



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS OPERACIONALES PARA LLEVAR A DIVISIÓN
MINISTRO HALES A 500 KTPD, GERENCIA MINA, CODELCO CHILE**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER
EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

SERGIO WALDEMAR BUGUEÑO TAPIA

**PROFESOR GUÍA
JULIO ENRIQUE MORALES OLIVARES**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN
ALDO CÉSAR SEBASTIÁN CASALI BACELLI
ENRIQUE ALEJANDRO SILVA RAMOS**

**SANTIAGO DE CHILE
2021**

RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL GRADO
DE: Magister en Gestión y Dirección de Empresas.
POR: Sergio Waldemar Bugueño Tapia.
FECHA: Marzo de 2021
PROFESOR GUIA: Julio Enrique Morales Olivares.

IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS OPERACIONALES PARA LLEVAR A DIVISIÓN MINISTRO HALES A 500 KTPD, GERENCIA MINA, CODELCO CHILE

La división Ministro Hales de Codelco, parte sus operaciones en 2011 con un gran desafío, el cual consiste en romper la barrera del Prestripping más grande nunca realizado. Todo esto enmarcado en la rentabilidad y retorno que necesita el país. Además de ser parte de uno de los primeros proyectos estructurales de Codelco Chile.

Por hoy la situación de la minería a nivel país y en especial Codelco Chile, pasa por un proceso de transformación, debido a la disminución en sus utilidades, esto propiciado por la caída del precio del commodity, leyes bajas de sus minerales y el envejecimiento de algunos de sus yacimientos. Por estos motivos Codelco busca rentabilizar al máximo todas sus divisiones. División Ministro Hales en ese camino necesita maximizar sus operaciones mina y como objetivo principal es llevar su movimiento de materiales de 450 a 500 KTPD. El objetivo de esta tesis va en apoyo de acompañar la implementación de prácticas y propuestas de valor, que brinden a sus operaciones el éxito en seguridad y productividad, estudiando y garantizando la confiabilidad en el tiempo de sus recursos.

La eficiencia en las operaciones, tanto en el ámbito técnico como en materias blandas, contribuyen en un mejoramiento continuo en todos los procesos que son imprescindibles para lograr las metas y objetivos trazados, algunas de ellas son:

- Geotecnia; clave en la estabilidad y seguridad de los taludes mina.
- Filosofía Lean Mining C+; incorporado en los procesos mineros.
- Reforzar y aumentar la cantidad de equipos de carguío y transporte.
- Confiabilidad flota equipos y logro 17 hr/efec. Caex.
- Medidas en contingencia covid-19. Protocolos y medidas sanitarias.
- Mejoramiento en diseño e infraestructura mina.
- Licencia social para operar; medidas medio ambientales, contratación y aumento en la dotación operacional de la comunidad. Resaltar la valorización e integración de las personas en el negocio, incorporando capturas de ideas, oportunidades en nuevos equipos (capacitación), junto con realzar y reconocer su desempeño laboral.

La evaluación económicas evidenciadas en esta tesis van en 3 ámbitos. La primera es Alcanzar las 17 hrs. Efectivas Caex, al realizar la evaluación nos entregan un ahorro por **2.065 KUS\$**. Los materiales totales extraídos a la fecha dan un ahorro estimado de **1.883 KUS\$**. Por último, la extracción de minerales adicionales al plan P0, nos entregan un ganancial de **8.535 KUS\$**.

La reflexión va de la mano con la búsqueda de nuevas tecnologías que se puedan encontrar en el mercado, que hagan de las operaciones mineras un escenario mas seguro para sus trabajadores, eficientes y rentables.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	OBJETIVOS.....	3
2.1	Gerencia de recursos mineralógico y desarrollo (GRMD).....	3
2.2	Gerencia Mina (GM).....	3
3	ALCANCES	4
4	METODOLOGIA.....	4
5	DEFINICIONES	5
6	CASO BASE	6
6.1	PRODUCTIVIDAD EN LA MINERIA E INDICADORES DE FLOTA 2019.....	6
6.2	PRODUCTIVIDAD OPERACIONAL EN CODELCO, DIVISIONES Y MERCADO.....	8
6.3	COSTOS DMH.....	10
6.4	METODOLOGIA LEAN, HISTORIA	11
6.4.1	¿En qué se basa la metodología Lean?	11
6.4.2	Que es Lean Managment C+.....	12
6.4.3	Implementación	14
6.5	ESTADO SITUACIONAL - OPERACIONAL.....	14
6.5.1	Parámetros geométricos y operativos	14
6.5.2	Caracterización geotécnica “Full Control”	19
6.5.3	Acciones de Valor “17 hrs. Efectivas Caex”	30
6.6	Adquisición de equipos mina Chuquicamata.....	63
6.7	Contratación de operadoras mina.....	65
6.8	Polifuncionalidad de operadores mina	66
6.9	Análisis de Confiabilidad	68
6.10	Diagrama de incertidumbre.....	68
6.11	Carta Gantt implementación del incremento a 500 KTPD.....	70
7	EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS MEJORAS	71
	Cuantificación de las mejoras realizadas, en el ámbito de mantenibilidad y operativo. .	71
7.1	Acciones con Valor “17 horas Efectivas Caex”	71
7.1.1	Disponibilidad Activos	71
7.1.2	Excelencia Operacional	72
7.1.3	Gestión Optima de Activos	72

7.1.4	Gestión de Recursos	73
7.2	Material transportado por flota Komatsu.	75
7.3	Material extraído y producción mina.....	76
8	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	78
8.1	Acciones con Valor “17 horas Efectivas Caex”	78
8.1.1	Análisis económico aumento horas efectivas	79
8.2	Materiales totales extraídos mina.....	80
8.2.1	Movimiento total (7% adicional sobre el plan anual P0)	81
8.2.2	Mineral sulfuros extraídos (20% adicional sobre el plan anual P0).....	81
9	CONCLUSIÓN.....	84
10	BIBLIOGRAFÍA.....	87
11	ANEXOS.....	88

INDICE DE FIGURA

Figura N°1-1 División Ministro Hales.....	2
Figura N°6-1 “Productividad Minería del Cobre en Chile” (base 2000=100; Fuente Comisión Nacional de Productividad).....	7
Figura N°6-2 Evolución del Índice de Material Movido por Trabajador en Australia, Chile, Perú. (Fuente CNP).....	7
Figura N°6-4 Tiempos de ciclo pala.	9
Figura N°6-5 Tiempos de ciclo Caex.....	10
Figura N°6-6 Cobre comercial.....	10
Figura N°6-7 Costo C1	10
Figura N°6-8 Agenda de productividad y costo.	12
Figura N°6-9 Sistemas de Gestión Lean Mining C+.....	13
Figura N°6-10 Principios Lean-Mining C+.....	14
Figura N°6-11 Diseño rampa con ancho de 40 mts.....	15
Figura N°6-12 Diseño de Fases.....	18
Figura N°6-13 Aumento de ángulos de talud, mejorando prácticas de control.....	20
Figura N°6-14 Parámetros que definen la geometría de un talud minero.....	22
Figura N°6-15 Parámetros que definen la geometría del sistema banco-berma.....	23
Figura N°6-16 Esquema que ilustra que el ancho de berma (b) debe ser mayor o igual que la longitud basal del.....	24
derrame de diseño (LD).....	24
Figura N°6-17 Inestabilidad producida por control estructural de tipo planar.....	25
Figura N°6-18 Inestabilidad producida por control estructural de tipo cuñas.....	26
Figura N°6-19 Inestabilidad producida en zonas sin control estructural (gravas), tipo circular.....	27
Figura N°6-20 Zonas Geotécnicas rajo DMH.....	28
Figura N°6-21 Rajo DMH con direcciones preferente de talud.....	29
Figura N°6-13 Resultado 2019 Caex Gerencia Mina.....	30
Figura N°6-14 Diagrama de flujo módulo PM SAP.....	32
Figura N°6-15 Daños operativos a neumáticos.....	33
Figura N°6-15 Museo de daños operativos a neumáticos.....	34
Figura N°6-16 Condiciones detección FPO.....	35
Tabla N°6-17 Cuadro explicativo de eventos.....	35

Figura N°6-18 Explicación de Rack.....	35
Figura N°6-19 Explicación de Bias.....	36
Figura N°6-20 Explicación de Pitch.....	36
Figura N°6-21 Eventos registrados en la ruta.....	37
Figura N°6-22 Ejemplo de matriz de severidad.....	37
Figura N°6-23 Plan de mantención caminos Mina.....	38
Figura N°6-24 Reparación de eventos en la ruta.....	39
Figura N°6-25 categorización de pistas.....	39
Figura N°6-26 Clasificación de pista.....	40
Figura N°6-27 Indicadores de presiones despachador/ Caex.....	40
Figura N°6-28 Árbol de decisiones de los analistas despacho.....	41
Figura N°6-29 Tablero de Gestión.....	44
Figura N°6-30 Asarco.....	44
Figura N°6-31 Diseño geotécnico, visión de negocio.....	45
Figura N°6-32 Fallamiento pared Este fase 5.....	46
Figura N°6-33 Falla pared Oeste fase 5.....	47
Figura N°6-34 Zona de falla Oeste en fase 5.....	47
Figura N°6-35 Falla pared Norte fase 2.....	48
Figura N°6-36 Avance de pala, sin rematar línea de programa (LP).....	48
Figura N°6-37 Línea de programa (LP) con poca profundidad.....	49
Figura N°6-38 Plan semanal de explotación.....	50
Figura N°6-39 Plan semanal de perforación.....	51
Figura N°6-40 Remate de banco y cresta.....	52
Figura N°6-41 Sistema de drenaje mina.....	53
Figura N°6-42 Fallas menores y mayores mina.....	54
Figura N°6-43 Esquema tronadura tipo AB.....	55
Figura N°6-44 Esquema de franja de control.....	56
Figura N°6-45 Vista panorámica de franja de control.....	56
Figura N°6-46 Esquema de perforación de precorte.....	58
Figura N°6-47 Esquema de perforación pozos buffer.....	58
Figura N°6-48 Cuidados a considerar en diseño de banco inferior.....	59
Figura N°6-48 Esquema configuración berma, zanja de control y remate de bancos.....	60
Figura N°6-49 Esquema de configuración banco – berma.....	60
Figura N°6-50 Esquema de construcción de zanja de control.....	61

Figuras N°6-51 Prácticas de control de línea de programa (LP).	62
Figura N°6-52 Estacones referenciales con avance no mayor a 50 m sin logro de línea de programa.	62
Figura N°6-53 Flow sheet de Full Control.....	63
Figura N°6-54 Traslado pala Chuquicamata-DMH.....	64
Figura N°6-55 Komatsu 930E.....	65
Figura N°6-56 Grupo de operadoras integradas a División Ministro Hales.	66
Figura N°6-57 Grupo de operadores en capacitación.	66
Figura N°6-58 Concursos interno para operadores.....	67
Figura N°6-59 Diagrama incertidumbre 500 KTPD.	69
Figura N°6-60 Carta Gantt implementación genérica de actividades.	70
Figura N°7.1 Objetivos Caex.	71
Figura N°7.2 Objetivos Neumáticos.	71
Figura N°7.3 Objetivos Perdidas Operacionales.	72
Figura N°7.4 Objetivos Demoras.....	72
Figura N°7.5 Objetivos gestión Tronadura.	73
Figura N°7.6 Objetivos colación.	73
Figura N°7.7 Objetivos cambio turno.....	74
Figura N°7.8 Objetivos abastecimiento de combustible.	74
Figura N°7.9 tonelaje por mes de flota Komatsu 2020.	75
Figura N°7.10 KPIs flota Komatsu 930-E.	75
Figura N°7.11 Resultados mina.....	76
Figura N°7.12 Resultados mina por fases.	76
Figura N°7.13 Resultados octubre y leyes promedio.	77
Figura N°8.1Resumen palancas 2020.....	78
Figura N°8.2 Indicadores 2019 V/S Aspiración por palancas 2020.	79
Figura N°8.3 Indicadores y resultados productivos 2020.	80
Figura N°8.4 Desglose de costos C1, C2 y C3. Fuente: elaboración propia en base a información de Wood Mackenzie.	81
Figura N°8.5 Desglose de costos C1 V/S P0 por mes hasta agosto 2020.	82
Figura N°8.6 Resumen costos de procesamiento por libra de cobre a agosto 2020.....	82

1 INTRODUCCIÓN

La División Ministro Hales, DMH, fue creada con fecha 01 de septiembre de 2010, como una de las divisiones del distrito Norte de la corporación Nacional del Cobre de Chile (CODELCO), ubicada en la comuna de Calama, región de Antofagasta.

DMH es un proyecto estructural que tiene por finalidad incrementar el valor de la corporación mediante la explotación y tratamiento de los minerales del yacimiento MH, originalmente conocido como Mansa Mina, que posee recursos totales del orden de 1.300 millones de toneladas (ley media de 0,96 de cobre) de los cuales se explotan vía rajo abierto por 17 años en primera instancia y a posterior con método subterráneo, tuvo un prestriping realizado en 2 años (228 Mt), dando lugar a una producción equivalente a 170.000 toneladas métricas de cobre fino y 300 toneladas de plata cada año en promedio.

La mala calidad de roca, una estructura regional (Falla Oeste) además de un número importante de fallas mayores y el agua existente en gran parte del talud Este de la mina, como también las características del mineral, se hace imprescindible desarrollar adecuadamente y en forma consiente el full control (control total), para brindar soporte a dichas condiciones desfavorables.

Los minerales de cobre contienen un alto contenido de arsénico, razón por la cual existe una planta concentradora de cobre, tiene un proceso adicional de tostación, que procesa los concentrados altos en arsénico, para producir finalmente Calcina con una alta concentración de Cobre y una muy baja concentración de arsénico.

El movimiento total de la mina diario es de 450.000 toneladas, la razón estéril mineral (en adelante REM) radica (8,18:1), donde 55.000 toneladas diarias son de mineral. El mineral es transportado desde la mina y pasado por un chancador primario, para ser depositado en un stock pile para seguir aguas abajo hasta llegar a una planta concentradora, que cuenta con etapas de molienda, con un molino SAG y dos molinos de bolas. El proceso de flotación consta de un proceso de flotación rougher, remolienda y limpiezas, las cuales concentran el mineral de cobre, el cual es espesado y luego filtrado, para ser enviado a un domo de acopio de concentrado con alto contenido arsénico. El tostador de concentrado, a través de un innovador proceso, limpia el concentrado de cobre produciendo Calcina de Cobre. Los gases son luego enfriados y precipitados para producir ácido sulfúrico.

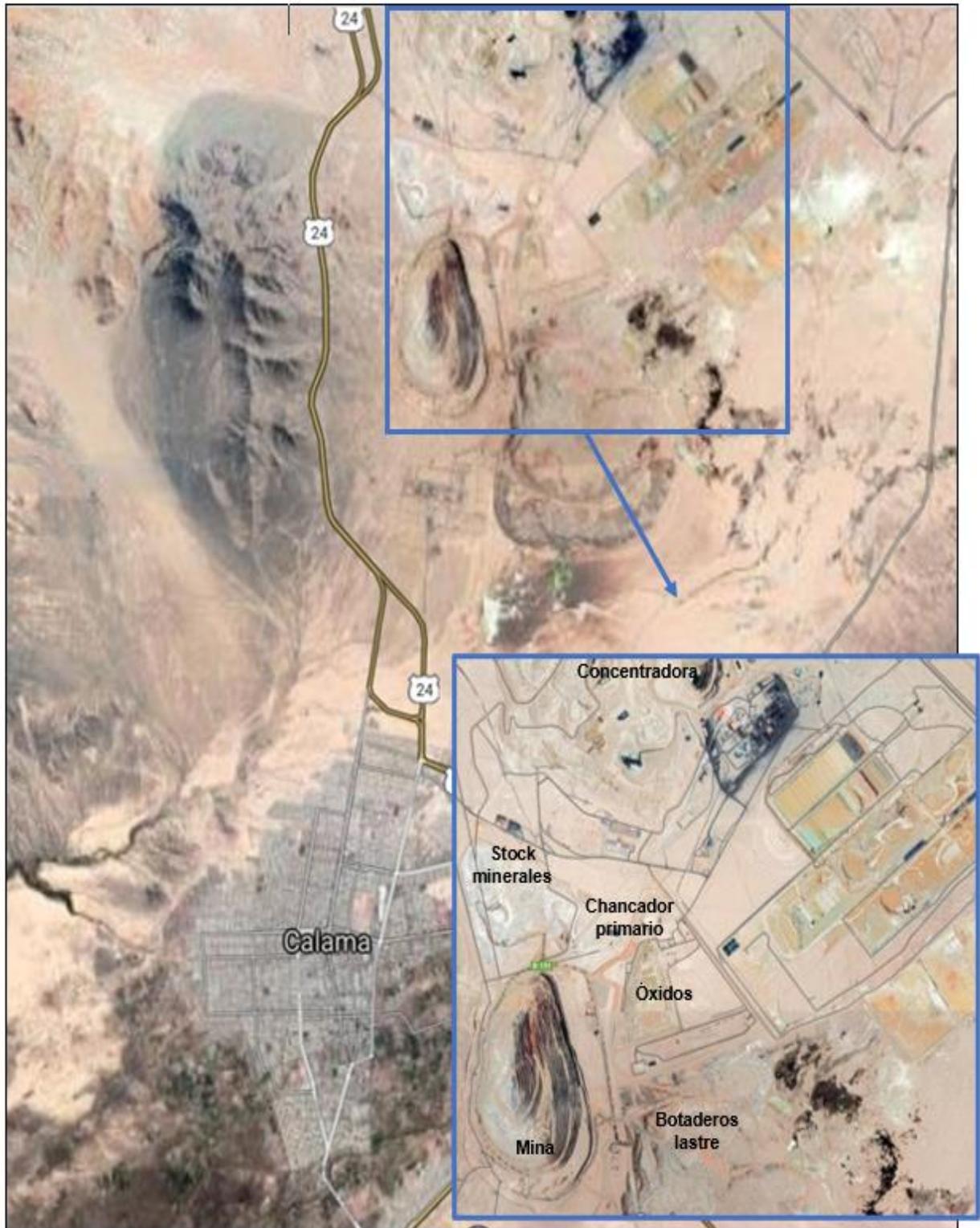


Figura N°1-1 División Ministro Hales

2 OBJETIVOS

El yacimiento DMH corresponde a un depósito del tipo pórfido cuprífero al que se le ha sobre impuesto, en los niveles superiores, una mineralización de brechas hidrotermales con alta ley de cobre, plata y arsénico.

Esta división entiende los momentos difíciles de mercado que vive nuestro producto, es por eso, por lo que toma el compromiso de forma responsable y con excelencia toda la capacidad de negocios mineros, con el propósito de maximizar aún más su valor económico y su aporte al estado. Llevará a cabo su misión enfatizando una organización de alto desempeño y la participación, innovación creativa y conocimiento de las personas en permanente desarrollo.

Se considera como objetivo general, la extracción de materiales movidos desde 450 a 500 KTPD. En este proceso se suman dos gerencias que cumplen un rol fundamental:

2.1 Gerencia de recursos mineralógico y desarrollo (GRMD).

- Superintendencia de planificación.
- Superintendencia de geotecnia.

2.2 Gerencia Mina (GM).

- Superintendencia de perforación y tronadura.
- Superintendencia de carguío y transporte.
- Superintendencia de desarrollo y servicios mina.
- Superintendencia de mantención mina.

Además, para llevar a cabo los siguientes planes de acción en las distintas áreas transversales, se comprende técnicamente:

- Identificar las mejoras observadas operacionalmente en las paredes y taludes del rajo DMH. Mejorar los controles de las prácticas operacionales que resulten en taludes más estables, considerando el actual protocolo de full control.
- Evidenciar costos e implementación de personal a cargo en el área de perforación (analista). Aumento disponibilidad y producción en las perforadoras.
- Reforzar y aumentar la cantidad de equipos de carguío y transporte.
- Mejoramiento y captura de prácticas operativas. Seguridad y continuidad en la operación. Aumento de la disponibilidad física de la flota CAEX. (17 hrs. Efectivas Caex).
- Implementación de herramientas Lean Managment (C+) en la gestión de tiempos de demora, mejoramiento en datos de reportabilidad. (17 hrs. Efectivas Caex). Incremento en la utilización efectiva de los equipos mina.
- Reforzar, mejorar diseño mallas perforación y tronadura. Reducir los tiempos y gastos asociados a daños de equipos carguío transporte.

- Medidas en contingencia covid-19. reforzar medidas sanitarias. Creación de protocolos e instalaciones. Dar fuerza a una cultura de autocuidado.
- Mejoramiento en diseño e infraestructura mina (caminos, estacionamientos, botaderos, stock).

Es muy importante resaltar de igual forma planes de acción en materias blandas, las que se deben implementar en lo siguiente:

- Mejores prácticas y trabajo con los operadores, generando acuerdos y metodologías de control integrado, entre las distintas áreas que participan en la cadena valor. Cumpliendo y garantizando la interacción permanente con los otros procesos.
- Licencia social para operar; refuerzo en las medidas medio ambientales y visibilizando el centro de trabajo (mina) para la comunidad. Contratación y aumento en la dotación operacional de la comunidad. Relación efectiva con la comunidad.
- Resaltar la valorización e integración de las personas en el negocio, incorporando capturas de ideas, oportunidades en nuevos equipos (capacitación), junto con realzar y reconocer su desempeño laboral.

3 ALCANCES

En lo que se refiere al alcance de esta tesis, considera el plan de aumento de movimiento de materiales en DMH, incorporándola en la transformación que busca Codelco para todos sus procesos productivos a nivel corporativo. Sin embargo, además busca capturar e implementar planes de acción de forma transversal, no se descarta que ayude y sea implementado para las demás divisiones de Codelco Chile.

Esto implica no descuidar, actualizar y ejecutar al máximo los procedimientos de seguridad para llevar a cabo estas acciones.

La información que se brinda para este trabajo, está sustentado en los planes de producción a largo y corto plazo, además de información brindada por personal de las distintas áreas comprometidas en esta transformación. Por otro lado, el sistema de control de producción (en adelante Jigsaw) juegan un rol fundamental en la medición de estos planes de acción.

4 METODOLOGIA

Como metodología para esta tesis, radica principalmente en el aumento del transporte de materiales utilizando la implementación de los distintos planes para la ejecución y materialización. Esta ejecución va de forma transversal en las áreas operativas que interviene en la mina.

Se recurre a la tecnología existente y además del programa implementado en la corporación Lean Mining C+, el cual ha logrado cambiar gran parte de la cultura en Codelco, a través de la operación, mediante la aplicación de una metodología de eliminación de pérdidas e ineficiencias en los procesos.

La metodología que busca este trabajo va de la mano con la supervisión y gerencia de DMH, además con la directa relación con su personal operativo a cargo, entregando y difundiendo las propuestas y herramientas que se indicaran más adelante.

El proceso metodológico de estos planes, se espera que empiecen a materializarse desde este periodo y por el del resto año. Respecto a los planes de producción, se pondrán en ejecución durante el próximo periodo con un incremento proporcional a cada implementación.

Se busca que cada plan en ejecución muestre el ganancial progresivo de la mano con los indicadores de producción y costo en la mina.

5 DEFINICIONES

Definiciones para incluir en esta tesis:

- ANFO: Explosivo que resulta de la mezcla de Nitrato de Amonio (NA) con hidrocarburo (FO) en proporción determinada.
- KPI: Key Performance Indicator.
- PND: Plan de Negocios y Desarrollo
- GMIN: Gerencia de Minas
- GRMD: Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo
- CAEX: Camión de extracción de alto tonelaje (360 ton)
- VIMS: Sistema de signos vitales del CAEX
- ASARCO: sistema de codificación para medir la gestión de uso de la flota
- FC: Factor de carga variable del peso de la carga que lleva el CAEX (ton)
- DMH: División Ministro Hales
- KTPD: kilo tonelada por día
- Jigsaw: Sistema de control de producción mina

6 CASO BASE

La situación actual de la minería a nivel país y en especial Codelco Chile, pasa por un proceso de transformación, debido a la disminución en sus utilidades, incrementos de costos, esto propiciado por la caída del precio del commodity, leyes bajas de sus minerales y el envejecimiento de algunos de sus yacimientos. Por estos motivos Codelco busca rentabilizar al máximo todas sus divisiones. Por este motivo división Ministro Hales (en adelante DMH) tiene como objetivo principal llevar a la mina a 500.000 toneladas por día (en adelante KTPD).

6.1 PRODUCTIVIDAD EN LA MINERIA E INDICADORES DE FLOTA 2019

La productividad y su medición es un tema que se ha instalado dentro de la agenda minera en los últimos años. Por definición de productividad, podemos concluir:

- “La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.”
- “La productividad de una persona en el trabajo es una proporción de su efectividad en relación con su eficiencia.”

Sin embargo, lo que nos interesa en este estudio es el indicador usado con frecuencia en minería, la productividad parcial del trabajo, medido como toneladas de cobre fino producido por trabajadores. Aunque esta métrica es simple de calcular, presenta sesgos importantes que afectan el análisis; los más significativos se deben a que no considera factores exógenos que afectan la capacidad productiva, tales como ley del mineral, o la razón estéril-mineral (REM).

La figura N°6-1 presenta la evolución de la productividad parcial del trabajo en Chile considerando cobre fino (línea azul) y material movido (línea roja) por trabajador. Las líneas discontinuas muestran la evolución efectiva de las series, mientras que las líneas continuas muestran la tendencia (no lineal) de las series. Utilizando como medida el cobre producido por trabajador, se observa una caída en productividad de 54%. Según esto, y al no considerar el efecto de los factores asociados al recurso natural, se interpreta (sobre una misma unidad de trabajo) que en el año 2014 se producía la mitad de cobre fino que en 2000. El indicador atribuye erróneamente los deterioros geológicos a la capacidad productiva del trabajador, pues, aunque este mantenga su capacidad productiva (mueve la misma cantidad de material), un incremento en el REM o un deterioro en la ley significarán necesariamente una caída en la producción de cobre. Utilizando material movido por trabajador (línea roja en la Figura 6-1) se corrige por tales efectos, lo que significa una caída mucho menor en productividad, en torno al 15%.

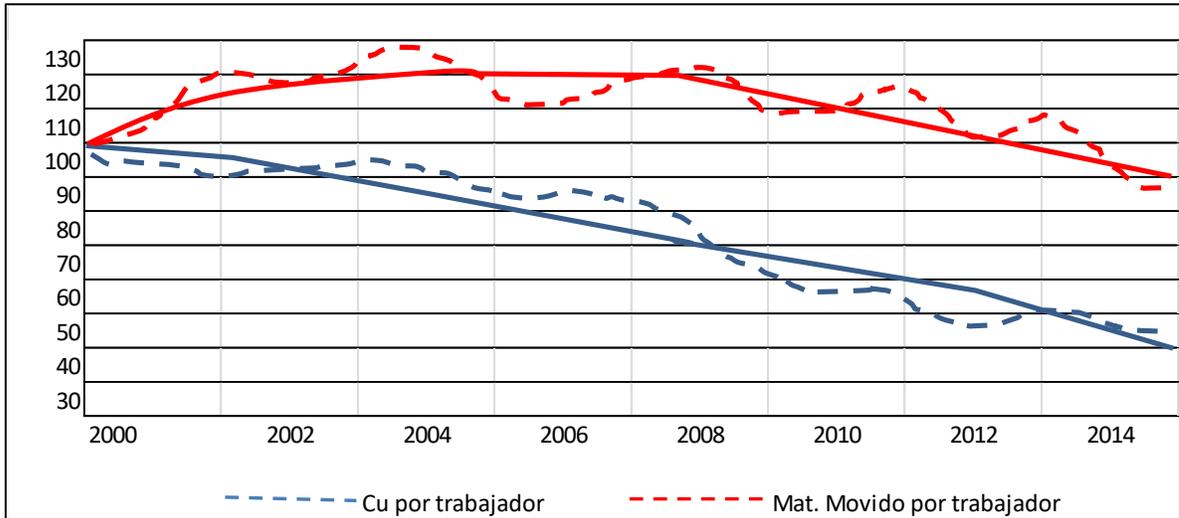


Figura N°6-1 "Productividad Minería del Cobre en Chile" (base 2000=100; Fuente Comisión Nacional de Productividad).

La tendencia negativa en los indicadores de productividad de la minería no es una característica nacional, ya que es posible observar un comportamiento similar en otros países; sin embargo, la caída es más abrupta en el caso de Chile que en el caso de otros países de referencia (a modo de ejemplo, ver la Figura 6-2 más abajo). De esta forma, las brechas en los indicadores de productividad de la industria minera nacional respecto a la internacional han ido aumentando, llegando el estudio a la conclusión que la mejor faena nacional es 139% menos eficiente que la mejor internacional y 44% menos eficiente que el promedio internacional, además de existir una alta variabilidad interna (la operación menos productiva requiere más del doble de horas hombre para mover la misma cantidad de rocas que la más eficiente en Chile).

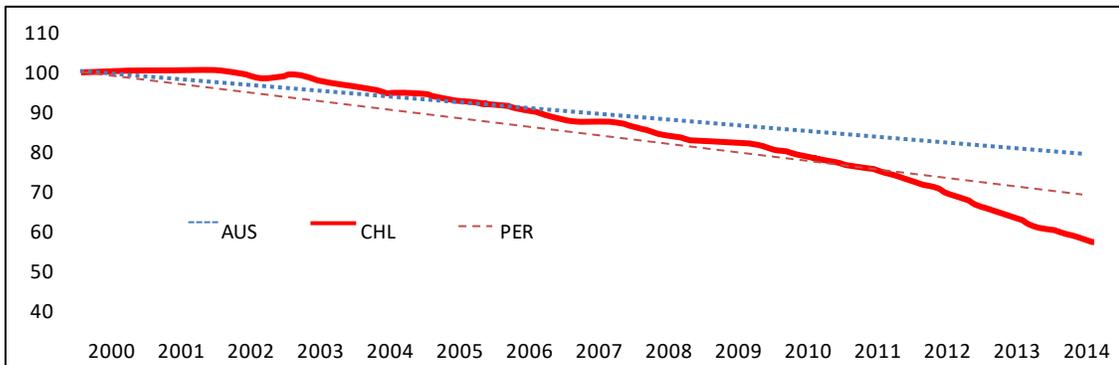


Figura N°6-2 Evolución del Índice de Material Movido por Trabajador en Australia, Chile, Perú. (Fuente CNP).

6.2 PRODUCTIVIDAD OPERACIONAL EN CODELCO, DIVISIONES Y MERCADO.

AÑOS	Prod. LABORAL (tmf/pp)	* VARIACIÓN ACUMULADA
2014	43	
2015	46	8,40%
2016	48,5	12,80%
2017	51,2	19%
2018	51,7	20%

* pp: dotación propia + contratistas de operación y transporte

Tabla N°6-1 Productividad Operacional en Divisiones de Codelco.

Divisiones de Codelco	Prod. Laboral (tmf/dotación)	Cu tmf 2018
DMH	82,3	195
RT	61,5	333
CHUQUICAMATA	44,4	321
SALVADOR	17,9	61
ANDINA		196
TENIENTE		465
TOTAL	51,7	1678

Tabla N°6-2 Productividad en Divisiones de Codelco.

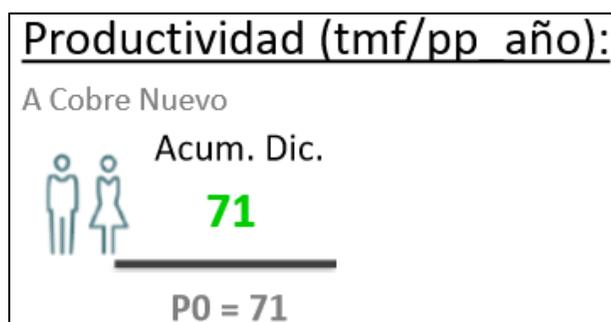


Figura N°6-3 Productividad en DMH 2019.

Datos recopilados en 2015, por la Comisión Nacional de Productividad:

- Compara la cantidad de horas por persona necesarias para mover 1.000 toneladas de material, esta comparación fue entre 12 faenas chilenas versus las 7 de mejores prácticas a nivel internacional.
- El resultado: a nivel nacional; la faena más productiva requirió 43 horas-persona y la menos eficiente 115.
- El promedio internacional fue de 30 horas y los mejores números de 18.

Es decir, si se compara la cantidad de horas por persona que tardó la mina más productiva internacional respecto de la chilena más eficiente, la diferencia es de casi tres a uno.

A continuación, principales indicadores Mina que tuvo la flota de carguío y transporte en el 2019:

RESULTADOS 2019		
	Caex	Palas
Disponibilidad física real	84%	84%
Horas efectivas	15.6	12.0
Toneladas/Hora efectivas	551	5560
Reservas	9%	
Demoras	5%	
Perdidas operacionales reales	8%	
Utilización efectiva real	78%	59%
Distancia promedio (kms.)	5.2	
Velocidad (km/hr)	18.5	

Tabla N°6-3 Resultado 2019.



Figura N°6-4 Tiempos de ciclo pala.

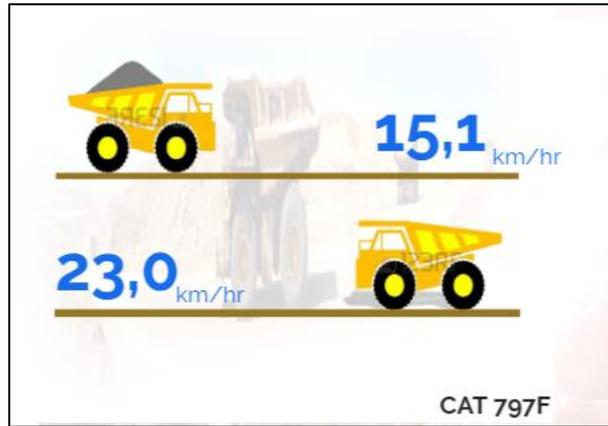


Figura N°6-5 Tiempos de ciclo Caex.

6.3 COSTOS DMH

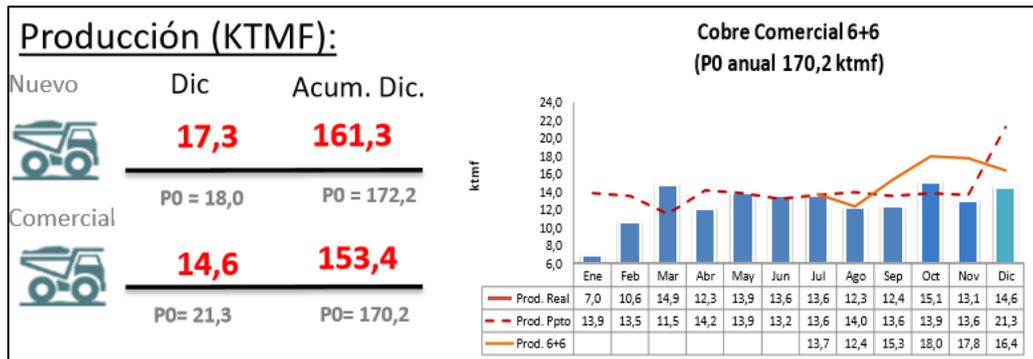


Figura N°6-6 Cobre comercial.



Figura N°6-7 Costo C1

6.4 METODOLOGIA LEAN, HISTORIA

Aunque ahora nos pueda parecer impensable, antes de la Segunda Guerra Mundial la productividad de Japón era muy inferior a la de Estados Unidos. El ingeniero industrial Taichí Ohno, director de Toyota viajó a Estados Unidos a finales de los años 30 y quedó asombrado por la eficiencia de los supermercados en el proceso de eliminar residuos y generar valor para el cliente, a pequeña escala. No obstante, las empresas estadounidenses estaban centradas en producir grandes cantidades de producto más que en diversificar la producción. Uniendo ambos conceptos, Ohno quiso aplicar la idea de los supermercados en la fabricación en masa: gestión de una empresa de manufactura con la filosofía de eliminar procesos, bajar costos y hacer partícipes a los trabajadores en todo el proceso. Así nació la metodología Lean, un sistema que ha hecho que, en la actualidad, Toyota sea una de las empresas mejor valoradas, más rentables y mejor organizadas del mundo.

6.4.1 ¿En qué se basa la metodología Lean?

La **metodología Lean** tiene que garantizar que usando los mínimos recursos, la producción se ajuste para que el cliente reciba el máximo de valor. Es clave la reducción de desperdicios y este es el pilar fundamental en que se basa este tipo de gestión. Los costos hay que calcularlos cuando se inicia el desarrollo del diseño del producto, desde el principio.

Para encontrar el equilibrio entre materiales o procesos eficientes y baratos en contraposición a otros seguros y ya usados en el pasado, hay que hacer hincapié en la eliminación de los residuos en:

- Inventario
- Sobre-producción
- Transporte
- Procesos superfluos que no aportan
- Espera calculada en tiempo

La **metodología Lean** se vertebra alrededor de unos principios descritos por Ohno, el creador de esta práctica:

- Desperdicios mínimos (MUDA). Hay que eliminar las cosas que no aportan valor entendiendo valor como algo por lo que el cliente está dispuesto a pagar.
- Mejora continua. Hay que revisar continuamente cada punto y eslabón de la cadena para alcanzar la perfección en global.
- Flujo continuo en todos los pasos del proceso. Identificar el mapa de la cadena de valor (VSM). De esta manera, los procesos que no lo aportan quedan al descubierto.

- Procesos basados en el PULL. Generando menos desperdicios, aplicando menos esfuerzo, creando una solución ajustada y precisa.

6.4.2 Que es Lean Managment C+

Codelco en el contexto de generar un quiebre en la tendencia de evitar el aumento de los costos, la disminución en la productividad en las diferentes divisiones de la Corporación, además de reforzar la seguridad y el trabajo colaborativo con las distintas empresas colaboradoras, es que estructuró un plan de productividad y costo del cual se establecieron 8 ejes estratégicos con sus proyectos específicos para lograr al 2020 entrar al primer cuartil de productividad y costo de la industria minera. El primer eje estratégico definido por la Corporación es la excelencia operacional de sus distintos procesos y divisiones, apalancado por una transformación cultural apoyada con la implementación de la filosofía Lean Management.



Figura N°6-8 Agenda de productividad y costo.

Lean Mining C+ es el primer eje estratégico que CODELCO ha definido para la agenda de productividad 2020.

En términos generales C+ tiene como objetivo aumentar el valor agregado de las actividades productivas mediante la disminución de tiempo improductivo (Incidentes,

desperdicios). Esto se logra implementando un sistema de gestión el cual consiste en 4 subsistemas los cuales se implementan a todo nivel.



Figura N°6-9 Sistemas de Gestión Lean Mining C+.

Si bien cada uno de estos subsistemas requiere a su vez el desarrollo de diversas actividades internas, en esta tesis solo se analizan los aspectos más relevantes durante la implementación.

Objetivo Común:

- Aspiración: Se define cual es la aspiración de la gerencia.
- Indicadores y Metas: Se define y se visibiliza para todas las partes interesadas, las metas e indicadores de desempeño.

Mejora Continua:

- Resolución de Problemas: Se visibilizan los problemas y se implementan instancias para la identificación de los factores determinantes para su eliminación.

Procesos Eficientes:

- Estándares: A medida que los procesos se hacen más eficientes, se construyen estándares los cuales son difundidos en la organización.

- Gestión de Capacidad: Permanentemente se monitorea la capacidad del proceso de transporte para cumplir con los compromisos, traspasando esta información a los otros procesos unitarios para mejorar su planificación.

6.4.3 Implementación

La implementación del sistema C+ se ha llevado a cabo gracias a la aplicación de las herramientas mencionadas, fundamentado en un cambio de paradigma del modelo de gestión, pasando de la convencional pirámide jerárquica en donde la información bajaba desde los cargos ejecutivos hasta los operadores, a un modelo de gestión basado en una pirámide invertida, en donde son los operadores los que se encuentran en el foco de gestión.

Los principios de *Lean Mining C+* definidos para Codelco son 10 los cuales están inserto de cada subsistema, los cuales se presentan en figura N°6-10.



Figura N°6-10 Principios Lean-Mining C+.

6.5 ESTADO SITUACIONAL - OPERACIONAL

Para comprender el estado situacional e introducir de mejor forma a los temas a tratar:

6.5.1 Parámetros geométricos y operativos

Los parámetros operativos se definen de acuerdo con el tipo y tamaño de equipos seleccionados en la operación del rajo. Los principales parámetros de diseño se indican a continuación.

A. Rampas y Accesos

Los anchos de rampas y accesos se han definido de 40 m, con pendientes de 10%, y suponen dos vías de tránsito en el tráfico de camiones, que incluyen zanja de drenaje, 31 ancho de camión, espacio entre vías, berma de seguridad y un ancho adicional como factor de seguridad ante incumplimiento en la línea de cara de banco. Este último ancho programado, se fundamenta en la pérdida de anchos de rampa producto de factores propios de la operación o de condiciones geotécnicas desfavorables, lo que produce sectores estrechos que afectan negativamente el rendimiento de los equipos de carguío y transporte, como equipo de transporte se considera un camión de extracción de 360 t. Las dimensiones del equipo de transporte y sus espacios de accesos y rampas, se aprecian en la Figura N°6-11.

La ubicación del chancador primario de mineral en el Norte, la disposición de los botaderos al Este y la secuencia económica de fases con crecimiento al Sur, requieren disponer permanentemente de dos accesos en la totalidad de las fases.

La explotación del rajo enfrentará interferencias operativas producto de la secuencia de fases autocontenidas, fases situadas en una misma pared.

Los diseños contemplan dos accesos para disminuir la vulnerabilidad de salida de los materiales. Mayores alternativas de accesos disminuyen el riesgo ante eventuales fallas en los taludes. El diseño de rampas en curva o Switchbacks se proyecta en horizontal.

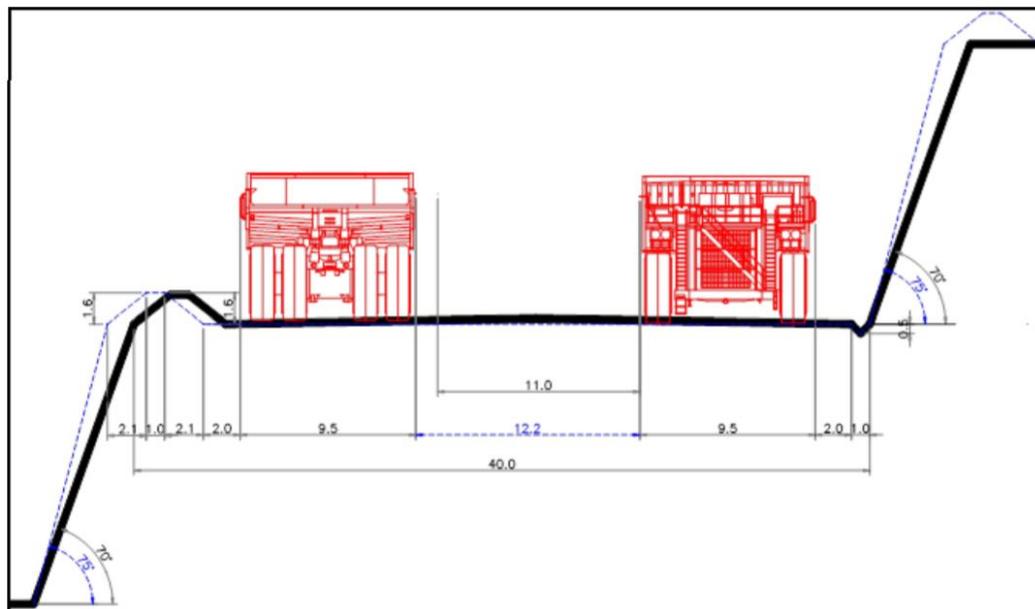


Figura N°6-11 Diseño rampa con ancho de 40 mts.

B. Fondo Mínimo

Un espacio mínimo de 60 m. de ancho está determinado en el fondo de la mina, que contempla el trabajo de una pala de 73 yd³ cargando por ambos lados.

C. Altura de Banco

Se considera una altura de banco de 15 m. sustentado en la vertical por el actual modelo de bloques y que es llevado a banco doble de 30 m. en su configuración final.

D. Configuración de Bancos

Los diseños de las fases consideran banco doble en la generalidad de las unidades geotécnicas básicas definidas, excepto las unidades de argilizado y basamento que considera la explotación a banco simple. La obtención de los bancos dobles se hará siempre a partir del banco simple, como una doble pasada. El diseño de rampa en bancos simples de 15 m. deja cerrado el acceso a los bancos y en los bancos dobles de 30m. se dejan los accesos abiertos cada dos de estos bancos, es decir, cada 60 m. permitiendo realizar la limpieza de derrames en las bermas, aumentando la capacidad de contención de estas mismas. Debido a las características de las gravas superiores, las gravas rojas y pardas, se tiene infiltración de agua, requiriendo dejar dos bancos abiertos en esa parte superior del rajo para facilitar el drenaje.

E. Anchos de Operación Mínimos

Se entiende por ancho mínimo de carguío al menor espacio necesario para efectuar la operación de carguío en forma eficiente. Esto corresponde a la suma de las distancias para maniobras de los equipos en el frente de trabajo.

Para el ancho de fases y los fondos de mina se consideró un ancho mínimo de 60 m, compatible con palas de 73 yd³, cargando por los dos lados. El carguío por un lado requiere un ancho de 40 m.

Eventualmente, a la entrada y término de los bancos, podrá tenerse anchos menores. En tal caso se asumirá que la excavación en esos sectores será realizada con equipo de menor tamaño, se ha considerado una pala hidráulica tipo PC 8000 o PC 4000.

F. Parámetros Geotécnicos

Los criterios de diseño geotécnico para sustentar la Ingeniería Básica del proyecto fueron proporcionados por División Codelco Norte (DCN). Se han diferenciado cuatro grandes zonas de diseño, indicando cada área las unidades geotécnicas, distancia pata a pata, ángulos interrampas, altura de banco.

G. Diseño de fases

La posición del chancado primario en el sector Norte del pit y la disposición del vaciado de lastre en la pared Este del rajo, requieren que los diseños de fases dispongan de dos accesos permanentemente, uno orientado hacia el vaciado de mineral y el otro hacia el botadero.

Los diseños fueron revisados, analizados y validados por el área de geotecnia de la División Codelco Norte.

El diseño de fases significó desarrollar las siguientes actividades principales:

- Definición de la metodología de valorización de bloques. Esta se desarrolla sobre la base del modelo de explotación minera y de procesamiento metalúrgico establecido.
- Definición de parámetros técnico-económicos, que representan el escenario de la explotación minera para el largo plazo.
- Generación de envolventes intermedias, para establecer la secuencia y orientar el diseño de las fases de explotación, utilizando la técnica de afectar el beneficio de los bloques y usando una serie de precios del Cu creciente.
- Selección de las envolventes intermedias, que tengan el tamaño requerido para la elaboración de las fases.
- Diseño operacional de fases, considerando la geometría de aspectos técnicos asociados a la explotación y los espacios operacionales demandados por los equipos mineros principales seleccionados.

Se diseñaron un total de 9 fases operacionales siguiendo la tendencia sugerida por la aplicación del software Minesight. La secuencia de extracción hasta la fase 9, se muestra en la Figura N°6-12.

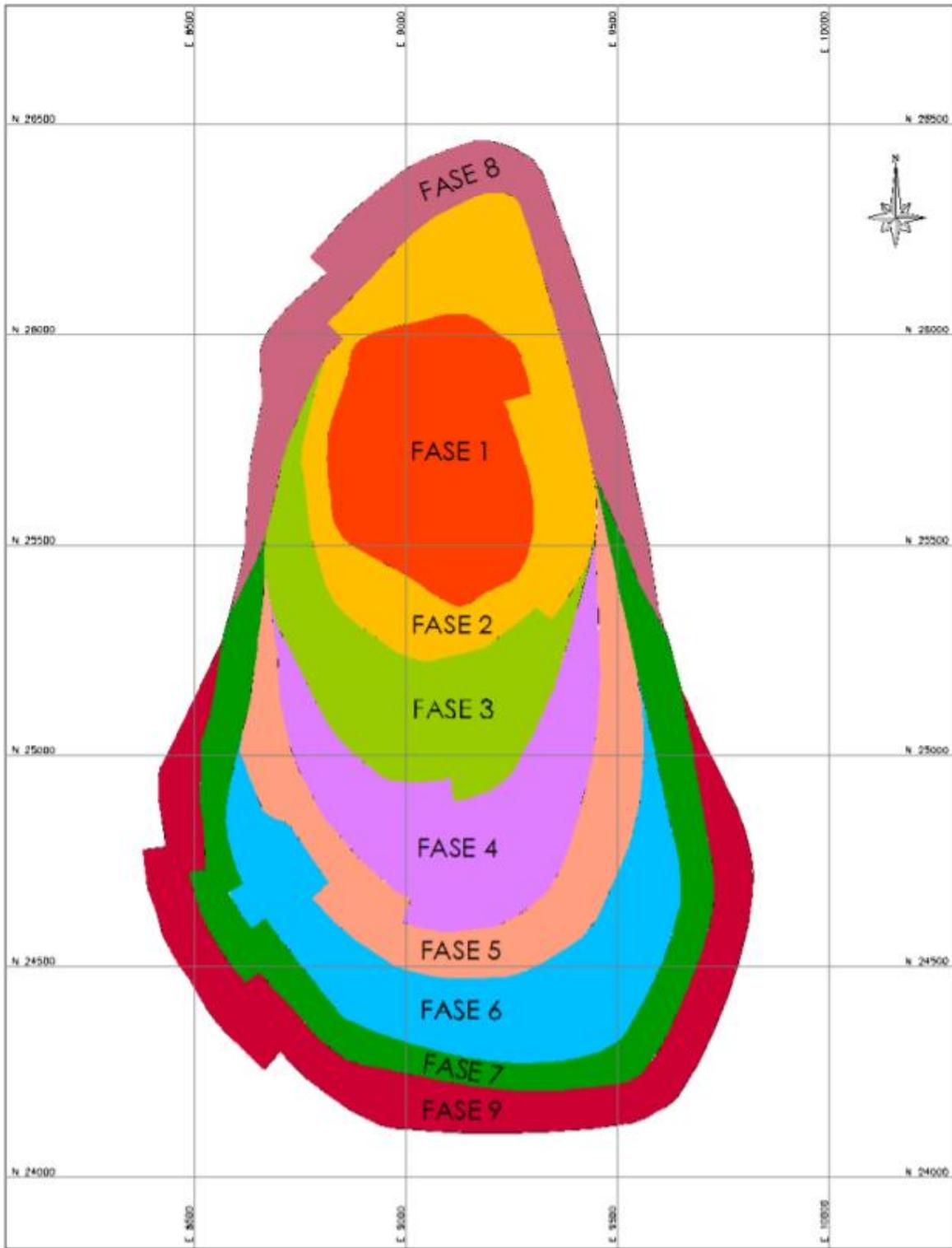


Figura N°6-12 Diseño de Fases.

6.5.2 Caracterización geotécnica “Full Control”

El objetivo principal que cumple el Full Control es aumentar al máximo la rentabilidad del negocio minero, asegurando el diseño geotécnico (aumento del ángulo de talud) a través de un Control Total al proceso constructivo”.

A. Inicios en Codelco

El concepto Full Control se empieza a implementar en Codelco Norte división Chuquicamata, nace de un proyecto mayor denominado diseño geotécnico y prueba industrial de aumento de ángulos de taludes mina Chuquicamata, cuyo objetivo fue demostrar la factibilidad técnica de implementar la estrategia de aumento de ángulo de talud en el plan de negocios y desarrollo en el año 2004 en la mina Chuquicamata.

Se consideraron las posibilidades de aumentar los ángulos de taludes del rajo, por los siguientes motivos: para alargar la vida útil del rajo, logrando aumentar utilidades al proceso y proporcionar plazos adecuados que lograrán el cometido de poder cruzar ambos procesos como el de producción a cielo abierto y las obras tempranas a explotación en subterránea. La planificación de tal transición acordó que la producción simultánea desde el rajo abierto y la mina subterránea no era razonable.

Para poder maximizar la recuperación de mineral desde el rajo abierto, se sugirió que los taludes podrían ser empinados en la parte inferior del rajo, mediante diversos esquemas de banco simple y doble.

B. Definición

Full Control, su objetivo es aumentar el ángulo de talud para obtener un mayor beneficio económico, promoviendo cambios en las prácticas operacionales, buscando mantener la seguridad en los bancos a talud optimizado y/o final en la mina a cielo abierto. Busca materializar el diseño geotécnico propuesto en los planes mineros, guiado de una serie de estándares, procedimientos y protocolos que establecen las responsabilidades en las distintas prácticas y bajo un control total de las variables claves del proceso como, secuencia de planificación minera para franjas de cierre, diseño de perforación y tronadura, planificación de equipos de apoyo, control operacional y saneamiento del talud. Junto con una buena sincronización de todas las áreas involucradas, es posible lograr en forma segura una optimización de los ángulos de talud final.

En la Figura N°6-13, se observa la comparación entre las prácticas operacionales con los ángulos de taludes. Esta comparación busca demostrar la proporcionalidad entre ambos conceptos, indicando que, si los controles sobre estas prácticas son eficientes, se pueden elevar los ángulos de taludes, asegurando la continuidad en las operaciones.

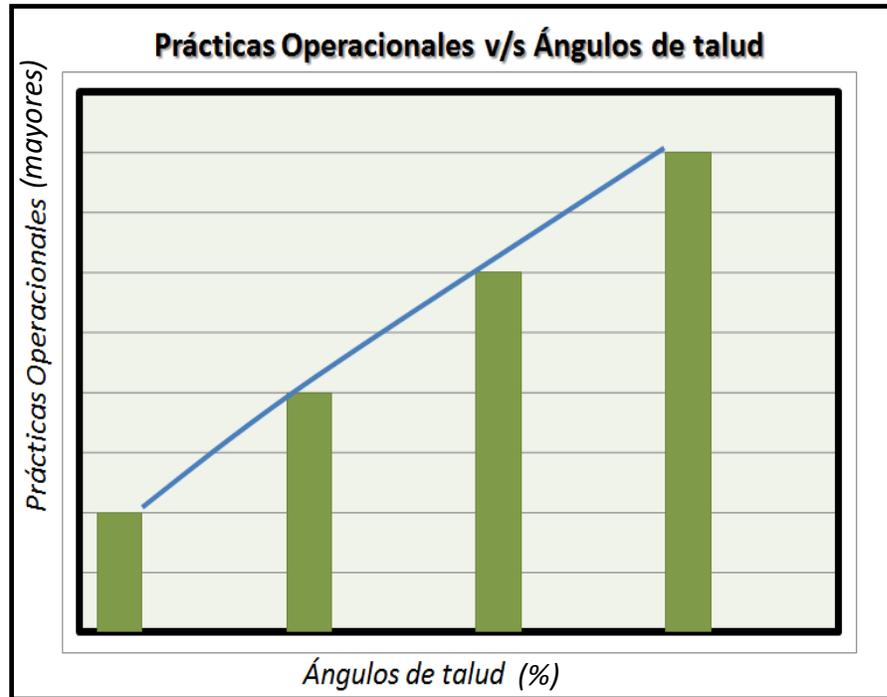


Figura N°6-13 Aumento de ángulos de talud, mejorando prácticas de control.

C. Diseño geotécnico

El desarrollo del diseño y la generación de las bases geotécnicas para MH, considera la información actualizada de la caracterización geotécnica, hidrogeológica y el modelo de unidades geotécnicas básicas (UGTB).

El análisis de estabilidad para dar origen a las bases de diseño geotécnico considera el desarrollo de una metodología que evalúa:

- Sistema banco-berma.
- Análisis interrampa.
- Talud global con un factor de seguridad (FS) y una probabilidad de falla.

➤ Consideraciones geotécnicas

Definiciones de los parámetros en la geometría de un talud minero

La geometría de un talud minero queda determinada por los parámetros que se ilustran en la Figura N°6-14, los términos que se definen a continuación:

- a. Altura del banco (hB)

Usualmente queda definida por consideraciones operacionales (eficiencia equipos de carguío) y no por razones geotécnicas.

b. Inclinación cara de banco (α_B)

Generalmente queda definida por las estructuras presentes en el macizo rocoso a nivel de banco, pero también depende fuertemente de la calidad de las tronaduras y el daño que las mismas inducen en el macizo rocoso.

c. Ancho de berma (b)

Típicamente definida por el volumen de los derrames asociados a inestabilidades controladas estructuralmente a nivel de banco, los cuales deben ser contenidos por las bermas.

d. Angulo interrampa (IR)

Corresponde a la inclinación respecto a la horizontal de una línea imaginaria que une las patas de los bancos.

Este valor se utiliza comúnmente en planificación minera y aunque corresponde a la inclinación geotécnica del talud interrampa, presenta la ventaja de no variar con el número de bancos.

e. Altura interrampa (hR)

Corresponde a la altura máxima permisible entre rampas. Usualmente queda definida por consideraciones geotécnicas.

f. Ancho de rampa (bR)

Típicamente queda definido por razones operacionales, asociadas a los equipos de transporte.

g. Angulo global (O)

Corresponde al ángulo que define la pared del rajo, medido como la inclinación respecto a la horizontal de una línea imaginaria que une la pata del banco inferior con la cresta del banco superior de la pared en el sector considerado.

h. Altura total (hO)

Corresponde a la altura de la pared del rajo, medida desde la pata del banco inferior a la cresta del banco superior de la pared en el sector considerado.

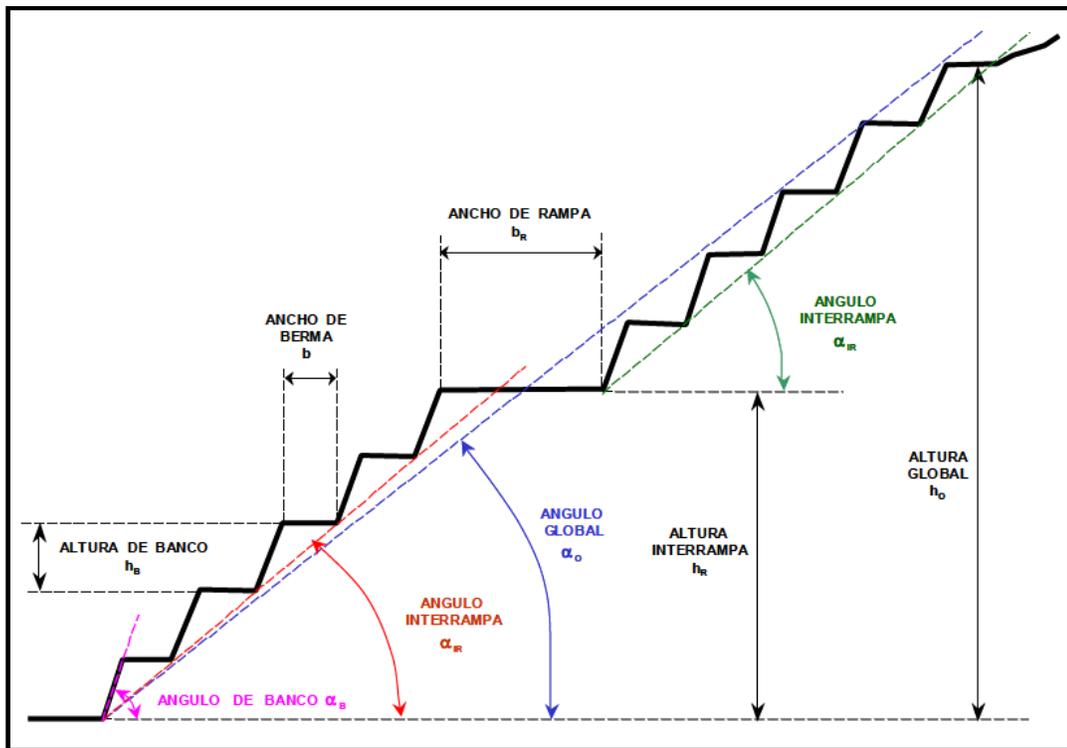


Figura N°6-14 Parámetros que definen la geometría de un talud minero.

- Análisis banco-berma

El diseño geotécnico de los taludes de una mina a rajo abierto requiere definir la geometría del sistema banco - berma, el cual puede considerarse como la “unidad básica” de la geometría del talud, ya que define la magnitud del ángulo interrampa que se utiliza en planificación minera.

Como se ilustra en la Figura N°6-15, la geometría del sistema banco-berma queda definida por los siguientes parámetros:

- (1) Altura del asiento (h_b) (m)
- (2) Inclinación de banco (α_b) (grados)
- (3) Quebradura (Q) (m)
- (4) Ancho de berma (b) (m)

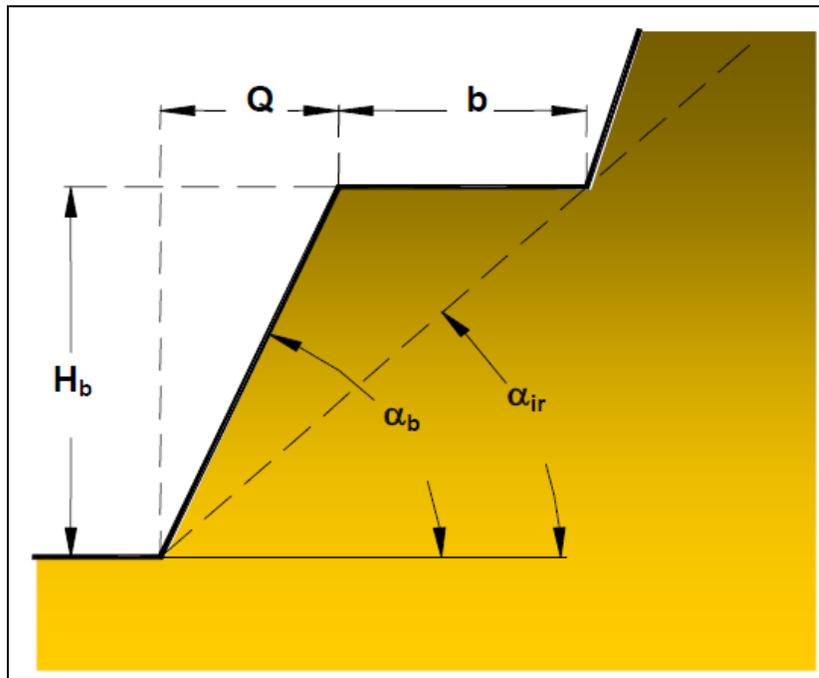


Figura N°6-15 Parámetros que definen la geometría del sistema banco-berma.

Para definir la inclinación de los bancos (α_B), es preciso considerar las posibilidades de los equipos de perforación, los eventuales daños inducidos por las faenas de tronadura y la estabilidad de los bancos considerando los posibles mecanismos de falla que puede afectar su estabilidad, ya sea con total control estructural, con un control parcial o bien sin control estructural. Para el caso, se ha definido un ángulo de cara de banco de 75° .

El diseño del sistema banco berma debe considerar un ancho de berma tal que permita retener los derrames de material, de modo que se logre una operación segura de la mina.

Para lograr este objetivo es preciso analizar las inestabilidades cinemáticamente admisibles que pudieran afectar a los bancos en los distintos sectores de la mina, determinar los volúmenes de derrame asociados a ésta y conforme con los resultados obtenidos, definir anchos de berma tales que permitan retener los derrames “de diseño”. El concepto de “derrame de diseño” adoptada para el desarrollo de este análisis debe entenderse como aquellos derrames que superan la gran mayoría de los derrames, pero que no necesariamente corresponde al máximo derrame que puede ocurrir. Lo anterior significa, como se ilustra en la Figura N°6-16, que el ancho de berma (b) debe ser mayor o igual que la longitud basal del derrame de diseño (LD).

Para definir los valores de LD es preciso evaluar los volúmenes de derrame asociados a los distintos tipos de inestabilidades que podrían afectar los bancos en los diferentes sectores de la mina.

Para determinar los largos de derrame más probables de ocurrir respecto de las diferentes inestabilidades que pueden afectar los bancos en los diferentes sectores de la mina, se deben analizar, para cada sector de diseño y el dominio estructural asociado, las potenciales inestabilidades que pueden afectar a los bancos ya sea con o sin control estructural.

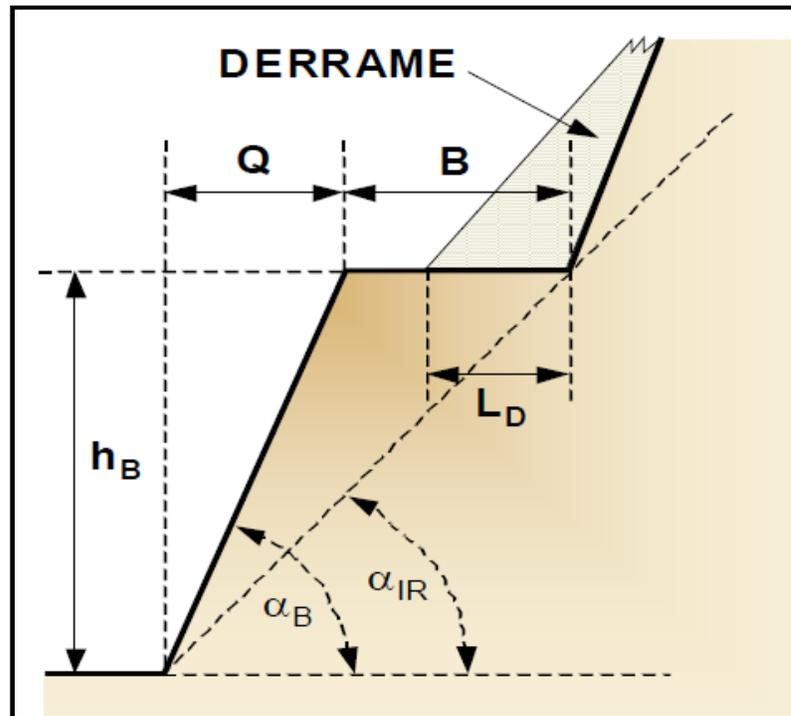


Figura N°6-16 Esquema que ilustra que el ancho de berma (b) debe ser mayor o igual que la longitud basal del derrame de diseño (L_D).

- Análisis de inestabilidades con control estructural

En el análisis inicial elaborado en la estabilidad estructural controlada, fue efectuada mediante métodos de equilibrio límite:

a. Deslizamientos Planos.

Para que ocurra un deslizamiento plano como se observa en la Figura N°6-17, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Aparecer una estructura (plano débil).
- El rumbo de la estructura debe formar un ángulo no mayor que 20° con el rumbo del talud.

- La estructura debe aflorar en el talud.
- La inclinación de la estructura debe ser mayor que el ángulo de fricción.

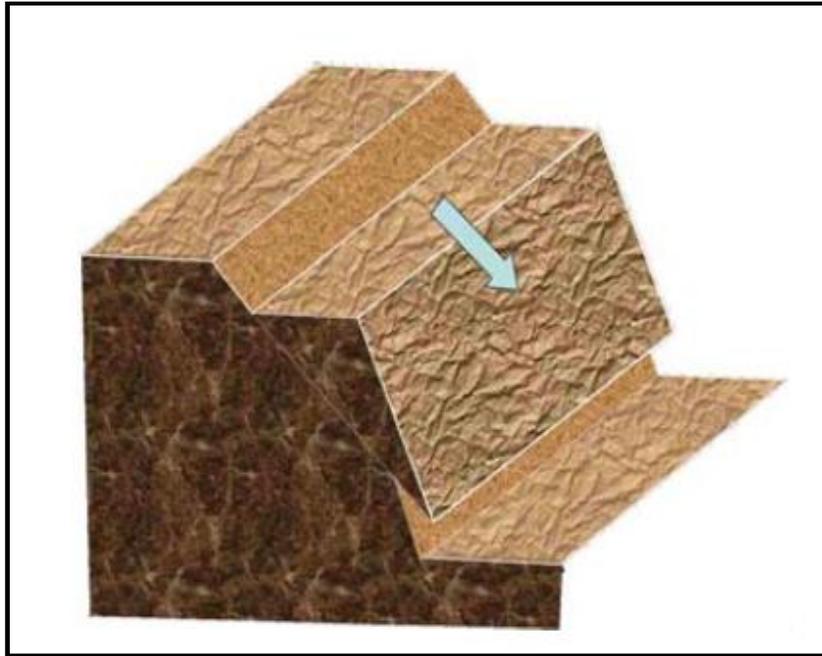


Figura N°6-17 Inestabilidad producida por control estructural de tipo planar.

b. Deslizamientos de cuñas

Para que ocurra un deslizamiento de cuña, tal como se muestra en la Figura N°6-18, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Deben aparecer dos estructuras (planos débiles), orientados de modo tal que se intercepten y formen una cuña.
- La línea de intersección de estas estructuras debe aflorar en el talud.
- La inclinación de las estructuras y de su línea de intersección debe ser tal que los ángulo de fricción de las estructuras sean insuficientes para mantener la cuña estable.

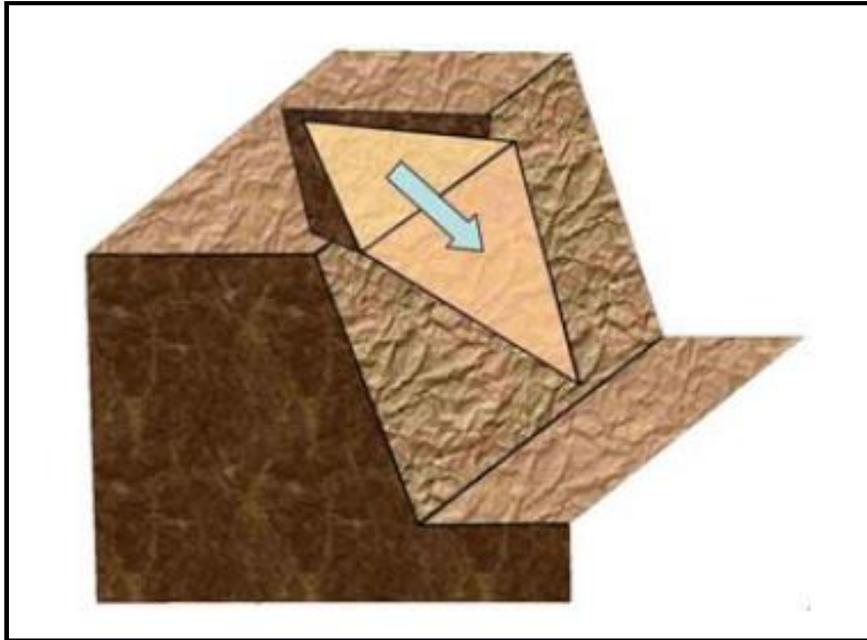


Figura N°6-18 Inestabilidad producida por control estructural de tipo cuñas.

- Análisis de inestabilidades sin control estructural

Este tipo de fallamiento está relacionado con aquellos sectores de la mina donde se encuentra el material tipo gravas, o sea zona superior de toda la mina (grava superior y grava parda) y lado Este compuesto por grava MM y grava roja principalmente. En este tipo de inestabilidad la superficie de deslizamiento no está restringida por alguna condición estructural y por lo tanto es libre de encontrar el camino de menor resistencia a través del banco. Generalmente estos materiales muestran una superficie de falla de tipo circular y la mayoría de las teorías de estabilidad asociadas a este mecanismo están basadas en esta premisa. Para que una falla de tipo circular como se ilustra en la Figura N°6-19 ocurra, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- El material que conforma el banco debe ser homogéneo, es decir, las propiedades resistentes del material no varían con la dirección de la carga aplicada.
- La falla asumida pasará a través del pie del talud, con el fin de considerar el máximo material involucrado en la inestabilidad.
- Se formará una grieta de tracción vertical en la cresta del talud, esta corresponderá al 10% de la altura del banco.
- Para determinar el volumen involucrado en la inestabilidad, se debe encontrar una condición de equilibrio, es decir, un factor de seguridad (FS) igual a la unidad, el cual se obtiene mediante la reducción de la cohesión, ya que al disminuir en forma conjunta los valores de cohesión y fricción (para alturas pequeñas), el volumen del

material asociado a la inestabilidad es excesivo y la forma de la rotura no es factible de concebir en la práctica.

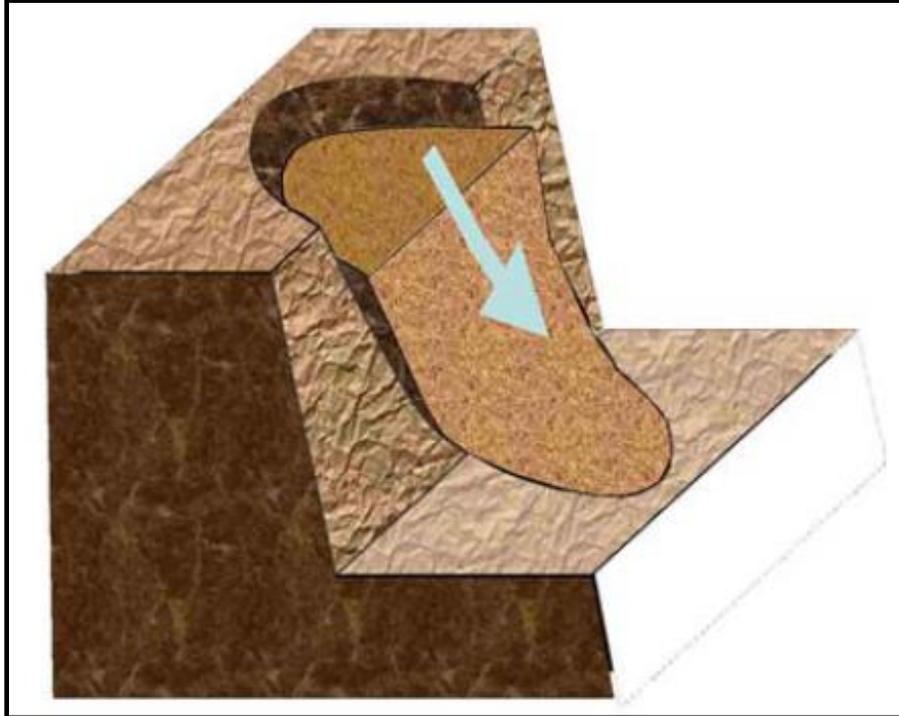


Figura N°6-19 Inestabilidad producida en zonas sin control estructural (gravas), tipo circular.

- Obtención de inestabilidades por dominios para análisis banco berma

Para el análisis de inestabilidades por control estructural se debe conocer necesariamente las direcciones de talud preferente, además se requiere la información de los polos de estructuras reconocidas, provenientes de los mapeos de labores subterráneas y aquellas identificadas en los sondajes, las cuales son seleccionadas de acuerdo a la zona de diseño que correspondan y se conjugan con las direcciones preferentes de talud para determinar la posible ocurrencia de deslizamientos planos o de cuñas.

El análisis sin control estructural se realiza en la zona geotécnica N°4, esto se grafica en la Figura N°6-20 y en la zona alta de la pared Oeste, específicamente en las unidades geotécnicas básicas (UGTB) grava parda y grava roja.

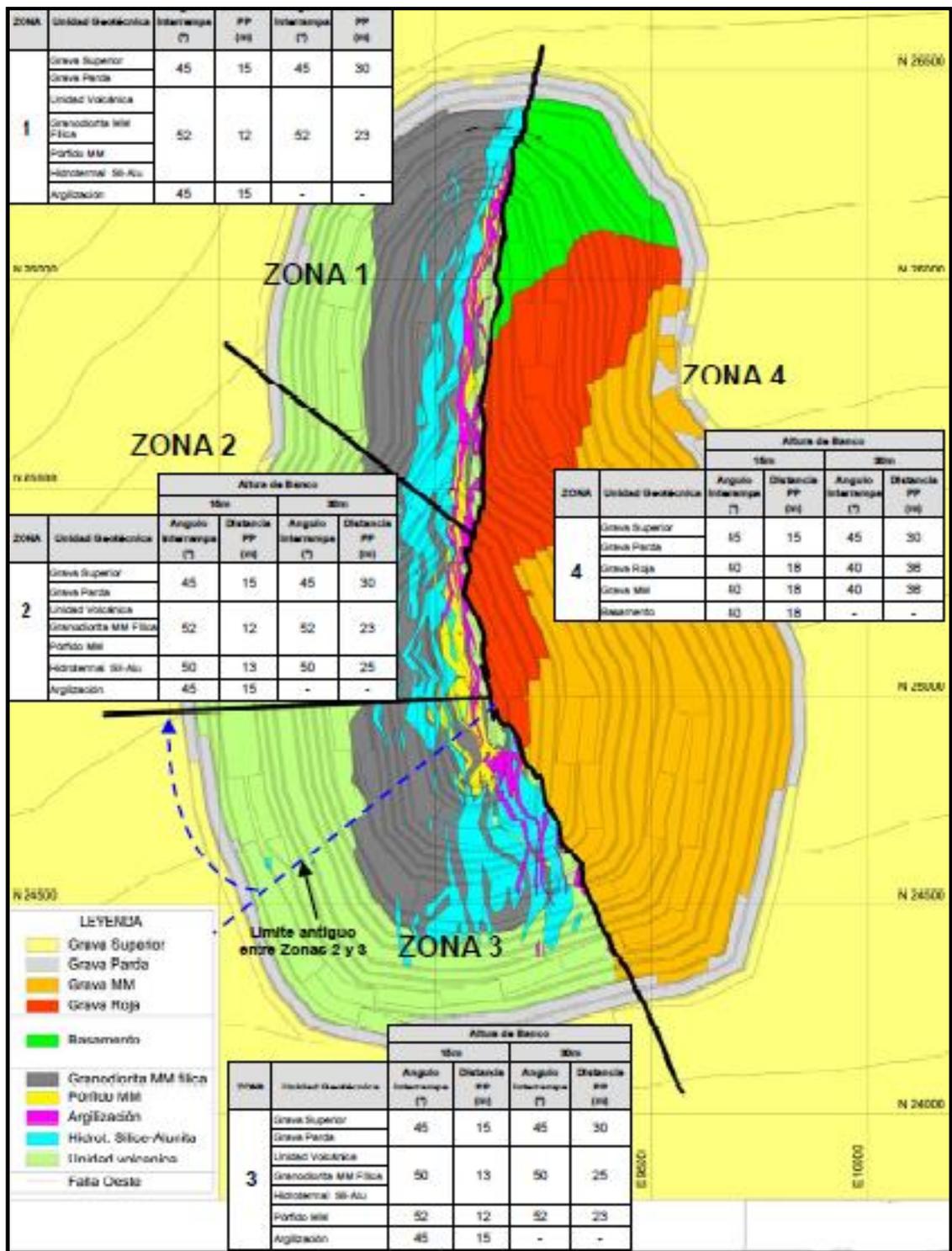


Figura N°6-20 Zonas Geotécnicas rajo DMH.

- Selección de direcciones preferente de talud

Las direcciones de talud (Dip/Dir) elegidas fueron seleccionadas de acuerdo con su representatividad, primero con respecto a los dominios estructurales existentes y luego que dentro de ellos representarían con autenticidad cada variación en la geometría del rajo, las direcciones elegidas se muestran en la Figura N°6-21.

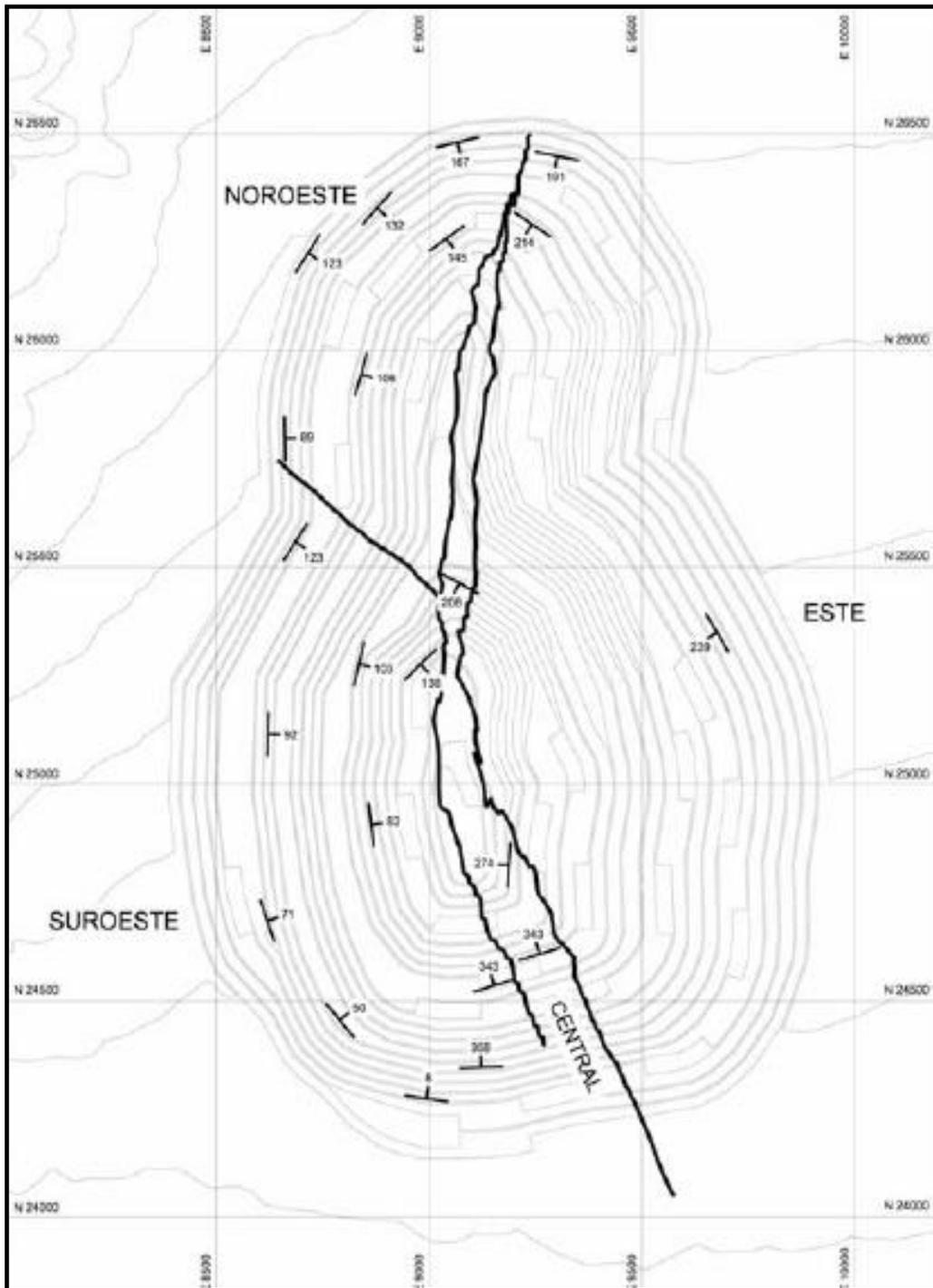


Figura N°6-21 Rajo DMH con direcciones preferente de talud.

6.5.3 Acciones de Valor “17 hrs. Efectivas Caex”

Para considerar como objetivo general, la extracción de materiales movidos Mina desde 450 a 500 KTPD.

Para concretar y mantener la Mina en el tiempo con el movimiento de 500 KTPD, se está trazando desde una línea base, palancas que aseguren las metas propuestas en el P0. Para esto se estableció con metodología Lean Mining como parte de estas y pilar fundamental subir las horas efectivas de los camiones de extracción de forma proporcional por áreas de la Gerencia Mina de 15.6 (2019) a 17.0. A continuación se indican los resultados 2019 en los puntos a buscar las oportunidades:

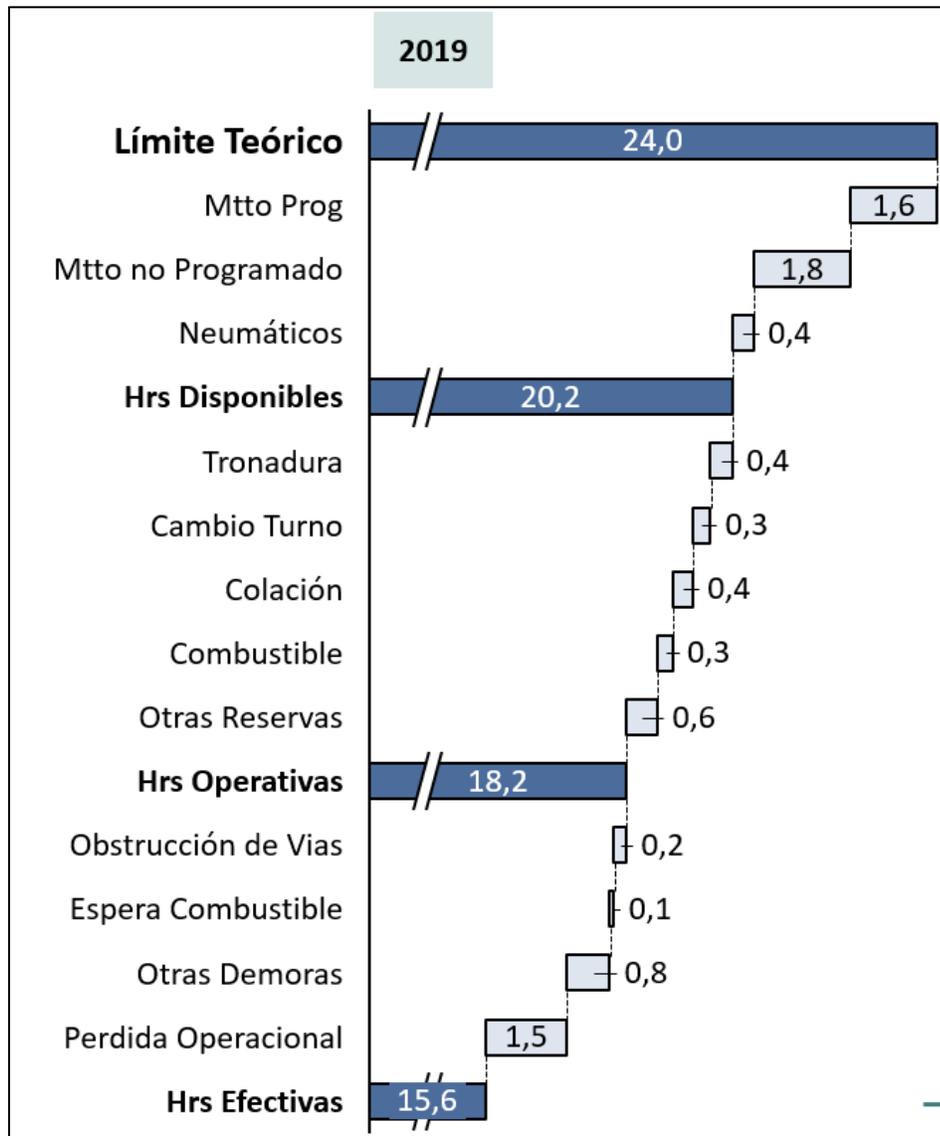


Figura N°6-13 Resultado 2019 Caex Gerencia Mina.

A. Disponibilidad Activos

Para DMH los activos son todos aquellos bienes, recursos, derechos y valores con los que cuenta, es decir, todo aquello que suma a su favor. Los Caex por hoy son el activo más valioso, donde ha fijado la mirada para la búsqueda de oportunidades (palancas) que sumen en el aumento de horas efectivas y como resultado entreguen un mayor ritmo de extracción. El objetivo de esta gestión es maximizar la disponibilidad y el rendimiento del activo Caex.

- Aumentar la disponibilidad mecánica

La Superintendencia de Mantenimiento de la Gerencia Mina, están llevando a cabo distintos planes preventivos para elevar la disponibilidad de los Caex. Para esto Finning, funciona bajo la modalidad de externalización de servicios de mantenimiento de equipos, la prestación de los servicios y/o la ejecución de los trabajos principalmente bajo Servicios Integrales de Mantenimiento (MARC), los Servicios deben incluir la dotación necesaria (directa, indirecta y subcontratistas) para realizar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, tanto a los equipos como a sus componentes. Esta modalidad considera además tarifas horarias garantizadas por repuestos y componentes menores y componentes mayores del equipo.

Los trabajos indicados a Finning para este logro son:

- Organización, planeamiento, logística y gestión del mantenimiento de los equipos, de acuerdo la disponibilidad requerida.
- Mano de obra calificada y con experiencia en los cargos a desempeñar, dotación que responda técnica y administrativamente a los requerimiento de los equipos, a fin de cumplir con los objetivos del área.
- Contar con la logística de repuestos frente a las fallas de equipos, entrada y salida de equipos por mantenimiento, apuntando a cumplir la disponibilidad requerida por las metas propuestas productivas.
- Introducir nuevas tecnologías y rediseño en los equipos que apunten a lograr una mayor eficiencia y rendimiento, para brindar eficiencia en la operación, menor costo, minimizar los riesgo por accidentes, evitar impacto medio ambientales y llevando a mejorar los estándares de calidad.

Ingeniería y mantenimiento preventivo:

- Trabajar en implementar el mantenimiento predictivo y el uso de herramientas en conocimiento anticipado de algún hecho (prognosis).
- Evaluar y diagnosticar en forma permanente, condiciones estructurales, análisis de aceite, análisis de vibraciones, termografías, condiciones eléctricas y mecánicas de los equipos.
- Buscar las probabilidades de que los equipos presenten fallas, en virtud de las acciones programadas y correctivas realizadas.
- Actualizar y buscar oportunidades para la agilización de la administración del mantenimiento módulo PM SAP, esta última es la herramienta de gestión con que

cuenta mantención, a continuación, la estructura que se ocupa y se detalla en la Figura N°6-14.

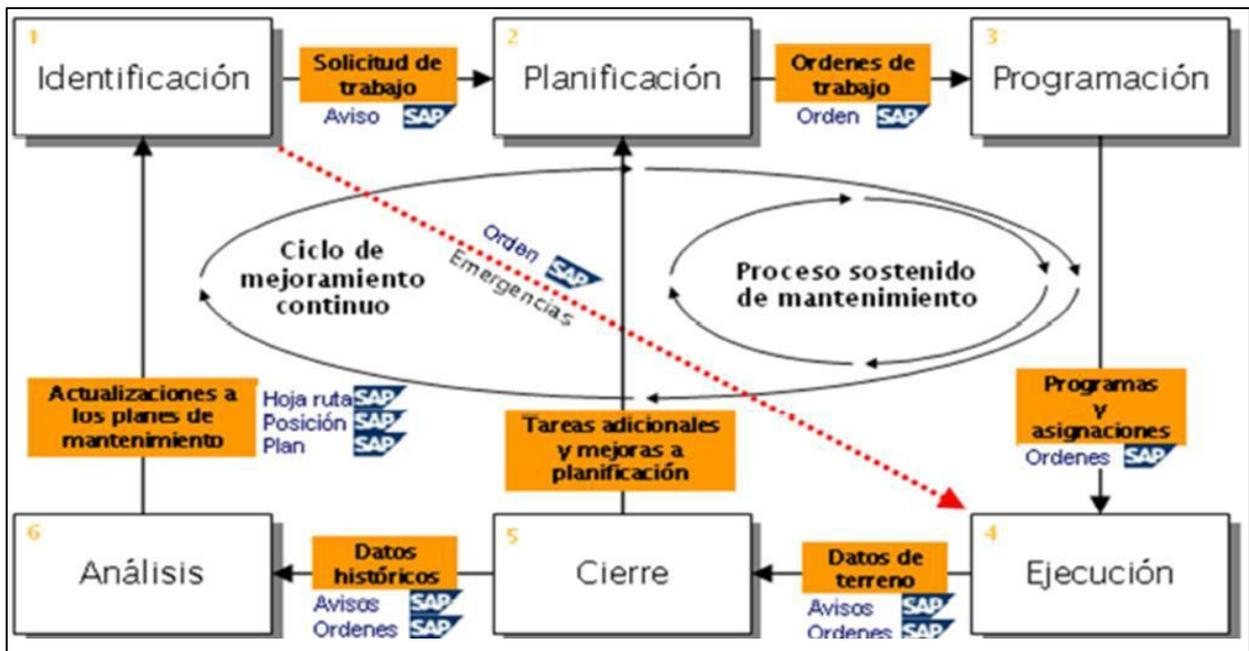


Figura N°6-14 Diagrama de flujo módulo PM SAP.

- Realizar mantenciones preventivas y predictivas (online monitoring) de todas las actividades generadas en la etapa de planificación y programación. Que resulten de la sintomatología y del control prioritario del backlog, acogiéndose a las recomendaciones del fabricantes en los boletines de servicio y las que resulten en las medidas correctivas en los análisis de fallas o incidentes.
- Atender todas las Mantención correctiva o reparación no incluidos en planes preventivos
- Se entenderán todas las actividades mayores de cambio de componentes y partes principales ya sea por condición, término de vida útil o falla anticipada.
- Correspondiente al análisis de detección falla de todos los problemas que afecten el normal funcionamiento del equipo, implementando medidas y actividades preventivas que eviten su repetición.

Aumentar la disponibilidad por correctivo de neumático

Reducir el consumo y extender la vida útil de los neumáticos de los Caex, son dos pilares fundamentales dentro de la estrategia de adquisiciones y manejo de costos de DMH. Esto, considerando que el neumático es un insumo clave para la operación y están sometidos a altas exigencias de producción, que ponen a prueba su resistencia y durabilidad.

“La optimización del periodo de vida útil de los neumáticos requiere, siempre que las condiciones de trabajo lo permitan, que se preste mucha atención al trazado de las pistas y a las áreas de trabajo, así como a su mantenimiento regular. El modo de operación y abusos de estos afecta a la disponibilidad de los Caex, acortando también su vida útil”.

Para esto se están realizando palancas importantes en este aspecto:

- Mejoramiento de practica operativas

El cuidado de los neumáticos es fundamental para su vida útil, por este concepto se están erradicando las malas prácticas, se trabaja en conjunto con capacitación en evitar estos daños, ver figura N°6-15.



Figura N°6-15 Daños operativos a neumáticos.

La capacitación se da en el marco de charlas en inicio de turno, entrega de información para el cuidado y personal de Bailac (empresa a cargo del mantenimiento de neumático) en apoyo con información en reuniones y muestras de daños causados en el pasado (museo de eventos). Ver Figura N°6-15.



Figura N°6-15 Museo de daños operativos a neumáticos.

- Mantenimiento y reparación de las pistas; otro punto fundamental en el cuidado de los neumáticos, sobre todo si nos referimos a su durabilidad (vida útil), logrando un segundo enfoque en mantener una mayor disponibilidad del Caex, que ayuda en la mayor utilización efectivas de estos. Se da en el ámbito de la mantención y reparación de las pistas, curvas al interior y circunvalación del rajo, para vehículos mayores y menores. Para esto se creó un grupo integrado por varias áreas “Teams de Neumáticos”, donde sus oportunidades van en el camino del cuidado de neumáticos y dar una mayor durabilidad a los componentes del Caex (disponibilidad). Su funcionalidad radica en realizar variadas actividades, pero como principal valor “La seguridad en esta operación”.
- Equipo de mantención: Realiza el FPO (Optimización de Productividad de Flota) en coordinación con Finning Caex.

La Optimización de la Productividad de la Flota, fue diseñado para mostrar las condiciones del camino de acarreo y su interacción utilizando información del registrador de datos VIMS a bordo. VIMS almacena datos de una manera que se puede visualizar el comportamiento de diferentes variables de monitoreo (suspensiones, velocidad Km/h). Durante el período del ciclo (cargado o vacío), para facilitar la interpretación de cada sección del camino de acarreo y prácticas actuales del operador del Caex monitoreado.

Los beneficios al usar FPO:

Parten por determinar las condiciones actuales de la carretera de acarreo y las prácticas operativas.

- ✓ Muestra las áreas exactas de preocupación.

- ✓ Se esfuerza por extender la vida actual del chasis cuando las mejoras a las condiciones y las prácticas se llevan a cabo.
- ✓ Mejora la disponibilidad de flota de camiones cuando las mejoras a las condiciones y las prácticas se llevan a cabo.
- ✓ Aumentar la vida útil de componentes a través de la mejoras de condiciones detectadas en la carretera.



Figura N°6-16 Condiciones detección FPO.

Tabla de límites condenatorios que considera el programa FPO y diagrama, de cómo se obtienen El Bías, Rack y Pitch.

Parameter	797B - 797F	
Rack, Bías y pitch (Moving truck)	Management	+/- 12500
	warning	+/- 16500
	Action limit	+/- 20000

PITCH=(LF+RF)-(LR+RR) RACK=(LF+RR)-(RF+LR) BÍAS=(LF+LR)-(RF+RR).

PITCH

RACK

BÍAS

Tabla N°6-17 Cuadro explicativo de eventos.

- Rack: Incrementa el estrés (torsiones) en el chasis, suspensiones, link, bujes y soportes chasis.

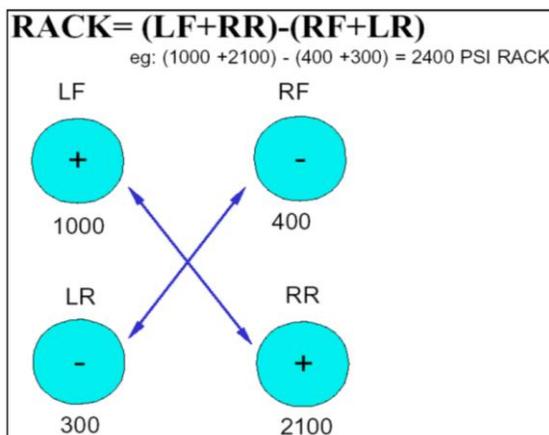


Figura N°6-18 Explicación de Rack.

- Bias: Incrementa el estrés en el chasis, suspensión delanteras y traseras, rodamientos de masas, mandos finales y desgaste de neumático (aumento de temperatura).

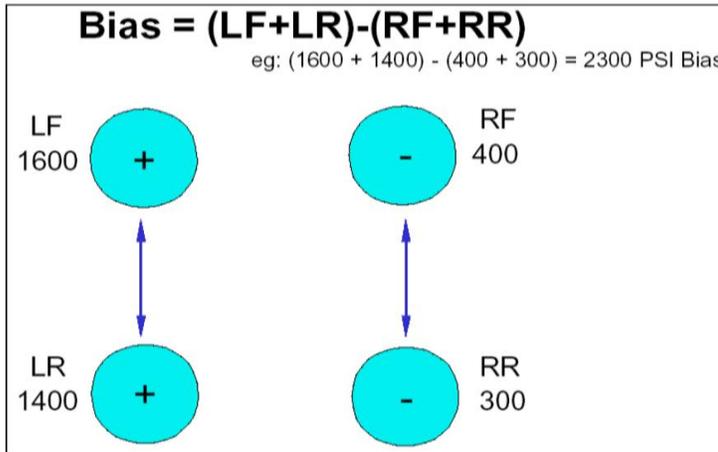


Figura N°6-19 Explicación de Bias.

- Pitch: Indica cabeceo de equipo, la maquina esta inclinada hacia adelante o hacia atrás; Aumentando la carga y el estrés en los cilindro de suspensión y el desgaste de los neumáticos (aumento de temperatura).

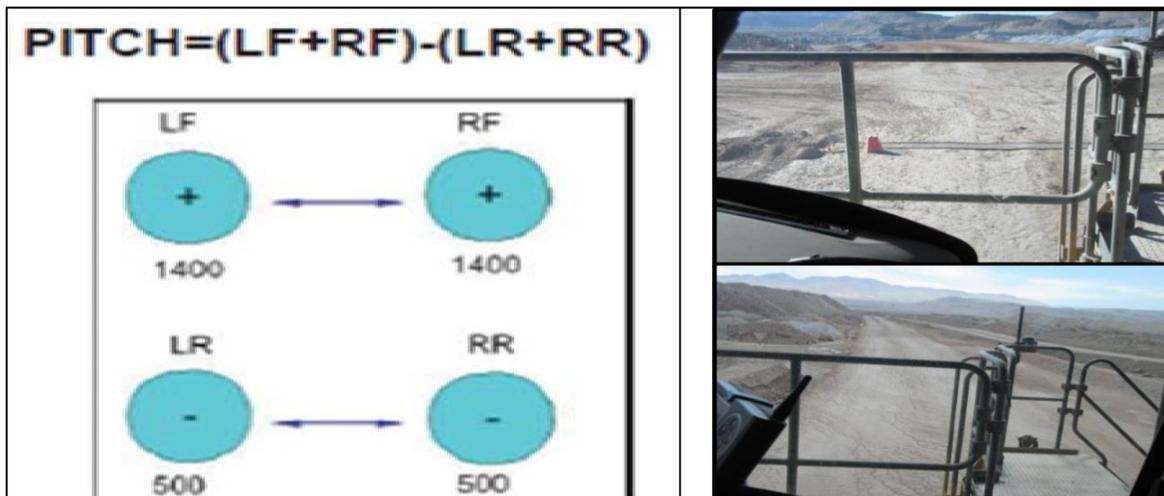


Figura N°6-20 Explicación de Pitch.

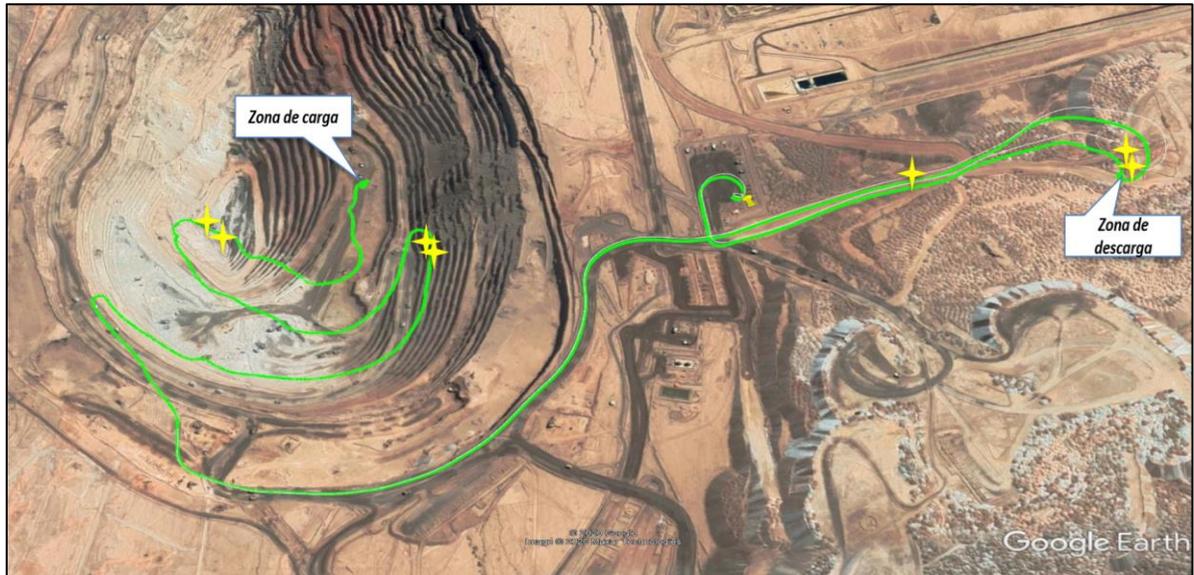


Figura N°6-21 Eventos registrados en la ruta.

PAYLOAD INDEX	J										
	I										
	H										
	G										
	F										
	E										
	D										
	C					x					
	B										
	A										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		HAUL ROAD CONDITION INDEX									

Figura N°6-22 Ejemplo de matriz de severidad.

- El concepto de índice de severidad admite el hecho que la severidad de la aplicación de la máquina se relaciona con la condición del camino (índice de camino) y la situación de distribución de cargas (índice de cargas).
- El índice del camino se establece en una escala de 1 a 10 y el índice de cargas se establece en un tramo alfabético de la A a la J.
- El índice de severidad emana de la intersección de ambos indicadores.
- Para permanecer dentro del diseño y peso bruto vehicular, el índice de carga no debe exceder el rango C y el índice de camino el rango 5, esto quiere decir que el índice máximo aceptable es C5.

- Desarrollo & Servicios Mina (en adelante D&SM); parte del Teams de neumáticos y en alianza con mantención mina, se realizan:
 - Plan de mantención de caminos; en conjunto con los datos proporcionados por el FPO, se ha dispuesto equipos de apoyo de la mina, junto a sus operadores avezado/calificado, se designaron motoniveladoras, cargador frontal y regador de 20 m³. Este último con solución de Bischofita que ayuda en el atrapamiento de partículas, transformando la ruta en una carpeta libre de polución. Se crea un plan de mantenimiento diario y semanal para el trabajo de dichos equipos. Ver figura N°6-22/23.

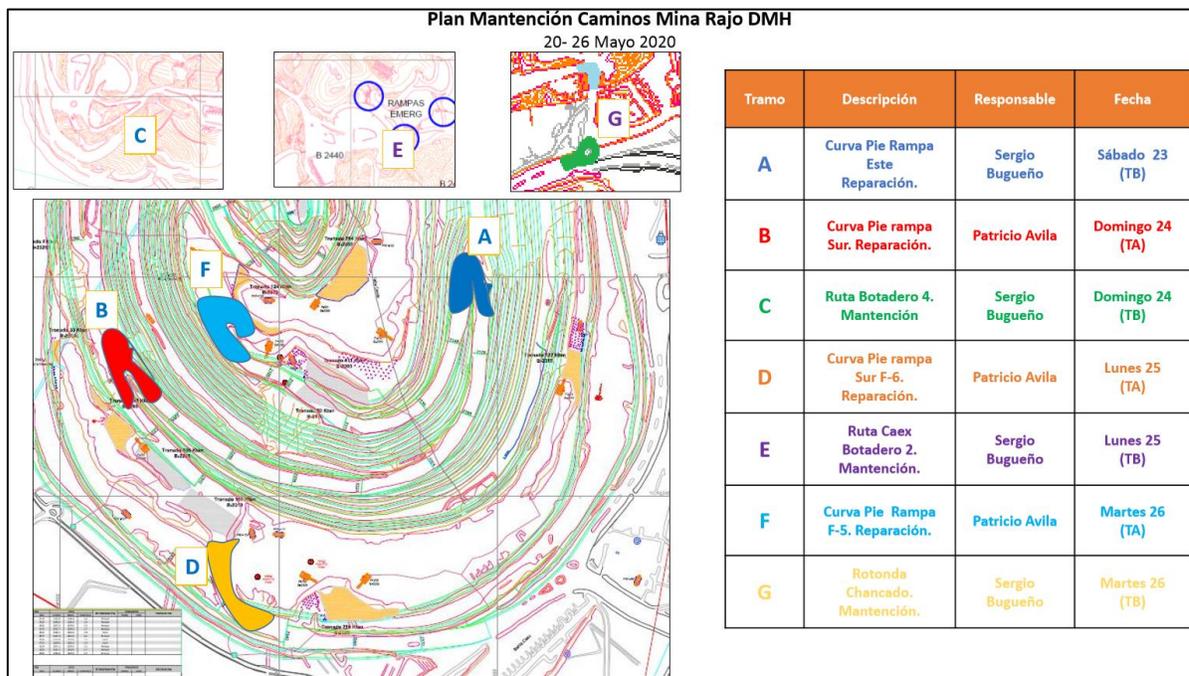


Figura N°6-23 Plan de mantención caminos Mina.



Figura N°6-24 Reparación de eventos en la ruta.

- Bailac (mantenedor de neumáticos); parte importante de D&SM, realiza dos veces por semana un chequeo de pistas, este consiste en detectar insitú los eventos en las pistas, curvas cerradas y con peralte agresivo. Pisos de palas y zonas de aculatamiento. Realiza también un chequeo a las zonas de vaciado (botaderos y stock de minerales). Este informe es derivado a través de la superintendencia de D&SM a operaciones Mina, para derivar el grupo de mantención de caminos según la severidad de lo evidenciado. Para posteriormente incorporar en el programa de mantención de caminos. Ver Figuras N°6-24/25.

 INFORME DE PISTAS			
Fecha del Informe	01-06-2020	Hora de chequeo	11:00
Realizado por	José Pasten Lopehandía	Realizado por	Fernando García
Dirigido a	Gerencia Mina	Dirigido a	Iván Cerda
CC	Patricio Maraboli	CC	

	CONDICIÓN OPTIMA / NORMAL, LAS PISTAS NO EVIDENCIAN GENERACIÓN DE DAÑOS A NEUMÁTICOS.
	CONDICIÓN CRÍTICA / MEJORAR, EXISTEN CONDICIONES DE PISTAS QUE PODRIAN DAÑAR NEUMÁTICOS.
	CONDICIÓN URGENTE / REPARAR EXISTEN CONDICIONES DE PISTAS QUE ESTAN DAÑANDO NEUMÁTICOS.

Figura N°6-25 categorización de pistas.

Fecha	Lugar	Observación	Indicador
01-06-2020	Salida Bahias	Se observa llegada a disco pare con exceso de piedrecillas en el sector	




Figura N°6-26 Clasificación de pista.

Bailac, además para seguir en la línea con el cuidado de los neumáticos, cuenta con un sistema en línea, el cual se realiza un monitoreo de la temperatura y la presión. Esta es monitoreada en línea por personal calificado por parte de Bailac y el analista del despacho mina. El operador del Caex la puede apreciar en una pantalla al costado de su instrumentación. Si alguna de esta tiende a salir del rango de operación, se realiza todo un protocolo para normalizarla y o cambios de formas de operar, donde esta ultimas llevan al operador a reducir velocidad (cambios de circuito) y en algunos casos reducir carga. Ver Figura N°6-27.



Figura N°6-27 Indicadores de presiones despachador/ Caex.

B. Excelencia Operacional

En DMH, la excelencia de las operaciones es una búsqueda constante y un proceso asistido en el mejoramiento de procesos que se realiza a través de la instalación de metodologías y herramientas de mejora continua y en la transferencia de mejores prácticas.

Gestión pérdida Operacional, busca implementar prácticas que minimicen las pérdidas operacionales (en adelante PO) y diseñando un estándar para que los despachadores aseguren maximizar el uso de los activos (Caex/ palas).

- Implementar instructivo de despacho y el entrenamiento del despachadores; Este punto busca dar las herramientas a los analistas de despacho, el poder de tomar decisiones en base a los distintos escenarios que se puedan dar en la mina. Se ha elaborado un árbol de decisiones para apoyar lo mencionado, ver en Figura N°6-28.



Figura N°6-28 Árbol de decisiones de los analistas despacho.

Con este árbol de decisiones, el despachador puede administrar de mejor forma los recursos de carguío y transporte, siendo uno de los objetivos disminuir las colas en la espera por cargar en las palas o descargar en chancado. Esto contribuye a la búsqueda de la 17 hrs. efectivas excelencia operacional.

C. Gestión Óptima de Activos

La gestión de activos es un concepto clave para Codelco DMH, en la cual una buena administración de los equipos de producción marca la diferencia para ser un actor de excelencia. Si usamos como ejemplo la gestión de las demoras, es importante en los costos de operación que están relacionados directamente con esta función. Se estima que su mala gestión implica que las pérdidas de producción se incrementen en el tiempo.

➤ Gestión de Demoras

- Obstrucción Vías (velocidad promedio caex); Hay distintos tipos de interferencia en el circuito mina que ralentizan la velocidad de los Caex, se tiene clasificado algunos puntos para establecer un plan de recuperación:
 - Un importante el angostamiento de las rutas, esto debido a los derrames que se producen de los Caex y arrastrados a los costados o bermas (amenaza daño neumáticos). Para esto se realizan mantenciones periódicas de las bermas con cargadores 994 y Caex 793 de la empresa para apoyo en la mina y stock ICV.
 - Mejoramiento de las pistas; por compactación de los mismos equipos y zonas húmedas que debilitan la carpeta existentes. Este punto ya se tomó como parte de la palanca en el 6.4.2.1.2 FPO.
 - Producción Colación; la demora que existe en pasar desde la producción con el Caex a colación. En este ámbito se están retomando botaderos cercamos al paso del casino, así poder tener la ruta con un tiempo menor en la desviación. Además, se está capacitando un plan de operadoras aprendices part time, con un margen de trabajo de 5 horas, solo en horario de colación y en apoyo de relevo de Caex. Esto es post de subir la utilización de los Caex.
 - Espera Combustible; esta se produce por la espera que tienen por cargar combustible los Caex y coinciden muchas veces en un mismo momento. Para eliminar y erradicar esta condición, se realiza todo un análisis para conocer en línea el nivel de combustible y poder sincronizar el paso de los caex a petrolera. Se están habilitando petroleras móviles en ayuda de evitar la espera por cargar combustible.

D. Gestión de Reserva

La reserva es el espacio de tiempo en que el equipo o activo se encuentra apto para cumplir su función de diseño, no teniendo operador que lo utilice o que bajo una condición específica no es operado. Para la gestión del activo, se deben mover estos sin que lleguen a esperar, puedan transportar y descargar con eficiencia.

➤ Gestión de Tronadura

- La reserva del proceso de tronadura es el que más impacta en pérdida de utilización de la flota de CAEX.
- Se adicionará al proceso de tronadura nuevos puntos de iniciación, chequeo comunicación de equipos, ingreso previo a chequeo post tronadura de equipos.

- Incorporar a la supervisión al movimiento de cable minero, se están capacitando a los supervisores para que puedan mover cables con bastones.
- Diseñar e implementar protecciones para caseta y cable minero; se está probando protecciones de medias cañas o espumas para mantener cables en la postura cercana a los puntos de tronadura. Esto evitara realizar cortes de energía y aperturas de cables en los procesos de tronadura.
- Implementar evacuación cercana en tronaduras, se está trabajando para evacuar de forma eficiente, segura a las personas y los equipos. Para esto se cargan en el sistema Jigsaw los halos correspondientes para personas (500 mts) y equipos (150 mts).
- Reuniones de tronaduras, realizar estas los días anteriores para poder planificar de forma más eficiente las tronaduras a realizar el día siguiente, esto ayuda a programar el retiro de equipos y despeje del sector a tronar, con el fin de ingresen a primera hora del día al carguío de los pozos de sectores a trabajar por Enaex.
- Como Hito revisar y Modificar Reglamento de Tronadura, si lo amerita.
- Hito para incorporar DdD Gerencia Mina.

➤ Práctica productivas

- El cambio de turno. Se ve afectado por actividades que retardan la incorporación del Caex a producción.
 - Mejoramiento en el ingreso de los carros al cambio de turno, agilizando la asignación del operador al Caex.
 - Estacionamientos móviles en botaderos y lugar de carguío por fases.
 - Incorporar más vehículos de transporte de personal o aumentar la capacidad de estos para la distribución y extendiéndose a muchos más puntos.
 - Mas vías exclusivas y segregadas para el ingreso de los carros al cambio de turno.
- Abastecimiento de combustible. En el proceso de abastecimiento de combustible de los Caex, hay una serie de actividades que van incrementando el tiempo de llenado, algunos de ellos son gestionables. Como la administración, procedimiento en el ingreso y salida del recinto (petrolera).
 - Modificar procedimiento abastecimiento de combustible, que brinde las condiciones de seguridad y agilidad en este ámbito.
 - Inicio de entrenamiento en autoabastecimiento de combustible, esto se realiza a prueba y en terreno con operadores. Ajustando las brechas operacionales.

E. Modificación e implementación de tableros de control mina

En este ámbito Gerencia Mina como Operaciones Mina, liderando el tema de gestión de los activos y poder subir las horas efectivas de los Caex como fin, visibilizar los indicadores de los participantes en las palancas indicadas, en este ámbito realiza una modificación en su tablero de gestión, este se actualiza en minutos para ver el cómo vamos. Ver Figura N°6-29.

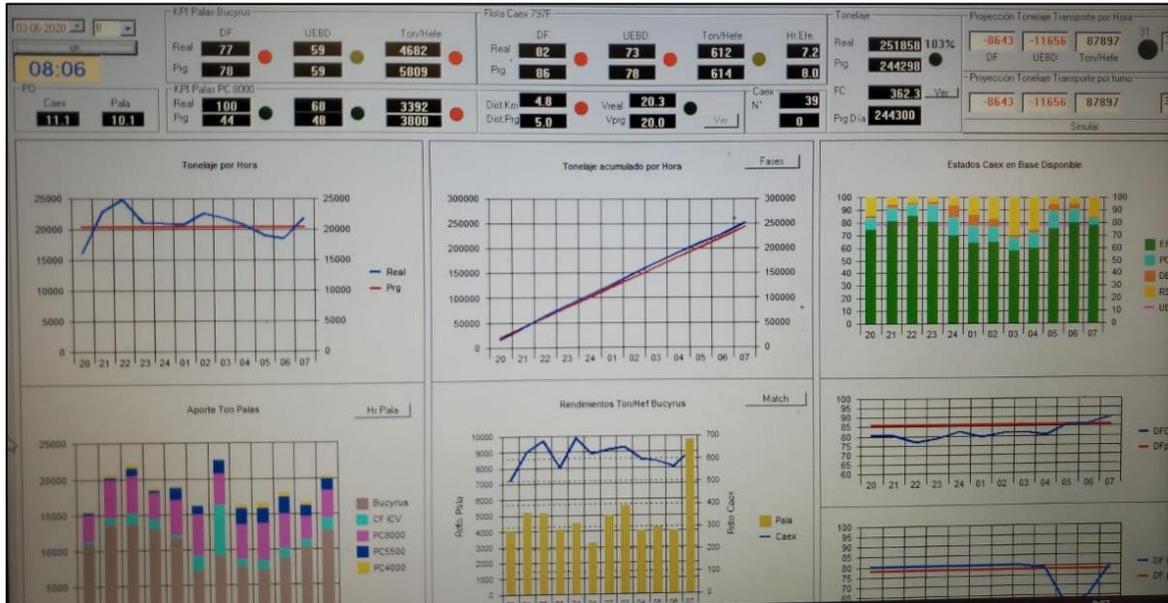


Figura N°6-29 Tablero de Gestión.

El tablero anterior Figura N°6-29, muestra bajo las palancas comprometidas, lo más relevante a nivel operativo, se implementó un complemento con el sistema de gestión de tiempos en base a Asarco, el cual se presenta como indica la Figura N°6-30.

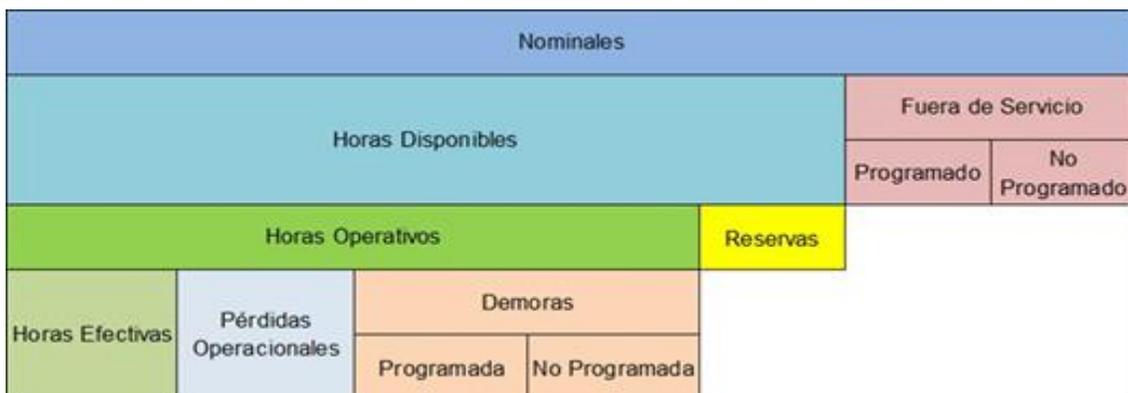


Figura N°6-30 Asarco.

F. Geotecnia “Prácticas Full Control” (Control Total)

El objetivo principal que cumple en la división Ministro Hales el Full Control es “Aumentar al máximo la rentabilidad del negocio minero asegurando el diseño Geotécnico a través de un Control Total al proceso constructivo” para el logro de las metas propuestas (p0) “500 KTPD”.

El concepto de Full Control y su implementación, es fundamental para asegurar las metas y reducir los riesgos asociados al negocio minero, como lo explica la Figura N°6-31 que implica integrar y alinear a la organización en un proceso de calidad.

Es la implementación de buenas prácticas operacionales para la materialización de los bancos de diseño, bajo un control total de las variables claves de los procesos, siendo los factores relevantes:

1. Trabajo en equipo.
2. Prácticas operativas.
3. Disciplina operativa.
4. Realizar ingeniería de control pared P&T.
5. Mejoramiento continuo.

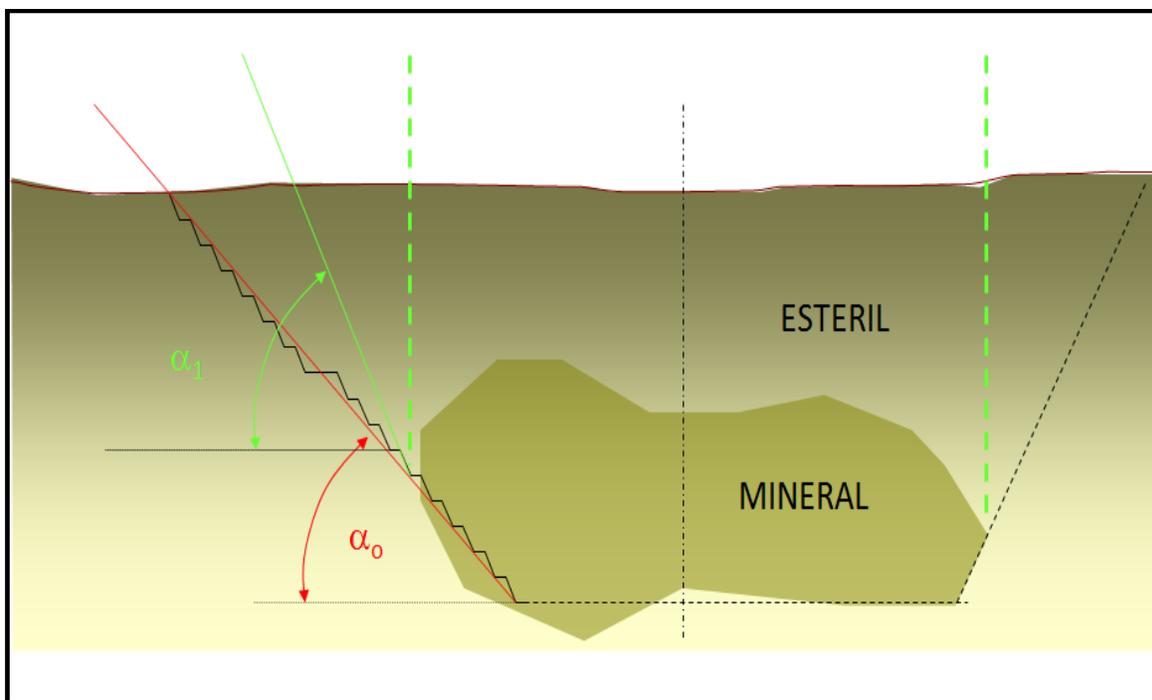


Figura N°6-31 Diseño geotécnico, visión de negocio.

α_1 => Menor razón estéril mineral (menor movimiento de estéril).

a. Condiciones de terreno

Estas condiciones se producen a consecuencia de los fallamientos propios del terreno, también por secuencia de operación que lleva la mina en la extracción del material (mineral /lastre) en cada uno de los bancos. Figuras N°6-32 y 33 muestran los eventos geotécnicos (fallamientos) que han aparecido en la mina y otros acontecimientos que no se realizan.



Figura N°6-32 Fallamiento pared Este fase 5.



Figura N°6-33 Falla pared Oeste fase 5.



Figura N°6-34 Zona de falla Oeste en fase 5.



Figura N°6-35 Falla pared Norte fase 2.



Figura N°6-36 Avance de pala, sin rematar línea de programa (LP).



Figura N°6-37 Línea de programa (LP) con poca profundidad.

b. Equipo multidisciplinario en prácticas de Full Control

Buscando mejorar y optimizar los resultados de implementación de los diseños mineros definidos en las bases geotécnicas, se hace necesario implementar mejores prácticas operativas, para lo cual se están generando acuerdos y metodologías de control integrado, entre las distintas áreas que participan en la cadena valor. Para ello, se considera como zona crítica el área cercana a las paredes de cada fase minera, los involucrados de manera directa en el diseño e implementación de la tronadura de control pared son: planificación, perforación y tronadura, operaciones y geotecnia.

Cada una de estas áreas tienen la responsabilidad de hacer cumplir las mejores prácticas operativas acordadas en conjunto y garantizar la interacción permanente con los otros procesos, para lo cual se ha constituido un comité de Full Control.

Las responsabilidades que se ha definido para las diversas áreas involucradas son:

➤ Planificación mina

- Secuencia minera que considere una franja de producción y otra de cierre.
- Planificar en detalle remate de las fases. Tomar consideraciones geotécnicas.
- Planificar en detalle el inicio de las rampas.
- Plan de contingencia que dé cuenta de potenciales problemáticas geotécnicas.
- Planificación de equipos de apoyo.
- Debe mantener el control de las variables de diseño y de operación, tal como se muestran en Figura N°6-38.

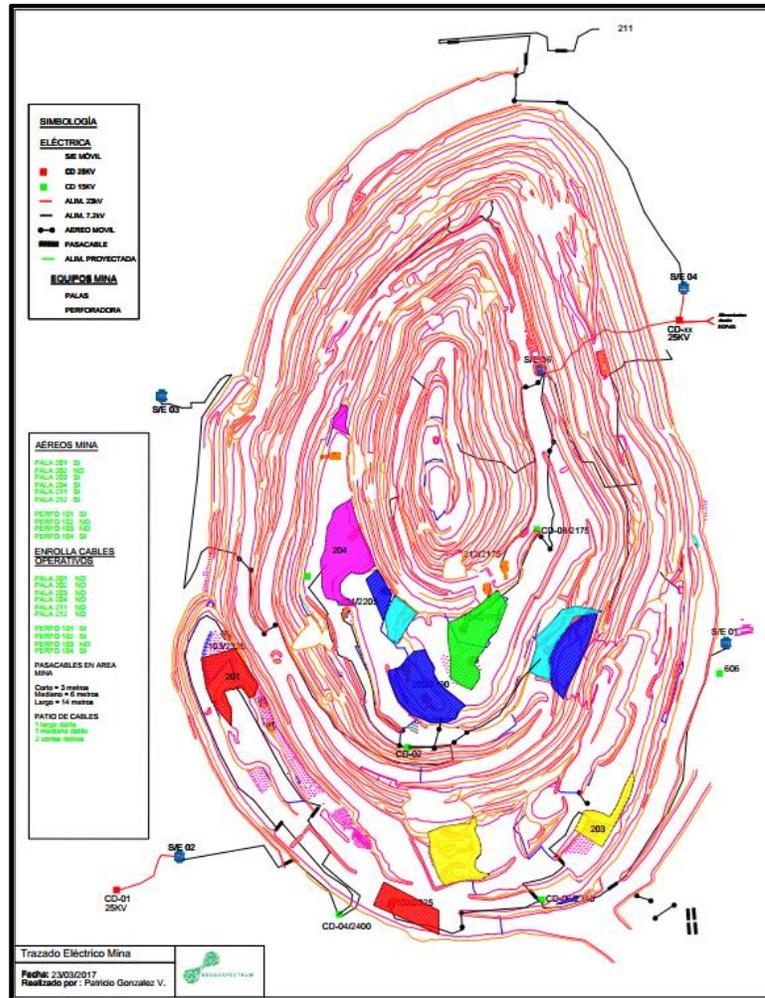


Figura N°6-38 Plan semanal de explotación.

➤ Perforación y tronadura (P&T)

- Definir un estándar de diseños perforación y tronadura.
- Ingeniería de Tronadura.
- Control de la perforación.
- Control de pasadura en berma de banco a cierre.
- Utilizar señales para evitar tapado y/o perdidas de tiros.
- Mantener estándares y usar protocolo de tronadura (control de implementación).
Lo anterior se puede evidenciar en el programa de tronadura de la Figura N°6-39.

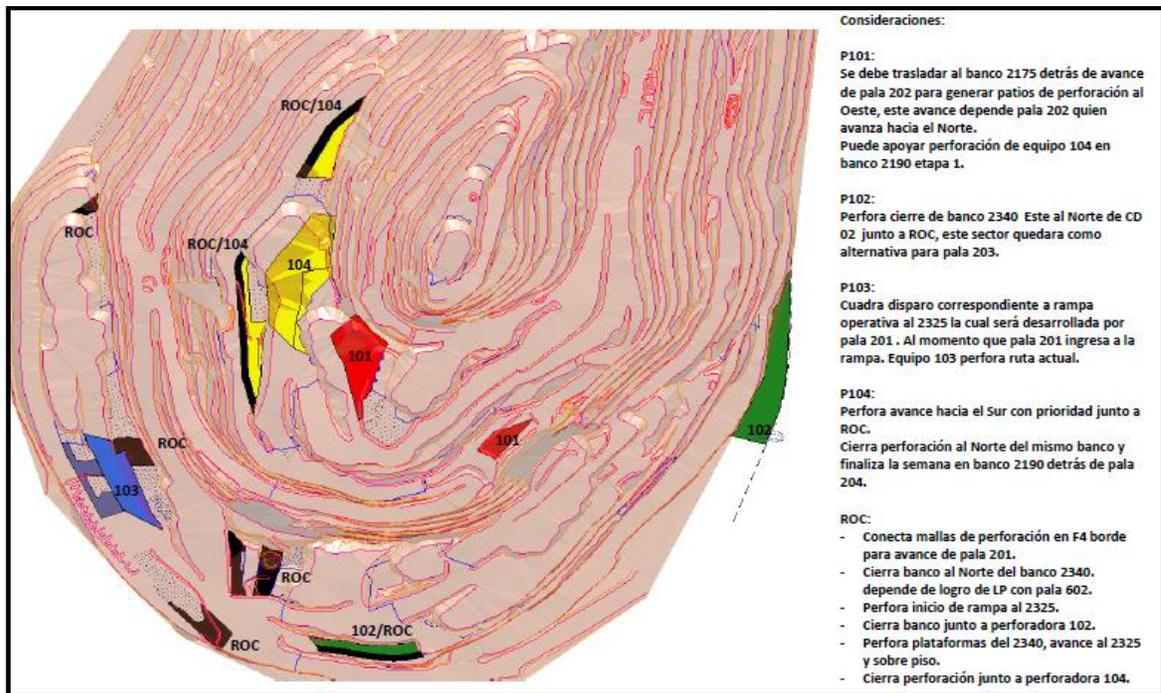


Figura N°6-39 Plan semanal de perforación.

➤ Operaciones mina

- Mantener plataformas de perforación limpias.
- Mantener limpias la patas de los bancos, libre de material que impida perforar o reduzca el ancho de la berma del banco.
- Llevar en forma sistemática limpieza y acuñadura de los bancos a cierre.
- Saneamiento de las crestas de los bancos, se ilustra en la Figura N°6-40 con pala hidráulica PC-4000.
- Mantener un estricto control del carguío a pared final.



Figura N°6-40 Remate de banco y cresta.

➤ Desarrollo & servicios mina (D&S)

- Implementación de piscinas temporales, deben realizarse fuera de la berma de diseño.
- Implementación piscinas definitivas de traspaso de agua, deben quedar en las bermas de diseño e impermeabilizadas
- Todas las aguas capturadas en el interior mina, deben ser conducidas vía Tuberías HDPE o zanjas impermeabilizadas con HDPE.
- Se debe tener un control diario, con reportabilidad semanal del drenaje mina (pozos bombeo, drenaje interior mina y drenes sub horizontales).
- En los casos en que los afloramientos de agua ocurran en la pata del banco, se debe canalizar sin carpeta en dicha zona y su conducción al punto de almacenamiento debe realizarse vía tuberías o zanjas impermeabilizadas. como lo podemos observar en la Figura N°6-41 del drenaje realizado en el banco 2310 fase 4.

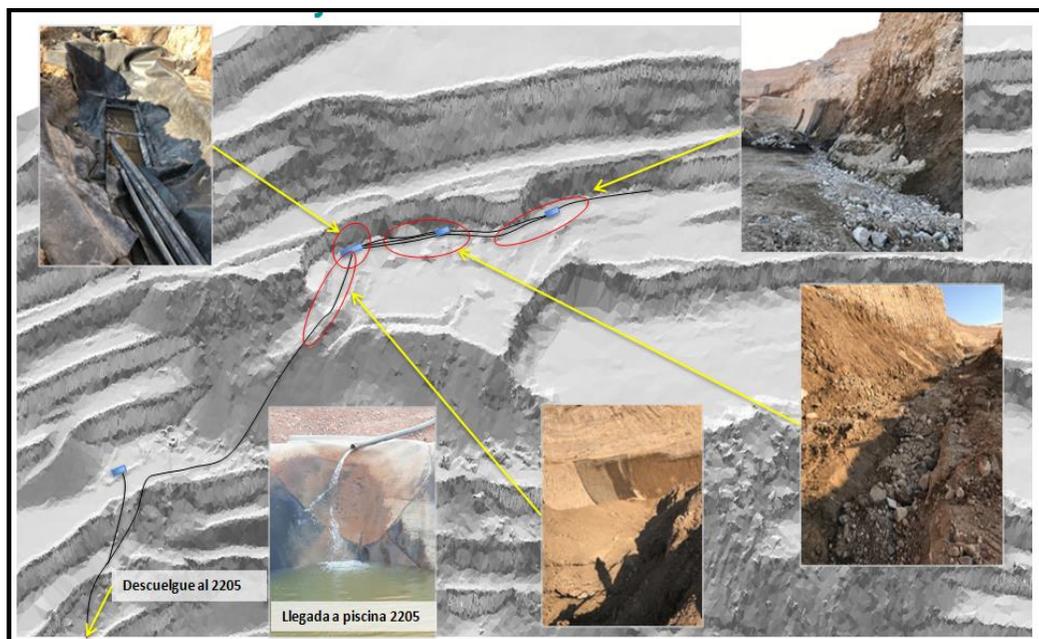


Figura N°6-41 Sistema de drenaje mina.

➤ Geotecnia

- Establecer los protocolos de trabajo y comunicaciones.
- Generación de la información básica geotécnica y estructural.
- Recomendaciones de saneamiento y/o soporte.
- Seguimiento, control y evaluación del proceso.
- Área responsable de dar apoyo a los procesos involucrados en el programa de Full Control y responsable de realizar el seguimiento, evaluación de los resultados de la implementación de los diseños. Además, debe entregar recomendaciones e información de caracterización geotécnica como base para los diseños de perforación y tronadura. Figura N°6-42 se observan las estructuras de la mina.

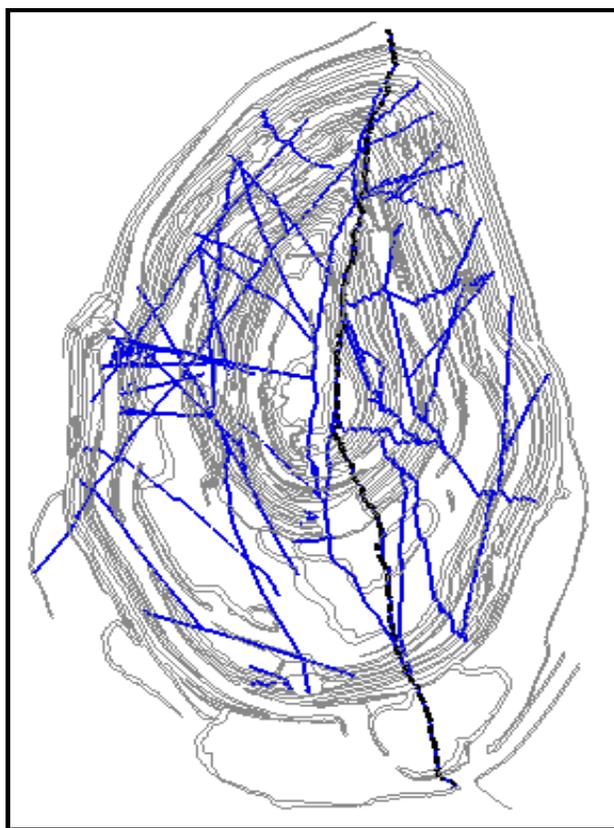


Figura N°6-42 Fallas menores y mayores mina.

c. Protocolo de Full Control

Con el compromiso de las superintendencias de operaciones mina, planificación mina, desarrollo & servicios mina y geotecnia, se creó el protocolo de Full Control, el cual da el lineamiento de todos los acuerdos enunciados con anterioridad, con relación a las prácticas y obligaciones que tiene cada área, permitiendo el diseño e implementación de la perforación y posterior tronadura de control pared, también denominada franja de control.

- Estándares operacionales
 - Tronadura a todo el ancho (AB)

Corresponde a sectores productivos en los cuales se logra el talud a cierre de banco realizando tronaduras a todo lo ancho de la fase, es decir, contorno (tronadura de control pared) y producción en un mismo evento. El diseño de perforación contempla la perforación de una fila de precorte cuando corresponda tronada con anticipación, dos filas buffer o amortiguadas y las demás filas de producción respectivas. Las áreas involucradas deben asegurar el cumplimiento de un largo óptimo de la franja de control de entre 40 a 50 m (máximo), pudiendo tener un ancho variable mínimo de 80 m o más

(sin restricción, dependiendo del ancho de la misma fase). La configuración de la tronadura AB se puede observar en la Figura N°6-43.

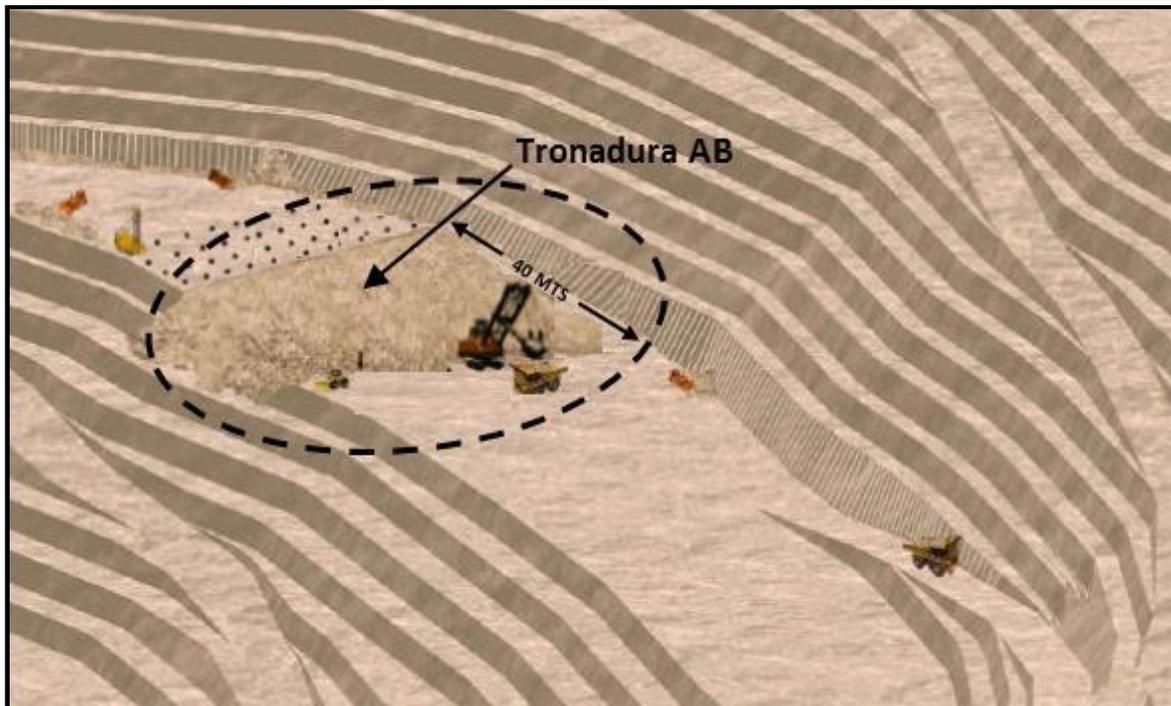


Figura N°6-43 Esquema tronadura tipo AB.

- Franja de control

Cuando no sea posible desarrollar de preferencia tronaduras del tipo AB, se desarrollarán tronaduras con franja de control, las que corresponden a sectores en los cuales se logra el talud a cierre aplicando tronadura de control pared de 40 m. de ancho definidos preliminarmente, con diseños de perforación que contempla la perforación de una fila de precorte cuando corresponda tronada con a lo menos un día de anticipación, dos filas buffer o amortiguadas y dos a tres filas de producción. Las áreas involucradas deben asegurar el cumplimiento de ancho mínimo de la franja de control, donde planificación mina, será la encargada de marcar en terreno dicha franja. Lo anterior se evidencia en las Figuras N°6-44/45.



Figura N°6-44 Esquema de franja de control.

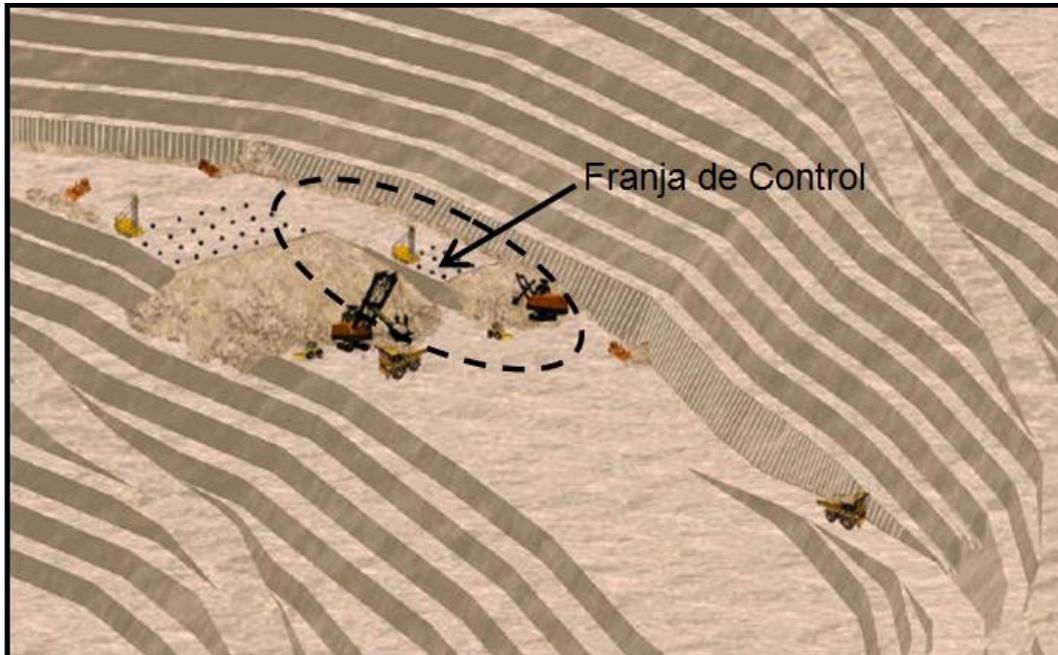


Figura N°6-45 Vista panorámica de franja de control.

- Diámetro de perforación pozos de precorte

La realización de tronaduras de control pared en la franja de control requiere el uso de precortes inclinados a 75° (pudiendo llegar a 90° según recomendaciones geotécnicas particulares) en todos los cierres de bancos definidos en la unidades geotécnicas básicas (UGTB), la granodiorita hidrotermal, sílice y alunita. Se debe perforar con un diámetro no superior a 6 1/2". En la zonificación de unidades volcánicas (1, 2 y 3), los precortes se usarán en los recortes de rampa respectivos que se realicen. El mismo diámetro de perforación (6 1/2"), se utilizará en aquellos sectores en que se utilice la técnica de control de daños llamada Line Drill (filtradores de gases).

- Diámetro de perforación pozos buffer

Los pozos buffer deben ser perforados según UGTB en diámetros 6 1/2", 7 1/2" o 10 5/8", dado que estos pozos requieren ser cargados con menor cantidad de explosivo y que tenga características menos energéticas que permitan minimizar el daño a las paredes.

No se debe utilizar bajo ningún motivo el diámetro de perforación de 12 1/4" o superiores para perforar los pozos buffer (amortiguadores).

- Diámetro de perforación pozos de producción

Los pozos de producción standard en MH son perforados con un diámetro de perforación de 10 5/8", aunque pueden existir variantes en diámetros menores (usualmente para zona de mayor dureza, Ej. carbonatos).

- Diseño de mallas de producción

En el diseño de mallas de perforación para tronaduras de producción en rajo MH, se debe considerar la dureza del sector a tronar, UGTB, litología, dirección preferencial de estructuras. Se diseñarán las filas paralelas al avance de la pala y la apertura respectiva de banco se diseñará con las filas paralelas al borde mina.

- Tamaño de polígonos (patios, mallas)

En las tronaduras con diseño del tipo AB, no existe un máximo de tonelaje a tronar, solo la restricción de un máximo de 40 m. de pared expuesta con un ancho mínimo de 80 m. y que puede ser mayor e incluso llegar al ancho de la misma fase.

- Longitud pozos de precorte (sin pasadura)

Los pozos de precorte no tienen pasadura, para el caso típico de MH con una altura de banco de 15 m. y una inclinación de 75°, la longitud efectiva de perforación será de 16,3

m. o incluso variable, dependiendo de la cota de referencia en terreno, observada en la Figura N°6-46.

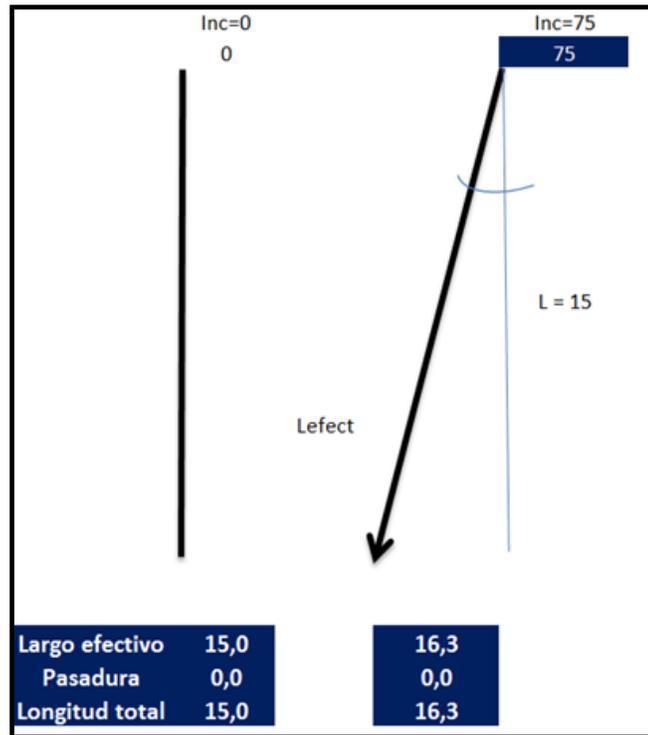


Figura N°6-46 Esquema de perforación de precorte.

- Longitud pozos buffer (sin pasadura)

Los pozos buffer no tienen pasadura, es decir, para una cota de banco correcta la longitud de los pozos será de 15 m. o incluso podría ser menor dependiendo de las recomendaciones de geotecnia, aunque esta longitud dependerá también de la cota de referencia. La pasadura en los pozos buffer puede provocar daño en la berma y cresta del banco inferior, ilustrada en la Figura N°6-47.

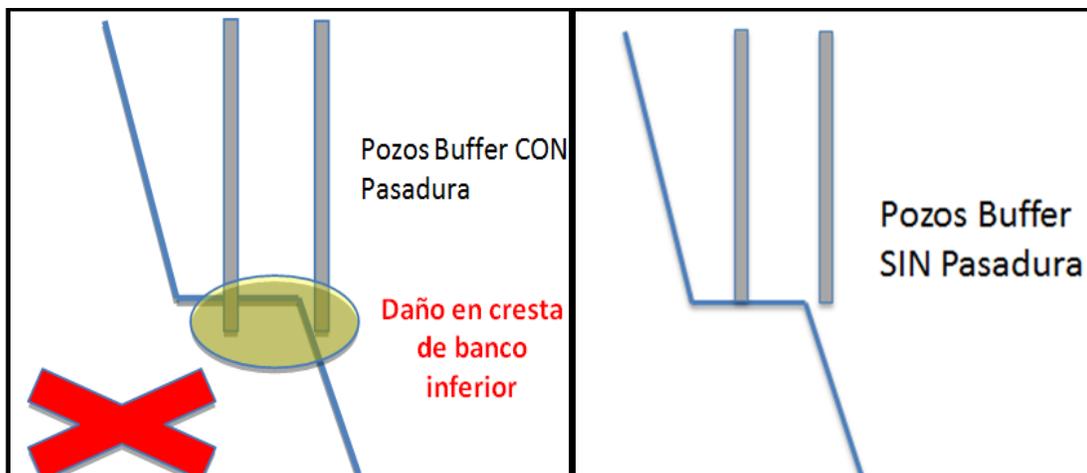


Figura N°6-47 Esquema de perforación pozos buffer.

- Longitud pozos de producción

Los pozos de producción estándar de MH tienen 2 m. de pasadura, la altura de banco es de 15 m. es decir, para una cota de banco correcta la longitud de los pozos será de 17 m. (altura de banco + pasadura), aunque esta longitud de perforación en terreno dependerá también de la cota real del patio.

- Cuidados en diseño para banco inferior

En las tronaduras de control pared, el diseño debe considerar que los pozos que van sobre el banco inmediatamente inferior no tengan pasadura y se debe evitar que algún pozo de tronadura quede justamente sobre la cresta del banco inferior (control de pasadura, para mejoramiento de logro de cresta), como se observa en la Figura N°6-48.

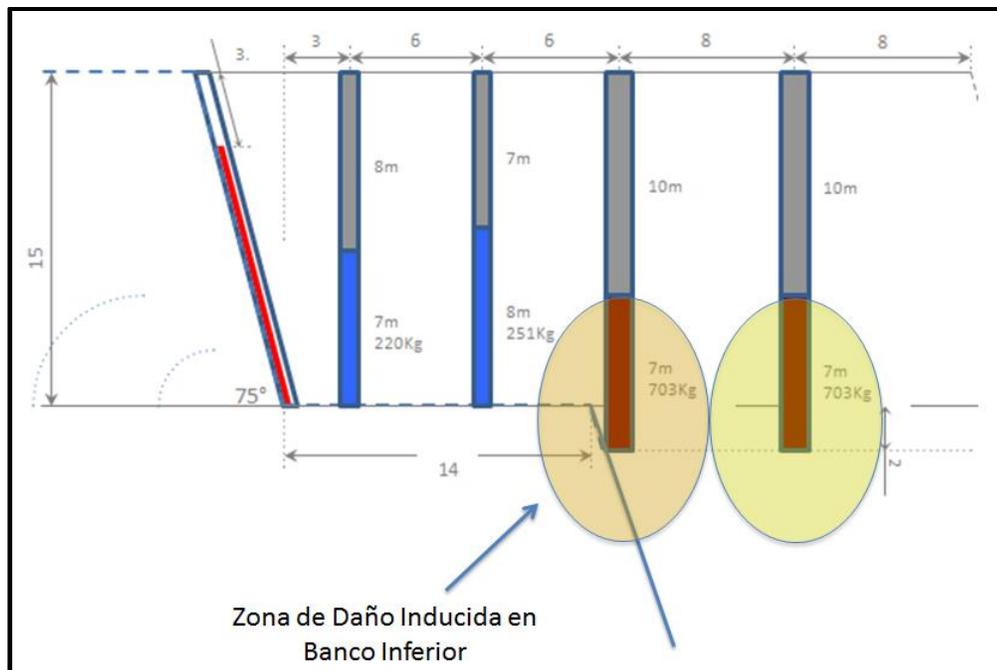


Figura N°6-48 Cuidados a considerar en diseño de banco inferior.

Se debe tener en consideración las distintas configuraciones de diseño existentes según bases geotécnicas. Por ejemplo, para la malla 8x8 m. en banco con berma de 14 m. se deberá eliminar pasadura de tiros buffer y primera fila de producción, para minimizar el daño inducido a sectores de cresta de bancos inferiores y minimizar activación de estructuras.

- Control de línea de programa

Se debe tener el mayor control sobre las líneas de programa (LP), en pata y cresta, para que éstas cumplan el estándar y todas las consideraciones definidas y acordadas para el buen logro de la LP. Este debiera considerar el uso de excavadora para realizar zanja de

control y definir el límite de extracción de carguío de pala, esta zanja debiera tener una profundidad mínima de 2 m para no sobre excavar el banco y estar ubicada a 0,5 m delante del collar del precorte, marcado con estacas topográficas límites. También se debe construir un pretil de seguridad (borde) en sector de la berma, de modo de aumentar su capacidad de contención. Lo anterior se evidencia en las Figuras N°6-48/49.

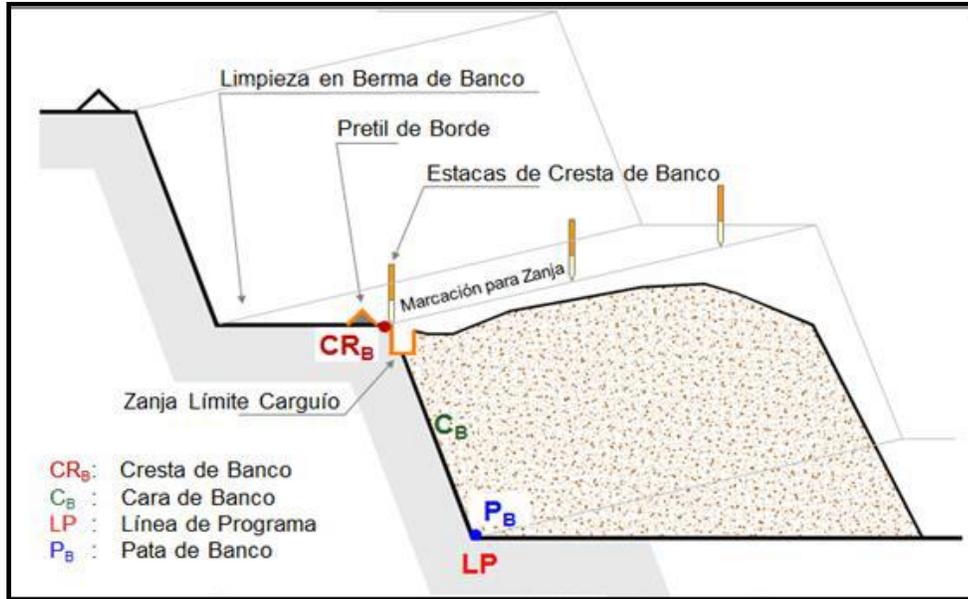


Figura N°6-48 Esquema configuración berma, zanja de control y remate de bancos.

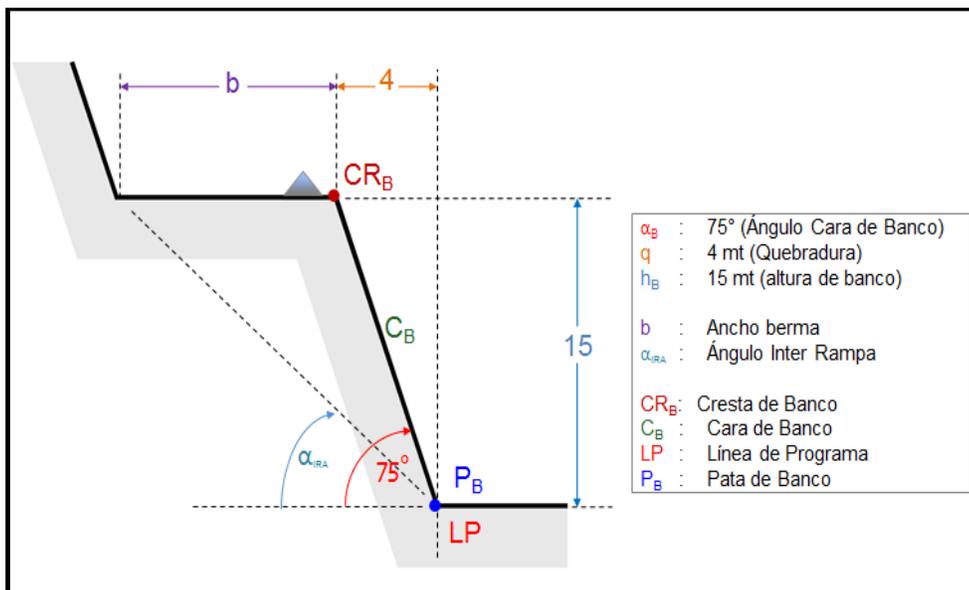


Figura N°6-49 Esquema de configuración banco – berma.

- Remate de cajas (palas)

Para mejorar la estabilidad de los bancos se recomienda que las palas mantengan un adecuado remate de cajas, para eliminar bloques sueltos que no puedan ser abordados por equipos para remate de caja o limpieza (PC 4000) al momento de realizar operaciones de carguío, evitando así realizar una segunda pasada en la que solo se deba estabilizar.

Se debe mantener un estricto control de cierre o remate de bancos con pala, para que no se exceda del límite de carguío definido por zanja o marcación de Full Control.

Full Control debe ser realizado siempre en forma oportuna, de forma tal que pala no extraiga material tronado antes que la zanja o marcación de límite de extracción este construida, esta modalidad es ilustrada en las Figuras N°6-50/51.

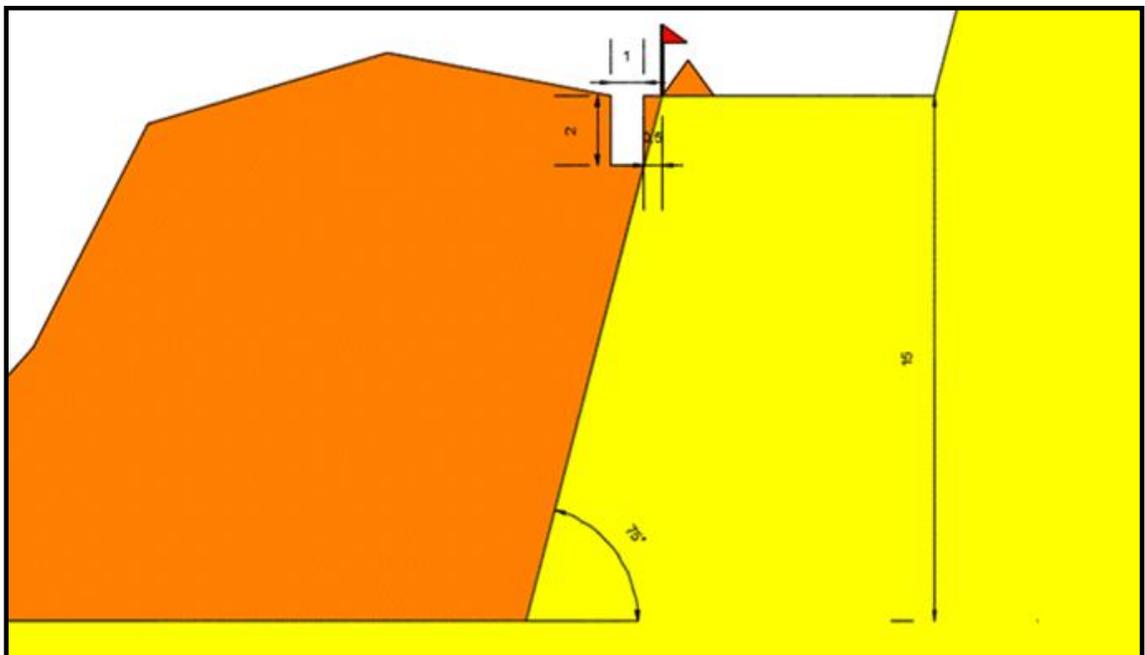


Figura N°6-50 Esquema de construcción de zanja de control



Figuras N°6-51 Prácticas de control de línea de programa (LP).

De modo de evitar que el equipo de carguío respectivo avance más de 50 m. sin lograr línea de programa y que implique demoras y/o retrasos al devolver equipos, existen estaciones referenciales de LP en la cresta del banco (estación rojo LP) con una cinta verde (cada 50 m.), los que deben ser respetados, los estacones son evidenciados en la Figura N°6-52.

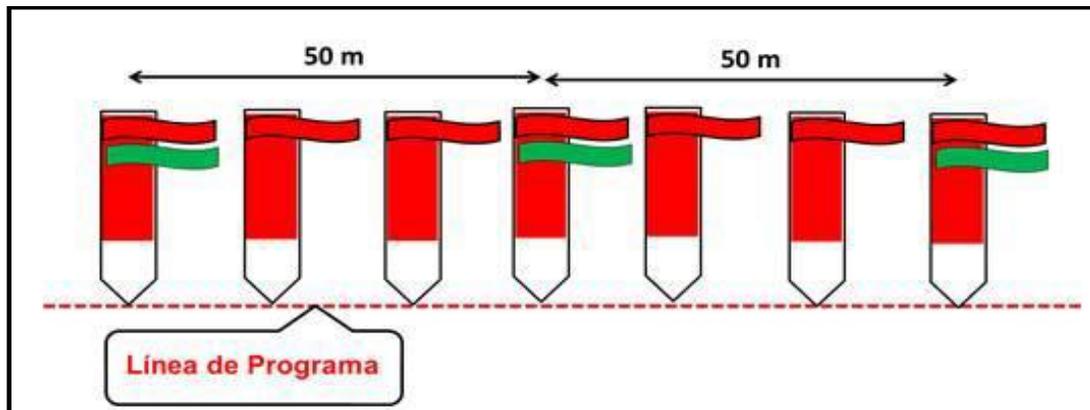


Figura N°6-52 Estacones referenciales con avance no mayor a 50 m sin logro de línea de programa.

- Flow sheet operación de Full Control

El siguiente diagrama esquematiza la operación completa de Full Control.

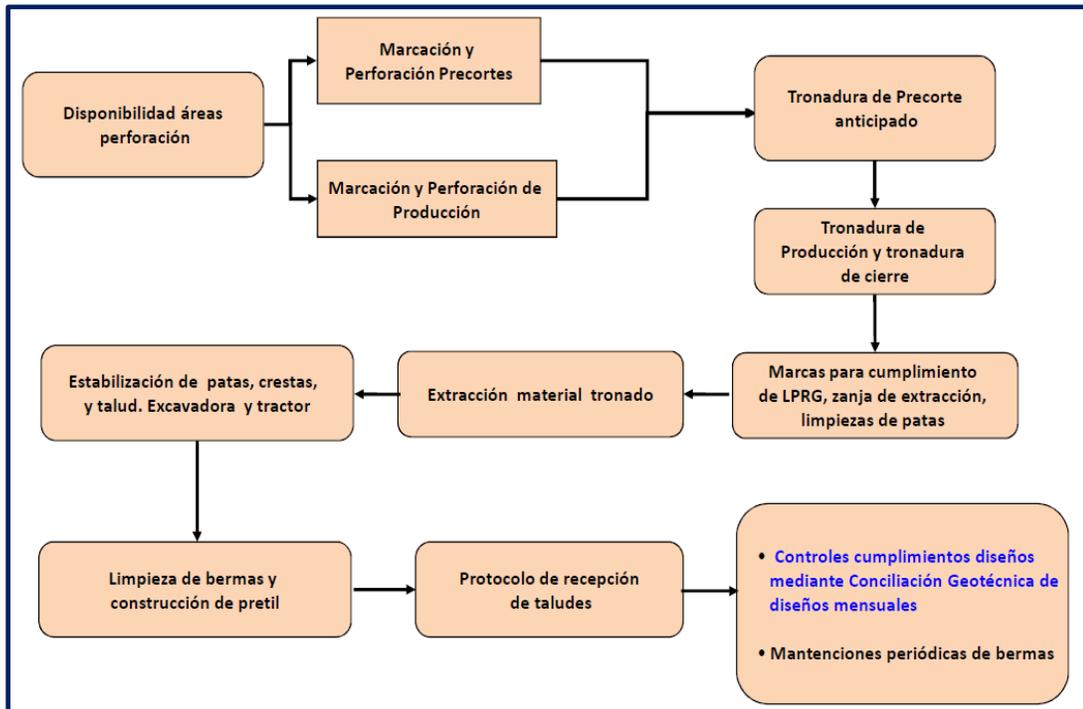


Figura N°6-53 Flow sheet de Full Control.

6.6 Adquisición de equipos mina Chuquicamata

Con la finalidad de cumplir con el objetivo trazado de la División Ministro Hales de llegar a las 500 KTPD, se realizan las gestiones a nivel corporativo para acceder a equipos mina de división Chuquicamata, esto debido al cierre progresivo que presenta esta División y la oportunidad de negocio para DMH. En este ámbito una vez aprobada dicha solicitud, se realiza el trazado y la Logística para traerlo armados por caminos internos desde Chuquicamata a Ministro Hales.

Se adquieren para la división 2 palas eléctricas de cables

Modelo Caterpillar 7495

- Carga útil del balde: 82 toneladas.
- Capacidad del balde: 59 m³ (73 yd³).
- Peso de trabajo con balde y varillajes estándares: 1295777 kg.



Figura N°6-54 Traslado pala Chuquicamata-DMH

Además, en este mismo ámbito de adquirir equipos de División Chuquicamata y con el fin de realizar el mach pala/camión, se traslada una flota de 8 camiones de extracción.

Modelo Komatsu 930 E.

- Peso: 501.974 kg (1.106.670 lb)
- Potencia neta al volante (sae) 2.550 hp (1.902 kw) @ 1.900 r. p. m.
- Capacidad de carga: 290 t (320 us t)
- Capacidad de la tolva: 211 m³ (276 yd³)
- Capacidad neta de la tolva: 161 m³ (211 yd³)



Figura N°6-55 Komatsu 930E.

6.7 Contratación de operadoras mina.

Dentro de los estándares de el desarrollo comunitario, que se refiere a asumir la responsabilidad de ser un socio activo dentro de la comunidad, potenciando los recursos y entregando herramientas permanentes para mejorar la calidad de vida de las personas y sus familias.

La División Ministro Hales cumple un rol activo dentro del periodo de desarrollo de las capacitaciones, efectuando reclutamiento y posterior entrenamiento de operadoras, que consta de un proceso académico y entregando oportunidad para que las participantes a este curso puedan tener la opción de empleo permanente en la División Ministro Hales.

La gerencia reafirma el compromiso de Codelco con los ejes estratégicos, entregando herramientas para el desarrollo comunitario y además asegurando continuidad operativa para los equipos adquiridos.



Figura N°6-56 Grupo de operadoras integradas a División Ministro Hales.

6.8 Polifuncionalidad de operadores mina

La polifuncionalidad de los Operadores Mina pertenecientes a Codelco División Ministro Hales es una de las metas que tiene la organización. Esto significa tener trabajadores de alto nivel, capacitados para el uso de las diversas maquinarias implementadas en faena, con la expertís que el mercado minero requiere. Se trata de oportunidades de desarrollo profesional que actualmente la Corporación les entrega para alcanzar en conjunto con la minería del siglo XXI.



Figura N°6-57 Grupo de operadores en capacitación.

El perfeccionamiento se enmarca en una de las metas de Codelco División Ministro Hales Gerencia Mina, tener operadores polifuncionales con experiencia en equipos mineros de alta calidad y complejidad. La división tiene un plan de desarrollo de carrera laboral (DCL), el cual busca cada año capacitar en distintos equipos a operadores mina, logrando concursar a dichos cargos (titularidad) y poder aumentar su escala (remuneración). La adquisición de equipos de alta gama como los traídos desde División Chuquicamata, acelera este propósito y se está especializando a dichos operadores avezados en los equipos que actualmente están ya en operación en el yacimiento en apoyo de las 500 KTPD.

 Ofertas de Empleo		
<ul style="list-style-type: none"> - Operador/a Mina I Pala Hidráulica Komatsu PC5500 - Operador/a Mina I Pala Hidráulica Komatsu PC8000 - Operador/a Mina I Pala Cable - Operador/a Mina I Perforadora 	Cargo: Operador Mina I Área: Gerencia de Mina División: Ministro Hales Tipo Contrato: Indefinido Tipo de Jornada: 7x5	Fecha Inicio Postulación: 04.12.2020 Fecha Cierre Postulación: 13.12.2020
Descripción del Cargo Propósito del Cargo: Operar equipos de carguío y perforación (pala hidráulica, eléctrica, electrohidráulica, perforadora eléctrica diésel), además de cualquier otro equipo utilizado en las operaciones mineras, para el cual se encuentre calificado y autorizado. Agrega valor mediante la correcta operación de los equipos, cediéndose estrictamente a los procedimientos operativos y protocolos de seguridad, tal que se obtenga como resultado la mayor continuidad operacional y la máxima productividad.		
Funciones Principales: <ul style="list-style-type: none"> • Realizar un chequeo pre-operacional del estado mecánico funcional y estructural del equipo correspondiente, comprobando la operatividad de sus elementos o sistemas críticos y de seguridad, tales como: neumáticos o sistema de rodado, iluminación, dirección y freno primario, secundario, estacionamiento y retardo ARC, levante de la balza, sistema de lubricación, aire comprimido, sistemas contra incendio y todos aquellos indicados en los protocolos respectivos. • Asegurar y en caso de duda solicitar información aclaratoria relativa al tipo de trabajo a realizar, así como circuitos de desplazamiento y rutas, con el encargado del área y operador del sistema de despacho mina, según las metas y labores definidas por el programa de producción y la planificación del turno. • Operar el camión o equipo a la defensiva, de acuerdo a las condiciones operacionales de la mina, las ambientales, del entorno y las especificaciones técnicas particulares de cada equipo, con estricto apego a los procedimientos e instructivos. • Detectar e informar síntomas de fallas en la operación de los principales sistemas y subsistemas del equipo, según interpretación de alarmas, especificaciones técnicas, estándares y procedimientos establecidos por DMH. • Prevenir e informar riesgos operacionales asociados a la existencia de condiciones no previstas de la ruta, colisiones, espacios reducidos, velocidades fuera de los rangos permitidos, signos de inestabilidad del terreno, falta de indicaciones o señalética y otros, de acuerdo a los protocolos de comunicación y alerta establecidos por DMH. 		
Requisitos de Postulación:		
Formación: <ul style="list-style-type: none"> • Operador Equipos Mina. 		
Conocimientos: <ul style="list-style-type: none"> • Tener el equipo al cual postula (PC5500-PC8000-Pala Cable-Perforadora) debidamente acreditado de acuerdo a procedimiento de Operaciones Mina de División Ministro Hales. • Reglamentos de Seguridad Divisionales y específicos de Operaciones Mina. • Conocimientos teórico/prácticos de procedimientos de trabajo de Operaciones Mina. • Conocimientos teórico/prácticos de procedimientos de trabajo/operación/mantenimiento del equipo al que se postula. 		
Experiencia: <ul style="list-style-type: none"> • Ser Operador/a Mina I u Operador/a Mina II de División Ministro Hales. • Tener CAEK 797F debidamente acreditado. • Poseer 18 meses de antigüedad en cargo actual. • 420 horas mínimas de Operación Efectiva en el equipo al cual postula (Pala) • 480 horas mínimas de Operación Efectiva en el equipo al cual postula (Perforadora) 		
Comportamiento Laboral: <ul style="list-style-type: none"> • No tener responsabilidad demostrada en accidentes o incidentes o amonestaciones por faltas o mala conducta laboral en los 12 meses precedentes a la postulación. • 0 fallas en los 12 meses precedentes a la postulación. • Nota mínima 3 en la última Evaluación Conductual realizada por el jefe de Turno. • Nota mínima de aprobación de 80% en la evaluación teórica del equipo. • Antigüedad igual o superior a 18 meses en su cargo actual. 		
Otros: <ul style="list-style-type: none"> • Salud compatible con el área de trabajo y funciones del cargo. • EL CARGO REQUIERE MOVILIDAD DE GRUPO DENTRO DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES MINA. 		
Condiciones Ofrecidas: <ul style="list-style-type: none"> • Lugar de trabajo, Calama. • Contrato Plazo Indefinido. • Sistema de turno, 7x5 		

Figura N°6-58 Concursos interno para operadores.

6.9 Análisis de Confiabilidad

Existen la confiabilidad de un diseño o funcionamiento de un equipo. La noción de confiabilidad se relaciona con la probabilidad de que el equipo o diseño falle, pudiendo ser medida tanto como una probabilidad, como por un lapso promedio entre fallas. La división para afiatar y que el modelo requerido para garantizar las 500 KTPD llegue a funcionar en óptimas condiciones, se trabajó en las distintas líneas explicadas con anterioridad, llegando a estar a plena capacidad de producción antes que lo requiera el PO (plan metas anuales). Se adelantaron los trabajos y mantenciones preventivas, los operadores nuevos fueron entrenados con anticipación y los equipos probados en terreno a plena carga. Esto ayudo bastante a subsanar los imprevistos y aumentar la confiabilidad de la flota y entregar tiempo de adaptación a los operadores entrenados. Con una confiabilidad asegurada de 84,6 %, esto indica de una flota de 39 Caex Cat 797F, la operatividad de 33 Caex disponibles día.

6.10 Diagrama de incertidumbre

El negocio minero y las variables de la planificación minera tienen distintos niveles de incertidumbre, además de los factores internos y externos que demanda este negocio. De por si la incertidumbre puede generar riesgos. La toma de decisiones depende en un mayor grado de lo que conocemos de la actividad para asumir riesgos. La incertidumbre la vamos a despejar con el pasar del tiempo, eventos y acciones. La materialización de las etapas que se concretan en la búsqueda de las 500 KTPD, trae a consecuencia los eventos que tenían un grado de incertidumbre. Estas fuentes pueden ser internas o externas. Las fuentes internas son aquellas relacionadas con la organización propia de la empresa y sus activos. Las fuentes internas más importantes son geológica y operacional, ya que generan un gran impacto en el beneficio económico que se busca para las metas propuestas. Las fuentes de incertidumbre externas son aquellas ajenas a la empresa, en donde el principal ejemplo es la incertidumbre de mercado, debido a su gran impacto en el valor del negocio. Una de las más influyentes ha sido la pandemia actual (covid-19) que no estaba prevista en este escenario, esta última sea trabajado en colaboración muy estrecha con las personas, entrando a realizar conciencia en el autocuidado.

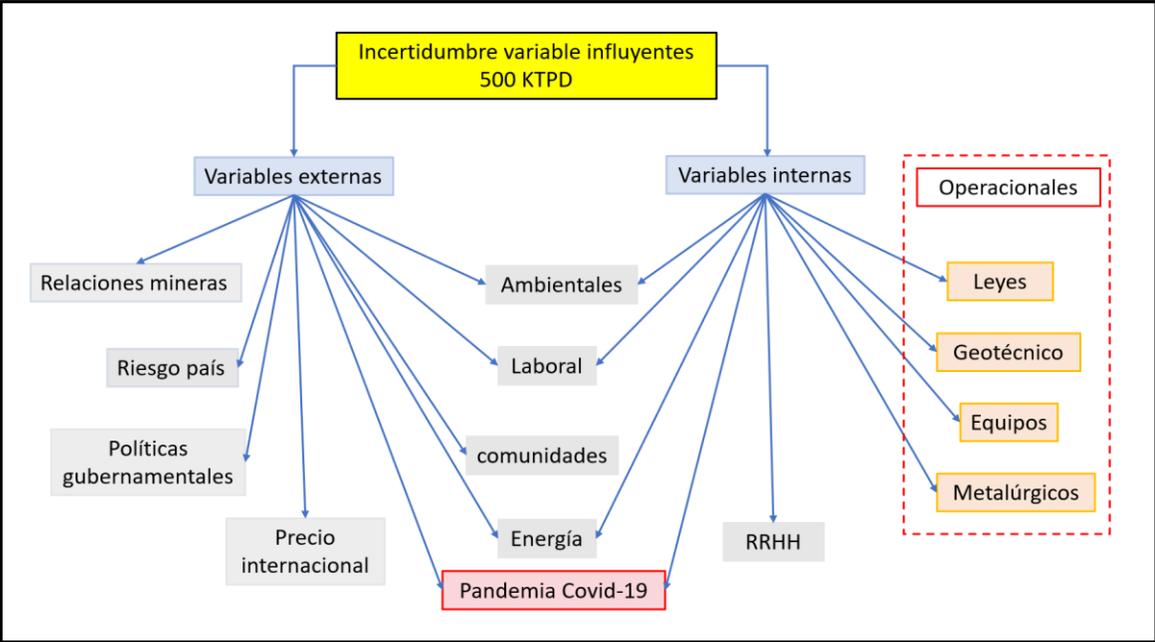


Figura N°6-59 Diagrama incertidumbre 500 KTPD.

6.11 Carta Gantt implementación del incremento a 500 KTPD

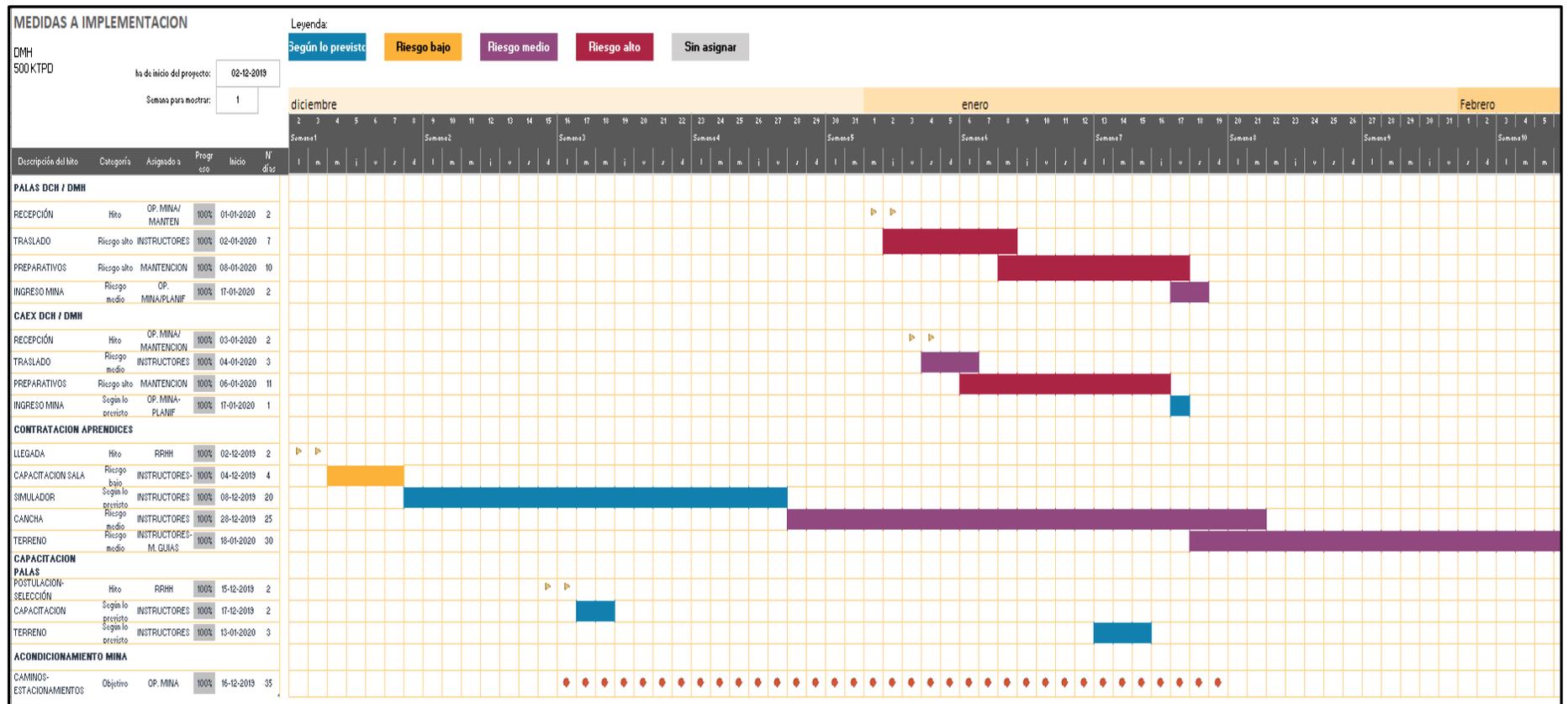


Figura N°6-60 Carta Gantt implementación genérica de actividades.

7 EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS MEJORAS

Cuantificación de las mejoras realizadas, en el ámbito de mantenibilidad y operativo.

7.1 Acciones con Valor “17 horas Efectivas Caex”

7.1.1 Disponibilidad Activos

- Aumentar Disponibilidad mecánica: Objetivos trasados en mantención de los Caex. como repaso de la problemática presentada. El desgaste incremental por uso del activo es inevitable, para ello maximizar la vida útil del equipo es fundamental mediante planes y estrategias de mantenibilidad.

KPI trasados:

- % Adherencia plan de backlog.
- % Adherencia Plan de Potencia.
- Evolución MTBF.
- KPI cambio componentes.
- % Disponibilidad Física.

Situación Actual		Objetivos	
84.0% 2019 D.F.	83.5% 2020 D.F.	84.0% D.F.	8' Adicional Caex día
39 un Cambio Compo.	34 horas MTBF	39 un Cambio Compo.	35 horas MTBF

Figura N°7.1 Objetivos Caex.

- Aumentar disponibilidad por correctivo de neumático: La vida útil del neumático está determinado por dos razones, por el desgaste propio del uso y el daño ocasionado por condiciones operacionales.

KPI trasados:

- % Indisponibilidad por neumáticos tablero DdD (en adelante diálogos de desempeño C+) Gerencia Mina.
- % Uso de equipos auxiliares tablero DdD Gerencia Mina.
- Adherencia del plan de mejoramiento de caminos, tablero, DdD con Gerencia Mina.

Situación Actual		Objetivos	
1.6% 2019 D.F.	1.4% 2020 D.F.	1.0% D.F.	6' Aporte disponible
22' Caex día	5 Caex Detenidos día	14' Caex día	5 Caex Detenidos día

Figura N°7.2 Objetivos Neumáticos.

7.1.2 Excelencia Operacional

- **Gestión pérdida Operacional:** La pérdida operacional responde a la variabilidad propia del ciclo de transporte e impacta directamente indicadores de utilización efectiva de la flota de Caex.

KPI trasados:

- % Asignación dinámica.
- % Pérdida Operacional en flota de Caex tablero Gerencia Mina.

Situación Actual		Objetivos	
7.5% 2019 en BD	7.4% 2020 en BD	7.0% Aporte a Disp.	10' Aporte a UE
90' Día - caex	2 Caex _n en cola	80' Día - caex	1 Caex _n en Cola

Figura N°7.3 Objetivos Perdidas Operacionales.

7.1.3 Gestión Óptima de Activos

- **Gestión de Demoras:** Hay distintos tipos de interferencia en el circuito mina que ralentizan la velocidad de los Caex.

KPI trasados:

- Tiempo Demora Obstrucción de Vías tablero Gerencia Mina.

Situación Actual		Objetivos	
14' 2019 por caex día	14' 2020 por caex día	5' Por caex día	0.2% Aporte a UE
3 veces 2019 por caex día	3 veces 2020 por caex día	4 Puntos Obstrucción	

Figura N°7.4 Objetivos Demoras.

7.1.4 Gestión de Recursos

- Gestión de Tronadura: La reserva del proceso de tronadura es el que más impacta en pérdida de utilización de la flota de Caex.

KPI trasados:

- Adherencia al plan P&T/ D&SM.
- Tiempo de Tronadura tablero Gerencia Mina.

Situación Actual		Objetivos	
1.8% 2019 Demora en BD	2.0% 2020 Demora en BD	1.6% Demora en BD 2020	
24' Tpo Tronadura 2019	Cilindro Halo	20' Tiempo tronadura	Esfera Halo

Figura N°7.5 Objetivos gestión Tronadura.

7.1.1.1 Prácticas Productivas:

- Colación: En el proceso de colación el Caex se detiene por un tiempo determinado para que el operador de relevo lo retorne al circuito. Este proceso tiene una serie de actividades que ralentizan su habilitación.

KPI trasados:

- Tiempo Colación tablero Gerencia Mina.

Situación Actual		Objetivos	
39' 2019 Tiempo relevo	37' 2020 Tiempo relevo	10' Tiempo de relevo	29' Ahorro
Espera Caex por Operador		Espera Operador por Caex	

Figura N°7.6 Objetivos colación.

- Cambio Turno: Se ve afectado por actividades que retardan la incorporación del Caex al circuito mina.

KPI trasados:

- Tiempo de cambio de turno tablero Gerencia Mina.

Situación Actual		Objetivos	
20' Tpo C/Turno 2019	18' Tpo C/Turno 2020	18' Tpo Cambio Turno	2' Ahorro
1.7% 2019 demora en BD	1.5% 2020 demora en BD	0.5% Aporte a UE	

Figura N°7.7 Objetivos cambio turno.

- Abastecimiento de Combustible: En el proceso de abastecimiento de combustible de los Caex, hay una serie de actividades que van incrementando el tiempo de llenado.

KPI trasados:

- Tiempo de abastecimiento de combustible tablero Gerencia Mina.

Situación Actual		Objetivos	
17' Tiempo Abast. 2019	15' Tiempo Abast. 2020	14' Tiempo abast.	30 caex Abast. Día
No hay Autoabastecimiento		Habilitar Autoabastecimiento	

Figura N°7.8 Objetivos abastecimiento de combustible.

7.2 Material transportado por flota Komatsu.

La flota de 8 Caex Komatsu llegada de Chuquicamata, desde enero del año en curso apporto en tonelaje al material total extraído desde la mina ascendió a:

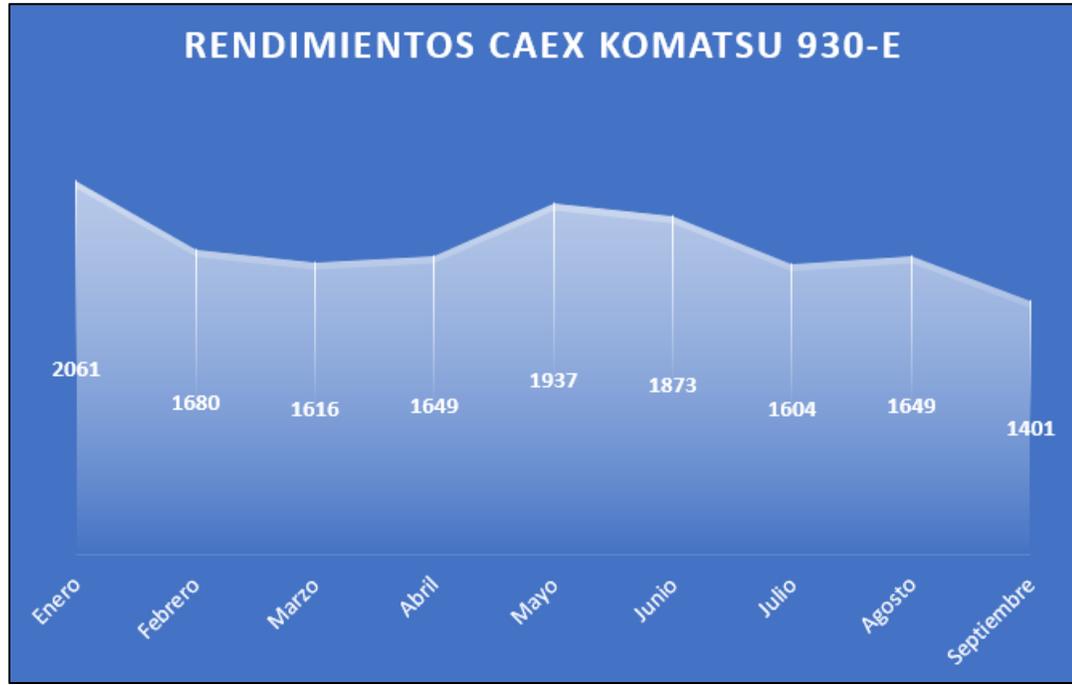


Figura N°7.9 tonelaje por mes de flota Komatsu 2020.

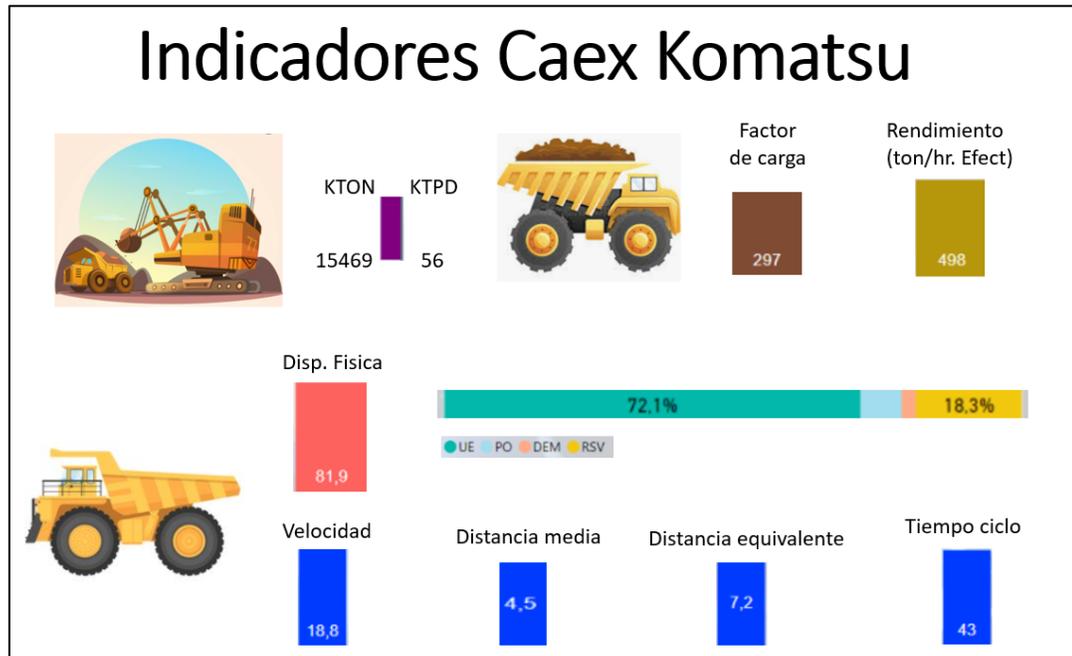


Figura N°7.10 KPIs flota Komatsu 930-E.

7.3 Material extraído y producción mina

Cuadro resumen de lo realizado en la mina, se aprecia los resultados con incorporación de equipamiento y las oportunidades de mejora realizadas en la gerencia mina en busca del logro para alcanzar las 500 KTDP.

		2020				2020				2019	
		Agosto				Enero - Agosto				Enero - Agosto	
		Real	PO	Var.		Real	PO	Var.		Real	R 20- R 19
Movimiento total	Kton	15.521	15.500	0%	21	120.184	111.815	7%	8.369	100.931	19%
Mineral Sulfuros extraídos	Kton	2.579	1.932	34%	647	15.121	12.556	20%	2.566	16.624	-9%
Lastre extraídos Total(c/Mixtos y C/Oxidos)	Kton	11.835	13.044	-9%	-1,209	96.633	91.446	6%	5.188	79.216	22%
MINA RAJO Mineral a plantas desde Stock	Kton	771	214	260%	556	7.186	5.384	33%	1.802	4.283	68%
otros Movimientos (remanejo, rellenos, caminos)	Kton	336	310	8%	26	1.243	2.430	-49%	-1,187	807	54%
Relación Lastre/Mineral	n	4,6	6,8	-32%	-2,2	6	7,3	-12%	-0,9	4,8	34%
Ley media de mineral a planta	%	1,22	1,04	18%	0,18	0,96	0,82	17%	0,14	0,95	1%
Mineral a planta	Kton	1.871	1.784	5%	87	13.053	13.815	6%	-762	12.748	2%

Figura N°7.11 Resultados mina.

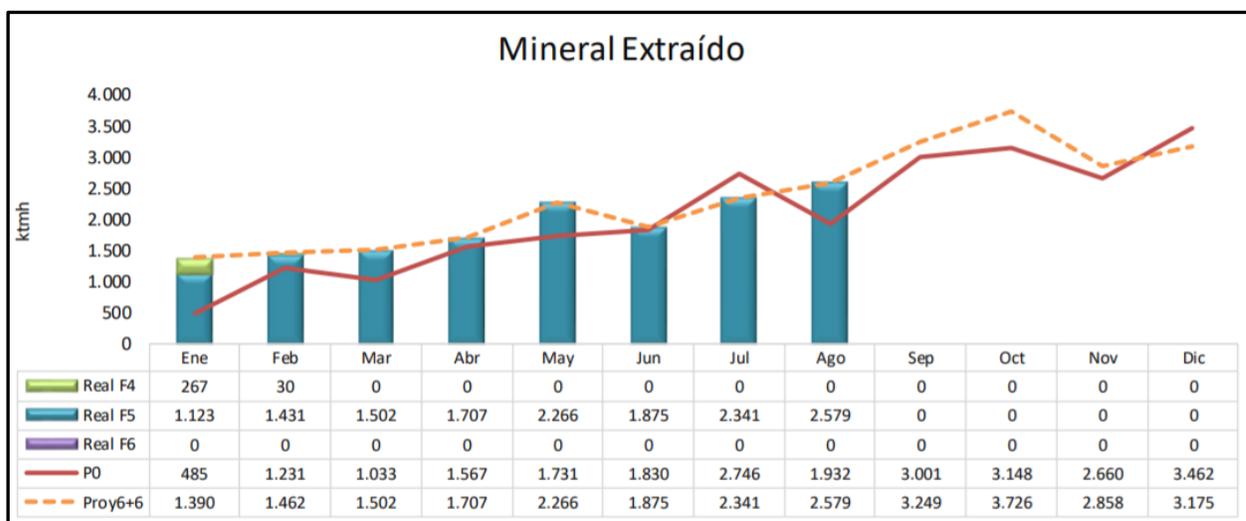


Figura N°7.12 Resultados mina por fases.

Destino	Ton (h)	CUT (%)	CUS (%)	AS (ppm)	Rsol
Chancado desde Mina	1.442.076	1,23	0,08	771	6,5
Chancado desde Stock	267.769	1,46	0,09	3.280	5,8
Stocks	2.301.882	0,44	0,04	828	9,1
Lixiviables a Oxidos	1.199.241	0,44	0,20	807	46,2
Esteril	9.934.928				
Otros Movimientos	359.932				
Total Chancado	1.709.845	1,27	0,08	1.164	6,40
Movimiento Total	15.505.828				
Total Movidado (ktpd)	500				
Material Minado (kth)	14.878				
Mineral Extraido (kth)	3.744				
Razón L/M	2,97				

Figura N°7.13 Resultados octubre y leyes promedio.

8 EVALUACIÓN ECONÓMICA.

8.1 Acciones con Valor “17 horas Efectivas Caex”

De acuerdo con las palancas presentadas e implementadas en distintos ámbitos con el objetivo de llegar a subir la utilización efectiva por día en 17 horas de los Caex. Particularmente se busca la disminución de tiempo en las distintas acciones, generando una mejor performance en la productividad de los Caex arrastrando la búsqueda permanente de las 500 KTPD en la mina; las mejoras indican una mayor productividad del activo Caex. A continuación, se presenta una valorización en cuanto al incremento en el movimiento de material y ahorro por la cantidad de material transportada. Tomando referencia para esta evaluación los indicadores del año 2019 de la mina.

Propuestas	Palancas	Tiempos	Responsable	Principales Actividades	Estrategia
1. Disponibilidad Activos	1.1 Aumentar Disponibilidad mecánica	220' 212' = 8'	Superintendente Mantención	<ul style="list-style-type: none"> • % Adherencia plan de backlog. • % Adherencia Plan de Potencia. • Evolución MTBF. • KPI cambio componentes. • % Disponibilidad Física. 	<ul style="list-style-type: none"> • Metas SGD • Control KPI personalizado • Confirmación de Proceso (Tablero PIT GMINA)
	1.2 Aumentar disponibilidad por correctivo de neumático	20' 14' = 6' 14'	Superintendente D&SM	<ul style="list-style-type: none"> • % Indisponibilidad por neumáticos tablero DdD (en adelante diálogos de desempeño C+) Gerencia Mina. • % Uso de equipos auxiliares tablero DdD Gerencia Mina. • Adherencia del plan de mejoramiento de caminos, tablero, DdD con Gerencia Mina. 	
2. Excelencia Operacional	2.1 Gestión pérdida Operacional	90' 80' = 10'	Superintendente Mina.	<ul style="list-style-type: none"> • % Asignación dinámica. • % Pérdida Operacional en flota de Caex tablero Gerencia Mina. 	
3. Gestión Optima de Activos	3.1 Gestión de Demoras	14' 5' = 9'	Superintendente Mina	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo Demora Obstrucción de Vías tablero Gerencia Mina. 	
		12' 0' = 12'			
4. Gestión de Recursos	4.1 Gestión de Tronadura	4' 0' = 4'	Superintendente Mina	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de 25' 	
		24' 20' = 4'			
	4.2 Prácticas Productivas Colación	39' 10' = 29'	Superintendente P&T	<ul style="list-style-type: none"> • Adherencia al plan P&T/ D&SM. • Tiempo de Tronadura tablero Gerencia Mina. 	
		20' 18' = 2'			
Cambio Turno	15' 14' = 1'	Superintendente Mina	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo Colación tablero Gerencia Mina. • Tiempo de cambio de turno tablero Gerencia Mina. • Tiempo de abastecimiento de combustible tablero Gerencia Mina. 		
Abast. Combustible	36'				

Figura N°8.1Resumen palancas 2020.

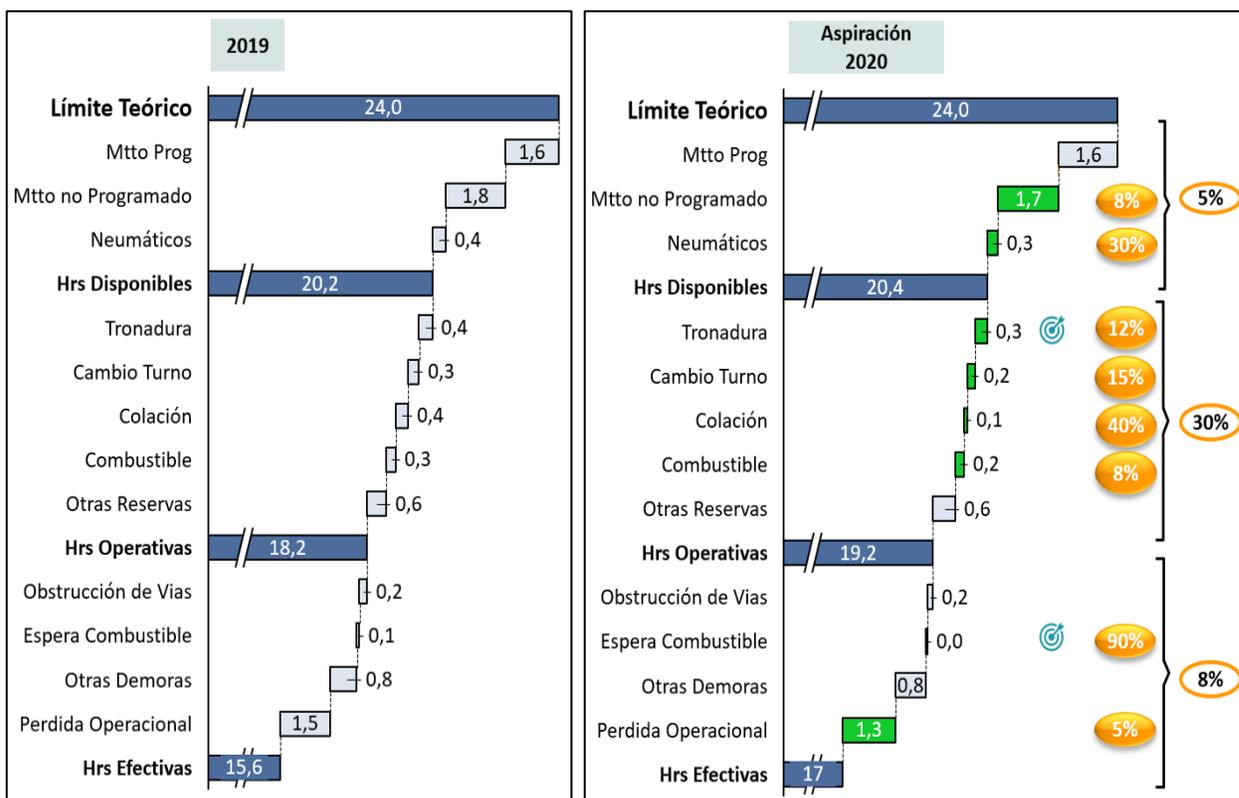


Figura N°8.2 Indicadores 2019 V/S Aspiración por palancas 2020.

8.1.1 Análisis económico aumento horas efectivas

A. Datos de Referencia para Cálculos 2020

Caex Nominales: 39 Caterpillar 797 F

Caex Efectivos día: 33 Caterpillar 797 F

Horas Efectivas de Caex: 17 hrs

Rendimiento Caex: 551 ton/hrs. efect.

Porcentaje de Costo Caex en Mina: 25 %

Costo de transporte (US\$/ton) = 0,9

Luego

2019

Toneladas por horas efectiva por Caex = 551 ton. * 15,6 hrs. día = 8.595,6 ton/día.

2020

Aumento ton. por horas efectiva por Caex = 551 ton. * 17 hrs. día = 9.367 ton/día.

Aumento ton. por horas efectivas por Caex = 8.595,6 - 9.367 = 771,4 por Caex 2020.

Aumento ton día estimado = 33 Caex * 771,4 ton. = 25.456,2 ton.

Aumento ton mes estimado = 25.456,2 ton/día * 30 día/mes = 763.686 ton/mes

Luego

Ahorro anual estimado = 763.686 * 0,9 * 0,25 * 12 meses

Ahorro anual estimado = **2.062 KUS\$**

8.2 Materiales totales extraídos mina

Según el plan del año (P0) y en comparación con lo real generado (sobre producción) este año con el apoyo de las mejoras incorporadas, se reflejan en este cuadro resumen hasta agosto de este año.

MINA RAJO		2020			
		Enero - Agosto			Var.
		Real	P0		
Movimiento total	Kton	120.184	111.815	7%	8.369
Mineral Sulfuros extraídos	Kton	15.121	12.556	20%	2.566
Lastre extraídos Total (c/Mixtos y C/Oxidos)	Kton	96.633	91.446	6%	5.188
Mineral a plantas desde Stock	Kton	7.186	5.384	33%	1.802
Relación Lastre/Mineral	n	6	7,3	-12%	-0,9
Ley media de mineral a planta	%	0,96	0,82	17%	0,14

Figura N°8.3 Indicadores y resultados productivos 2020.

A continuación, se evaluarán económicamente, algunos aspectos del cuadro resumen indicado anteriormente (ver imagen Figura N°8.3):

8.2.1 Movimiento total (7% adicional sobre el plan anual P0)

Antecedentes:

- Porcentaje de Costo Caex en Mina: 25 %
- Costo de transporte (US\$/ton) = 0,9
- Diferencia real v/s P0 (Kton) = 8.369

Cálculo del ahorro alcanzado por la flota Caex:

Ahorro anual estimado = $8.369.000 * 0,9 * 0,25$

Ahorro anual estimado = **1.883 KUS\$**

8.2.2 Mineral sulfuros extraídos (20% adicional sobre el plan anual P0)

Antecedentes:

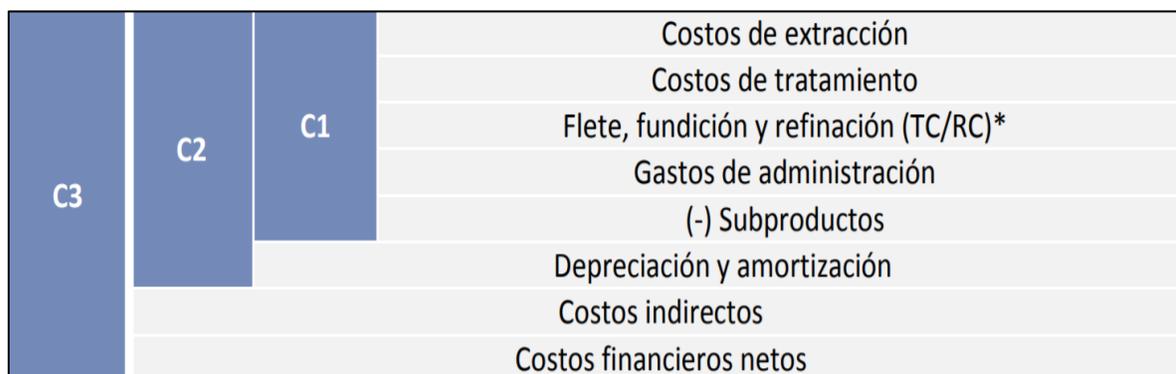


Figura N°8.4 Desglose de costos C1, C2 y C3. Fuente: elaboración propia en base a información de Wood Mackenzie.

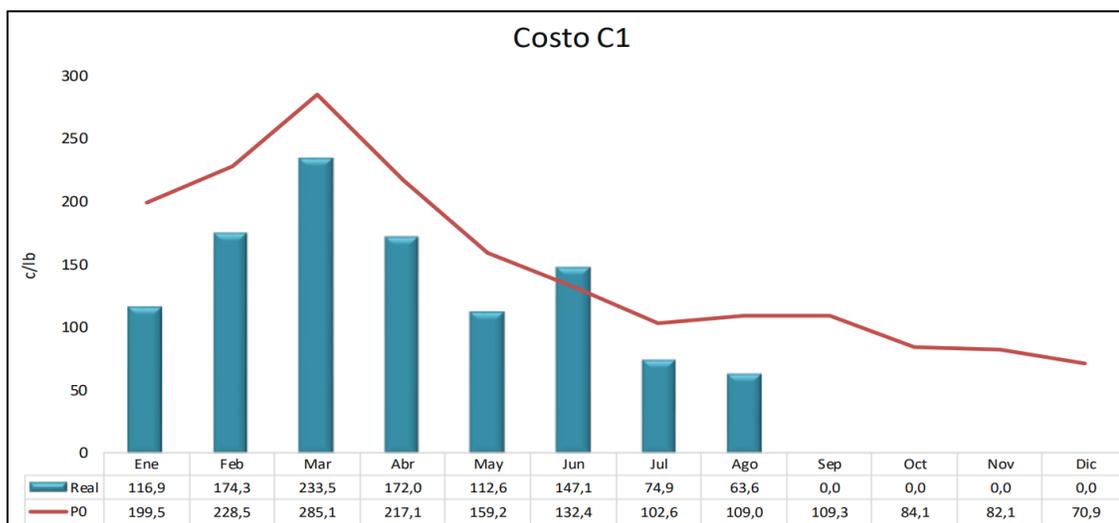


Figura N°8.5 Desglose de costos C1 V/S P0 por mes hasta agosto 2020.

Costos		Agosto c/lb		Acum. Agosto c/lb		Proyección 2020 c/lb	
		Real	P0	Real	P0	Real	P0
C1	c/lb	63,6	109	125,9	163,5	117,1	130
C3	c/lb	164	198,8	270,7	292,8	221,6	240,8

Figura N°8.6 Resumen costos de procesamiento por libra de cobre a agosto 2020.

Los costos asociados a los procesos están en unidades de mercado, Centavos de Dólar por Libra de Cobre.

Desglose de los gananciales menos el costo de procesamiento:

- ✓ Costo de procesamiento C1 de mineral a agosto = 125,9 cUS\$/lb.
- ✓ Ley promedio de cobre enviada a stock (figura 7.13) = 1,27 %.
- ✓ Toneladas adicionales de concentrado de cobre = 2.566 Kton.
- ✓ Valor promedio de la libra en el mercado a 12.12.2020 = 2.76 U\$ = 276,780 cUS\$

Calculo:

El factor de conversión de kilos a libras:

1kilogramo Cu = 2,2046 Libras Cu

- 2.566.000 kg * 2,2046 = 5.657.003,6 Libras Cu.

Cu: cobre. kg: kilogramos.

- Ganancia por libra menos el costo del proceso:

$$276,780 \text{ cUS\$} - 125,9 \text{ cUS\$} = 150,88 \text{ cUS\$/lb}$$

- Ganancia en sulfuros extraídos fuera del plan P0:

$$5.657.003,6 \text{ lb Cu} * 150,88 \text{ cUS\$} = 853.528.703 \text{ cUS\$}$$

$$853.528.703 \text{ cUS\$} / 100 = \mathbf{8.535 \text{ KUS\$}}$$

9 CONCLUSIÓN

El mercado internacional del cobre vive un momento difícil y la corporación del cobre Codelco, no queda al margen. La seguridad de las personas es de un valor incalculable para la corporación, además la continuidad en las operaciones son clave en parte del escenario actual. Hoy se apuesta por la tecnología y la eficiencia en las operaciones, por este ámbito DMH tampoco queda al margen, es clave aprovechar las oportunidades que entrega el negocio. En este ámbito la división busca aumentar los movimientos diarios de materiales de 450 a 500 KTPD, para esto es clave preparar las instalaciones con que cuenta la mina. Brindar un ambiente seguro y productivo para las personas es el fundamental, en este ámbito full control nos brinda la estabilidad de las paredes (taludes), logrando elevar los ángulos de taludes de trabajo en el rajo, entregando seguridad y continuidad a las operaciones de la mina. Siendo su mayor beneficio el mineral, removiendo para esto solo lo estrictamente necesario en lastre (relación estéril mineral REM).

La eficiencia en las operaciones y el mejoramiento continuo en todos los procesos son imprescindibles para lograr las metas y objetivos trazados, por este motivo la filosofía **Lean Mining C+** a los procesos mineros, logra dar su mejor versión en la corporación y sobre todo en Ministro Hales. En esta tesis, logra entregar su mejor versión aportando mejoras en la gestión de los activos, asociados a la flota de transporte, logrando que sus operaciones sean más eficientes, demostrado por el incremento en sus horas efectivas. Como División, esta metodología está sufriendo cambios que van en busca de reforzar lo que ya se encuentra implementado en las distintas áreas, logrando robustecer las operaciones y procesos existentes.

Este trabajo de tesis se centra en lo realizado, incorporado y además de las oportunidades de mejora a los procesos que hacen posible el éxito en seguridad y productividad de la División Ministro Hales (DMH).

Creando una cultura que traspase y se incremente mediante un compromiso de las distintas áreas de la mina, conformado por geotecnia, servicio & desarrollo mina (D&S), planificación y operaciones mina. Esto garantiza una confiabilidad para las operaciones que están llevando a la división Ministro Hales al logro sostenible en el tiempo, por lo cual:

- Se identifican las mejoras observadas operacionalmente en las paredes y taludes del rajo DMH. Mejorando los controles de las prácticas operacionales que resultan en taludes más estables, seguros y considerados en el actual protocolo de full control.
- Mejoramiento y captura de prácticas operativas. Seguridad y continuidad en la operación. Aumento de la disponibilidad física de la flota CAEX. (17 hrs. Efectivas Caex).
- Reforzamiento y aumento en la cantidad de equipos de carguío, transporte y de apoyo.
- Participación comunal; contratación de dotación aprendiz en la comunidad por el aumento de equipos mina. Hacer visible con juntas vecinales el reforzamiento y nuevas medidas medio ambientales en la mina (licencia social para operar). Incremento en la utilización efectiva de los equipos mina.

- Entrega de valor a las personas, incorporando capturas de ideas, oportunidades en nuevos equipos (capacitación), junto con realzar y reconocer su desempeño laboral.
- Reforzamiento en las medidas sanitarias (covid-19). Creando protocolos, agregando y mejorando nuevas instalaciones. Creando una cultura de autocuidado.
- Implementación de herramientas tecnológicas, Lean Management (C+) en la gestión de tiempos de demora, mejoramiento en datos de reportabilidad (Jigsaw).
- Mejoramiento en diseño e infraestructura mina (caminos, estacionamientos, botaderos, stock).
- Implementación de mejores prácticas operativas, generando acuerdos y metodologías de control integrado, entre las distintas áreas que participan en la cadena valor. Cumpliendo y garantizando la interacción permanente con los otros procesos.

“El desgaste incremental por uso del activo es inevitable, para ello maximizar la vida útil del equipo es fundamental mediante planes y estrategias de mantenibilidad”

En este último punto es inevitable hablar de la interacción con mantención, este punto fue reforzado aún más, por lo cual hoy entrega la confiabilidad a la flota para garantizar y alcanzar los números proyectados por el plan P0. Para esto fue fundamental a principios de año la campaña de la “propuesta de valor para alcanzar las 17 hrs. efectivas de Caex”, dando paso a “acciones de valor” por la Superintendencia de mantención y en colaboración con la superintendencia Mina, que concluyeron en este hito relevante para el logro sostenible en el tiempo de las 500 KTPD.

Aumento de Recursos Geológicos; 4 campañas de sondajes entregan un incremento en los recursos geológicos para DMH. Partiendo el 2009 Modelo Base Proyecto con 1,320 Mt @ 0.95%CuT con 12,5 Mt Cuf, se dio comienzo al prestripping en 2011, en julio del 2019 culminó la última campaña de sondaje con 3,046 Mt @ 0.75%CuT 22,8 Mt Cuf. Las proyecciones que eran en un principio en el año 2009 con ritmo máximo de 450 KTPD hasta el 2027, hoy se transforman en un mega rajo con recursos 923 Mt @ 0.93 %CuT y aspiraciones de planta de 70 - 120 ktpd (Propio y/o Sinergias Distritales) con movimiento mina entre 600 - 800 ktpd y su vida útil de 26 años (2046). Dando paso después de esta fecha a subterránea con recursos en plan de 726 Mt @ 0.87 %CuT, capacidad de procesamiento en planta de 75-85 ktpd (Propio o Sinergias Distritales) y llegando a una vida útil de 30 años. Con esto se da por garantizado el recurso geológico de división Ministro Hales.

La evaluación económica; se da conocer en esta tesis tres puntos a evaluación, partiendo por el ahorro en horas efectivas y un cuadro resumen (figura N°8.3 Indicadores y resultados productivos 2020), todo lo anterior alcanzado por la flota Caex. En relación solo en el análisis del aumento horas efectivas en la flota de camiones de extracción (CAEX) 797F, involucrados con movimientos de materiales distintos a los planificados, nos deja en evidencia que existe una gran oportunidad en este punto y esta se refleja en la diferencia en dólares del orden de **2.065 KUS\$**. Del cuadro resumen podemos

evidenciar los materiales totales ya extraídos con un ahorro a la fecha estimado de **1.883 KUS\$**. Además, en los sulfuros extraídos fuera del plan P0 un ganancial de **8.535 KUS\$**.

El año 2015 /2014 fue un período de transición para la mina, el año anterior se había dado término con gran éxito al prestripping más grande realizado para la extracción de minerales en una mina a rajo abierto (228 Mton). Por lo consiguiente el desafío por lograr extraer los minerales comprometidos en los planes de largo plazo tenían que concretarse, oportunidad por la cual se inicia una reestructuración, comprometiéndose a las distintas áreas de gerencia mina, que logra enmendar el rumbo y hacer frente a los cumplimientos de los planes. Por esto mismo se busca reforzar lo que se ha implementado en este ámbito.

La División Ministro Alejandro Hales, nace con varios desafíos, ser segura en sus operaciones, tecnología e innovación en todas sus áreas, costos bajos y apoyar a la corporación en el distrito Norte, en la conversión de mina rajo abierto a subterránea de División Chuquicamata.

Hasta el momento ha cumplido los desafíos encomendados, siempre se está buscando la eficiencia en todos procesos, para ser de esta división un aporte real a las aspiraciones que tiene Codelco y principalmente ser un pilar fundamental para el país. Logrando posicionar a la división Ministro Hales (DMH) dentro de la corporación, en la división con más bajos costos y la más productiva.

10 BIBLIOGRAFÍA

1. Operaciones integradas basadas en Lean Mining C+.
2. ENCARE, Gestión minera.
3. P0 DMH 2019/2020.
4. Transformación Codelco 2019.
5. PND DMH 2019/2020.
6. Plan de capacitación y mantención 2020.
7. Minería Chilena <https://www.mch.cl/>
8. Libro “El ultimo planificador; productividad en base a la confiabilidad”.
9. Libro “Ingeniería de la confiabilidad”.
10. Libro “La viga maestra y el sueldo de Chile”.
11. Libro “Fundamentos de economía minera”.
12. Libro “Sobre el oportunismo en los negocios”.

11 ANEXOS

BENCHMARKING GESTIÓN MINERA



Productividad Dotación Total

$$I = \frac{lb_Cu}{HH_T}$$

lb_Cu = Total mensual de Cobre fino producido, en concentrado y en cátodos.

$HH_T = HH_p + HH_e$

HHT = Horas Hombre Totales. Relacionada directamente con la producción. Excluya los contratistas relacionados a inversión de capital, proyectos de capital y contratistas esporádicos.

Cálculo Semestral: $\sum lb_Cu \text{ semestre} / \sum HH \text{ Total semestre}$
 Cálculo Industria: Promedio Ponderado por HH



Egresos Propios Voluntarios

$$I = \frac{Egresos_v}{Dotacion_p} * 100$$

Egresos_v = Total mensual de salidas voluntarias de personal propio de la compañía.

Dotación_p = Número promedio mensual de empleados que labora en la compañía vinculados directamente a todos los procesos productivos, apoyo, mantención y administración.

Cálculo Semestral: $\sum \text{Egresos Voluntarios} / \text{Promedio Dotación Propia}$
 Cálculo Industria: Promedio Ponderado por Dotación Propia



Egresos Propios No Voluntarios

$$I = \frac{Egresos_{NV}}{Dotacion_p} * 100$$

Egresos_{NV}: Total mensual de salidas no voluntarias de personal propio de la compañía.

Dotación_p: Número promedio mensual de empleados que labora en la compañía vinculados directamente a todos los procesos productivos, apoyo, mantención y administración.

Cálculo Semestral: $\sum \text{Egresos No Voluntarios} / \text{Promedio Dotación Propia}$
 Cálculo Industria: Promedio Ponderado por Dotación Propia



Ausentismo Mensual Personal Propio

$$I = \frac{Horas_Ausentismo.}{Horas_Pactadas} * 100$$

Horas Pactadas: Son el total de horas mensuales nominales que fueron acordadas por el personal propio menos vacaciones efectivas de este personal.

Horas Ausentismo: Son el total de horas mensuales no trabajadas por el personal propio, por licencias médicas, accidentes laborales, permisos pactados y fallas no justificadas.

Se excluyen: Permisos sindicales, Huelga, Vacaciones.

Desde el I semestre 2011, se solicitarán las Horas Pactadas y las Horas de Ausentismo, y Encare realizará el cálculo.

Cálculo Semestral: $\sum \text{Horas Ausentismo} / \sum \text{Horas Pactadas}$
 Cálculo Industria: Promedio Ponderado por Horas Pactadas



Consumo Mensual de Agua por Libra de Cobre

$$I = \frac{Consumo_Mensual_Agua_Fresca}{lb_Cu}$$

Consumo Mensual Agua Fresca = f (Agua proveniente de pozos, ríos, lagos, estero, plantas desaladoras). Se excluye aguas recuperadas de tranques o procesos. Expresado en litros (L)

lb_Cu: Total mensual cobre fino producido en concentrado y cátodos

Desde el I semestre 2011, se solicitará el consumo total mensual de Agua Fresca (L) y Encare realizará el cálculo.

Cálculo Semestral: $\sum \text{Consumo Agua} / \sum \text{Lb de Cu Producidas}$
 Cálculo Industria: Promedio Ponderado Lb Cu Producidas



Consumo Mensual de Diesel Compañía por Libra de Cobre

$$I = \frac{\text{Consumo_Mensual_Diesel}}{\text{lb_Cu}}$$

Consumo Mensual Diesel= f (Diesel consumido en los procesos, equipos e instalaciones). Expresado en litros (L).

lb_Cu: Total mensual de cobre fino producido, en concentrado y en cátodos.

Desde el I semestre 2011, se solicitará el consumo total mensual de Diesel (L) y Encare realizará el cálculo.

Cálculo Semestral: Σ Consumo Diesel/ Σ Lb de Cu Producidas
Cálculo Industria: Promedio Ponderado Lb Cu Producidas



Consumo Mensual de Energía Eléctrica Compañía por Libra de Cobre

$$I = \frac{\text{Consumo_Mensual_Energia}}{\text{lb_Cu}}$$

Consumo Mensual Energia= f (Consumo energía eléctrica utilizada en los procesos, equipos e instalaciones). Considera procesos productivos y de apoyo. Expresado en kWh.

lb_Cu = f (Total mensual de cobre fino producido, en concentrado y en cátodos).

Desde el I semestre 2011, se solicitará el consumo total mensual de Energía (kWh) y Encare realizará el cálculo

Cálculo Semestral: Σ Consumo Energía Eléctrica/ Σ Lb de Cu Producidas
Cálculo Industria: Promedio Ponderado Lb Cu Producidas



MINA

Toneladas Expit Mensuales

Toneladas Expit _T = Σ (Tonelaje mensual de material extraído) = Σ (Toneladas Expit _L + Toneladas Expit _M).

Toneladas Expit _L = Σ (Tonelaje mensual de lastre removido desde la mina).

Toneladas Expit _M = Σ (Tonelaje mensual de mineral removido desde la mina).



Toneladas Expit Mensuales

$$I = \frac{\text{Toneladas_Expit}_L}{\text{Toneladas_Expit}_M}$$

Toneladas Expit _L = Σ (Tonelaje mensual de lastre removido desde la mina).

Toneladas Expit _M = Σ (Tonelaje mensual de mineral removido desde la mina).



Factor Carga

$$I = \frac{\text{Gramos_Explosivo}}{\text{Toneladas_Tronadas}}$$

Gramos Explosivo = Σ (Total mensual de gramos de explosivo consumido).

Toneladas Tronadas = Σ (Total mensual de toneladas tronadas en la mina).

Desde del I Semestre 2011, se solicitará a las empresas el Consumo de Explosivos (gr), Encare calculará el indicador

Cálculo Semestral: Σ Consumo Explosivos/ Σ Ton Tronadas
Cálculo Industria: Promedio Ponderado Toneladas Tronadas



Metros Perforados

Total Metros Perforados = Σ (Metros mensuales perforados por equipo). Excluye metros de precorte y repaso de hoyos cortos.



Productividad Mensual Dotación Total Mina

$$I = \frac{\text{Toneladas_Expit}_T}{HH_{TM}}$$

Toneladas Expit $T = \sum$ (Tonelaje mensual de material extraído)
 $= \sum$ (Toneladas Expit_L + Toneladas Expit_M).

HH_{TM} = Horas Hombre Totales Mina = HH_{PM} + HH_{EM}. Relacionadas directamente con la producción. Excluya los contratistas relacionados a inversión de capital, proyectos de capital y contratistas esporádicos.

Cálculo Semestral: $\sum \text{Ton Expit} / \sum \text{HH Totales Mina}$
 Cálculo Industria: Promedio Ponderado HH Totales Compañía



Ausentismo Mensual Dotación Propia Mina

$$I = \frac{\text{Horas_Ausentismo_Mina}}{\text{Horas_Pactadas_Mina}} * 100$$

Horas Pactadas Mina = Son el total de horas mensuales nominales que fueron acordadas por el personal propio del área mina, menos vacaciones efectivas de este personal.

Horas Ausentismo Mina = Son el total de horas mensuales no trabajadas por el personal propio del área mina, por licencias médicas, accidentes laborales, permisos pactados y fallas no justificadas.)

Se excluyen: Permisos sindicales, Huelga

Desde el I semestre 2011, se solicitarán las Horas Pactadas y las Horas de Ausentismo, y Encare realizará el cálculo

Cálculo Semestral: $\sum \text{Horas Ausentismo} / \sum \text{Horas Pactadas}$
 Cálculo Industria: Promedio Ponderado por Horas Pactadas



Consumo Mensual Neumáticos por Tonelada Expit

$$I = \frac{\text{Número_Mensual_Neumáticos}}{\text{Toneladas_Expit}_T}$$

Número Mensual Neumáticos = \sum (Número total mensual de unidades reemplazadas por mes).

Toneladas Expit $T = \sum$ (Tonelaje mensual de material extraído) = \sum (Toneladas Expit_L + Toneladas Expit_M).

Cálculo Semestral: $\sum \text{Consumo Neumáticos} / \sum \text{Ton Expit}$
 Cálculo Industria: Promedio Ponderado Ton Expit



Consumo Mensual Diesel por Tonelada Expit

$$I = \frac{\text{Consumo_Mensual_Diesel}}{\text{Toneladas_Expit}_T}$$

Consumo Mensual Diesel = f (Diesel consumido en los procesos, equipos e instalaciones de la mina). Expresado en litros.

Toneladas Expit $T = \sum$ (Tonelaje mensual de material extraído) = \sum (Toneladas Expit_L + Toneladas Expit_M).

Cálculo Semestral: $\sum \text{Consumo Diesel} / \sum \text{Ton Expit}$
 Cálculo Industria: Promedio Ponderado Ton Expit



Consumo Energía por Tonelada Expit

$$I = \frac{\text{Consumo_Mensual_Energía}}{\text{Toneladas_Expit}_T}$$

Consumo Mensual Energía = f (Consumo energía eléctrica utilizada en los equipos e instalaciones de la mina). Expresado en kWh.

Toneladas Expit $T = \sum$ (Tonelaje mensual de material extraído) = \sum (Toneladas Expit_L + Toneladas Expit_M).

Cálculo Semestral: $\sum \text{Consumo Energía} / \sum \text{Ton Expit}$
 Cálculo Industria: Promedio Ponderado Ton Expit



Equipos

- Camiones General
- Camiones 240 ton (Capacidad menor a 300 ton)
- Camiones 300 ton (Capacidad mayor o igual a 300 ton)

- Palas General
- Palas 56 yd3 (Capacidad menor a 73 yd3)
- Palas 73yd3 (Capacidad mayor o igual a 73 yd3)

- Cargadores General
- Perforadoras General



Equipos Flota

N° de Equipos: Número promedio mensual de equipos efectivamente utilizados en la mina.

Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por Horas Totales Periodo
Cálculo Industria (Subdivisión Capacidad): Promedio Aritmético

Edad Promedio: Es el promedio de las horas acumuladas de cada pala desde su puesta en marcha hasta el último día del mes

Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por n° de equipos de cada Flota x n° hrs periodo
Cálculo Industria (Subdivisión Capacidad): Prom Ponderado por n° equipos

Subdivisión Capacidad: Referente a Camiones 240/300 y Palas 56/73



Disponibilidad Mensual Flota

$$I = \frac{H_{DM}}{H_{NM}} * 100$$

HORA NOMINALES		
HDM(Disponibles)	HDM(Mantenimiento Programado)	HDM(Reserva por Programado)
HDM(Operativas) = HDM(Disponibles) - HDM(Mantenimiento Programado) - HDM(Reserva por Programado)		

H_{DM}: Horas Disponibles Mensuales = $\sum (H_e + H_o + H_r)$
H_{NM}: Horas Nominales Mensuales: $\sum (H_{DM} + H_{DR})$

H_e: Horas Efectivas Operativas = \sum (Horas mensuales reales en que el equipo trabaja en forma productiva, cumpliendo con su objetivo de diseño).

H_o: Horas Demoras Operativas = \sum (Horas Mensuales en que el equipo o instalación estando en condiciones electromecánicas de cumplir su tarea de diseño a cargo de un operador, no puede realizarla por motivos ajenos a su funcionamiento)

H_r: Horas de Reserva = \sum (Horas mensuales en que el equipo, estando en condiciones electromecánicas de cumplir con su objetivo, no lo hace) Ejemplo: Falta de operador o el equipo no es requerido en programa o plan de trabajo).

Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por (Hrs Totales Periodo x n° Equipos Flota)
Cálculo Industria (Subdivisión Capacidad): Promedio Ponderado por n° Equipos

Subdivisión Capacidad: Referente a Camiones 240/300 y Palas 56/73



Utilización Efectiva Mensual Flota

$$I = \frac{H_{EM}}{H_{NM}} * 100$$

HORA NOMINALES		
HDM(Disponibles)	HDM(Mantenimiento Programado)	HDM(Reserva por Programado)
HDM(Operativas) = HDM(Disponibles) - HDM(Mantenimiento Programado) - HDM(Reserva por Programado)		

H_{EM}: Horas Efectivas Mensuales
H_{NM}: Horas Nominales Mensuales: $\sum (H_{DM} + H_{DR})$

H_e: Horas Efectivas Operativas = \sum (Horas mensuales reales en que el equipo trabaja en forma productiva, cumpliendo con su objetivo de diseño).

H_o: Horas Demoras Operativas = \sum (Horas Mensuales en que el equipo o instalación estando en condiciones electromecánicas de cumplir su tarea de diseño a cargo de un operador, no puede realizarla por motivos ajenos a su funcionamiento)

H_r: Horas de Reserva = \sum (Horas mensuales en que el equipo, estando en condiciones electromecánicas de cumplir con su objetivo, no lo hace) Ejemplo: Falta de operador o el equipo no es requerido en programa o plan de trabajo).

Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por (Hrs Totales Periodo x n° Equipos Flota)
Cálculo Industria (Subdivisión Capacidad): Promedio Ponderado por n° de Equipos

Subdivisión Capacidad: Referente a Camiones 240/300 y Palas 56/73



Utilización Efectiva-Base Disponible Mensual Flota

$$I = \frac{H_{EM}}{H_{DM}} * 100$$

HORA NOMINALES		
HDM(Disponibles)	HDM(Mantenimiento Programado)	HDM(Reserva por Programado)
HDM(Operativas) = HDM(Disponibles) - HDM(Mantenimiento Programado) - HDM(Reserva por Programado)		

H_{EM}: Horas Efectivas Mensuales
H_{DM}: Horas Disponibles Mensuales = $\sum (H_e + H_o + H_r)$

H_e: Horas Efectivas Operativas = \sum (Horas mensuales reales en que el equipo trabaja en forma productiva, cumpliendo con su objetivo de diseño).

H_o: Horas Demoras Operativas = \sum (Horas Mensuales en que el equipo o instalación estando en condiciones electromecánicas de cumplir su tarea de diseño a cargo de un operador, no puede realizarla por motivos ajenos a su funcionamiento)

H_r: Horas de Reserva = \sum (Horas mensuales en que el equipo, estando en condiciones electromecánicas de cumplir con su objetivo, no lo hace) Ejemplo: Falta de operador o el equipo no es requerido en programa o plan de trabajo).

Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por (Hrs Totales Periodo x n° Equipos Flota x Disponibilidad)
Cálculo Industria (Subdivisión Capacidad): Prom Ponderado por (n° Equipos x Disponibilidad)

Subdivisión Capacidad: Referente a Camiones 240/300 y Palas 56/73



Productividad Efectiva Mensual Flota

$$I = \frac{\text{Total Toneladas Cargadas Mensuales}}{\text{Horas Efectivas}}$$

Toneladas Cargadas / Transportadas / Mts Perforados Mensuales = \sum (Material mensual Cargado / Transportado/ Perforado).

Horas Efectivas: \sum (Horas mensuales reales en que el equipo trabaja en forma productiva, cumpliendo con su objetivo de diseño).

Horas Efectivas = %Utilización Efectiva* N° de Equipos* H_{NM}

%Utilización Efectiva: (Horas Efectivas/Horas Nominales)*100

N° de Palas = Número promedio mensual de palas efectivamente utilizadas en la mina.

H_{NM}: Horas Totales Mes = \sum (Días del mes). 24 horas del día.

Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por Horas Efectivas Flota
Cálculo Industria (Subdivisión Capacidad): Promedio Ponderado por Horas Efectivas Compañías

Subdivisión Capacidad: Referente a Camiones 240/300 y Palas 56/73



MTBF Mensual Flota

$$MTBF = \frac{H_{DM}}{N^{\circ} \text{ Fallas Mensuales}} * 100$$

MTBF (Tiempo Medio entre Fallas): Horas equivalentes al tiempo promedio existentes entre fallas imprevistas del equipo.

N° Fallas Mensuales: \sum (Fallas o imprevisto del equipo).

H_{DM}: Horas Operativas Mensuales: $\sum (H_e + H_o)$

Horas Operacionales = %Utilización Operativa* N° de Camiones* H_{NM}

Desde el I Semestre 2011 se solicitarán el n° de fallas por flota

SI NO EXISTE EL NUMERO DE FALLAS, PROMEDIO ARITMÉTICO

Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por n° de Fallas
Cálculo Industria (Subdivisión Capacidad): Promedio Ponderado por n° fallas

Subdivisión Capacidad: Referente a Camiones 240/300 y Palas 56/73



MTTR Mensual Flota

$$MTTR = \frac{H_{Mnp}}{N^{\circ} \text{ Fallas Mensuales}} * 100$$

MTTR (Tiempo Medio para Reparar): son las horas equivalentes al tiempo promedio que demora la mantención no programada del equipo.

H_{Mnp}: Horas Mantención No Programada = Σ (Horas mensuales que el equipo no estuvo disponible porque se encontraba en mantención como resultado de una falla).

N° Fallas Mensuales: = Σ (Fallas o imprevisto del equipo)

**Desde el I Semestre 2011 se solicitarán el n° de fallas por flota
SI NO EXISTE EL NUMERO DE FALLAS, PROMEDIO ARITMÉTICO**

Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por n° de Fallas
Cálculo Industria (Subdivisión Capacidad): Promedio Ponderado por n° fallas

Subdivisión Capacidad: Referente a Camiones 240/300 y Palas 56/73



Rendimiento- Palas

$$I = \frac{\text{Toneladas Cargadas Mensuales} / \text{Días Efectivos}}{N^{\circ} \text{ Palas}}$$

Toneladas Cargadas Mensuales = Σ (Material mensual cargado por las palas).

Días Efectivos = Cantidad de días que tiene el mes.

N° de Palas = Número promedio mensual de palas efectivamente utilizadas en la mina.

Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por (n° de Palas x Hrs Totales Periodo) flota
Cálculo Industria: Promedio Ponderado por n° de palas de cada compañía



Equipos Flota General

N° de Equipos: Número promedio mensual de equipos efectivamente utilizados en la mina.

Cálculo Mensual: Σ n° Equipos por Flota Compañía
Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por las horas totales del periodo
Cálculo Industria: Promedio Aritmético

Edad Promedio: Es el promedio de las horas acumuladas de cada pala desde su puesta en marcha hasta el último día del mes.

Cálculo Mensual: Promedio Ponderado por n° de equipos de cada flota
Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por n° de equipos de cada flota
Cálculo Industria: Promedio Ponderado por n° equipos compañía



Disponibilidad Mensual Equipos General

$$I = \frac{H_{DM}}{H_{NM}} * 100$$

H/MENSUALES			
H/M Disponibles		H/M Mantenimiento	
		Programada	No Programada
H/M Operativas	H/M Reservas		
H/E Operativas	H/D Operativas		

H_{DM}: Horas Disponibles Mensuales = Σ (H_E + H_D + H_R)
H_{NM}: Horas Nominales Mensuales: Σ (H_{DM} + H_R)

H_E: Horas Efectivas Operativas = Σ (Horas mensuales reales en que el equipo trabaja en forma productiva, cumpliendo con su objetivo de diseño).

H_D: Horas Demoras Operativas = Σ (Horas Mensuales en que el equipo o instalación estando en condiciones electromecánicas de cumplir su tarea de diseño a cargo de un operador, no puede realizara por motivos ajenos a su funcionamiento)

H_R: Horas de Reserva = Σ (Horas mensuales en que el equipo, estando en condiciones electromecánicas de cumplir con su objetivo, no lo hace) Ejemplo: Falta de operador o el equipo no es requerido en programa o plan de trabajo).

Cálculo Mensual: Promedio Ponderado por n° de equipos de cada flota
Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por n° de equipos de cada flota
Cálculo Industria: Promedio Ponderado por n° equipos compañía



Utilización Efectiva Mensual General

$$I = \frac{H_{EM}}{H_{DM}} * 100$$

H/MENSUALES			
H/M Disponibles		H/M Mantenimiento	
		Programada	No Programada
H/M Operativas	H/M Reservas		
H/E Operativas	H/D Operativas		

H_{EM}: Horas Efectivas Mensuales
H_{DM}: Horas Disponibles Mensuales = Σ (H_E + H_D + H_R)

H_E: Horas Efectivas Operativas = Σ (Horas mensuales reales en que el equipo trabaja en forma productiva, cumpliendo con su objetivo de diseño).

H_D: Horas Demoras Operativas = Σ (Horas Mensuales en que el equipo o instalación estando en condiciones electromecánicas de cumplir su tarea de diseño a cargo de un operador, no puede realizara por motivos ajenos a su funcionamiento)

H_R: Horas de Reserva = Σ (Horas mensuales en que el equipo, estando en condiciones electromecánicas de cumplir con su objetivo, no lo hace) Ejemplo: Falta de operador o el equipo no es requerido en programa o plan de trabajo).

Cálculo Mensual: Promedio Ponderado por n° de equipos de cada flota
Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por n° de equipos de cada flota
Cálculo Industria: Promedio Ponderado por n° equipos compañía



Utilización Efectiva-Base Disponible Mensual General

$$I = \frac{H_{EM}}{H_{DM}} * 100$$

H/MENSUALES			
H/M Disponibles		H/M Mantenimiento	
		Programada	No Programada
H/M Operativas	H/M Reservas		
H/E Operativas	H/D Operativas		

H_{EM}: Horas Efectivas Mensuales
H_{DM}: Horas Disponibles Mensuales = Σ (H_E + H_D + H_R)

H_E: Horas Efectivas Operativas = Σ (Horas mensuales reales en que el equipo trabaja en forma productiva, cumpliendo con su objetivo de diseño).

H_D: Horas Demoras Operativas = Σ (Horas Mensuales en que el equipo o instalación estando en condiciones electromecánicas de cumplir su tarea de diseño a cargo de un operador, no puede realizara por motivos ajenos a su funcionamiento)

H_R: Horas de Reserva = Σ (Horas mensuales en que el equipo, estando en condiciones electromecánicas de cumplir con su objetivo, no lo hace) Ejemplo: Falta de operador o el equipo no es requerido en programa o plan de trabajo).

Cálculo Mensual: Promedio Ponderado por (Disponibilidad x n° de Equipos)-Flotas
Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por (Disponibilidad x n° Equipos)- Flotas
Cálculo Industria: Promedio Ponderado por (Disponibilidad x n° Equipos)- Compañías



Productividad Efectiva Mensual General

$$I = \frac{\text{Total Toneladas Cargadas Mensuales}}{\text{Horas Efectivas}}$$

Toneladas Cargadas / Transportadas / Mts Perforados Mensuales = Σ (Material mensual cargado / Transportado/ Perforado).

Horas Efectivas: Σ (Horas mensuales reales en que el equipo trabaja en forma productiva, cumpliendo con su objetivo de diseño).

Horas Efectivas = %Utilización Efectiva* N° de Equipos* H_{TM}

%Utilización Efectiva: (Horas Efectivas/Horas Nominales)*100

N° de Palas = Número promedio mensual de palas efectivamente utilizadas en la mina.

H_{TM}: Horas Totales Mes = Σ (Días del mes). 24 horas del día.

Cálculo Mensual: **Fórmula**
Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por Horas Efectivas por flota
Cálculo Industria: Promedio Ponderado por Horas Efectivas por compañía



MTBF Mensual General

$$MTBF = \frac{H_{OM}}{N^{\circ} Fallas_Mensuales} * 100$$

MTBF (Tiempo Medio entre Fallas): Horas equivalentes al tiempo promedio existentes entre fallas imprevistas del equipo.

N° Fallas Mensuales: Σ (Fallas o imprevisto del equipo).

H_{OM}: Horas Operativas Mensuales: Σ (H_E + H_D).

Horas Operativas = %Utilización Operativa* N° de Camiones* H_{TM}

Desde el 1 Semestre 2011, adicionalmente se solicitará el n° de fallas SI NO EXISTE EL NUMERO DE FALLAS, PONDERAR POR N EQUIPOS

Cálculo Mensual: Promedio Ponderado por n° fallas de cada flota
Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por n° de fallas de cada flota
Cálculo Industria: Promedio Ponderado por n° de fallas de cada compañía



MTTR Mensual General

$$MTTR = \frac{H_{MNP}}{N^{\circ} Fallas_Mensuales} * 100$$

MTTR (Tiempo Medio para Reparar): son las horas equivalentes al tiempo promedio que demora la mantención no programada del equipo.

H_{MNP}: Horas Mantención No Programada = Σ (Horas mensuales que el equipo no estuvo disponible porque se encontraba en mantención como resultado de una falla).

N° Fallas Mensuales: = Σ (Fallas o imprevisto del equipo)

Desde el 1 Semestre 2011, adicionalmente se solicitará el n° de fallas

SI NO EXISTE EL NUMERO DE FALLAS, PONDERAR N EQUIPOS

Cálculo Mensual: Promedio Ponderado por n° fallas de cada flota
Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por n° de fallas de cada flota
Cálculo Industria: Promedio Ponderado por n° de fallas de cada compañía



Rendimiento General- Palas

$$I = \frac{\text{Toneladas Cargadas Mensuales} / \text{Días Efectivos}}{N^{\circ} Palas}$$

Toneladas Cargadas Mensuales = Σ (Material mensual cargado por las palas).

Días Efectivos = Cantidad de días que tiene el mes.

N° de Palas = Número promedio mensual de palas efectivamente utilizadas en la mina.

Cálculo Mensual: Promedio Ponderado por n° palas de cada flota
Cálculo Semestral: Promedio Ponderado por n° de palas de cada flota
Cálculo Industria: Promedio Ponderado por n° de palas de cada compañía



COSTOS

COSTO MANO DE OBRA PROPIA MENSUAL

$$I = \frac{\text{Costo Empleados}}{HH}$$

Costo Empleados: Se incluye a todos los costos relacionados con los empleados que tengan relación con el proceso productivo y administrativo = f (Sueldos, provisiones, bonos, impuestos, gratificaciones y otras asignaciones salariales). Expresado en US\$. No se consideran bonos de negociaciones colectivas.

HH: Horas Hombre personal propio = Σ (Horas pactadas + Horas Sobretiempo) - Σ (Horas Ausentismo)

Horas Pactadas: Son el total de horas mensuales nominales que fueron acordadas por el personal propio.

Horas Sobretiempo: Son el total de horas mensuales extraordinarias trabajadas por el personal propio.

Horas Ausentismo: Son el total de horas mensuales no trabajadas por el personal propio, por licencias médicas, accidentes laborales, permisos pactados y fallas no justificadas.
Se excluyen: Permisos sindicales, Huelga

Cálculo Semestral: Σ Costo Empleados / Σ HH Personal Propio
Cálculo Industria: Promedio Ponderado por las HH Personal Propio



Valor Inventario Promedio Mensual por Libra de Cobre

$$I = \frac{\text{Inventario Materiales}}{lb_{Cu}}$$

Inventario Materiales: Corresponde al valor de inventario del último día del mes = f (Materiales, repuestos, insumos). Se excluye el Diesel. Expresado en US\$.

lb_{Cu}: Total mensual de Cobre fino producido, en concentrado y en cátodos.

Cálculo Semestral: Promedio Aritmético Inventario Materiales / Promedio Aritmético de las Lb Producidas
Cálculo Industria: Promedio Ponderado por las Lb de Cu Producidas



Rotación de Inventario Mensual

$$I = \frac{\text{Consumo_Materiales}}{\text{Inventario_Materiales}}$$

Consumo Materiales: Total consumo mensual de material de bodega = f (Materiales, repuestos, insumos). Se excluye el Diesel. Expresado en US\$.

Inventario Materiales: Corresponde al valor de inventario del último día del mes = f (Materiales, repuestos, insumos). Se excluye el Diesel. Expresado en US\$.

Cálculo Semestral: Promedio Aritmético Consumo de Materiales/ Promedio Aritmético de Inventario
Cálculo Industria.: Promedio Ponderado por las Lb de Cu Producidas



Costo Principales Insumos General Compañía

Costo Principales Insumos	
Indicador	Unidad
Empleados	US\$B_Cu
Servicios	US\$B_Cu
Energía	US\$B_Cu
Ácido	US\$B_Cu
Combustible	US\$B_Cu
Consumibles	US\$B_Cu
Otros	US\$B_Cu
Costo total	US\$B_Cu

Desde el I Semestre 2011, las empresas deben enviar sólo el costo (US\$). Encare calculará el KPI. El costo se divide por las Lb pagables de Cu (US\$/ Lb Cu)

Cálculo Semestral: $\sum \text{US\$} / \sum \text{Lb Pagables de Cu}$
Cálculo Industria.: Promedio Ponderado por las Lb Pagables de Cu



Costo Principales Insumos General Compañía

Costo Principales Insumos	
Indicador	Unidad
Empleados	US\$B_Cu
Servicios	US\$B_Cu
Energía	US\$B_Cu
Ácido	US\$B_Cu
Combustible	US\$B_Cu
Consumibles	US\$B_Cu
Otros	US\$B_Cu
Costo total	US\$B_Cu

Empleados: Se incluye a todos los empleados que tengan relación al proceso productivo y administración = f (Sueldos, provisiones, bonos, impuestos, gratificaciones y otras asignaciones salariales). Expresado en US\$.

Servicios: Costo mensual por pago de servicios a contratistas permanente en las instalaciones de la compañía = f (Operación, mantención y otros). Se excluye los contratistas de proyectos de capital. Expresado en US\$.

Costo Mensual Energía: Costo mensual por consumo de energía eléctrica de la compañía = f (Consumo energía eléctrica de procesos, equipos e instalaciones). Expresada en US\$.

Cálculo Semestral: $\sum \text{US\$} / \sum \text{Lb Pagables de Cu}$
Cálculo Industria.: Promedio Ponderado por las Lb Pagables de Cu



Costo Principales Insumos General Compañía

Costo Principales Insumos	
Indicador	Unidad
Empleados	US\$B_Cu
Servicios	US\$B_Cu
Energía	US\$B_Cu
Ácido	US\$B_Cu
Combustible	US\$B_Cu
Consumibles	US\$B_Cu
Otros	US\$B_Cu
Costo total	US\$B_Cu

Costo Mensual Ácido = f (Consumo mensual de ácido de procesos).

Costo Mensual Combustible: Costo mensual referido al consumo total de diesel de la Compañía = f (Diesel consumido en los procesos, equipos e instalaciones).

Costo Mensual Consumibles = f (consumos de aceros, explosivos, lubricantes, etc.)

Otros Costos Mensuales = \sum (costos de producción mensual) – \sum (costo empleados + costo servicios + costo energía + costo ácido + costo diesel + costo consumible). Valores expresados en US\$.

Costo Total Mensual = \sum (costo empleados + costo servicios + costo energía + costo ácido + costo diesel + costo consumible). Expresado en US\$.

Cálculo Semestral: $\sum \text{US\$} / \sum \text{Lb Pagables de Cu}$
Cálculo Industria.: Promedio Ponderado por las Lb Pagables de Cu



Costos Compañía: C1P

Costos Compañía	
Indicador	Unidad
Costos C1 P (En Site)	US\$B_Cu
Costos C1	US\$B_Cu
Costos C2	US\$B_Cu
Costos C3	US\$B_Cu

$$I = \frac{\text{Costo Operacional}}{\text{lb_Cu}_p}$$

Costo Operacional = Costo Cash de procesos mina, molienda, concentradora, lixiviación, bombeo, extracción por solvente, costos de transporte, costos directamente relacionados con la operación, costos de fundición y refinación.

Costo Operacional incluye WIP (Valorización del inventario) y Overhead (Costo de administración y gastos generales).

lb_Cu_p = f (Total mensual de libras de cobre pagable).

Cálculo Semestral: $\sum \text{US\$} / \sum \text{Lb Pagables de Cu}$
Cálculo Industria.: Promedio Ponderado por las Lb Pagables de Cu



Costos Compañía: C1

Costos Compañía	
Indicador	Unidad
Costos C1 P (En Site)	US\$B_Cu
Costos C1	US\$B_Cu
Costos C2	US\$B_Cu
Costos C3	US\$B_Cu

$$I = \frac{\text{Costo_C1}}{\text{lb_Cu}_p}$$

Costo_C1 = Costo Operacional + Créditos por subproductos

lb_Cu_p = f (Total mensual de libras de cobre pagable).

Costo Operacional: Costo Cash de procesos mina, molienda, concentradora, lixiviación, bombeo, extracción por solvente, costos de transporte, costos directamente relacionados con la operación, costos de fundición y refinación.

Costo Operacional incluye WIP (Valorización del inventario) y Overhead (Costo de administración y gastos generales).

Cálculo Semestral: $\sum \text{US\$} / \sum \text{Lb Pagables de Cu}$
Cálculo Industria.: Promedio Ponderado por las Lb Pagables de Cu



Costos Mina

Costos por Procesos		Costos por Elementos de Costo	
Indicador	Unidad	Indicador	Unidad
Perforación	US\$/t Explit	Empleados	US\$/t Explit
Tronadura	US\$/t Explit	Servicios	US\$/t Explit
Carguio	US\$/t Explit	Combustibles	US\$/t Explit
Transporte	US\$/t Explit	Neumáticos	US\$/t Explit
Equipos Auxiliares	US\$/t Explit	Explosivos	US\$/t Explit
Indirectos	US\$/t Explit	Otros	US\$/t Explit
Costo Total	US\$/t Explit	Costo Total	US\$/t Explit

Desde el I Semestre 2011, las empresas deben enviar sólo el costo (US\$). Encare calculará el KPI. El costo se divide por Toneladas Explit (Lastre+ Mineral) (US\$/t explit)

Cálculo Semestral: $\sum \text{US\$} / \sum \text{Ton Explit}$
 Cálculo Industria.: Promedio Ponderado por Ton Explit



Costos Mina: Costos por Procesos

Costos por Procesos	
Indicador	Unidad
Perforación	US\$/t Explit
Tronadura	US\$/t Explit
Carguio	US\$/t Explit
Transporte	US\$/t Explit
Equipos Auxiliares	US\$/t Explit
Indirectos	US\$/t Explit
Costo Total	US\$/t Explit

Costo Mensual Perforación = f (Costos de operación, mantención y contratistas). Expresado en US\$.

Costo Mensual Tronadura = f (Costos de operación, mantención y contratistas vinculados directamente). Expresado en US\$.

Costo Mensual Carguio = f (Costos de operación, mantención y contratistas vinculados directamente). Expresado en US\$.

Costo Mensual Transporte = f (Costos de operación, mantención y contratistas vinculados directamente). Expresado en US\$.

Cálculo Semestral: $\sum \text{US\$} / \sum \text{Ton Explit}$
 Cálculo Industria.: Promedio Ponderado por Ton Explit



Costos Mina: Costos por Procesos

Costos por Procesos	
Indicador	Unidad
Perforación	US\$/t Explit
Tronadura	US\$/t Explit
Carguio	US\$/t Explit
Transporte	US\$/t Explit
Equipos Auxiliares	US\$/t Explit
Indirectos	US\$/t Explit
Costo Total	US\$/t Explit

Costo Mensual Auxiliares = f (Costos de operación, mantención y contratistas vinculados directamente). Expresado en US\$.

Costo Mensual Indirectos = f (Otros costos relacionados con la mina). Expresado en US\$.

Costo Mensual Total = \sum (Perforación + Tronadura + Carguio + Transporte + Equipos Auxiliares + Costos Indirectos). Expresado en US\$.

Cálculo Semestral: $\sum \text{US\$} / \sum \text{Ton Explit}$
 Cálculo Industria.: Promedio Ponderado por Ton Explit



Costos Mina: Costos por Elemento de Costos

Costos por Elementos de Costo	
Indicador	Unidad
Empleados	US\$/t Explit
Servicios	US\$/t Explit
Combustibles	US\$/t Explit
Neumáticos	US\$/t Explit
Explosivos	US\$/t Explit
Otros	US\$/t Explit
Costo Total	US\$/t Explit

Costo Mensual Neumáticos: Costo consumo mensual de neumáticos asociados a equipos mina, camiones de extracción y otros = f (referido a operación y mantención mina). Expresado en US\$.

Costo Mensual Servicios: Costo mensual por pago de servicios a contratistas que prestan servicios en forma permanente en las instalaciones de la compañía = f (referido a operación y mantención mina). Expresado en US\$.

Costo Mensual Explosivos: Costo mensual por el explosivo usado en la mina = f (referido a operación y mantención mina). Expresado en US\$.

Otros Costos Mensuales = \sum (costos de producción mensual) – \sum (costo empleados + costo servicios y otros + costo combustible + costo neumático + costo explosivos). Expresado en US\$.

Cálculo Semestral: $\sum \text{US\$} / \sum \text{Ton Explit}$
 Cálculo Industria.: Promedio Ponderado por Ton Explit



Costos Mina: Costos por Elemento de Costos

Costos por Elementos de Costo	
Indicador	Unidad
Empleados	US\$/t Explit
Servicios	US\$/t Explit
Combustibles	US\$/t Explit
Neumáticos	US\$/t Explit
Explosivos	US\$/t Explit
Otros	US\$/t Explit
Costo Total	US\$/t Explit

Costo Empleados: Se incluye a todos los empleados que tengan relación al proceso productivo y administración = f (Sueldos, provisiones, bonos, impuestos, gratificaciones y otras asignaciones salariales). Expresado en US\$.

Costo Mensual Servicios: Costo mensual por pago de servicios a contratistas que prestan servicios en forma permanente en las instalaciones de la compañía = f (referido a operación y mantención mina). Expresado en US\$.

Costo Mensual Combustible: Costo mensual referido al consumo total de diesel y gasolina de los equipos y vehiculos menores de la mina = f (referido a operación y mantención mina). Expresado en US\$.

Cálculo Semestral: $\sum \text{US\$} / \sum \text{Ton Explit}$
 Cálculo Industria.: Promedio Ponderado por Ton Explit

