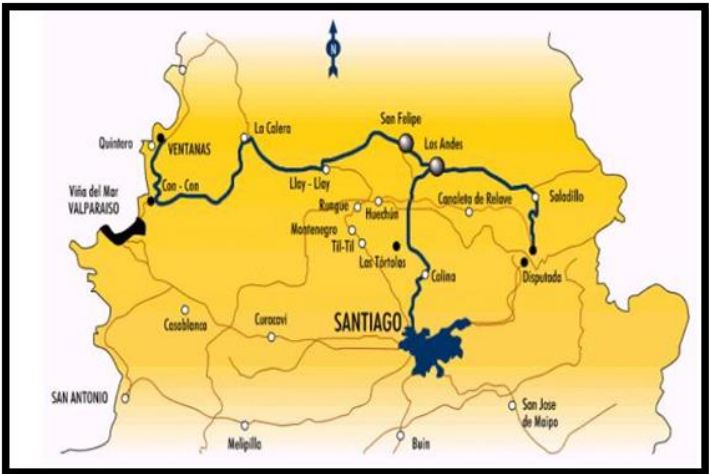
- Cátodos de cobre grado A
- Concentrado de cobre
- Calcina de cobre
- Molibdeno
- Plata
- Barros anódicos
- Ácido sulfúrico
- Alambrón (producto semielaborado)

1.2. **CODELCO DIVISIÓN ANDINA**

División Andina de Codelco está ubicada a 80 kilómetros al noreste de Santiago, entre 3.700 y 4.200 metros sobre el nivel del mar. Actualmente esta División realiza la explotación de minerales en la mina subterránea de “Río Blanco” y en la mina a rajo abierto “Sur Sur”.

La riqueza mineral de la División Andina se conoció desde 1920, sin embargo, los intentos por iniciar su explotación no se concretaron hasta 1970, medio siglo más tarde.

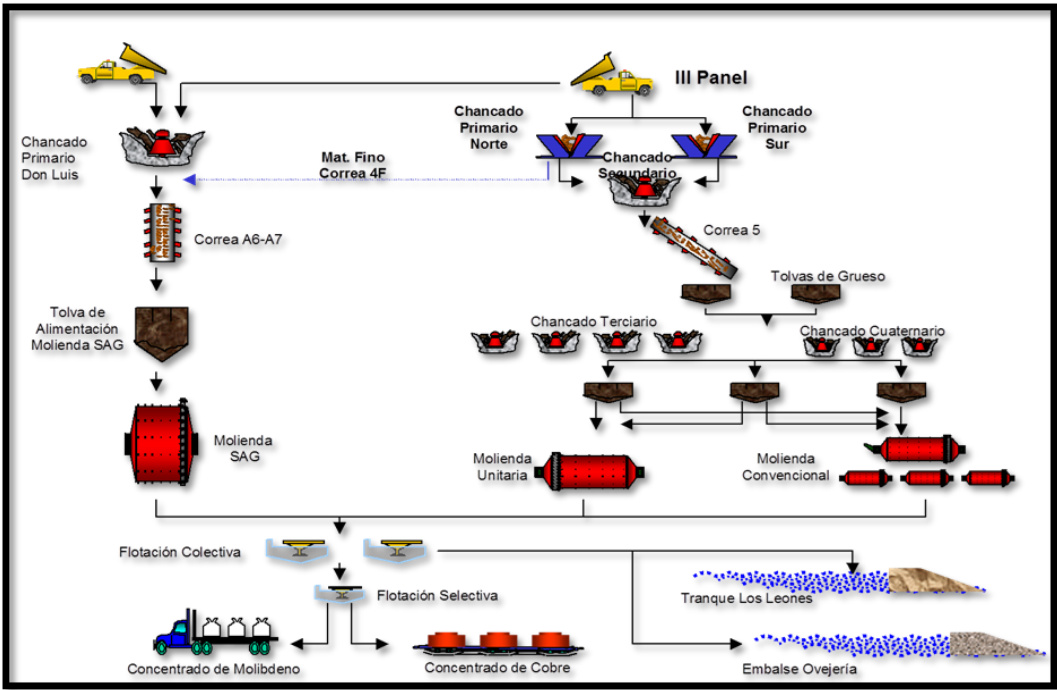
Andina produce unas 236 mil toneladas métricas anuales de concentrados de cobre, que son la materia prima fundamental para obtener el metal refinado. Del mismo proceso, Andina produce también molibdeno como subproducto comercial. Como uno de los proyectos estructurales corporativos está el proyecto Expansión Andina 244, que es una ampliación de la capacidad de producción y procesamiento de mineral adicional de 150 mil toneladas por día, pasando desde las actuales 94 mil toneladas por día a 244 mil nominales. Ver figura 1-2.



Fuente: Intranet Codelco-División Andina

Figura 1-2. Ubicación geográfica Codelco división Andina

1.2.1. Proceso de extracción de mineral Codelco división Andina



Fuente: Codelco división Andina.

Figura 1-3. Proceso productivo de mineral en Codelco división Andina

Luego de la etapa de extracción en las minas a cielo abierto y subterráneo de Andina, el mineral se envía a las plantas de chancado primario, donde es triturado y,

posteriormente, conducido por correas hasta las instalaciones de molienda y flotación colectiva en la Planta Concentradora, ver en figura 1-3.

La etapa de molienda se realiza mediante tres sistemas paralelos: molienda convencional, molienda unitaria y molienda SAG. Su objetivo es disminuir el tamaño de las partículas de mineral y prepararlo para el siguiente proceso, de flotación.

La flotación genera la separación de las partículas sulfuradas de cobre y molibdeno desde la roca estéril, proceso por el cual, se obtiene un concentrado colectivo de cobre y molibdeno cuyas leyes alcanzan al 30% y 0,39% por ciento, respectivamente.

Este concentrado colectivo se conduce por cañerías hasta una planta en superficie (en Saladillo, 30 kilómetros al oeste de la mina subterránea) para las etapas de flotación selectiva -en que se separa el cobre del molibdeno- y de filtrado.

El concentrado de cobre se somete a un proceso de secado que disminuye la humedad del producto hasta un 9% o menos, y finalmente es transportado por ferrocarril hacia el Puerto de Ventanas, desde donde se despacha a diversas fundiciones de Chile y el extranjero.

El concentrado de molibdeno se seca hasta que su humedad sea inferior al 8%. Luego de una etapa de descobrización (proceso LR), se obtiene un concentrado de Bajo Cobre hasta con un 0,4% de este metal, y una pequeña cantidad de concentrado con 48% de molibdeno y 4,3% de cobre.

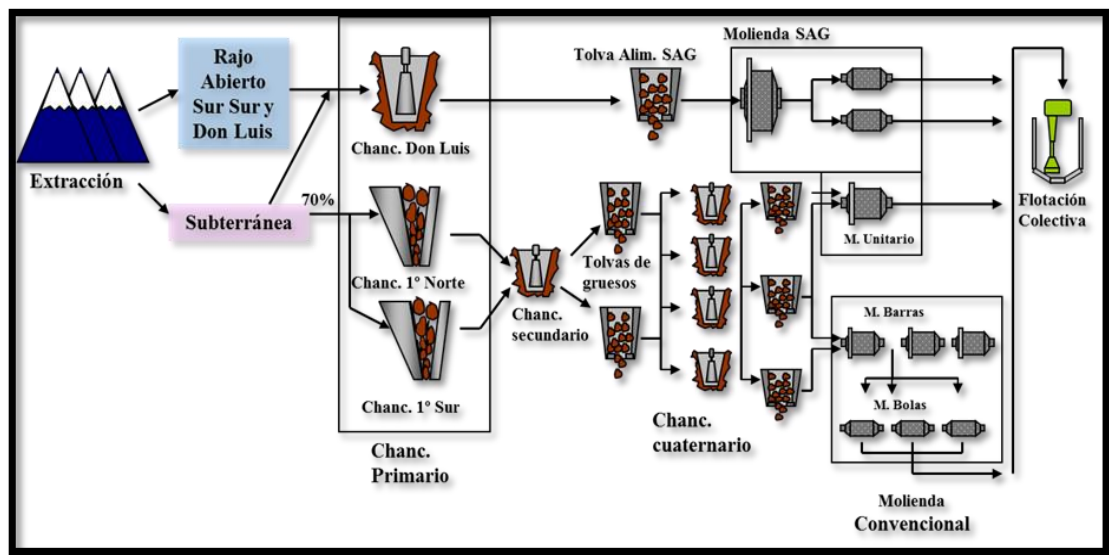
Por otra parte, los relaves del proceso en el Concentrador se envían a dos es pesadores, en donde se recupera hasta el 60% del agua contenida y se reenvía hacia la molienda y flotación. El resto del material se transporta, a través de una canaleta de 80 kilómetros de longitud, hacia el nuevo embalse de relaves Ovejería, ubicado en Huechún, Región Metropolitana, para su depositación segura y permanente.

Todo esto es en base a datos y estadísticas, entregados por Codelco en su página web (www.codelco.cl), disponible a todo público.

1.2.2. Chancado de mineral

En el esquema general del proceso, tanto el mineral derivado de la explotación a cielo abierto o subterránea, como el de viejos vertederos integrados en programas de aprovechamiento, deben ser ligeramente preparados en una planta de trituración o chancado y luego, si es necesario, de aglomeración para conseguir una granulometría controlada que permita asegurar un buen coeficiente de permeabilidad de la solución.

El principal propósito del chancado es efectuar las reducciones de tamaño necesarias, hasta obtener un producto de una granulometría adecuada que permita el desarrollo de la lixiviación en pilas o depósitos en forma eficiente. Ver figura 1-4.



Fuente: Codelco división Andina.

Figura 1-4. Proceso chancado de Mineral en Codelco división Andina

1.3. CORREAS TRANSPORTADORAS

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

Por lo general, la banda es arrastrada por la fricción de sus tambores, que a la vez este es accionado por su motor. Esta fricción es la resultante de la aplicación de una tensión a la banda transportadora, habitualmente mediante un mecanismo tensor por husillo o tornillo tensor. 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 rodillos entre los dos tambores. Denominados rodillos de soporte.

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 y/o de la inercia.

Las cintas transportadoras se usan principalmente para transportar materiales granulados, agrícolas e industriales, tales como cereales, carbón, minerales, etcétera, aunque también se pueden usar para transportar personas en recintos cerrados (por ejemplo, en grandes hospitales y ciudades sanitarias). Ver figura 1-5.



Fuente: <http://www.fourthane.cl/research.html>

Figura 1-1. Correa transportadora de mineral

1.3.1. Historia de las correas transportadoras

Las primeras cintas transportadoras que se conocieron fueron empleadas para el transporte de carbón y materiales de la industria minera. El transporte de material mediante cintas transportadoras, data de aproximadamente el año 1795. La mayoría de estas tempranas instalaciones, se realizaban sobre terrenos relativamente plano, así como en cortas distancias.

El primer sistema de cinta transportadora era muy primitivo y consistía en una cinta de cuero o lona, que se deslizaba por una tabla de madera plana o cóncava. Este tipo de sistema no fue calificado como exitoso, pero proporcionó un incentivo a los ingenieros para considerar los transportadores como un rápido, económico y seguro método para mover grandes volúmenes de material de un lugar a otro.

Durante los años 1920, las instalaciones de la compañía H. C. Frick, demostraron que los transportadores de cinta podían trabajar sin ningún problema en largas distancias. Estas instalaciones se realizaron bajo tierra, desde una mina recorriendo casi 8 kilómetros. La cinta transportadora consistía de múltiples pliegues de algodón de pato, recubierta de goma natural, que eran los únicos materiales utilizados en esos tiempos para su fabricación. En 1913, Henry Ford introdujo la cadena de montaje

basada en cintas transportadoras en las fábricas de producción de la Ford Motor Company.

Durante la Segunda Guerra Mundial, los componentes naturales de los transportadores, se volvieron muy escasos, permitiendo que la industria de goma se volcara en crear materiales sintéticos que reemplazaran a los naturales. Desde entonces se han desarrollado muchos materiales para aplicaciones muy concretas dentro de la industria, como las bandas con aditivos antimicrobianos para la industria de la alimentación o las bandas con características resistentes para altas temperaturas

Las cintas transportadoras han sido usadas desde el siglo XIX. En 1901, Sandvik inventó y comenzó la producción de cintas transportadoras de acero. Ver figura 1-6.



Fuente: <http://bashny.net/t/es/101427>

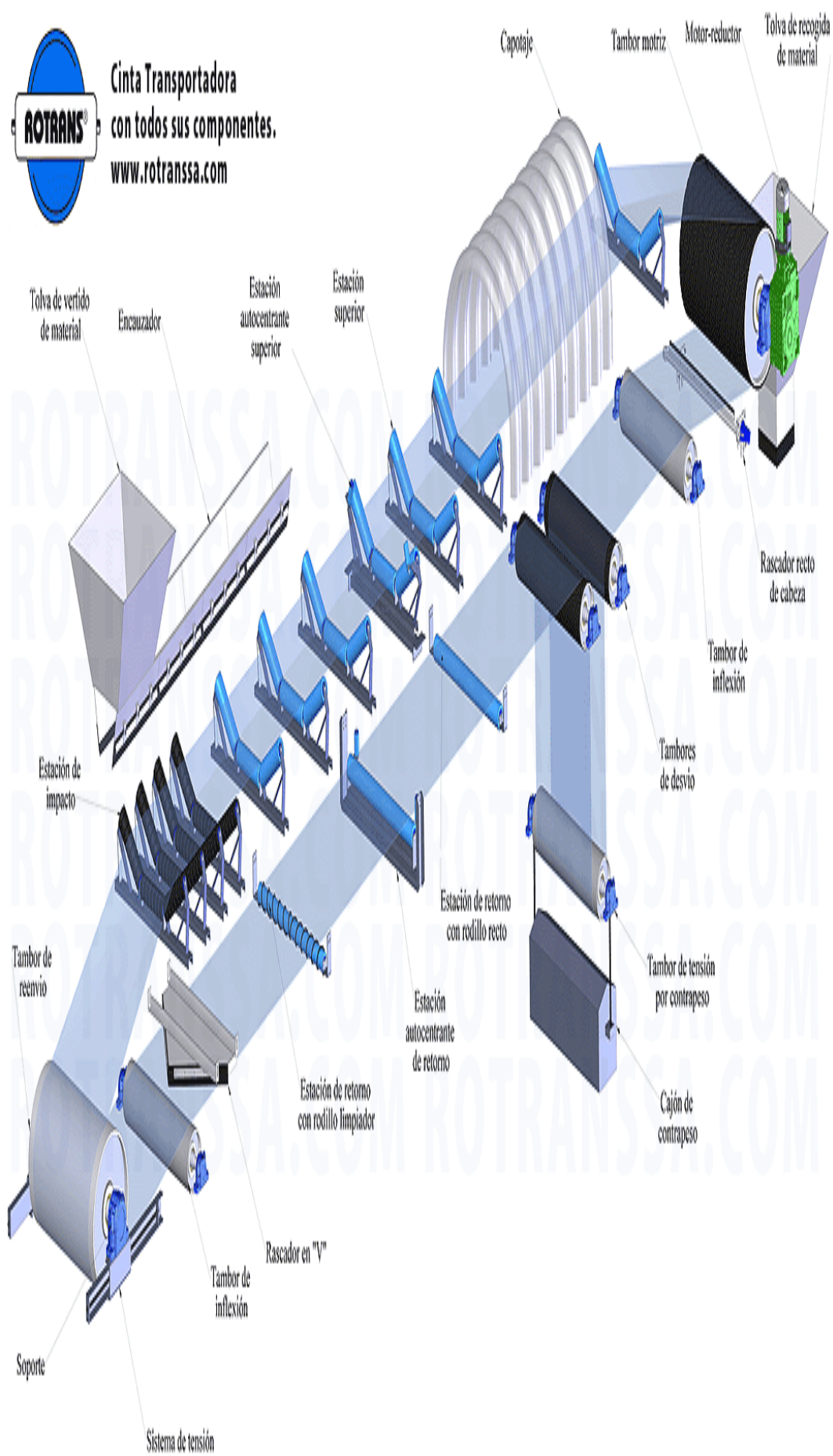
Figura 1-6. Antigua correa transportadora para levantar ladrillos

1.3.2. Ventajas de las cintas transportadoras

- Permiten el transporte de materiales a gran distancia
- Se adaptan al terreno
- Tienen una gran capacidad de transporte
- Permiten transportar un gran variedad de materiales
- Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado
- Se puede desplazar
- No altera el producto transportado
- Aumenta la cantidad de producción
- Ausencia de articulaciones de rápido desgaste

1.3.3. Componentes principales una cinta transportadora

- Estructura o mesa.
- Cinta transportadora.
- Sistema motriz.
- Tambor o polea de motriz.
- Tambor o polea de cola.
- Tambor o polea de desvío.
- Contrapeso.
- Tambor o polea de abrace.
- Rodillo o polín de carga.
- Rodillo o polín de impacto.
- Rodillo o polín de retorno.
- Rodillo o polín de carga autoalineante.
- Rodillo de retorno autoalineante.
- Transición.
- Tolva o chute de carga.
- Cargador.
- Tolva o chute de descarga.
- Rascador o raspador.
- Rascador o raspador de retorno.

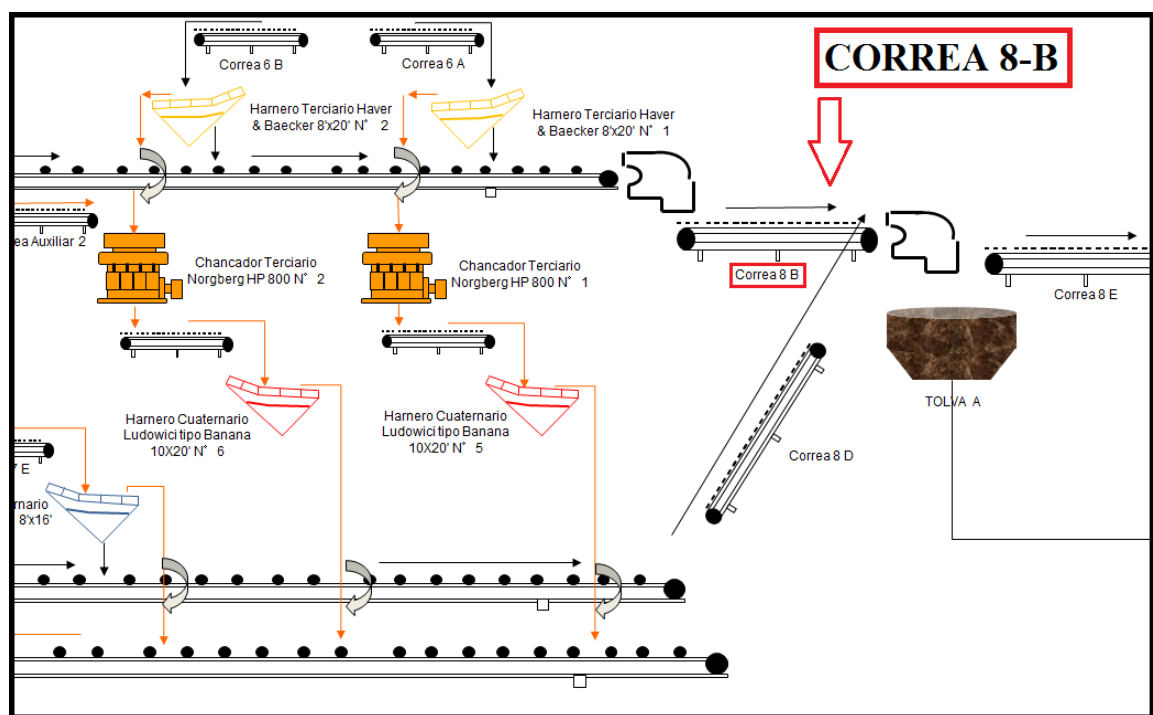


Fuente:

Figura 1-7. Esquema correa transportadora y sus partes componentes

1.4. CORREA TRANSPORTADORA 8-B.

Correa transportadora 8-B, cumple la función de trasladar el mineral que se procesa en los chancadores terciarios y cuaternarios. Traslada 2000 (ton. /h) de mineral fino de cobre, El cual se envía a los molinos convencionales (barras y bolas). El fabricante es Continental, Contitech, pero tiene equivalencia en varias empresas del rubro. Ver figura 1-8.



Fuente: Codelco división Andina.

Figura 1-8. Esquema de ubicación en la planta de chancado fino, correa 8-B

Se detallan los aspectos generales que entrega el fabricante, todos los fabricantes poseen sus propios estándares, pero con normas internacionales.

Tabla 1-1. Datos técnicos para correas transportadoras textiles

DATOS TÉCNICOS PARA CORREAS TRANSPORTADORAS TEXTILES							
SERIE	TIPO/TELAS	TENSIÓN DE RUTURA	ESPESOR DE CARCASA	PESO DE LA CARCASA	CORREA	POLEA	DEFLECTOR
		N/mm	mm	kg/m2	mm	mm	Mm
EP 200	630/3	630	4,7	5,3	600	500	350

Fuente: Continental, Contitech.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, correa 8B, Codelco división Andina.

Figura 1-9. Correa transportadora ,8-B

Tabla 1-2. Datos técnicos correa 8-B

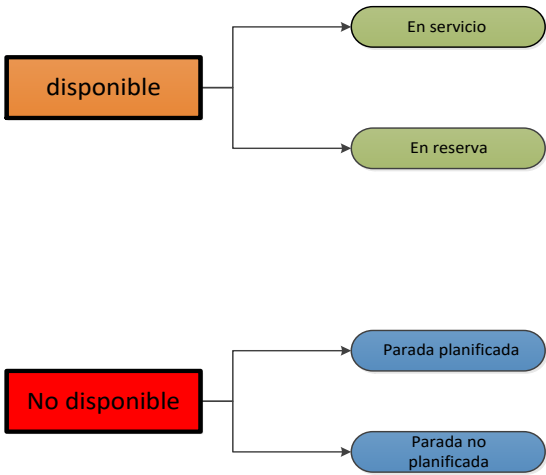
CORREA	CINTA			POLEAS							CAJA REDUCTORA		CORREAS TRANSMISION
				MOTRIZ			CONDUCIDA				MARCA	MODELO	
	ANCHO	LARGO	N°TELAS	D.EXT	D.EJE	CHAVETA	D.EXT	D.EJE	CHAVETA	N° DE CANALES			
	PULG	M T	UNID	PULG	PULG	PULG	PULG	PULG	PULG	UNID			
8-B	42	82	3	15	2,7/8	5/8.	13,1/4	2,7/16	5/8.	4	FAL K	3415JR2 5	C116

Fuente: Codelco división Andina. Año 2014.

1.5. DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO

Disponibilidad es simplemente una manera de cuantificar cuanto tiempo, esta su equipo funcionando como debe. A mayor disponibilidad, usted puede producir más – y mayor es su rendimiento sobre activos.

Por lo tanto, la meta es minimizar el tiempo muerto- especialmente el tiempo muerto no programado- mediante el mejoramiento de la fiabilidad del proceso y del equipo. Ver figura 1-10.



Fuente: imagen realizada en Microsoft Visio.

Figura 1-10. Clasificación de los estados de los procesos industriales

- **Disponible:** El sistema está capacitado para operar.
- **No disponible:** El sistema no está capacitado para operar, o en otras palabras, está detenido, a causa de paradas (planificadas o no planificadas), restricciones externas, accidentes, y conflictos laborales.
- **En servicio:** El sistema está disponible y funcionando.
- **Reserva:** El sistema está disponible, pero detenido por decisión operativa (en muchos casos de corte económico) o por la operación de otros sistemas.
- **Parada planificada:** El sistema no está disponible, debido a reparaciones o sustituciones programadas, revisiones, inspecciones, y pruebas (eventos planificados).
- **Parada no planificada:** El sistema no está disponible, a causa de reparaciones o sustituciones no programadas suscitadas por fallas o eventos críticos.

1.5.1. Cálculo de disponibilidad

La disponibilidad del equipo no solo es la duración del turno en el que se opera. Se basa en el tiempo de operación real, como porcentaje del tiempo de producción posible.

$$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo de produccion real}}{\text{tiempo de produccion posible}}$$

En donde:

Tiempo de producción real es la cantidad de horas que debería trabajar el equipo, menos las horas de detenciones planificadas y no planificadas.

Tiempo de producción posible es la cantidad de horas que debería trabajar el equipo, menos las horas de detenciones planificadas.

Fuente de la formula en la web (www.plantwebuniversity.com) cálculo de disponibilidad.

1.5.2. Disponibilidad correa 8-B

$$Disponibilidad \% = \frac{(8760 - 30 - 491)}{(8760 - 30)}$$

$$Disponibilidad \% = \frac{8239}{8730}$$

$$Disponibilidad \% = 0,938 \times 100$$

$$Disponibilidad \% = 94,38$$

- En donde 8760 son las horas, que ha trabajado el equipo es decir un año de corrido (año 2014, datos obtenidos).
- 30 horas son las tareas planificadas.
- 491 horas son las tareas no planificada.

Al analizar la disponibilidad obtenida, claramente es un valor alto 94%, pero si se toma en consideración que la correa transporta mineral las 24 horas por día, los 365 días del año, y por ella se traslada todo el mineral fino que se produce en la planta de chancado fino (terciario y cuaternario), por lo cual se hace imperante tomar acciones que puedan elevar aún más la disponibilidad, si consideramos que solamente en detenciones no programadas fueron 491 horas , esto nos dice que en promedio se dejaron de trasladar 982.000 toneladas en el periodo de un año.

A continuación, se detalla mes a mes las horas de detenciones no programadas y programadas. Ver tablas 1-3 y 1-4.

Tabla 1-3. Cantidad de horas en detenciones NP

CANTIDAD DE HORAS EN DETENCIONES NO PLANIFICADAS POR MES		
MES	PRINCIPAL FALLA	HORAS
ENERO	POLINES	47,5
FEBRERO	POLINES	38
MARZO	POLINES	50,5
ABRIL	POLINES	40,5
MAYO	GUARDERAS	28
JUNIO	POLINES	29,5
JULIO	GUARDERAS	19
AGOSTO	PLANCHAS DE DESGASTE	50,5
SEPTIEMBRE	POLINES	46,5
OCTUBRE	POLINES	43,5
NOVIEMBRE	POLINES	47,5
DICIEMBRE	POLINES	50
TOTAL DE HORAS NO PLANIFICADAS		491

Fuente: Codelco división Andina

Tabla 1-4. Cantidad de horas en detenciones PL

CANTIDAD DE HORAS EN DETENCIONES PROGRAMADAS POR MES		
MES	DESCRIPCION DEL TRABAJO	HORAS
MARZO	DISPONIBLE PARA TRABAJOS PROGRAMADO.	4
MAYO	DISPONIBLE PARA TRABAJOS PROGRAMADO.	5
JUNIO	DISPONIBLE PARA TRABAJOS PROGRAMADO.	0,5
JULIO	DISPONIBLE PARA TRABAJOS PROGRAMADO.	1
AGOSTO	DISPONIBLE PARA TRABAJOS PROGRAMADO.	4
SEPTIEMBRE	DISPONIBLE PARA TRABAJOS PROGRAMADO.	8,5
OCTUBRE	DISPONIBLE PARA TRABAJOS PROGRAMADO.	1,5
NOVIEMBRE	DISPONIBLE PARA TRABAJOS PROGRAMADO.	4
DICIEMBRE	DISPONIBLE PARA TRABAJOS PROGRAMADO.	1,5
TOTAL HORAS PLANIFICADAS		30

Fuente: Codelco división Andina

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA CORREA

2. DESCRIPCIÓN DE LA CORREA

2.1. DESCRIPCION DE LA CORREA TRANSPORTADORA

El sistema transportador de mineral, se conforma de un conjunto de elementos, los cuales por separado tienen una función determinada y en conjunto producen que el mineral sea transportado eficientemente. Cabe destacar que para realizar un plan de mantenimiento sostenible, se debe entender cada uno de estos elementos por separado. Ver figura 2-1.

El sistema transportador de mineral está compuesto por lo siguiente:

- Correas transportadoras
- Polines
- Sistema motriz
- Sistema poleas
- Estructura



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-1. Imagen de correa transportadora de mineral

2.2. CORREAS TRANSPORTADORAS

Una correa transportadora es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una cinta de caucho reforzado, que se mueve entre dos poleas. La correa es arrastrada por fricción por una o más poleas (motrices), que a su vez son accionadas por uno o más motores. Las otras poleas suelen girar libres, y la función de una de ellas (la llamada “polea de cola”) es la de servir de retorno de la correa transportadora. La correa es soportada por rodillos entre las poleas motrices y de cola.

Las ventajas que tienen las correas transportadoras en comparación con otros sistemas de transporte de materiales, (por ejemplo camiones), son las siguientes: permiten el transporte de materiales a gran distancia a un costo por tonelada transportada considerablemente más bajo, se adaptan a cualquier tipo de terreno, tienen una gran capacidad de transporte (hay correas capaces de transportar hasta 20.000 toneladas por hora), permiten transportar una gran variedad de materiales, permiten la carga y descarga en cualquier punto del trazado, se pueden desplazar y no alteran el producto transportado. Ver figura 2-2.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, cola correa 8B, Codelco división Andina.

Figura 2-2. Correa transportadora, 8-B

Tabla 2-1. Información técnica de la correa transportadora

INFORMACIONES TECNICAS SOBRE LAS CORREAS TRANSPORTADORAS		
		EP 630/3
NUMERO DE TELAS		3
EMPALMES MECANICOS	KN/m de ancho	57,0
EMPALMES VULCANIZADOS	KN/m de ancho	72,0
PESO APROX. DE LA CARCASA	Kg/m²	6,1
PESO DE CUBIERTA 1/32 PULG. ESPESOR B O STACKER	Kg/m²	0,9
ESPESOR DE LA CARCASA	mm	5,1

Fuente: Catalogo cintas transportadoras, Pirelli. Año 2012.

2.2.1. Principales fallas de las correas transportadoras

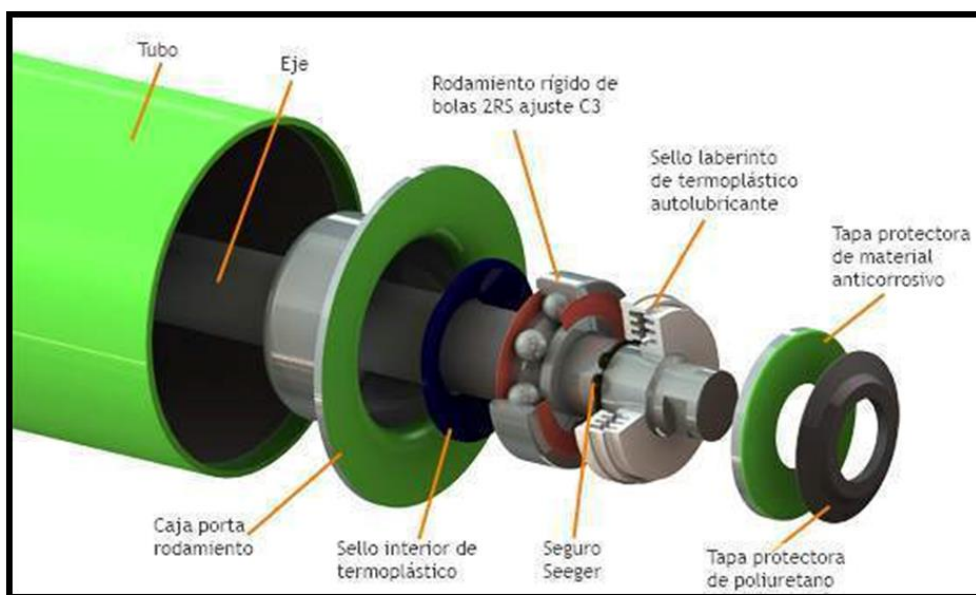
- Se descentra hacia uno de los lados en un punto específico del transportador.
- Se descentra hacia uno de los lados en algunos puntos específicos de la correa. el problema viaja a través del transportador.
- Se descentra hacia uno de los lados en una gran extensión del transportador o en toda su longitud.
- Se descentra en los polines de retorno.
- Se desalinea en la polea motriz.
- Se desliza sobre la polea motriz.
- Se desliza sobre la polea motriz durante la partida.
- Se observa estiramiento excesivo
- Agrietamiento de la cubierta superior.
- Desgaste excesivo y parejo en la cubierta superior
- Desgaste severo en rodillos y poleas.
- Ranuras o agrietamiento en la cubierta inferior.
- El empalme vulcanizado sufre deslizamiento o falla
- Desgaste excesivo de los cantos de la correa.
- Roturas transversales en los cantos.
- Ruptura longitudinal del núcleo de la correa.
- Separación de las telas del núcleo.

- Fatiga longitudinal del núcleo en la zona de intersección de rodillos.
- Formación de burbujas bajo cubierta.

Datos entregados en estadísticas internas de Codelco.

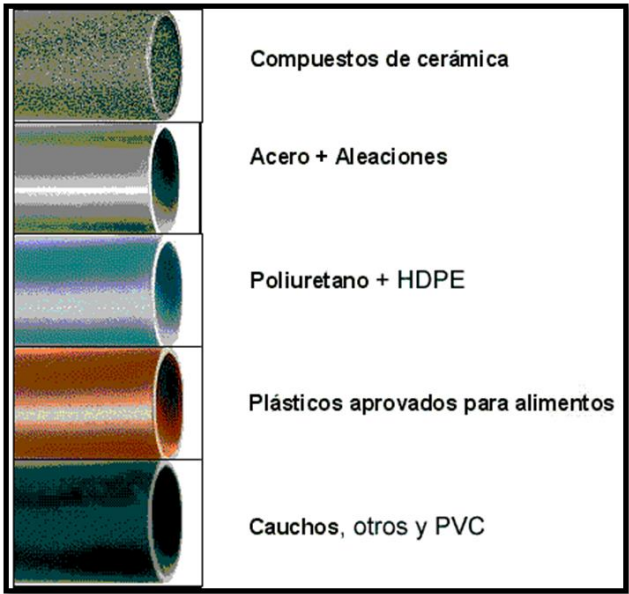
2.3. POLINES

También se le conoce como estaciones, son los elementos encargados de soportar la cinta transportadora y su carga. Se componen de una estructura base y de uno o más rodillos sobre los que apoya la cinta. Estos elementos cumplen un rol clave en la eficiencia y durabilidad del transportador, ya que de ellos depende la continuidad del movimiento de materiales. La Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) de EEUU clasifica los polines de acuerdo a su capacidad de carga desde Clase B, para servicio liviano, a Clase E, para servicio pesado. Ver figura 2-3 y 2-4.



Fuente: <http://www.ecured.cu/images/6/6b/Polines.jpg>

Figura 2-3. Partes principales de un polín



Fuente: <http://www.ecured.cu/images/6/6b/Polines.jpg>

Figura 2-4. Los materiales más utilizados en los polines

2.4. **TIPOS DE POLINES Y ESTACIONES**

2.4.1. **Estaciones y polines de carga**

Para servicio de transporte en general, la estructura es un diseño reforzado para optimizar la distribución de cargas y asegurar un diseño de mayor calidad y durabilidad. Un polín está compuesto por una estructura más los rodillos. Ver figura 2-5 y 2-6.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, polines de carga correa 8B, Codelco división Andina.

Figura 2-5. Polín de carga



Fuente: <http://www.revesol.cl/img/3d-polin-de-carga.jpg>

Figura 2-6. Estación de polines de carga

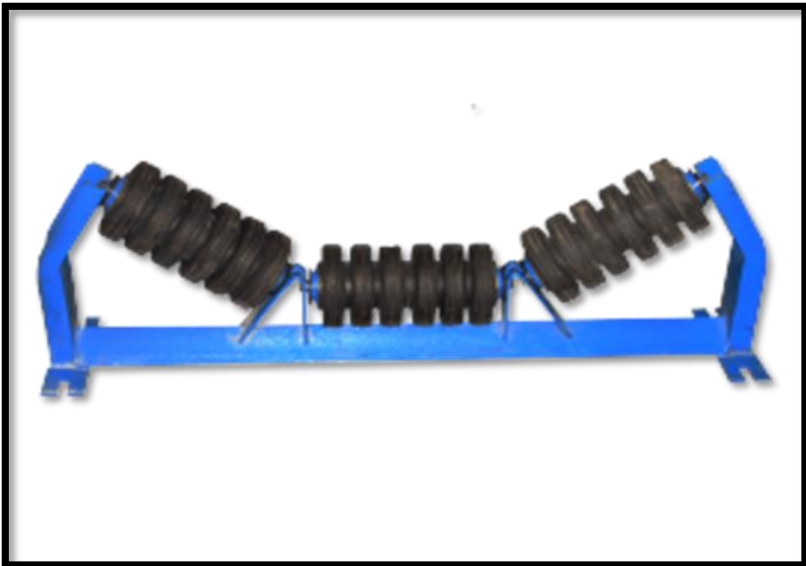
2.4.2. Polines de impacto

Con anillos de goma especificados por el cliente. Esta estación esta reforzada en su diseño debido al alta carga que debe soportar su estructura. Éstos son los encargados de recibir todo la carga que cae por los buzones de traspaso. Ver figura 2-7 y 2-8.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, polines de impacto correa 8B, Codelco división Andina.

Figura 2-7. Polín de impacto



Fuente: Fuente: Revesol.<http://rivet.cl/polines/>

Figura 2-8. Estación de polines de impacto

2.4.3. Estaciones centradoras de carga

Este polín posee dos rodillos vela, que giran la estación para centrar la correa, tiene un sistema de topes que permite el control del giro, tiene ruedas en el soporte externo para amortiguar el momento de inercia que la correa ejerce sobre la estación. Ver figura 2-9 y 2-10.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, polín autocentrante correa 8B, Codelco división Andina

Figura 2-9. Estación centradora de carga



Fuente: <http://www.revesol.cl/htm/polines-autocentrantes.html>

Figura 2-10. Estación centradora de carga

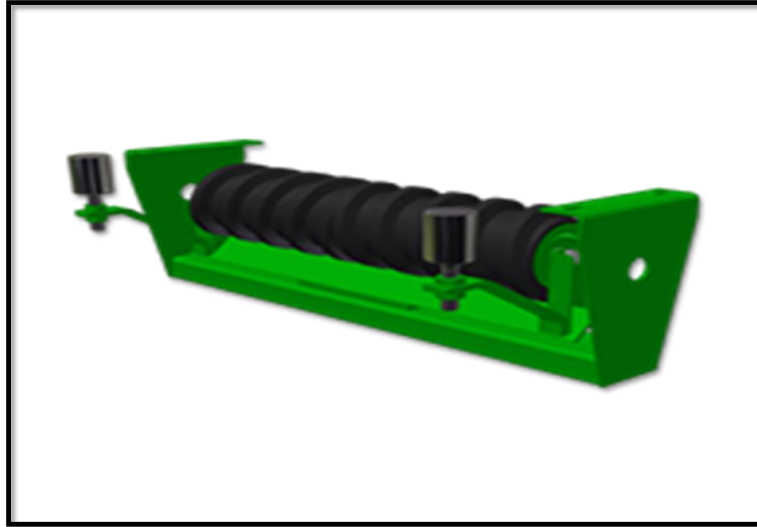
2.4.4. Estación centradora de retorno

La estructura de soporte va montada sobre una base independiente con rodamientos cónicos, lo que permite el giro controlado de la estación en dirección opuesta a la desalineación. Ver figura 2-11 y 2-12.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, polín de retorno autocentrante correa 8B, Codelco división Andina.

Figura 2-11. Estación centradora de retorno



Fuente: <http://rivet.cl/polines/>.

Figura 2-12. Estación centradora de retorno

2.4.5, Polines y estaciones de retorno

Los polines de retorno, son usados para soportar a la correa por su lado de retorno. Usualmente están suspendidos bajo la estructura que soporta los polines de carga. Ver figura 2-13 y 2-14.

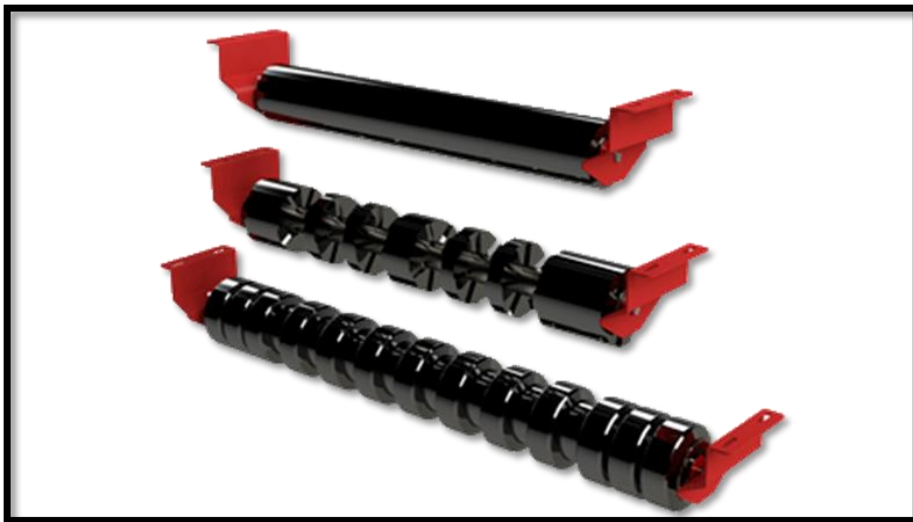
Estos tienen la siguiente configuración:

- Polín de retorno plano.
- Polín de retorno con anillos de goma.
- Polín de retorno engomado con espiral.
- Polín de retorno con descansos.
- Polín de retorno en forma de v.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, polín de retorno correa 8B, Codelco división Andina.

Figura 2-13. Polín de retorno



Fuente: <http://www.metalplastltda.com/estaciones-de-retorno/estacion-tipica-de-retorno/>

Figura 2-14. Tipos de polines de retorno

2.4.6. Principales fallas de los diferentes polines

- Desgaste superficial.
- Roturas superficiales.
- Trabamiento de elementos rodantes (rodamientos).

2.5. SISTEMA MOTRIZ

Sistema de potencia o sistema motriz, de las correas transportadoras que tiene como función principal entregar energía mecánica a la polea motriz (de forma directa) y, en consecuencia, a la banda, al resto del sistema móvil, y al material fragmentado (de forma indirecta).

2.5.1. Motor eléctrico, tipo SD10 (uso severo carcasa en fundición gris)

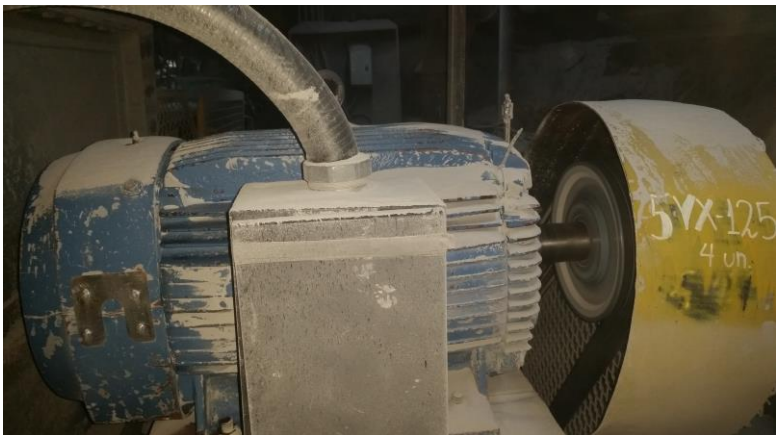
Motor eléctrico (de inducción y trifásico) Equipo que proporciona torque a la polea motriz mediante la conversión de la energía eléctrica en mecánica (energía cinética rotacional).

Motores para uso severo cumplen con los estándares de alta eficiencia (NOM). Son ideales para aplicaciones bajo techo o a la intemperie en atmósferas de operación severas. Estos motores son ideales para aplicaciones en procesos químicos, la minería, en fundidoras, manejo de desperdicios y en la petroquímica. Ver figura 2-15.

Especificaciones técnicas:

- 1 a 400 HP.
- Factor de servicio de 1.15, a 40°C ambiente
- 2, 4, 6 y 8 polos
- Trifásicos, 60 Hz, 208-230/460 V hasta armazones 256T
- 230/460V a partir de armazón 284T hasta 405T
- 460 V en armazones 440
- Cumplen con estándares de eficiencia NOM-016-ENER 2002
- Aislamiento clase F, elevación de temperatura Clase B @1.0 F.S.
- Diseño NEMA B, servicio continuo
- Disponible en armazones desde 143T hasta S449

Datos obtenidos en catálogos de motores eléctricos siemens año 2010.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, motor correa 8B, Codelco división Andina.

Figura 2-15. Motor eléctrico correa 8-B

Tabla 2-2. Características técnicas del motor

CARACTERISTICAS TECNICAS MOTOR						
HP	RPM	VOLTAJE	ARMAZON	CORRIENTE NOMINAL A	EFICIENCIA NOMINAL %	PESO KG
60	900	230/460	405T	78.0	91.7	589

Fuente: Catalogo motores eléctricos 2010, Siemens.

2.5.2. Principales fallas de un motor eléctrico

- El modo de falla (mecánico) que comúnmente presentan los motores eléctricos es el desgaste de rodamientos.
- Perdida de fase, dejando al motor operando con dos fases, y teniendo un aumento en el consumo de corriente de las otra dos.
- Desbalance de fase, este es un considerable baja en la tensión de operación del motor en una de sus fase, teniendo el mismo resultado que en el punto anterior.

2.5.3. Caja reductora Falk 5415-jr-14

Reductor: (O caja reductora de velocidad) Equipo que multiplica el torque del eje del motor eléctrico mediante engranajes, proporcionando al eje de la polea motriz el torque requerido. En esta conversión mecánica, la velocidad angular del eje del motor eléctrico disminuye o se reduce. Adicionalmente, los reductores disponen de un sistema de lubricación, con la finalidad de reducir el roce entre engranajes y refrigerarlos. El sistema de lubricación de los reductores puede ser auto-sustentado (el aceite se acumula en el fondo del reductor) o asistido (el aceite se acumula en el fondo del reductor, pero re circula y se inyecta a los engranajes). Ver figura 2-16.

En este caso la caja reductora tiene una razón de 25-45.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, caja reductora correa 8B, Codelco división Andina.

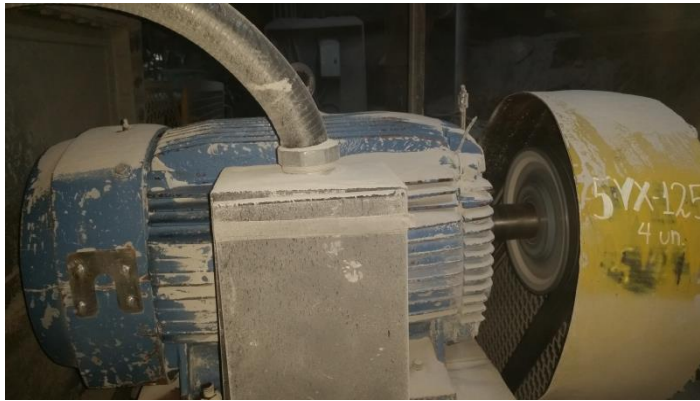
Figura 2-16. Caja reductora Falk

2.5.4. Principales fallas en una caja reductora

- Desgaste en los dientes.
 - Grietas en los dientes.
 - Pérdidas mecánicas en los dientes.
 - Espacio excesivo entre dientes en contacto, en el caso de los engranajes, el desgaste y el espacio excesivo entre elementos rodantes y pistas,
 - En rodamientos, el doblamiento, las pérdidas mecánicas
 - Desbalance, y el des alineamiento, en el caso de los ejes.
 - las fugas de aceite y la acumulación de suciedad en filtros y rejillas
- Datos obtenidos en catálogos falk cajas reductoras año 2010.

2.5.4. Correas de transmisión C116

Se conoce como correa de transmisión a un tipo de transmisión mecánica basada en la unión de dos o más poleas, sujetas a un movimiento de rotación, por medio de una cinta o correa continua, la cual abraza a las ruedas ejerciendo fuerza de fricción suministrándoles energía desde la rueda motriz. Ver figura 2-17.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, correas de transmisión correa 8B, Codelco división Andina.

Figura 2-17. Correas de transmisión correa 8-B

2.5.5. Principales fallas en correas de transmisión

- Correas rotas.
- Las correas no soportan el trabajo.
- Desgaste en el dorso de la correa.
- Agrietamiento de la parte inferior.
- Las correas se giran o se salen de la polea.
- Varias correas se estiran de manera distinta.
- Silbido o chirrido.
- Correas sueltas.
- Vibración excesiva del sistema de transmisión.
- Poleas rotas o dañadas.
- Excesivo y rápido desgaste de la garganta.
- Ejes torcidos o rotos.
- Protección dañada.

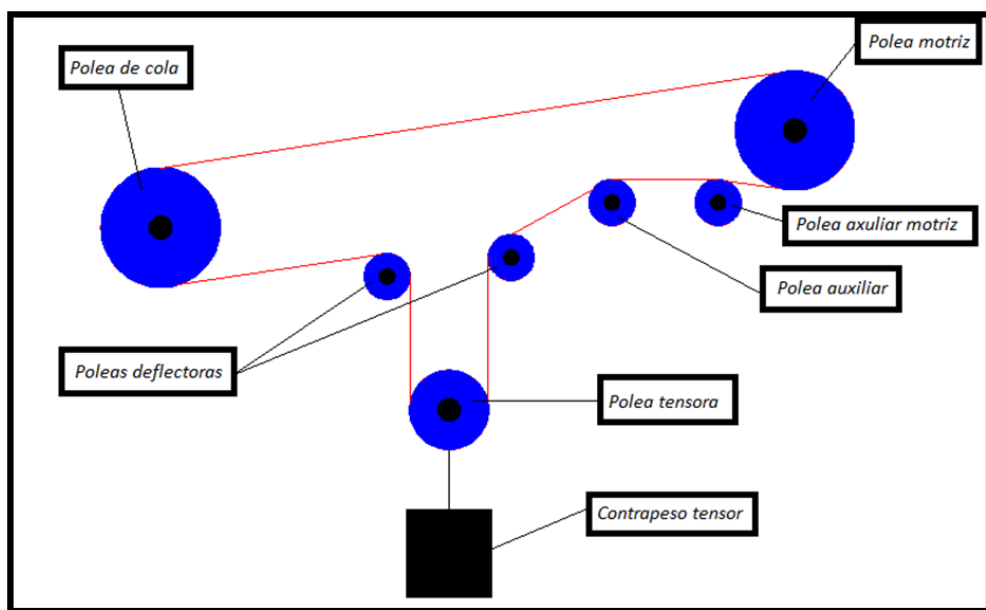
Datos internos entregados por Codelco.

2.6. SISTEMA POLEAS

(O tambores) Cilindros de acero (de mayor diámetro en comparación a los polines) que giran solidariamente con la banda y que contribuyen a su tensado. Con respecto a su función en las correas transportadoras, se distinguen los siguientes tipos de poleas:

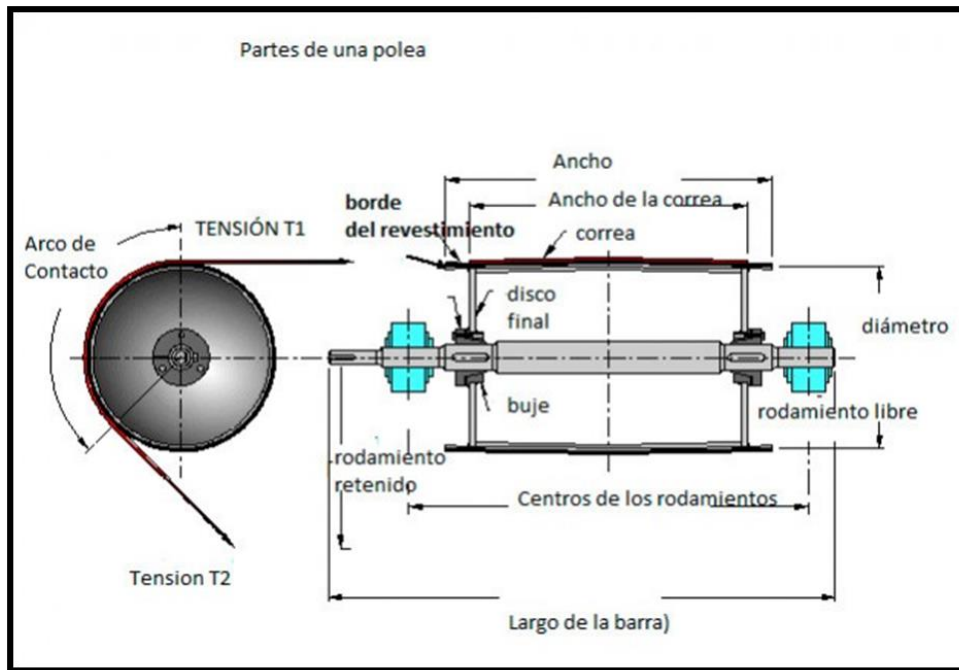
- Polea motriz: La polea motriz entrega energía mecánica a la banda a partir del torque proporcionado por el motor eléctrico (energía cinética rotacional).
- Polea de cola: La polea de cola permite el retorno de la banda (función estructural).
- Poleas de inflexión: Las poleas de inflexión aumentan el área de contacto entre la banda y las dos poleas mencionadas, contribuyendo a mejorar su tensado.

Los campos de aplicación son tambores de cinta en transportadores diversos, instalaciones a cielo abierto, para el movimiento de minerales y materias primas durante su extracción, almacenaje y tratamiento posterior. Igualmente se aplican en instalaciones especiales como son transportadores de despeje, extractores tanto para cintas principales como también de frente o de banco. Información obtenida en catálogo de cintas transportadoras. Ver figura 2-18 y 2-19.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-18. Esquema de correa 8-B, con sus poleas



Fuente: <http://www.minetrust.com/?p=166>.

Figura 2-19. Partes componentes de una polea

2.6.1. Principales fallas en las poleas

- Deformación radial.
- Deformación y/o corte de los ejes.
- Pérdida de revestimiento (grietas, cortes, agujeros, etc.)

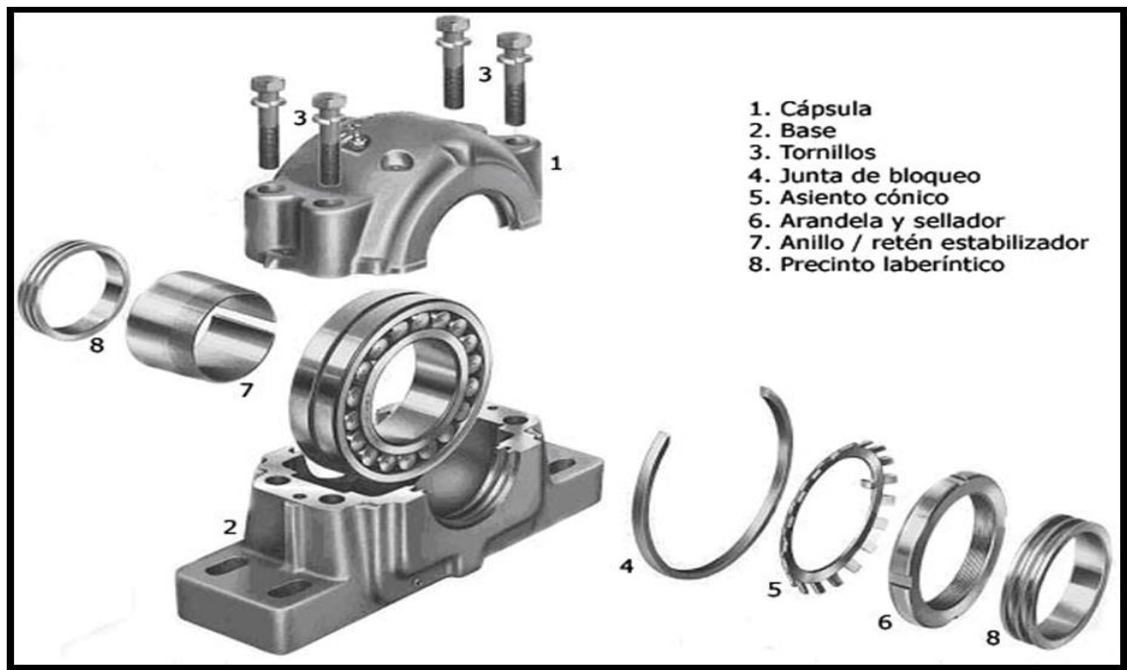
2.6.2. Rodamientos

Los nombres de cojinete de Rodamiento o simplemente rodamiento, se emplean para describir la clase de soporte de eje en el que la carga principal se transmite a través de elementos que están en contacto rodante y no deslizante, es decir, su utilización se debe a la característica de transferir las cargas entre los elementos rotatorios y los estacionarios, permitiendo la rotación relativamente libre con un mínimo de fricción.

La carga, la velocidad y la viscosidad de operación del lubricante afectan las características de fricción de un cojinete de rodamiento. Aunque no es muy correcto el nombre de cojinete antifricción, se usa comúnmente en la industria.

Los rodamientos de rodillos a rótula tienen dos hileras de rodillos, un camino de rodadura esférico común en el aro exterior y dos caminos de rodadura en el aro interior inclinados de manera tal que forman un ángulo respecto del eje del rodamiento. El punto central de la esfera del camino de rodadura en el aro exterior se encuentra en el eje del

rodamiento. De esta forma, los rodamientos son autoalineables y no se ven afectados por la desalineación del eje con respecto al soporte que, por ejemplo, puede producirse por la flexión del eje. Los rodamientos de rodillos a rótula están diseñados para soportar cargas radiales pesadas, así como cargas axiales pesadas en ambos sentidos. Ver figura 2-20 y tabla 2-3.



Fuente: Manual SKF de mantenimiento de rodamientos.

Figura 2-20. Caja de rodamientos y sus partes

Tabla 2-3. Tabla de rodamientos utilizados en correa 8-B

TABLA DE RODAMIENTOS CORREA 8-B.						
Diámetro eje (mm)	Conjunto	Caja	Rodamiento	Manguito	Laberinto	Poleas
74,61	SAF 22517	SAF 517	22217 CCK/W33	SNW 17	LER 53	Poleas deflectoras
87,31	SAF 22520	SAF 520	22220 CCK/W33	SNW 20	LER 102	Poleas auxiliares y tensora
125,41	SAF 22528	SAF 528	22228 CCK/W33	SNW 28	LER 122	Polea motriz y de cola

Fuente: Codelco división Andina.

2.6.3. Principales fallas en los rodamientos

A diferencia de los otros componentes en esta correa, los rodamientos se evaluarán los principales factores que provocan una falla, ya que estudiar todos los posibles fallos, es una materia de mayor estudio.

- Fatiga.
- Lubricación deficiente.
- Contaminación.
- Fallas de montaje.
- Manejo incorrecto.

Datos obtenidos en catalogo manual SKF de mantenimiento de rodamientos.

2.7. ESTRUCTURA DE UNA CORREA TRANSPORTADORA

(O estructura de soporte) Perfiles metálicos (angulares o tubulares), fijados a torres estructurales, que sostienen a los polines, a las poleas (de forma directa), a la banda, y al material fragmentado (de forma indirecta). Ver figura 2-21.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, mesa correa 8B, Codelco división Andina

Figura 2-21. Mesa correa transportadora

2.7.1. Chute de traspaso

O buzón de traspaso el cual, es un embudo que sostiene y conduce al material fragmentado, por ejemplo, en las transferencias entre correas transportadoras, reduciendo su energía cinética. Ver figura 2-22, 2-23 y 2-24.



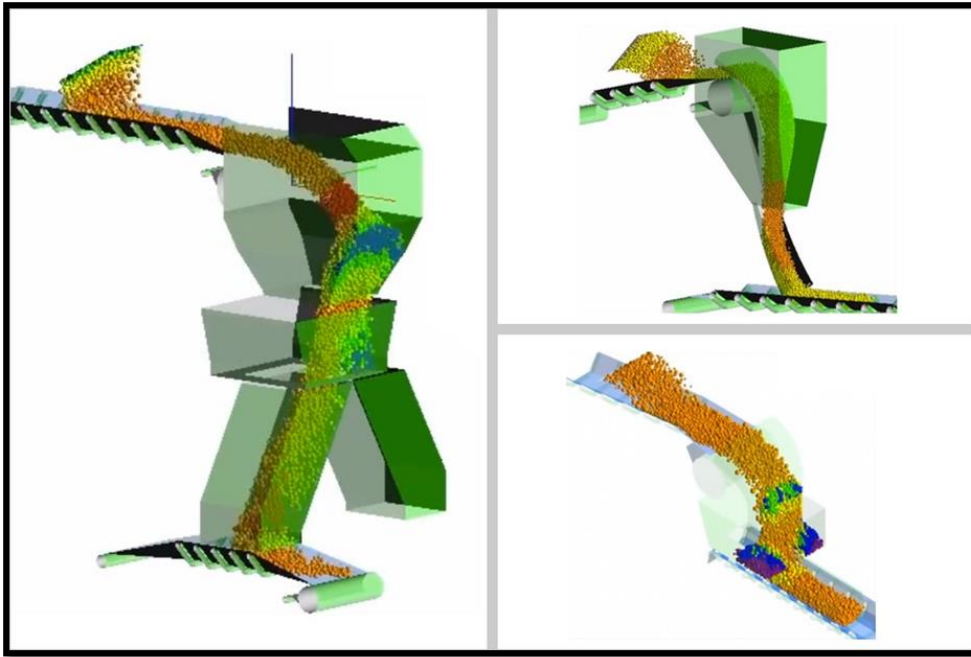
Fuente: Fotografía personal en chancado fino, chute traspaso sector cola correa 8B, Codelco división Andina.

Figura 2-22. Chute de traspaso sector cola



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, chute traspaso sector cola correa 8B, Codelco división Andina.

Figura 2-23. Chute de traspaso sector cabzal



Fuente: <http://leadersandmining.com/article/claves-en-el-diseno-de-chutes-de-traspaso-para-mineral-aglomerado.html>

Figura 2-24. Esquema de funcionamiento de un buzón de traspaso

2.7.2. Principales fallas en chute de traspaso

- Desgaste abrasivo de las superficies de contacto.
- Roturas en las superficies de contacto.
- Atollo producidos por mineral.
- Derrames de mineral.
- Des alineamiento de correas producidas por cargas mal distribuidas.
- Elementos con roturas y desgastes, en elementos de desgaste.

2.7.3. Guarderas

Son las encargadas de minimizar el derrame de mineral y polvo que se produce en la zona de carga de una correa transportadora (chutes de traspaso).

Se fabrican de goma o caucho, con esto no dañan la correa, ya que están en contacto directo. Ver figura 2-25.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, Guarderas en zona de carga correa 8B, Codelco división Andina.

Figura 2-25. Guarderas en zona de carga

2.7.4. Principales fallas en las Guarderas

La falla principal es el desgaste prematuro , lo cual produce roturas y perdida de material , y con esto la correa transportadora comienza a producir derrames y exceso de polvo lo cual es significativo para el medio ambiente , seguridad y producción , es por esto que , este tipo de fallas es recurrente y peligroso.

2.7.5. Raspadores

- **Raspador primario frontal** Ubicados frente a la polea de descarga, los raspadores frontales remueven la capa gruesa de mineral adherido a la correa transportadora, haciendo caer este mineral junto al flujo principal de descarga. Así, se reduce la limpieza por parte de los raspadores secundarios, evitando que se empaquen. Además, se minimiza la caída de mineral sobre los costados o espalda del chute, reduciendo el aseo en las paradas de planta. Ver figura 2-26.



Fuente: http://mineria.tecnipak.com/productos/Raspador_primario_frontal.html

Figura 2-26. Raspador primario frontal

- **Raspador secundario recto** Los raspadores rectos operan bajo la polea de descarga, dentro del chute, donde realizan la limpieza principal de la correa. Esta limpieza se realiza al ancho total de la correa transportadora, con el fin de minimizar la cantidad de mineral que retorna y así evitar la acumulación de éste en los polines de retorno y los pasillos de la correa para evitar problemas.ver figuras 2-27.



Fuente: http://mineria.tecnipak.com/productos/id_product_char/raspador_secundario_recto.html

Figura 2-27. Raspador secundario recto

2.7.6. Principales fallas en raspadores

La principal falla que se produce en estos equipos es, la deformación (pandeo) de sus partes y la rotura de algún elemento que está sometido a presión por parte de la correa.

CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO CORREA
TRANSPORTADORA

3. PLAN DE MANTENIMIENTO CORREA TRANSPORTADORA

3.1. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento. El mantenimiento industrial engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, y contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida útil de forma rentable para el usuario.

3.1.1. Historia del mantenimiento

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial eran los propios operarios quienes se encargaban de las reparaciones de los equipos. Conforme las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos. A partir de la Primera Guerra Mundial y, sobre todo, de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos sino además prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento, personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. El personal indirecto, que no está involucrado directamente en la realización de las tareas, aumenta, y con él los costes de mantenimiento. Pero se busca aumentar y dar confiabilidad a la producción, evitar las pérdidas por averías y sus costes asociados. De este modo aparecen casi sucesivamente diversos métodos de mantenimiento, cada uno aplicado a las necesidades concretas de cada proceso industrial: el Mantenimiento Preventivo (revisiones y limpiezas periódicas y sistemáticas), el Mantenimiento Predictivo (análisis del estado de los equipos mediante el análisis de variables físicas), el Mantenimiento

Proactivo (implicación del personal en labores de mantenimiento), la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO), y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM). El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Podríamos decir que el RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica. Paralelamente, sobre todo a partir de los años 80, comienza a introducirse la idea de que puede ser rentable volver de nuevo al modelo inicial: que los operarios de producción se ocupen del mantenimiento de los equipos. Se desarrolla el TPM, o Mantenimiento Productivo Total, en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento son ahora realizadas por operarios de producción. Esas tareas ‘transferidas’ son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Se pretende conseguir con ello que el operario de producción se implique más en el cuidado de la máquina, siendo el objetivo último de TPM conseguir “Cero Averías”. Como filosofía de mantenimiento, el TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano (desde el personal de producción y de mantenimiento hasta los altos mandos), en lugar de la tecnología. TPM y RCM no son formas opuestas de dirigir el mantenimiento, sino que ambas conviven en la actualidad en muchas empresas. En algunas de ellas, RCM impulsa el mantenimiento, y con esta técnica se determinan las tareas a efectuar en los equipos; después, algunas de las tareas son transferidas a producción, en el marco de una política de implantación de TPM. En otras plantas, en cambio, es la filosofía TPM la que se impone, siendo RCM una herramienta más para la determinación de tareas y frecuencias en determinados equipos. Como se puede comprobar, las diferentes técnicas de mantenimiento han ido evolucionando a lo largo del último siglo en función de las carencias que se observaban en cada uno de los modelos de mantenimiento al aplicarlos a la situación industrial real, de manera que unas engloban a otras, algunas interactúan entre ellas, y todas se han ido adaptando a los nuevos usos de la industria. En la actualidad son las necesidades concretas de cada equipo y de cada industria las que marcan el modelo de mantenimiento que optimiza sus recursos y sus necesidades. Por lo general, el método que se impone mayoritariamente es el Mantenimiento Productivo Total o TPM, que incluye las tareas de Mantenimiento Preventivo y Predictivo, integrado siempre en un modelo de Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO), y apoyado según necesidades por el modelo de Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM).

Información obtenida en Wikipedia, historia del mantenimiento.

3.1.2. Tipos de mantenimiento

Tradicionalmente, se han distinguido cinco tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen.

- **Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos
- **Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.
- **Mantenimiento Predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.
- **Mantenimiento Cero Horas (Overhaul):** Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a “cero horas” de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.
- **Mantenimiento En Uso:** es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de

datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos, etc.) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Mantenimiento Productivo Total).

- **Mantenimiento retrofit o retrofining:** es el mantenimiento enfocado a la renovación de instalaciones, equipos, maquinaria e incluso vehículos, basada en la actualización de componentes más modernos o eficaces que los disponibles, o donde estos no existen.

3.2. PLAN DE MANTENIMIENTO CORREA 8-B

El plan de mantenimiento más adecuado para el equipo es el preventivo, ya que consta de inspecciones periódicas, que nos revelaran posibles fallas antes de que ocurran, con el fin de que no ocurran detenciones de planta no programadas.

Este tipo de mantenimiento tiene ventajas, que lo hacen favorable al mantenimiento de la correa transportadora, los cuales son:

- Bajo costo en relación con el mantenimiento predictivo.
- Reducción importante del riesgo de fallas.
- Reduce la probabilidad de detenciones no programadas.
- Permite llevar un mayor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.
-

Pero también tiene desventajas que pueden ser de vital importancia en el momento de elegir este tipo de mantenimiento las cuales son:

- Se requiere de experiencia como datos del fabricante, para realizar un buen plan de mantenimiento a los equipos.
- No permite con exactitud determinar el desgaste o depreciación de los equipos.

3.2.1. Análisis de datos

Para generar el plan de mantenimiento al equipo en cuestión, se tomarán los datos obtenidos en el año 2014, estos datos son las detenciones no programadas NP y las detenciones programadas PL. Esto con la finalidad de atacar las fallas más recurrentes en el periodo anterior, por consiguiente, mejorar la disponibilidad del equipo 94%.

Las principales detenciones no programadas se muestran en la siguiente tabla elaborada:

Tabla 3-1. Cantidad de detenciones no programadas y porcentaje

FALLAS QUE PRODUCEN DETENCIONES NP	CANTIDAD DE NP	ACUMULADOS	% TOTAL
POLINES	35	34,31%	34,31%
GUARDERAS	19	52,94%	18,63%
PLANCHAS DE DESGASTE	15	67,65%	14,71%
BUZON DE TRASPASO CORREA 8D-8B	7	74,51%	6,86%
BUZON DE TRASPASO CORREA 8B-8E	6	80,39%	5,88%
ENGRAMPE MECANICO	6	86,27%	5,88%
RASPADORES	5	91,18%	4,90%
CORREAS DE TRANSMISION	2	93,14%	1,96%
EMPALME MECANICO	1	94,12%	0,98%
RODAMIENTO POLEA TENSOR	1	95,10%	0,98%
RODAMIENTOS POLEA AUXILIAR	1	96,08%	0,98%
RODAMIENTOS POLEA AXULIAR SUPERIOR	1	97,06%	0,98%
RODAMIENTOS POLEA COLA	1	98,04%	0,98%
RODAMIENTOS POLEA DOBLES	1	99,02%	0,98%
RODAMIENTOS POLEA MOTRIZ	1	100,00%	0,98%
TOTAL	102		100,00%

Fuente: Planilla elaborada en Excel, con datos obtenidos, Codelco división Andina.



Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina

Figura 3-1. Diagrama Pareto

El diagrama Pareto anteriormente expuesto, nos muestra a rasgos generales las principales fallas que producen las detenciones no programadas del equipo, los polines con un total de 35 fallas, las guarderas con 19 y las planchas de desgaste 15, son las que encabezan este gráfico. Por consiguiente, se deben evaluar individualmente para encontrar la causa de estas fallas, para corregir estas anomalías.

3.2.2. Evaluación de fallas

Para poder encontrar la principal causante de la detención no programada de este equipo se debe realizar un estudio, en este caso se realizará la técnica de los 5 porqués.

La técnica de los 5 porqués es un método basado en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. El objetivo final de los 5 porqués, es determinar la causa raíz de un defecto o problema.

Datos del método obtenido a los estudios en los años de universidad.

3.2.3. Polines

Al referirnos a polines el principal inconveniente, fue el desgaste excesivo y rotura de este en la cara de rodadura. Lo cual puede producir detenciones no programadas, y desgaste en la cinta hasta el punto de rajar la tela. Ver figura 3-2 y 3-3.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, polín de carga roto, Codelco división Andina.

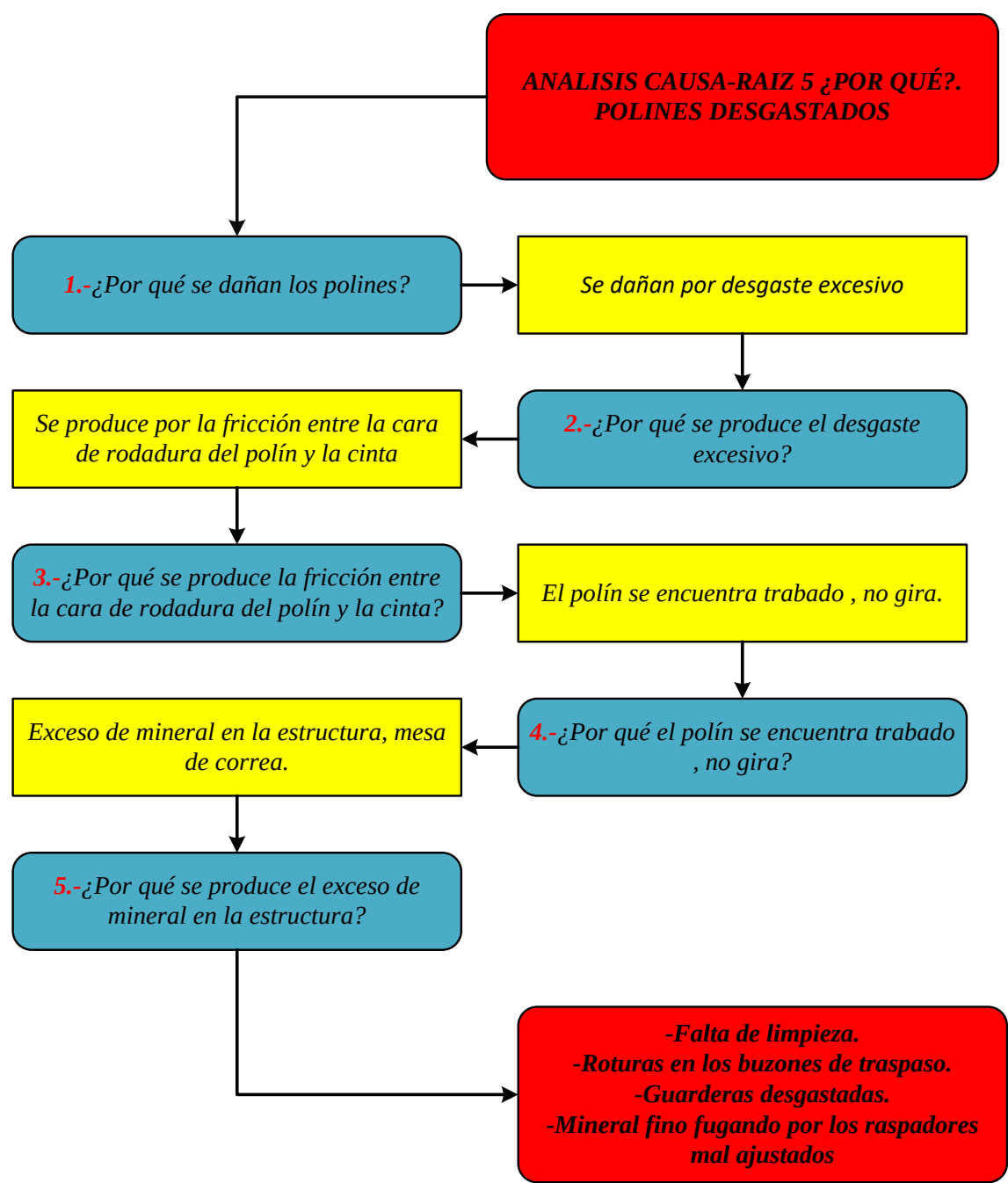
Figura 3-2. Polín de carga roto



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, polín de carga roto, Codelco división Andina

Figura 3-3. Polín de retorno roto

- Realización de estudio 5 porqués.



Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina

Figura 3-4. Estudio 5 porqués, polines desgastados

Al finalizar el estudio los principales factores que provocan el daño en los polines, pasan a ser un tema de aseo industrial y de diseño de los elementos de la correa que fueron diseñados para 1800 ton/hrs.

3.2.4. Guarderas

Al referirnos a las guarderas el principal inconveniente, se produjo por un desgaste excesivo y rotura de estas. Cabe destacar que también es una de las causas principales del mineral en la mesa de la correa, el cual produce el desgaste en los demás elementos, como los polines. Ver figura 3-5.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, Codelco división Andina

Figura 3-5. Guardera con desgaste excesivo

Cabe destacar que la principal función de las Guarderas es el sello de polvo y si no cumple su función, aparte de derramar el mineral granulado a la mesa de la correa, se produce polvo fino en suspensión el cual es en gran medida sílice causante de la silicosis en las personas, que trabajan en la minería.

La sílice es un material muy duro que se encuentra en casi todas las rocas. La sílice es el componente principal de la arena, arenisca, cuarcita granito, etc. La sílice ocurre naturalmente en tres formas, pero solo la forma cristalina, representa un peligro a la salud. La silicosis es una enfermedad a los pulmones, que puede ser fatal. Se produce cuando se respira polvo muy fino de sílice cristalina. Las partículas de la sílice cristalina, que son más pequeñas que un grano de arena y a menudo invisibles, entran a los pulmones de las personas y producen inflamación y cicatrices en los tejidos del pulmón. Esto hace que la respiración sea difícil. Cuando la silicosis empieza a desarrollarse, los pulmones se pueden infectar con hongos y bacterias.

A la silicosis se la relaciona con otras condiciones del pulmón, tales como fibrosis, enfisema, tuberculosis y cáncer al pulmón. Existen tres tipos de silicosis:

- Crónica: Ocurre después de 10 años o más de haber estado expuesto(a) a cantidades pequeñas de polvo de sílice. Ésta es la forma más común.
- Acelerada: Ocurre después de 5 a 10 años de exposición a cantidades moderadas de sílice cristalina.
- Aguda: Puede desarrollarse entre unas pocas semanas a 5 años después de haber estado expuesto(a) a concentraciones altas de sílice cristalina

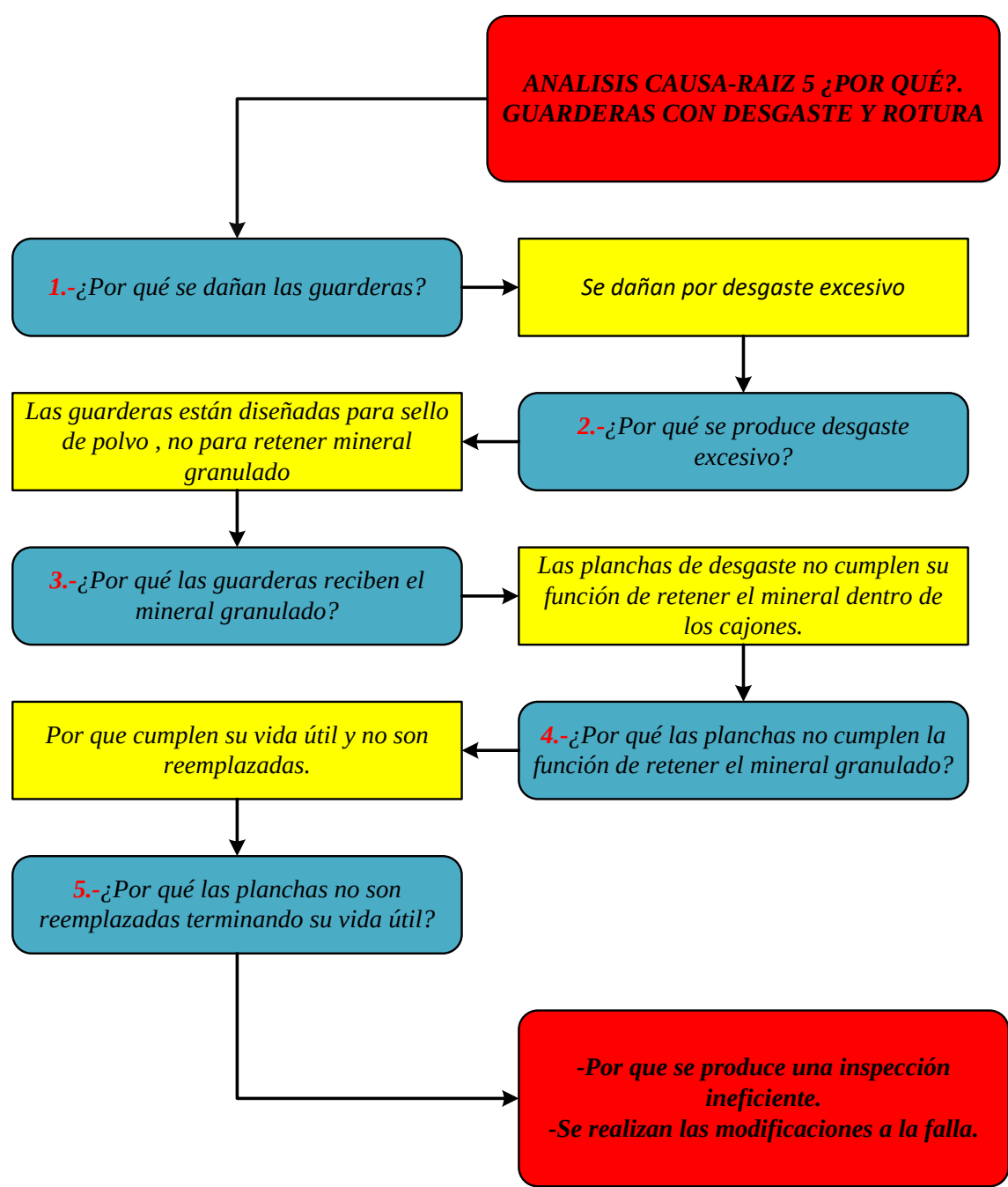
Los síntomas de la silicosis son:

- dificultad al respirar cuando Ud. hace un esfuerzo físico. Este síntoma puede tornarse severo, especialmente en el caso de silicosis aguda
- pérdida de peso
- fatiga
- pérdida de apetito
- tos crónica
- fiebre

Es posible que los síntomas no aparezcan en la fase inicial. La silicosis se confunde frecuentemente con neumonía, tuberculosis y/o edema pulmonar.

Datos obtenidos en ministerio de salud de chile.

- Realización de estudio 5 porqués.



Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina

Figura 3-6. Estudio 5 porqués, guarderas con desgaste y rotura

Al terminar el estudio nos arroja que el principal factor es, que las planchas de desgaste no retienen el mineral granulado, provocando que este sea expulsado al exterior, recibéndolo la guardera que no es la encargada de esta labor.

3.2.5. Planchas de desgaste

El principal inconveniente de las planchas, es el desgaste prematuro, produciendo roturas y liberando el mineral hacia el exterior y la mesa de la correa. Ver figura 3-7.



Fuente: Fotografía personal en chancado fino, Codelco división Andina, año 2014.

Figura 3-7. Plancha de desgaste exceso de deteriorada

En el estudio anterior de las guarderas, nos arroja la causa raíz de que las planchas de desgaste termogon se dañan y se rompan, es por que cumplen su vida útil y no son cambiadas.

Esto se resume porque, no se cuenta con el tiempo estimado de vida útil, que el fabricante entrega para las planchas, además de una deficiente inspección.

3.2.6. Chutes de traspaso

En el interior de los chutes de traspaso se producen roturas, provocando la liberación de mineral al exterior. Ver imagen 2-8.

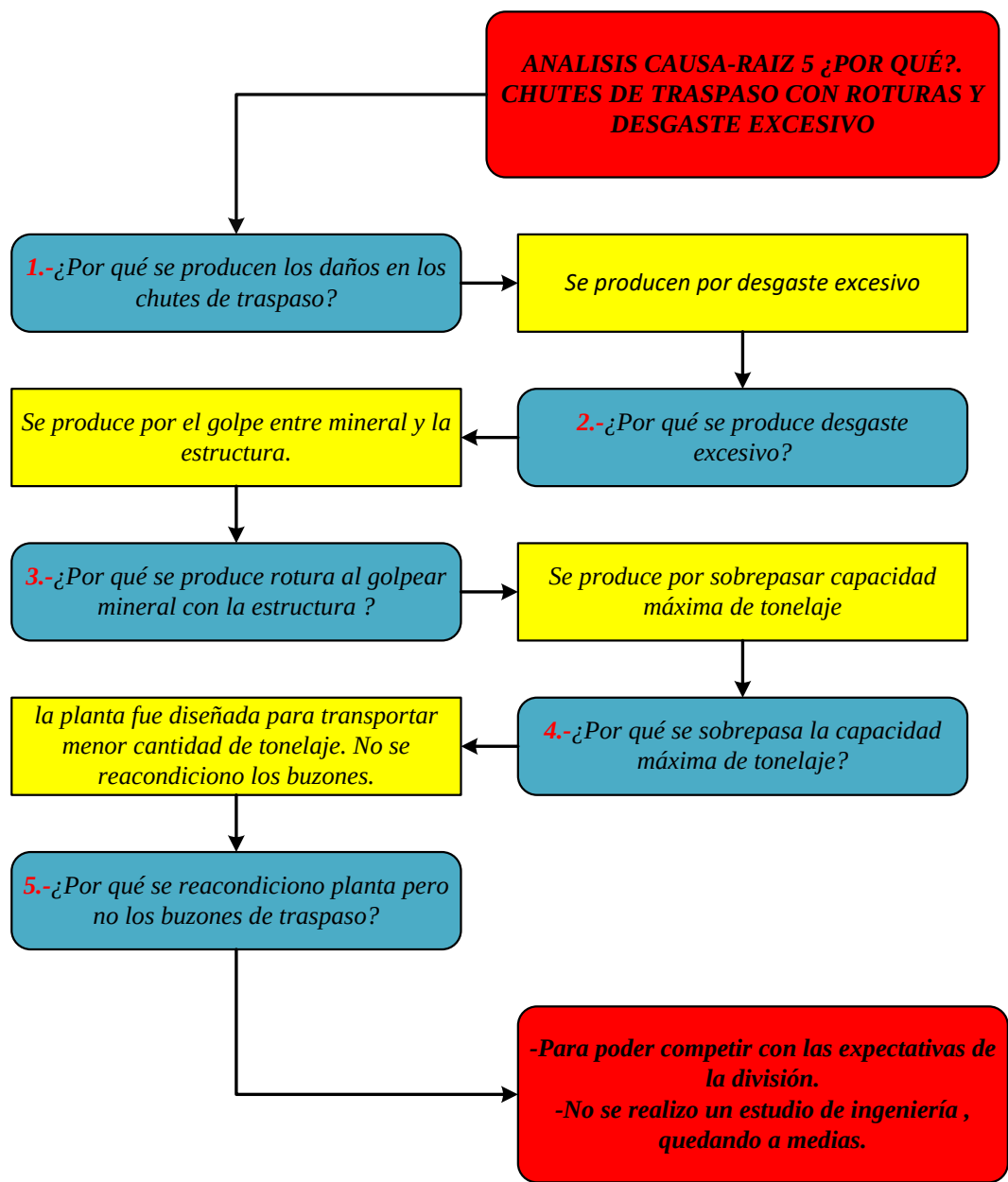


Fuente: Fotografía personal en chancado fino, Codelco división Andina, año 2014.

Figura 3-8. Parte posterior de chute de traspaso liberando mineral

Al observar la imagen se ve la rotura de este, botando mineral hacia el exterior por la parte posterior del chute de traspaso.

- Realización de estudios de 5 porqués.



Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina

Figura 3-9. Estudio 5 porqués, chutes de traspasos deteriorados y rotos

La principal causa de que los chutes se deterioren o se rompan, es que, se transporte una mayor cantidad de mineral, de la cual fue diseñado, 2000 ton/h en vez de 1800 ton/h.

Cuando se reacondiciono la correa, para poder transportar más mineral, los chutes de traspaso fueron los únicos que no se modifican quedando de la misma manera que fueron diseñados.

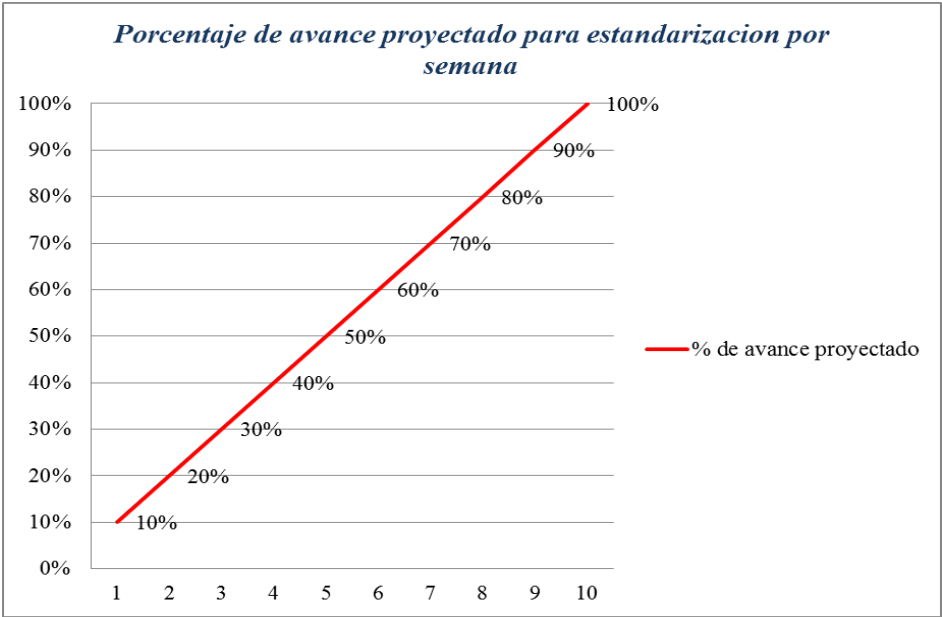
3.3. **ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

Se comenzara con una re instrucción a los operadores del equipo, para realizar inspecciones de granulometría de mineral más recurrente, así también de las capacidades máximas de trabajo, con lo cual se evitara el desgaste prematuro de los elementos de desgaste y el exceso de mineral en la correa.

En conjunto con lo anterior se elaborará un plan de acción que se va enfocar en 10 semanas con la finalidad de estandarizar las mantenciones y componentes, posterior a eso se reevaluara, si es necesario seguir con la frecuencia dada y la cantidad de horas, programadas a las mantenciones.

La estandarización consta de cambiar planchas y guarderas, polines y agregar elementos de desgaste en los chutes de traspaso.

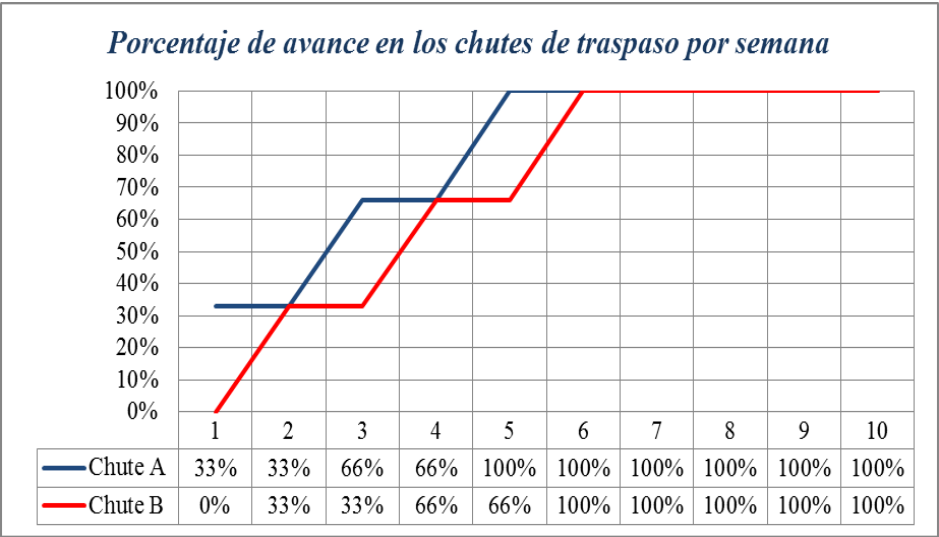
El porcentaje proyectado de cada semana será del 10 %, puede tener desviaciones por diferentes motivos. Ver gráfico 3-10.



Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina

Figura 3-10. Porcentaje de avance proyectado para estandarización

Al comenzar con este plan de mantenimiento se debe tener en consideración los preparativos que conlleva, el personal adecuado, las herramientas y los repuestos. Así que los días miércoles se destinaran 3 mecánicos a los preparativos. Siendo los jueves la mantención de 6 horas efectivas de trabajo. Ver gráfico 3-11.



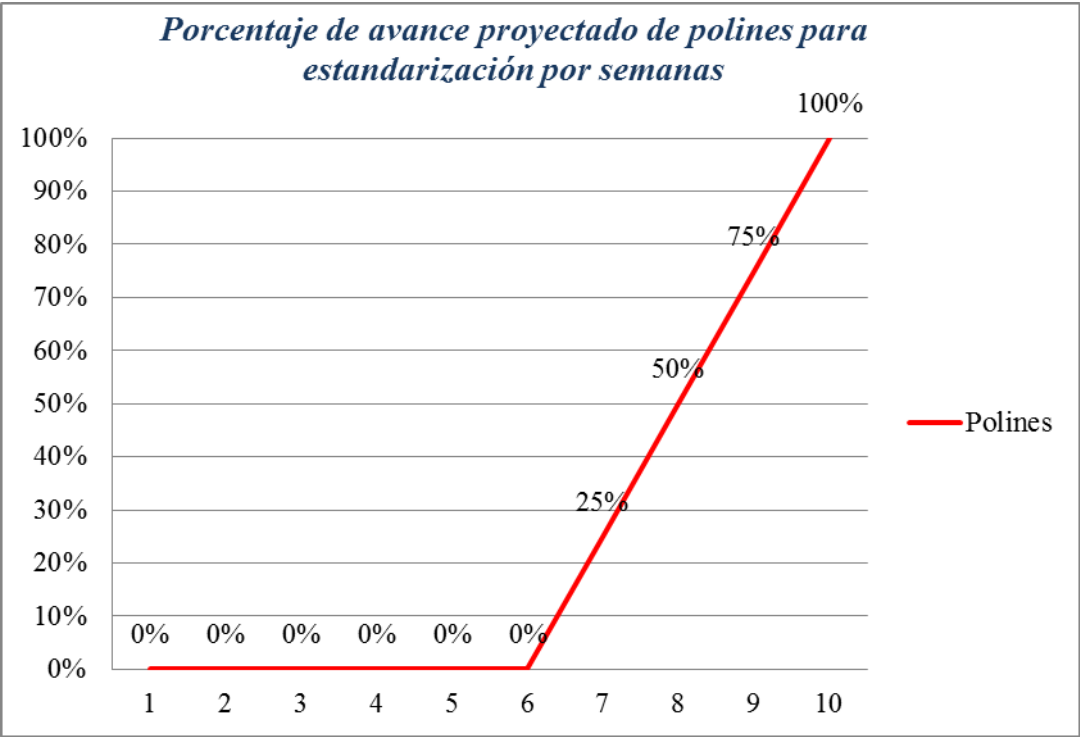
Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina

Figura 3-11. Porcentaje de avance proyectado en los chutes de traspaso

En las primeras 6 semanas se realizará la estandarización del cambio de planchas de desgaste de termogon (planchas de correas en desuso) a termomin, por ser placas específicas y diseñadas con el fin de soportar el desgaste por roce de mineral, se cambiarán todas las guarderas, y se instalarán elementos de desgaste para proteger los chutes de traspaso con un avance proyectado por mantención del 33% cada semana intercalando los chutes de traspaso. Además de ajustar en cada mantención los raspadores, primario y secundario eliminando el retorno de mineral fino por la correa en sentido de retorno.

En las semanas 7 en adelante se comenzará con el cambio de polines de retorno, carga e impacto, con un avance proyectado del 25% semanal, siguiendo con el ajuste de los raspadores primario y secundario. Ver gráfico 3-12.

Al cabo de las 10 semanas debería estar estandarizado el equipo en cuestión.



Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina

Figura 3-12. Porcentaje de avance proyectado de polines para estandarización

3.4. CARTA GANTT PLAN DE MANTENIMIENTO CORREA 8B

El diagrama de Gantt es una herramienta que se emplea para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado de tiempo. Gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones a realizar, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto. Reproduce gráficamente las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto y la fecha de finalización prevista.

Datos obtenidos en OBS Business School.

- Semana n°1-6.

En esta planificación se realiza la cronología de los trabajos anteriormente descritos, en la correa transportadora. Citando cada uno de los ámbitos a realizar, estipulando tiempos en las mantenciones.

Solo se van altercando los chutes de traspaso, primero el chute A y luego el B, así sucesivamente hasta llegar a la semana 6.Sumando 36 horas. Ver tabla 3-2.

Tabla 3-2. Carta Gantt de la semana n°1 hasta la n°6

TAREAS	Horas	Mecanicos	Dias	
(PREPARATIVOS)			Miercoles	Jueves
Charla de seguridad difusión y llenado de documentacion	0,5 h	3	X	
Cambio de planchas correa 8B, preparativos, traslado de planchas Termomin, oxigeno, acetileno, pernos de 5/8" x 2 cabeza de cebo.	2 h	3	X	
Ordenamiento de area de trabajo	0,5 h	3	X	
(MANTENCION)				
Charla de seguridad y llenado de documentacion	0,5 h	3		X
Bloqueo de equipos	0,6 h	3		X
Prueba de energia cero	0,12 h	3		X
Cambiar planchas de desgaste y guarderas 33 % chute A	5 h	3		X
Limpieza y ajuste de raspadores	1 h	3		X
Desbloqueo de equipos	0,2 h	3		X
Almuerzo de personal	1,2 h	3		X
Ordenamiento y aseo de area de trabajo	1,7 h	3		X
TOTAL HORAS DIARIAS			3 h	10,32 h
TOTAL HORAS SEMANALES			13,32	

Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina, año 2014.

- Semana n°7-10.

En esta carta Gantt se comienzan con los trabajos enfocados a la estandarización de los polines, y continuando con el ajuste de los raspadores primario y secundario. Ver tabla 3-3.

Tabla 3-3. Carta Gantt perteneciente a la semana n°7 hasta la n°10

TAREAS	Horas	Mecanicos	Dias	
(PREPARATIVOS)			Miercoles	Jueves
Charla de seguridad difusión y llenado de documentacion	0,5 h	3	x	
Cambio de gomas skegas, pernos T y tuercas y golilas de 5/8" correa 8B, preparativos, traslado de polines, oxigeno, acetileno, pernos de 5/8" x 2 completos	2 h	3	x	
Ordenamiento de area de trabajo	0,5 h	3	x	
(MANTENCIÓN)				
Charla de seguridad y llenado de documentacion	0,5 h	3		x
Bloqueo de equipos	0,6 h	3		x
Prueba de energia cero	0,12 h	3		x
Cambiar polines de carga, retorno	5 h	3		x
Limpieza y ajuste de raspadores	1 h	3		x
Desbloqueo de equipos	0,2 h	3		x
Almuerzo de personal	1,2 h	3		x
Ordenamiento y aseo de area de trabajo	1,7 h	3		x
TOTAL HORAS DIARIAS			3	10,32
TOTAL HORAS SEMANALES			13,32	

Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina

3.4.1. Pauta quincenal de correa

Además de lo anterior expuesto se considerará una pauta de inspección quincenal que consta de 30 min, con 2 mecánicos, esta frecuencia de inspección es basada en la durabilidad que entrega el fabricante de las guarderas, siendo esta la de menos durabilidad de la correa, provocando como anteriormente se expuso el derrame de mineral, el cual produce el daño en los demás componentes. Está frecuencia se evaluará dependiendo de los datos obtenidos. El equipo puede seguir funcionando de manera normal. Ver figura 3-13 y 3-14.

CHECK LIST QUINCENAL CORREA 8B							
MECANICO							
TURNO A/C		INI/FIN					
SUPERVISOR							
FECHA							
POLINES DE CARGA				POLINES DE RETORNO			
ESTACIONES POLINES	TEMPERATURA	GIRA SI/NO	PRESENTA RUIDOS	ESTACIONES POLINES	TEMPERATURA	GIRA SI/NO	PRESENTA RUIDOS
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			
10				10			
11				11			
12				12			
13							
14				GUARDERAS			
15					DERRAMA SI/NO	ROTURAS SI/NO	
16							
17							
18				LADO IZQUIERDO			
19				LADO DERECHO			
20				BUZON DE TRASPASO			
21					realice un comentario si amerita		
22				PRESENTA			
23				ROTURAS			
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35					Nota: la temperatura debe ser medida con pirometro		
36							
37					pag.1		

Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina, año 2014.

Figura 3-13. Pauta de inspección quincenal página 1

Realice comentarios referentes al estado de las planchas de desgaste , aseo de la correa , FALTA DE PROTECCIONES o alguna novedad EN LO REFERENTE A SEGURIDAD									
RODAMIENTOS		RODAMIENTO LADO IZQUIERDO		RODAMIENTO LADO DERECHO					
	TEMPERATURA	FUGAS	TEMPERATURA	FUGA					
POLEA MOTRIZ									
POLEA DE COLA									
POLEA AXULIAR MOTRZ									
POLEA AUXILIAR									
POLEA DEFLECTORA LADO CABEZAL									
POLEA DEFLECTORA LADO COLA									
POLEA TENSORA									
CAJA REDUCTORA	FUGA	NIVEL ACEITE	TEMPERATURA						
	SI	BAJO							
	NO	MEDIO							
		ALTO							
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES EPP PARA REALIZAR LA ACTIVIDAD									
									
Lentes de seguridad	Casco de seguridad	Protector auditivo	Guantes de seguridad	Protector respiratorio					
					REALIZO				
					FECHA				
					FIRMA				
Autores-catador	Cinturon minero	Zapatos de seguridad	Geologa reflectante	Lampara minera	SUPERVISOR				
					FECHA				
					FIRMA				

Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina, año 2014.

Figura 3-14. Pauta de inspección quincenal, página 2

3.5. PROYECCIÓN DE DISPONIBILIDAD

Al cumplir con el programa de mantenimiento, debería aumentar la disponibilidad del equipo, suponiendo que se erradicaran el 80 % de las detenciones no programadas, nos daría un resultado favorable. Ver tabla 3-4.

Tabla 3-4. Tabla comparativa entre las horas de NP antes y las proyectadas

CANTIDAD DE HORAS EN DETENCIONES NO PLANIFICADAS POR MES			
MES	PRINCIPAL FALLA	HORAS	MEJORANDO EL 80 %
ENERO	POLINES	47,5	14,3
FEBRERO	POLINES	38	12,4
MARZO	POLINES	50,5	10,1
ABRIL	POLINES	40,5	16,1
MAYO	GUARDERAS	28	5,6
JUNIO	POLINES	29,5	5,9
JULIO	GUARDERAS	19	3,8
AGOSTO	PLANCHAS DE DESGASTE	50,5	18,1
SEPTIEMBRE	POLINES	46,5	37,7
OCTUBRE	POLINES	43,5	17,1
NOVIEMBRE	POLINES	47,5	20,3
DICIEMBRE	POLINES	50	18,4
TOTAL DE HORAS NO PLANIFICADAS		491	179,8

Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina, año 2014.

Cálculo de disponibilidad proyectado, este indicador es lo más cercano que se tiene, ya que bajo estos parámetros el plan de mantenimiento es efectivo, siempre y cuando se cumplan los plazos, además de realizar mantenciones efectivas contando con el compromiso de todas las personas que participaran en él.

Disponibilidad $\frac{(8760-288-179)}{(8760-288)} =$

Disponibilidad $\frac{(8293)}{(8472)} =$

Disponibilidad 0.9788 x 100 =

Disponibilidad 97,88

- En donde 8760 son las horas, que trabajara el equipo es decir un año de corrido.
- 288 horas son las tareas planificadas.
- 179,2 horas son las tareas no planificada proyectada, mejorando un 80%.

El cálculo nos arroja un valor sumamente positivo con 97% de disponibilidad, versus los 94% que se comenzó, solo atacando un 80% de las fallas principales.

3.6. COSTOS GENERALES

Anteriormente hemos analizado el aumento de la disponibilidad del equipo al momento de realizar el plan de mantenimiento, el cual nos dio un aumento de la disponibilidad de un 3 %, pero eso a grandes rasgos, no nos, revela un valor cuantificable, ya sea en cantidad de ton/h o simplemente en cantidad de dinero que deja de percibir la corporación del cobre (Codelco), para ello analizaremos a continuación, los datos más relevantes en cuanto a los indicadores que están presentes en este proceso. Ver tabla 3-5.

Tabla 3-5. Indicadores económicos

Precio del dólar año 2014		
máximo valor	621,41	CLP
mínimo valor	524,61	CLP
valor promedio	570,37	CLP
Precio del cobre año 2014		
mayor	3,3 Dólares	libras
menor	3 Dólares	libras
promedio	3,15 Dólares	libras
Equivalencias		
1 libra	0,453592	kg
Ley de cobre andina		
promedio ley de cobre de 2014		0,7 % de cobre fino
2000 ton/h promedio de mineral traspasado a molinos		14 ton/h de cobre fino

Fuente: Elaboración propia, información Codelco división Andina, año 2014.fuente

<http://vendercomprardolares.com/el-valor-historico-del-dolar.php>

En la tabla anterior muestra el principal parametro , por el que podemos establecer un costo economico , ya que nos muestra la cantidad de cobre fino que se traspasa por hora hacia el siguiente proceso, lo que posteriormente se cuantifica , determinando el costo versus beneficio de la implementacion del plan de mantenimiento.

Acontinuacion se analiza los indicadores del proceso antes y despues, del plan de mantenimiento enfocandose principalmente en las perdidas economicas de la corporación.

- Horas de detencion no programada antes del plan de mantenimiento: 491 h
- Ganancias que deja de percibir la corporación por hora \$ 55.453.537,03.
- Horas de detencion no programada despues del plan de mantenimiento :179,8 h

Tabla 3-6. Costos de mantenimiento

Costos de mantenimiento	
Valor de 1 pauta de regulación y/o cambio planchas de desgaste	\$1.470.000
Valor de 1 pauta de cambio de polines	\$1.600.000
Cambio de guarderas	\$1.450.000

Fuente: Elaboración propia, datos entregados según datos empresa contratista.

En la tabla 3-6, se detallan valores de mantenimiento por detención de la correa, correspondiente a un tiempo efectivo de mantenimiento de 6 horas y en el caso de los polines una pauta equivale a 34 unidades cambiadas. En relación a la pauta de regulación y/o cambio de planchas de desgaste, esto contempla a un chute de traspaso por ambos lados, aproximadamente 15 planchas por lado. En el cambio de guarderas corresponde a ambos lados del chute, aproximadamente es de 10 metros por lado de guarderas que es reemplazada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al momento de querer mejorar la disponibilidad de un equipo, se debe tener pleno conocimiento de este, por lo que es de vital importancia recopilar la mayor cantidad de información concerniente a datos estadísticos, técnicos y productivos para poder instaurar un plan de mantenimiento adecuado, todo en directo beneficio de mejorar la disponibilidad del equipo.

Uno de los aspectos importantes, corresponde a determinar los componentes principales y cada uno de las partes que componen la correa transportadora de mineral. Para ello se realizó un estudio, con la finalidad de determinar cuáles eran los componentes más críticos de la correa. Buscando mediante datos estadísticos la cantidad de fallas, con el único fin de mejorar las mantenciones existentes y a su vez buscando mejorar la disponibilidad del equipo.

El mejor plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de la correa transportadora fue el mantenimiento preventivo, que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables, en el momento más oportuno.

Finalmente como conclusión y de acuerdo a los datos estadísticos que se obtuvieron, comparando la situación anterior del equipo, con la situación que se podría tener implementando el plan de mantenimiento adecuado, se percibiría mejorar considerablemente la disponibilidad del equipo, con muy pocos cambios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Codelco división Andina, información interna y exclusiva. Central telefónica Edificio Institucional Los Andes (EILA), Avenida Santa Teresa, N° 513 Los Andes, V Región
2. www.codelco.com. la corporación.
[Consulta: septiembre 2015]
3. www.codelcoeduca.cl .procesos productivos.
[Consulta: septiembre 2015]
4. www.wikipedia.com (Correas transportadoras)
[Consulta: septiembre 2015]
5. Rotranssa.com/cintas-transportadoras
[Consulta: septiembre 2015]
6. http://mineria.tecnipak.com/subcategorias/Correas_transportadoras.html
[Consulta: diciembre 2015]
7. <http://dijar.cl/Productos/Cintas%20Transportadoras/PVC/Problemas%20y%20Soluciones%20CT.pdf>
[Consulta: diciembre 2015]
8. <http://rivet.cl/polines/>
[Consulta: diciembre 2015]
9. <http://www.revesol.cl/htm/equipos.html>
[Consulta: diciembre 2015]
10. Catálogo de motores eléctricos 2010, Siemens.
11. Catálogo de cintas transportadoras, Pirelli.

12. http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114562/cf-gomez_mh.pdf?sequence=1&isAllowed=y
[Consulta: diciembre 2015]
13. https://prezi.com/6fwp34_wnanb/fallas-de-correas/
[Consulta: diciembre 2015]
14. <http://www.minetrust.com/?p=166>
[Consulta: diciembre 2015]
15. <http://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/2049/577191.pdf?Sequence=1>
[Consulta: diciembre 2015]
16. <file:///C:/Users/L-01/Downloads/la-estrategia-predictiva-en-el-mantenimiento-industrial---pdf-847-kb.pdf>
[Consulta: diciembre 2015]
17. <http://vendercomprardolares.com/el-valor-historico-del-dolar.php>
[Consulta: diciembre 2015]

ANEXO A: PLAN DE MANTENIMIENTO CORREA 8B ELABORADO EN MICROSOFT PROJECT

En este anexo se muestra la carta Gantt realizada en el programa Microsoft Project del plan de trabajo proyectado para la correa 8B.

