



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS

APLICACIÓN DE FILOSOFIA LEAN EN LA PREPARACIÓN MINERA, MINA EL
TENIENTE CODELCO CHILE

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN
MINERÍA

JOHNNY HENRRY CCATAMAYO BARRIOS

PROFESOR GUIA:

RAÚL CASTRO RUIZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

KIMIE ELIANA SUZUKI MORALES

JUAN FREDDY DÍAZ FONTALBA

LUIS FELIPE ORELLANA ESPINOZA

SANTIAGO DE CHILE

2017

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TITULO DE: Magister en Minería
POR: Johnny Henry Ccatamayo Barrios
FECHA: 27/06/2017
PROFESOR GUIA: Raúl Castro Ruiz

APLICACIÓN DE FILOSOFIA LEAN EN LA PREPARACIÓN MINERA, MINA EL TENIENTE CODELCO CHILE

La División el Teniente a cargo de la Gerencia de Obras Mina (GOBM), pasa por un proceso de reformulación de la preparación minera, cuyo objetivo principal es aumentar la productividad y la eficiencia en la ejecución de desarrollos horizontales. Dentro del problema identificado se encuentra; los bajos tiempos productivos en postura, producto de esta deficiencia se tiene que hoy en día el tiempo productivo de trabajo por turno en postura es 4,94 hrs (Green ingeniería, 2014).

Esta investigación se enmarca particularmente en la Mina Esmeralda. Para esto se analizaran los procesos de excavación horizontal (Ciclo de minado) y sus variables asociadas mediante la Filosofía LEAN, con la herramienta Mapeo de Cadena de Valor (MCV). La aplicación de esta herramienta permite representar la secuencia de actividades en un mapa de flujo, se divide en 4 etapas.

La primera etapa desarrolla las adaptaciones al MCV definiendo como y que datos se recopilan en terreno y los cálculos que se realizarán.

En la segunda etapa se realiza el Mapeo del Estado Actual donde se recopilan los datos en terreno del ciclo de minado en una frente y multifrentes, los resultados establecen que el tiempo del ciclo total de las excavaciones horizontales es de 22,1 hrs.

En la tercera etapa se desarrolla el Mapeo del Estado Futuro donde se realiza el diagnóstico y posibles causas de las actividades identificadas como de menor rendimiento.

En la cuarta etapa se realiza la implementación del Estado Futuro, donde se propone el plan de optimización de las actividades de menor rendimiento, se propone cambiar el explosivo AnFo por Emulsión bombeable. Esto significa reducir la sobre excavación hasta 18%, mayor eficiencia de avance hasta el 95% y reducir el tiempo de emisión de gases pos tronadura hasta 20 min.

La aplicación del MCV en terreno fue práctica y se comprueba que eligiendo indicadores adecuados a medir, la herramienta permite elaborar un diagnóstico certero y acabado del estado de producción actual. Las mejoras propuestas y sus recomendaciones de implementación se basaron principalmente en las filosofías “Lean Manufacturing”, esta constituye estados de producción factibles y de gran optimización para la productividad.

Abstract

The mining Division “El Teniente” in charge of the “Gerencia the Obras Civiles” (GOBM), is under a reformulation process of the mining preparation, which main objective is increasing the productivity and efficiency in the execution of tunnel excavations (desarrollos horizontales). Within the identified problem, it is possible to mention the low productive moments during the field working. Because of this deficiency, the productive time is 4,94 hours by turns (Green Ingeniería, 2014).

As a result, this research is focused in Minera Esmeralda. It means that the excavation processes (Mining Cycle) and its variables associated through the LEAN philosophy, with the Value Stream Mapping (VSM), are going to be considered for an analysis. It is important to mention, that the application of VSM allows to represent an activity sequence in a flow map, which is divided in four stages that are described below.

The first stage provides the VSM adaptations, defining how and what data is gathered in the field and all the calculations that will be done.

The second stage is the Current Status Map, where mining data is collected during the mining process in a tunnel or tunnels excavations. The last researches showed that the amount of time of the tunnels excavations is 22,1 hours.

In the third stage, the Future State Mapping is directed, in which a diagnostic and possible causes of activities of low performance are identified.

In the fourth stage, the implementation of the State Mapping is carried out. In this part of the process, the optimization plan is proposed for the low performance activities. As a consequence, it is proposed to change explosive AnFo by Emulsion Explosives. This change means a reduction of 18% in excavations, a higher efficiency of 95% in the length of forward movement and a reduction of gasses emission post blasting of 20 minutes.

As a conclusion, the application of VSM (or MCV in Spanish) was useful and evidences that by choosing the right indicators to measure, an appropriate tool that elaborates an accurate diagnostic and the implementation of the right techniques allow better results in the excavations. Finally, it is important to mention that the improvements proposed and recommendations are based in the “Lean Manufacturing” philosophy. This issue establishes states of productions feasible and of a great optimization for mining productivity.

Dedicatoria

A Dios.

Por el amor que me da.

Hijo Luciano.

Por ser mi orgullo y mi gran motivación, libras mi mente de todas las adversidades que se presentan, y me impulsas a cada día superarme en la carrera de ofrecerte siempre lo mejor.

Mamá.

Gracias Gladys por ser mí mejor amiga, mi dirección mi fortaleza gracias por todo el apoyo en esta tesis y en mi vida.

Papá.

Gracias Pio por ser mi sigiloso guardián y compañero por formarme de la personalidad que poseo.

Hermana.

Gracias Silvia por tu tierna compañía, tu inagotable apoyo y por compartir mis logros. Esta tesis también es tuya.

Hermana.

Gracias Katherine por tu infinita paciencia, por ser mi guardián y compañera.

Sobrina.

Gracias Antonella por ser mi inspiración mi futuro y por el cariño que me das.

Tabla de contenido

Capítulo 1. Introducción	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2.Objetivo General.....	2
1.2.1.Objetivos Específicos.....	2
1.3.Alcance.	2
1.4. Estructura de la investigación	3
Capítulo 2. Antecedentes Generales del Proyecto.	4
2.1 Producción en la Mina el Teniente.....	4
2.2 La Gerencia de Obras Mina (GOBM)	5
2.3 Mina Esmeralda.....	5
2.3.1 Programa de preparación de desarrollos horizontales.....	6
2.4 Excavaciones Horizontales.....	6
2.4.1 Ventilación.....	9
2.4.2 Extracción de marinas.....	10
2.4.3 Acuñaadura y marcación de pernos de fortificación.....	11
2.4.4 Perforación e instalación de pernos Helicoidales y Split Set.....	12
2.4.5 Lechado de pernos.....	13
2.4.6 Instalación de malla Inchalam 100-06.....	15
2.4.7 Hilteo de Mallas de Fortificación.....	16
2.4.8 Fortificación con Shotcrete.....	17
2.4.9 Perforación del frente.....	18
2.4.10. Carguío de frente.....	19
2.5 Ciclo de minado contractual de la empresa especializada Geovita.....	21
2.5.1 Tiempos contractuales disponibles para el trabajo.....	23
2.5.2 Sobre excavación contractual.....	23
2.5.3 Equipos de la Empresa especializada GEOVITA.....	24
2.6. Filosofía Lean.....	25
2.6.1 La Producción Como Cadena de Valor.....	26
2.6.2 Conceptos y Aplicación.....	26
2.7 Mapeo de la cadena de valor MCV.....	26
2.8 Diagrama de Ishikawa.....	28
2.10. Conclusiones de Capítulo	28

Capítulo 3. Metodología de implementación del MCV.	29
3.1. Adaptaciones al MCV.....	29
3.2 Formato y simbología de los mapas.....	30
3.3 Definición de Indicadores y Datos Necesarios.....	36
3.4 Detalle de la toma de datos.	38
3.5 Resultado de la Toma de Tiempos en las Excavaciones, en una frente de trabajo.....	39
3.5.1 Discriminación de tiempos que conforman cada actividad	40
3.6 Rendimientos de cada actividad del ciclo de minado.	41
3.7 Agendamiento en Multifrentes.....	43
3.8 Conclusiones del Capítulo.	46
Capítulo 4. Trazado del Estado Actual de la cadena de Valor.	47
4.1 Mapa del Estado Actual.	47
4.2 Diagnóstico de los procesos con menor rendimiento.....	52
4.2.1 Actividad de Ventilación.	52
4.2.2 Actividad de Carguío de Marina.	53
4.2.3 Actividad de Acuñaadura.	56
4.2.4 Actividad de Perforación Frente.	57
4.3 Análisis de Ishikawa.....	66
4.3.1 Analisis de sobre excavación.....	61
4.3.2 Resumen del resultado de Sobre Excavación.....	65
4.4 Conclusión del capítulo	65
Capítulo 5. Trazado del Estado Futuro de la cadena de valor.	69
5.1 Mapeo del estado futuro de la cadena de valor.....	67
5.2 Propuesta del plan de optimización.....	69
5.2.1 Ventilación	69
5.2.2. Carguío de marina	69
5.2.3 Acuñaadura.	70
5.2.4 Shotcrete.	70
5.2.5 Perforación frente	70
5.2.6 Carguío de explosivo.	71
5.3 Reportabilidad para realizar el cambio de explosivo.	71
5.4 Receta para el uso de emulsión Bombeable.	72

Capítulo 6. Conclusiones finales	73
6.1 Resultados finales.....	73
6.2 Contribuciones al conocimiento.....	74
6.3 Relevancia práctica.....	74
6.4 Recomendaciones.....	74
Bibliografía.....	76
Anexos.....	78

Capítulo 1. Introducción

La Corporación Nacional del Cobre de Chile, (CODELCO), es una empresa autónoma propiedad del Estado chileno, cuyo negocio principal es la explotación de recursos mineros de cobre, es el mayor productor de cobre del mundo, exportando mineral a los países asiáticos y americanos. En la actualidad enfrenta riesgos de carácter monetario debido a las políticas de negocio de China su principal comprador. Los débiles indicadores económicos y la volatilidad del mercado, también han afectado el negocio minero negativamente provocando que el precio del cobre se ubique bajo 195,5 ¢/lb (Arce P. 2015). Tal situación crea nuevos desafíos en CODELCO, lo que obliga a la compañía a optimizar sus procesos de tal modo que se aumente la productividad y se administren de mejor manera los insumos críticos.

La División el Teniente en búsqueda de alcanzar estos objetivos pasa por un proceso de reformulación de la forma en que se realiza el proceso preparación minera. La Gerencia de Obras Minas (GOBM), encargada de esta actividad, pretende alcanzar mayor productividad con menores costos, siendo esto un desafío, debido a que la productividad baja a medida que se avanza en el ciclo de actividades mineras.

Del mismo modo ha sido difícil manejar la complejidad de las operaciones realizadas a gran escala, debido principalmente al aumento en el volumen de las operaciones mineras, generando un incremento de interferencias y teniendo como resultado estructuras complejas con rendimientos bajos,.

1.1. Descripción de problema

En la mina Esmeralda se identificaron en los niveles de hundimiento y producción los siguientes motivos de retraso o baja productividad en los desarrollos horizontales: Sobre excavación de las excavaciones horizontales, acumulación de marina, insuficiente disponibilidad de piques (labores verticales) y una elevada cantidad de interferencias operativas, afectando directamente las 6,3 hrs de trabajo disponibles por turno (GOBM, 2015), en la actualidad los tiempos efectivos de trabajo en postura es de 4,94 hrs (Green ingeniería y Consultoría Limitada, 2014).

El desafío es entonces aumentar la productividad de las labores mineras horizontales, incrementando las horas efectivas de trabajo en postura por turno, apoyándose en el uso de la herramienta de mapeo de cadena de valor. Como información de entrada se tienen mediciones de tiempos de trabajo efectivo medidos en para cada una de las actividades que conforma el ciclo de minado (ventilación, limpieza de marina, fortificación, perforación, carguío de explosivo y tronadura) y la identificación de interferencias que provocan pérdidas innecesarias de tiempo y que se podrían eliminar con el fin de optimizar los procesos operativos asociados a la construcción de infraestructura propia de labores horizontales.

1.2. Objetivo General

Diagnosticar los tiempos de operaciones en postura de los desarrollos horizontales de la preparación en la Mina Esmeralda, basado en la aplicación de Mapeo de Cadenas de Valor.

1.2.1. Objetivos Específicos.

- Entender los procesos y actividades del ciclo de minado de las excavaciones horizontales.
- Identificar los tiempos productivos de trabajo en Postura de todas las actividades del ciclo de minado de las excavaciones horizontales en una frente y multifrentes.
- Adaptar la herramienta de Mapeo de Cadena de Valor a la minería en las excavaciones horizontales de la preparación minera
- Identificar los procesos de bajos rendimientos.
- Proponer mejoras en las actividades de bajo rendimiento en el proceso del ciclo de minado.

1.3. Alcance.

Esta investigación de incremento de tiempos productivos solo se desarrollara en la Mina Esmeralda, con la Empresa Especializada Geovita en los niveles de producción y hundimiento, se evalúa los tiempos y los procesos desde que el trabajador ingresa a postura hasta que sale.

La base de estudio será el proyecto que realizó la empresa Green Ingeniería denominado “Estudio de Tiempos de Empresas Contratistas de Obras” (Dirección Preparación de Minas, 2013) en todas las minas de la División el Teniente.

Los objetivos principales de este estudio son la identificación de causas de pérdidas de tiempo, diagnóstico de posibles líneas de solución y medidas correctivas.

El estudio se realizó mediante un procedimiento de muestreo de las actividades de los trabajadores, desde el ingreso a la mina hasta la salida, donde el resultado indico que el trabajo en postura es 4,94 horas.

1.4. Estructura de la investigación.

A continuación se detalla la secuencia de trabajo a seguir:

Capítulo 1: Corresponde a la introducción del trabajo, se define la motivación de la investigación, objetivo general, específicos, alcances y la metodología de trabajo a seguir.

Capítulo 2: Revisión literaria de información básica relacionada con los procesos de excavación horizontal (flujogramas y como se realizan los trabajos en las posturas) y de los conceptos que fundamentan el modelo de Mapeo de la cadena de Valor (MCV). Recopilación de antecedentes que sustentan la investigación, indicando los avances relacionados en el campo científico existentes.

Capítulo 3: Adaptación del Mapa de Cadena de Valor (MCV) a los procesos de desarrollos horizontales donde se elige la familia de productos y procesos que están involucrados en la cadena de valor.

Aplicación de la metodología MCV a los procesos de la Mina Esmeralda. Recopilación y procesamiento de información de entrada con el fin de evaluar los procesos productivos con bajo rendimiento.

Capítulo 4: Mapeo del estado actual de la cadena de valor, evaluación de los procesos que se encuentran sujetos a posibles mejoras.

Capítulo 5: Mapeo del estado futuro: Se propone el plan de optimización de las actividades de menor rendimiento.

Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones.

Capítulo 2. Antecedentes Generales del Proyecto

El presente capítulo contextualiza el trabajo de investigación y se enfoca en las bases contractuales de la GOBM de la División el Teniente, Codelco, Chile. La revisión comprende las actividades que conforman el ciclo de minado de las excavaciones horizontales (flujogramas de cada actividad y como se desarrolla los trabajos en posturas) y los conceptos que fundamentan el modelo del Mapeo de la Cadena de Valor (MCV), a fin de definir las líneas de desarrollo del presente proyecto de investigación.

2.1 Producción en la Mina el Teniente

La producción de los yacimientos operados por Codelco es de 1,841 millones de toneladas de cobre fino [tmf] por año. La producción de Cobre en el Teniente durante el 2015 es de 455.444 toneladas métricas finas [tmf. Cu], siendo la más importante por su aporte a CODELCO (Mauricio Larraín, 2015).

La figura 1 presenta el plan de negocio del desarrollo de la Mina el Teniente.



Figura 1 Esquema general de la Mina el Teniente (Teniente, 2016)

La producción total del Teniente es 152,500 toneladas por día [tpd], integrando la producción del Nuevo Nivel Mina el total alcanzaría las 307,500 toneladas por día [tpd], la ley media de todas las minas es de 0,98 % siendo los aportes más considerables producto de las minas Reservas Norte y Esmeralda.

2.2 La Gerencia de Obras Mina (GOBM)

La Gerencia de Obras Mina (GOBM) fue creada el 2014 a partir de la Dirección de Preparación de Minas (DPM) con el fin de dar mayor sustento e importancia a la Preparación de Minas en la División el Teniente. La GOBM es la encargada de realizar desarrollos y construcciones de obras civiles, planes de preparación ingeniería de construcción, control, programación y planificación de obras. Actualmente presenta una dotación de 14 personas propias, 2500 trabajadores de empresas contratistas y 100 personas que prestan servicios.

La figura 2 presenta la proyección de avance de las obras de desarrollo horizontal en la División, observándose una tendencia a la baja hacia el año 2019, debido principalmente al término de las construcciones de los principales sectores y el retraso en los proyectos de expansión como el Nuevo Nivel Mina.

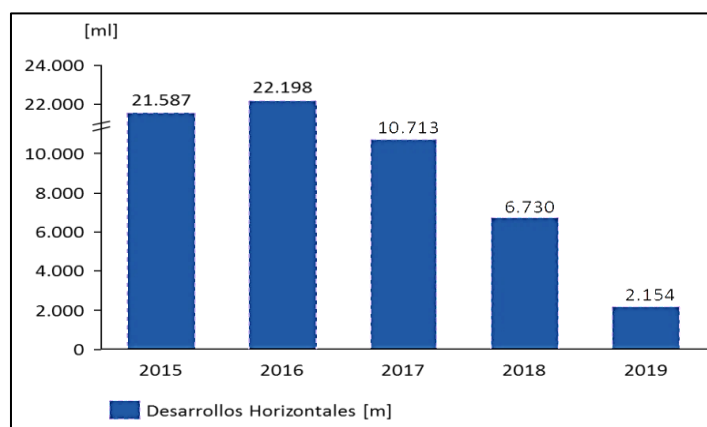


Figura 2 Proyección de las excavaciones horizontales

2.3 Mina Esmeralda

La mina Esmeralda presenta el mayor gasto en preparación minera dentro de todos los sectores de la División El Teniente con 93 MUS\$ para el año 2015. Por otro lado, las obras de desarrollo horizontal para el nivel de hundimiento y nivel de producción han sido en promedio de 1461 [ml] y 2929 [ml], respectivamente, para el periodo 2006 – 2015.

El sistema de turnos de trabajo para el personal asociado a la operación es de 10 días de trabajo por 5 días de descanso, mientras que para el personal administrativo el turno comprende 5 días de trabajo por cada 2 días de descanso. Cada día de trabajo se divide en 2 turnos diarios de 9,6 hrs cada uno. El personal de supervisión, salvo los jefes de turno, trabajará en un sistema de 5 días de trabajo por 2 días de descanso.

2.3.1 Programa de preparación de desarrollos horizontales

La necesidad de realizar preparación minera nace de los compromisos del plan de construcción (revisión B, 2015). Tales compromisos definen entre otros la oportunidad, secuencia y cantidad de obras mineras a ejecutar y por ende, el costo en que se incurrirá para ejecutarlas.

Anualmente se define donde se desarrollaran las actividades de preparación, en que cantidad y en cuanto tiempo, generalmente se diseña pensando en seguir la mejor distribución de ley del mineral. En la tabla 1 se indican las dimensiones de galería a construir y la cantidad de metros lineales a preparar para el año 2015 en mina Esmeralda.

Programa 2015 de Preparación Esmeralda Desarrollos Horizontales			
Actividades	Sección [A x H]	Sur [ml]	Norte [ml]
Nivel de hundimiento			
	4.0 x 4.0	565	0
	3.6 x 3.6	1518	0
	2.7 x 2.6	12	0
	3.0 x 3.8	0	0
Total		2095	0
Nivel de producción			
	4.2 x 3.9	2212	264
	4.1 x 3.9	640	200
	3.6 x 3.9	0	432
	2.7 x 2.6	63	10
	3.8 x 3.8	0	0
Total		2915	906

Tabla 1 Dimensiones de las Galerías Mina Esmeralda (Programa Revisión B. GOBM, 2015)

El programa 2015 indica que en el Nivel de hundimiento se realizaron 2095 ml y en nivel de producción 2915 [ml] de desarrollos horizontales. Estas obras incluyen accesos, ventilación principal y secundaria, sistema de manejo de materiales, sistema de drenaje, infraestructura (Talleres, bodegas, oficinas, plantas de tratamiento, casinos, redes de aire y agua, sistemas de control y comunicaciones), carpeta de rodado, puntos de extracción, puntos de vaciado, buzones y casas de cambio.

2.4 Excavaciones Horizontales

Las excavaciones se construyen ejecutando un conjunto de actividades que conforman el denominado ciclo de minado. En su orden son: ventilación, retiro de marina, acuñadura, perforación de fortificación, lechado de pernos, instalación de malla, hilteo, lanzado de shotcrete, perforación de frente y carguío de explosivo. La figura 3 muestra la secuencia del ciclo de minado de las excavaciones horizontales.

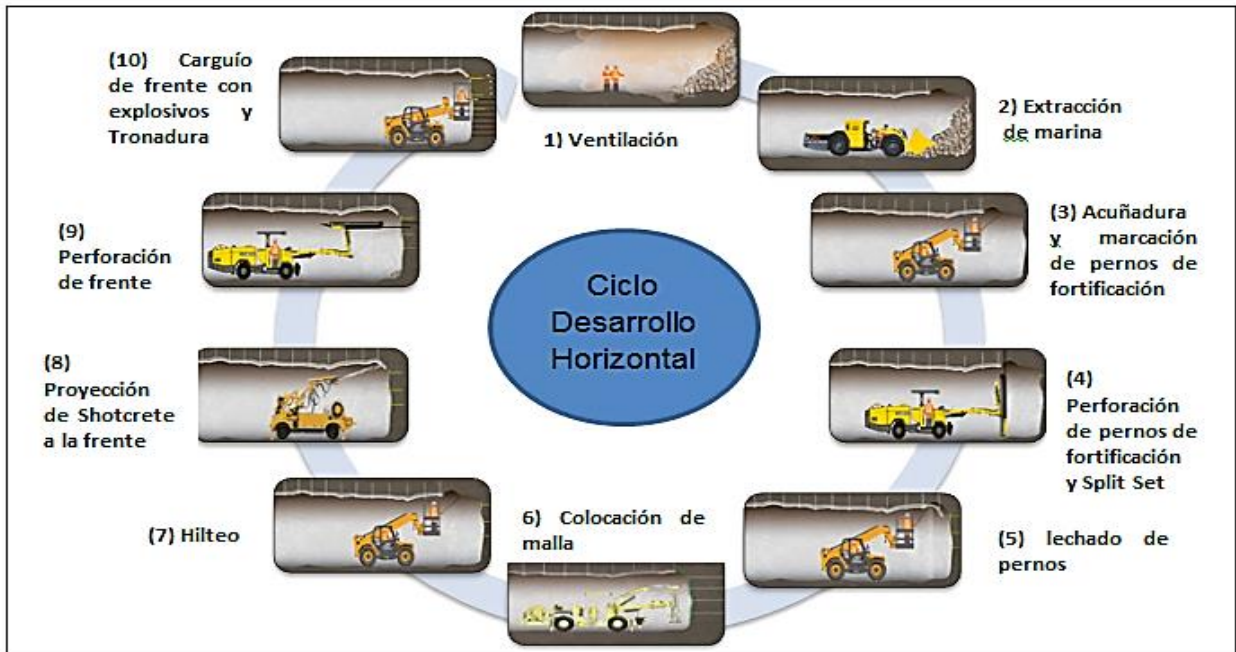


Figura 3 Secuenciamiento de las excavaciones horizontales

El ciclo de minado de las excavaciones horizontales inicia con la actividad de ventilación que evacua los gases que causa el explosivo al momento de ser tronado, cada actividad tiene diferentes recursos (equipos, personas). Los equipos considerados para la construcción son de bajo perfil y algunos telecomandados. Las instalaciones consideradas para el correcto funcionamiento de la obra incluyen las necesarias para ubicar las conexiones de agua, electricidad y aire comprimido, siendo esta última responsabilidad de una empresa especializada.

La figura 4 detalla el flujograma del ciclo de minado para el desarrollo de excavaciones horizontales.

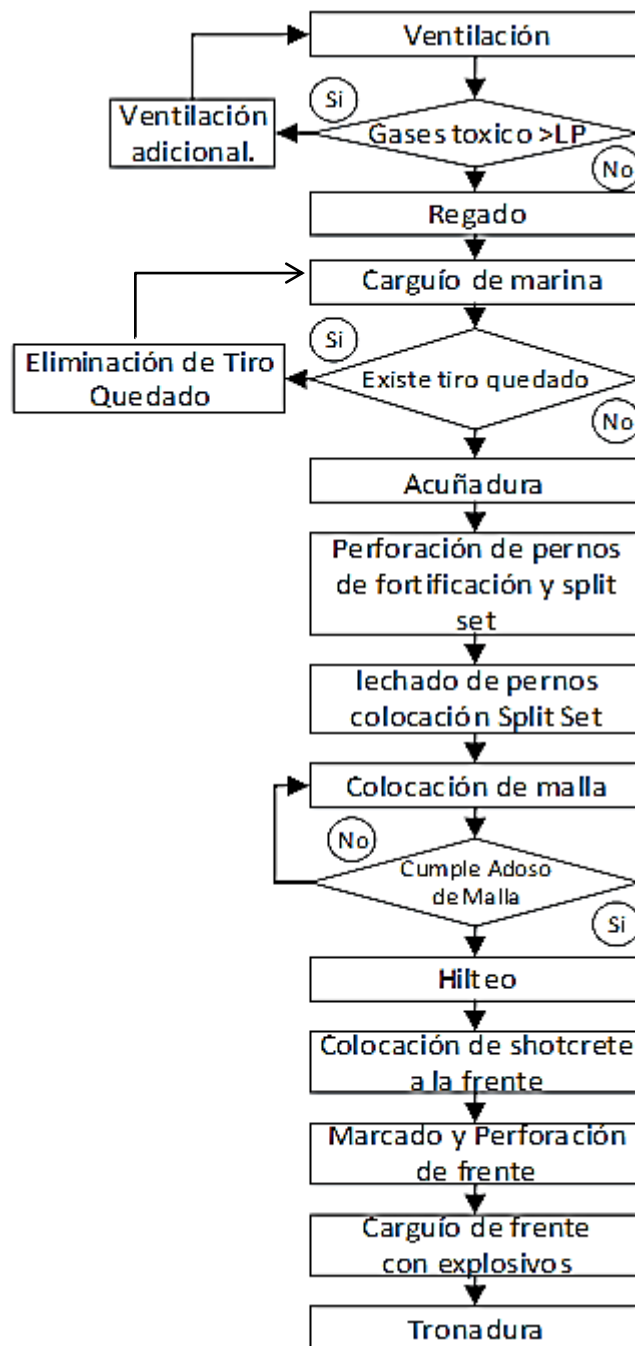


Figura 4 Flujograma ciclo de Minado excavación Horizontal (Geovita, 2015)

A continuación se explicara todas las actividades del ciclo de minado de los desarrollos horizontales. Estos datos son contractuales de las tres Empresas especializadas: Geovita, Mas Errazuriz y Gardilicic.

2.4.1. Ventilación.

Todas las excavaciones horizontales realizadas en mina Esmeralda son con ventilación artificial, con longitudes de avance mayores a 50 metros y con uso de equipo diésel.

Se tiene programada la implementación de un sistema de ventilación auxiliar, en búsqueda de dar cumplimiento a los requerimientos de ventilación, descritos en la normativa divisional. Las mangas de ventilación se ubicarán a una distancia no superior a 30 metros de la frente de avance- (Geovita, 2014).

Después de cada tronadura, se deberá esperar como mínimo 30 minutos antes de ingresar de nuevo al área de trabajo, para así verificar que la concentración de gases tóxicos en cada frente cumpla con los estándares de seguridad establecidos. Esta actividad se encuentra a cargo de los jefes de turno o personas que ellos designen, haciendo uso de detectores de gases debidamente calibrados, la concentración permisible de gases contaminantes se encuentra señalada en la Tabla 2.

Gas contaminante	Concentración
Monóxido de Carbono (CO)	40 ppm
Dióxido Nitroso (NO ₂)	2,4 ppm

Tabla 2 Límites máximos permisibles de gases contaminantes (Sernageomin, 2015)

Al iniciar el turno en las obras el jefe de turno debe visitar la zona donde se encuentra programada su ejecución, de tal modo que pueda recolectar información de las posturas: verifica que las posturas tronadas contengan 19,5% de oxígeno como mínimo, gases contaminantes por causa de la tronadura, las condiciones de servicios, ubicación de los equipo, piques para la evacuación de marinas; esto servirá para determinar los trabajos previos necesarios y así poder planificar de forma exacta las actividades a realizar en el turno (Artículo 73, SERNAGEOMIN agosto 1982)

A continuación, se presenta el flujograma del proceso de ventilación, con cada una de las actividades y procedimientos que deben llevarse a cabo cuando hay presencia de gases tóxicos en el área correspondiente al frente de trabajo.

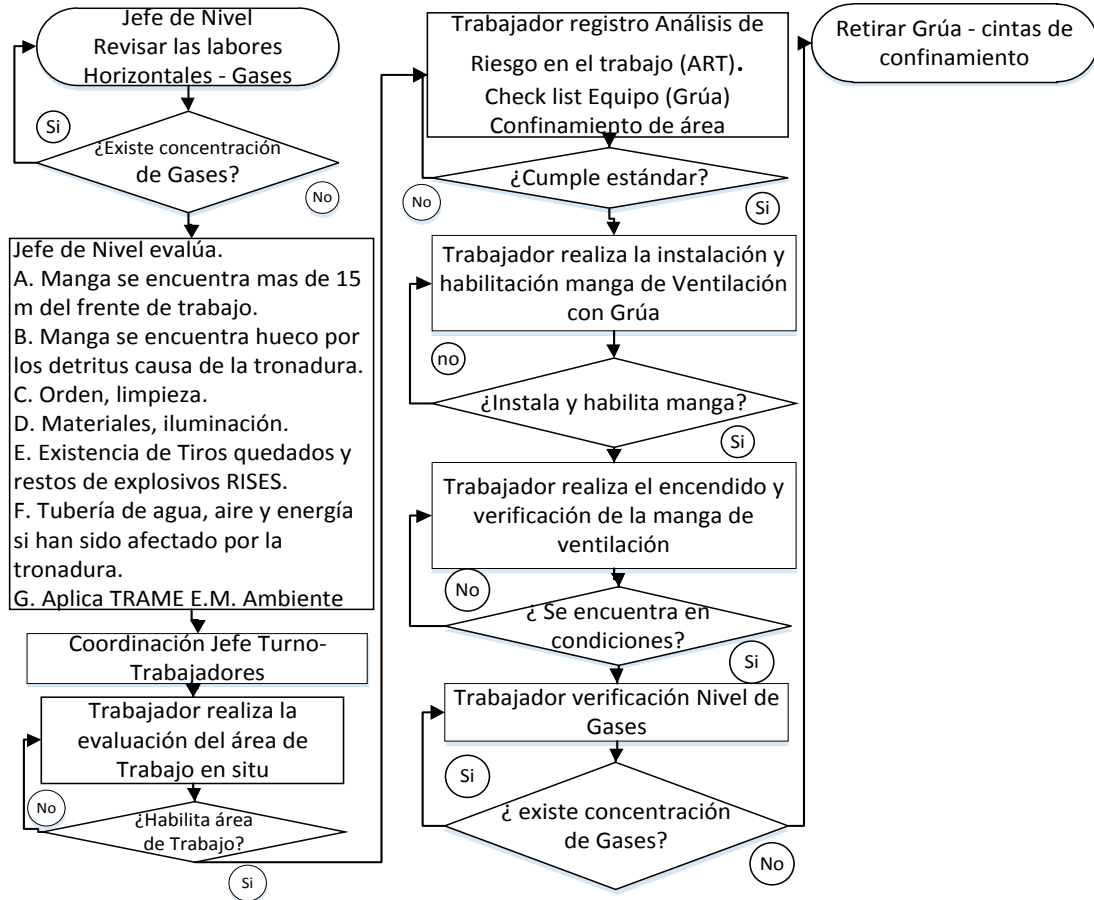


Figura 5 Flujoograma de ventilación

2.4.2. Extracción de marinas

Lo primero que se debe realizar es la evaluación del área de trabajo para proceder con la extracción de marina haciendo uso de un Scoop de 7 yd³ en cada uno de los puntos indicados por la programación del turno y siguiendo la ruta de extracción de marinas. Esta ruta debe estar delimitada totalmente con cintas de confinamiento, la marina retirada será dirigida a los diferentes puntos de acopios o piques de traspaso según sea el caso.

El procedimiento para la extracción de marinas se muestra en la figura 6, a través de un flujoograma de actividades.

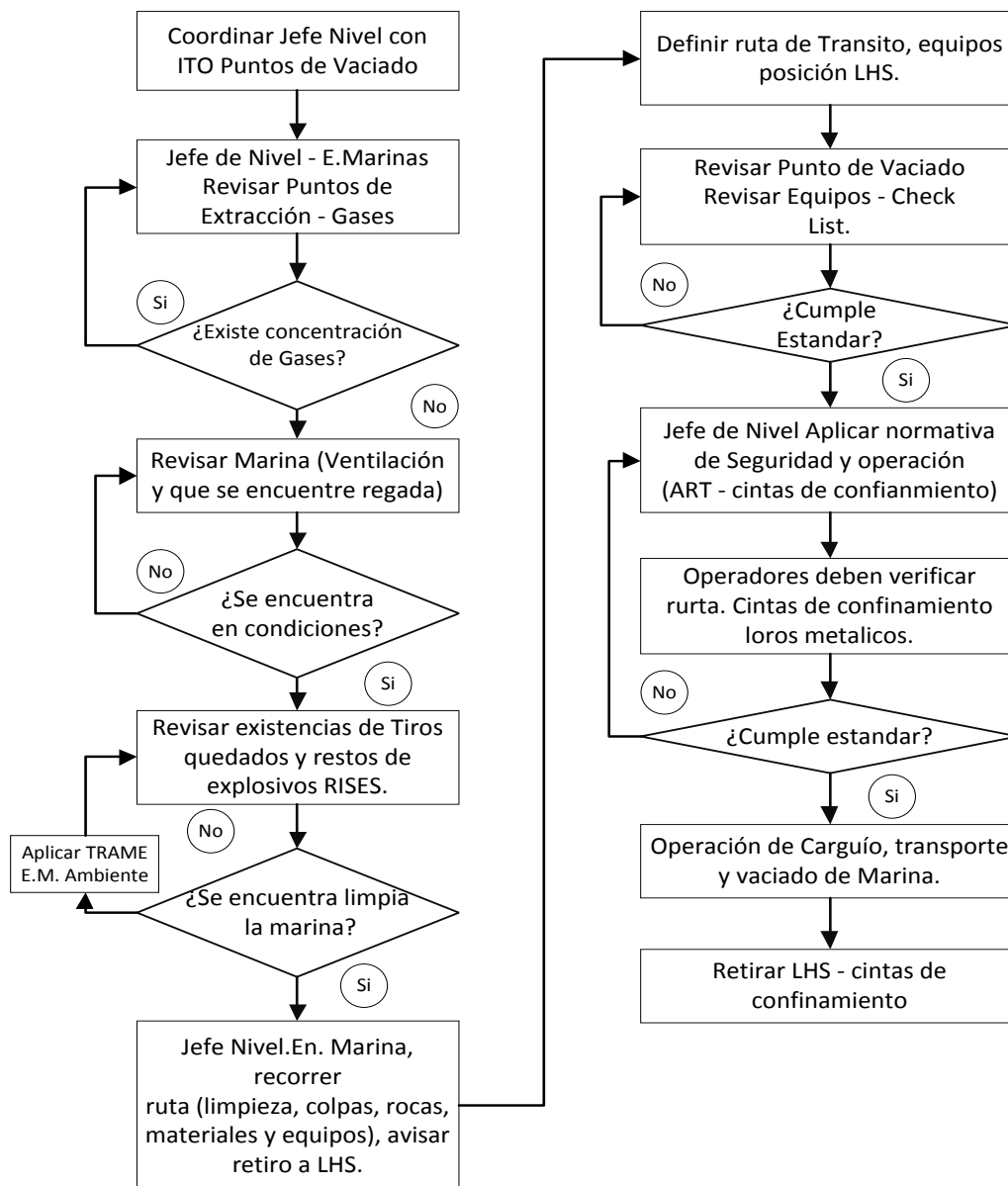


Figura 6 Flujoograma de Carguío de marina (Mass Erazuriz, 2015)

2.4.3 Acuñadura y marcación de pernos de fortificación

Esta actividad se realiza para eliminar las rocas sueltas producto de la tronadura. Para ejecutar esta acción se ilumina el sector con pantallas y se utiliza una grúa con jaula dotada de techo protector y acuñadores metálicos manuales, el proceso de acuñadura siempre se realizara en dirección de avanzada y con ángulo de 45°.

Después de la acuñadura se procede a demarcar la ubicación de las perforaciones donde se instalaran los pernos de refuerzo tipo helicoidal y Split Set. La Tabla 3 muestra la cantidad mínima de pernos Split Set a utilizar dependiendo del tamaño de la

sección de galería. Por otro lado, la ubicación de los pernos inicia a 1 [m] de altura medida desde el piso.

Sección	3,6 X 3,6	4 x 4	4 x 5	5 x 5	5 x 6	6 x 6	6 x 7	7 x 7	7 x 8	
Nº	8	10	12	16	19	23	26	3	1	35

Tabla 3 Cantidad de pernos Split Set dependiendo al tamaño de sección (Geovita, 2015)
La figura 7 presenta el flujograma del proceso.

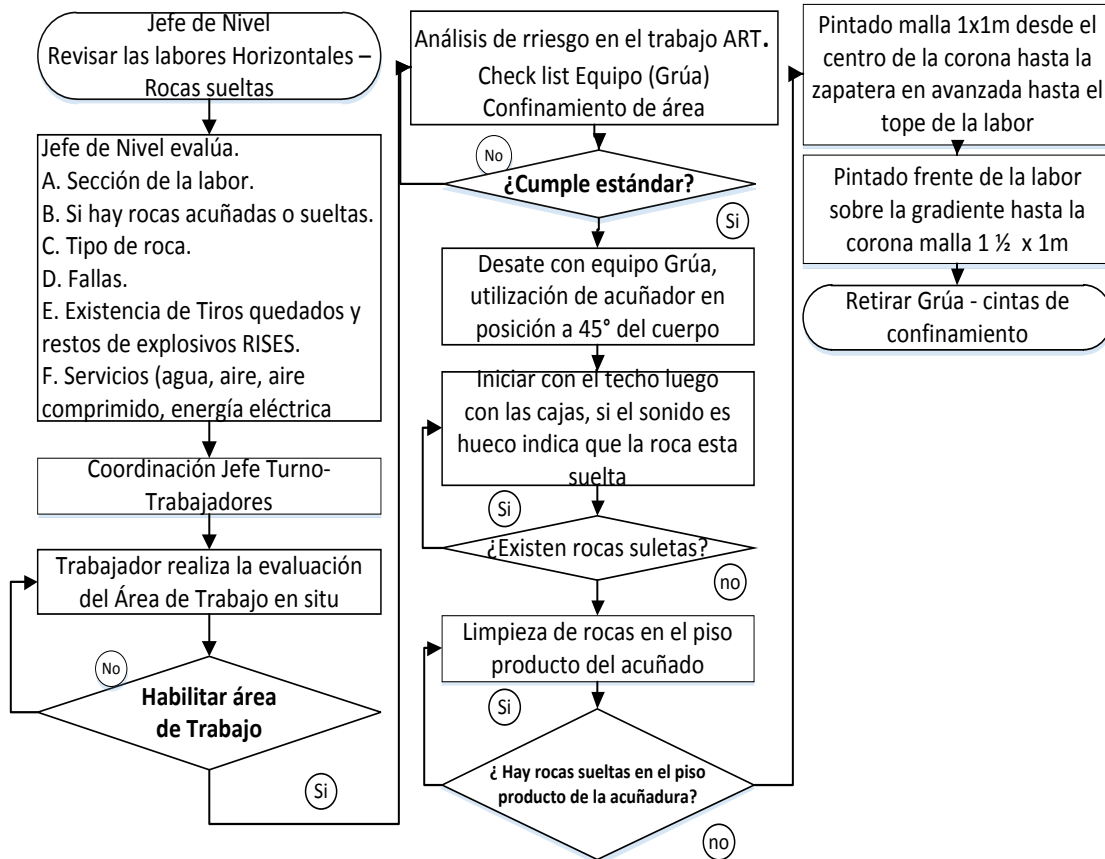


Figura 7 Flujograma de Acuñadura (Gardilicic, 2015)

2.4.4 Perforación e instalación de pernos Helicoidales y Split Set

La perforación para la instalación de pernos se realiza en la dirección de avance de las labores de desarrollo. Con la instalación de este sistema de refuerzo, se busca controlar el riesgo de caída de roca en la frente de trabajo. El diámetro de perno utilizado es de 38 [mm] con una longitud de 3,30 [m] (Geovita, 2014).

Al iniciar la perforación para realizar la instalación del perno tipo Helicoidal, el ayudante y el operador del jumbo deben coordinar cuáles serán los movimientos del equipo. El ayudante debe estar alejado de la zona que comprometa dichos movimientos, ubicándose cerca de la cabina del operador del equipo jumbo.

Una vez terminada la perforación de una malla de 1 x 1 [m²], se procede realizar la perforación para la instalación de los pernos Split Set en el frente y la corona de la

labor iniciando desde la gradiente hacia arriba realizando en total 16 perforaciones con un patrón de separación de 1 ½ [m]. Paso seguido, se coloca copla porta Split Set, y el ayudante procede a la colocación del Split Set al Jumbo para ser insertado en el tiro, para finalmente fijar la planchuela y retirarse a un lugar seguro. (Geovita, 2014).

En resumen, la figura 8 presenta el flujograma de perforación de pernos helicoidales y Split set.

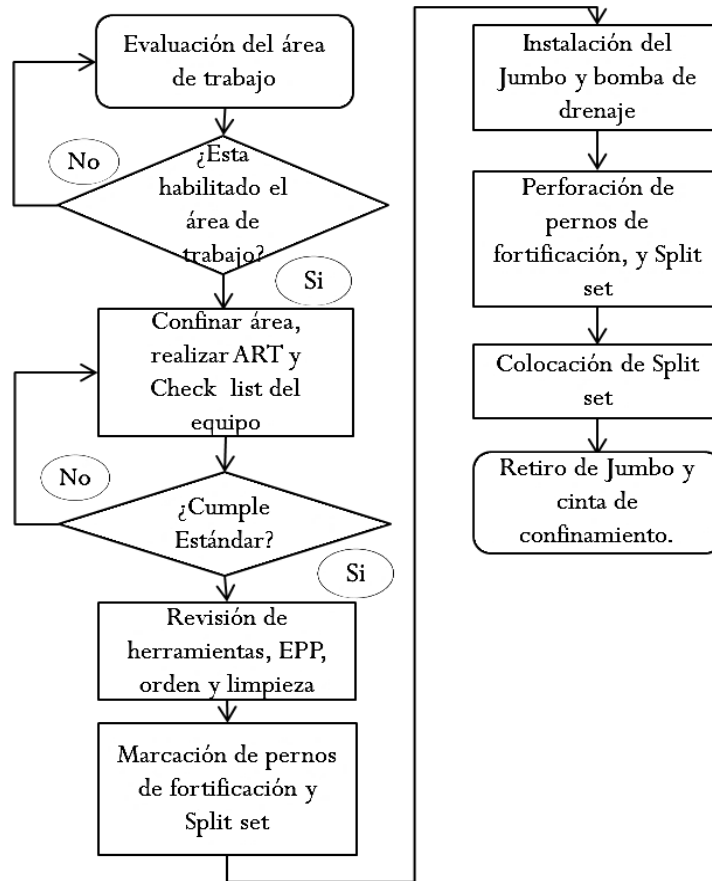


Figura 8 Flujograma de Perforación Perno Y Split Set (Geovita, 2015)

2.4.5 Lechado de pernos

En primer lugar, se confina y se verifica las condiciones de seguridad del sector de trabajo, iluminando el área para realizar control visual y así saber si es necesario acuñar debido a la presencia de roca suelta o drenar en caso de que el frente este con agua por causa de la perforación.

Para ejecutar esta actividad se usa grúa con jaula dotada de techo protector (con malla de seguridad). Debido a que el personal no puede exponerse bajo techo ni frente de avance sin instalación de sistema de fortificación.

Luego se procede al ingreso de la grúa, los materiales y herramientas utilizadas se ubicarán junto al operador de la grúa; la maquina encargada de inyectar la lechada quedará siempre bajo techo fortificado normalmente con pernos, malla y Shotcrete. Tal maquinaria debe contar con mangueras de alta presión y largo adecuado para alcanzar todas las perforaciones. La inyección de lechada se realizará en dirección de avance, es decir, desde el ingreso de la galería hacia la pared del frente de avance y desde el techo hacía las paredes laterales.

La dosificación de la lechada estará compuesta por:

- Agua: 13 litros.
- Sika Fluid (polvo) 0.85 grs (1 bolsa).
- Cemento: 1 saco.

Terminada la actividad, se deberá lavar prolijamente la maquina inyectora de lechada, evitando el endurecimiento de mezcla en su interior. Se retirarán los equipos y materiales dejando aislada la frente con cinta de confinamiento por un período de 2 horas para permitir el fraguado de la lechada.

En resumen, la figura 9 presenta el flujograma de lechado de tiros y colocación de pernos helicoidales.

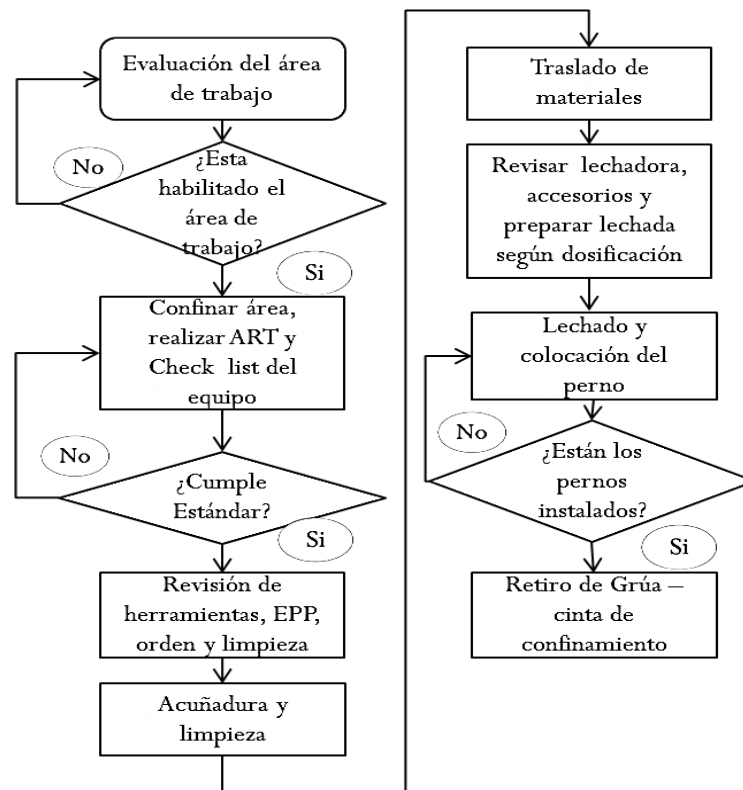


Figura 9 Flujograma de Lechado de Pernos (Geovita, 2015)

2.4.6 Instalación de malla Inchalam 100-06

Se confina el lugar de trabajo, y se debe acuñar si corresponde realizarlo. Para esta actividad se utilizara grúa con jaula de protección.

El personal no puede exponerse a riesgos en la frente de avance, quedando prohibido instalar planchuelas y tuercas a menos de 3 metros medidos desde el piso.

La malla se extenderá sobre el techo de la jaula de protección y se montará desde el eje de la galería y se irá fijando a los pernos con planchuela y tuerca. La instalación se realizara desde el techo bajando por las paredes laterales. Después de haber extendido completamente la malla se tensionarán de forma definitiva las tuercas de los pernos.

Entre malla y malla de retención se debe cumplir con la condición de traslape de 30cms, quedando este siempre sobre este una fila de pernos, además se deben instalar amarras de alambre N° 8 asegurando las mallas traslapadas.

En resumen, la figura 10 presenta el flujograma de la colocación de malla Inchalam 100-06

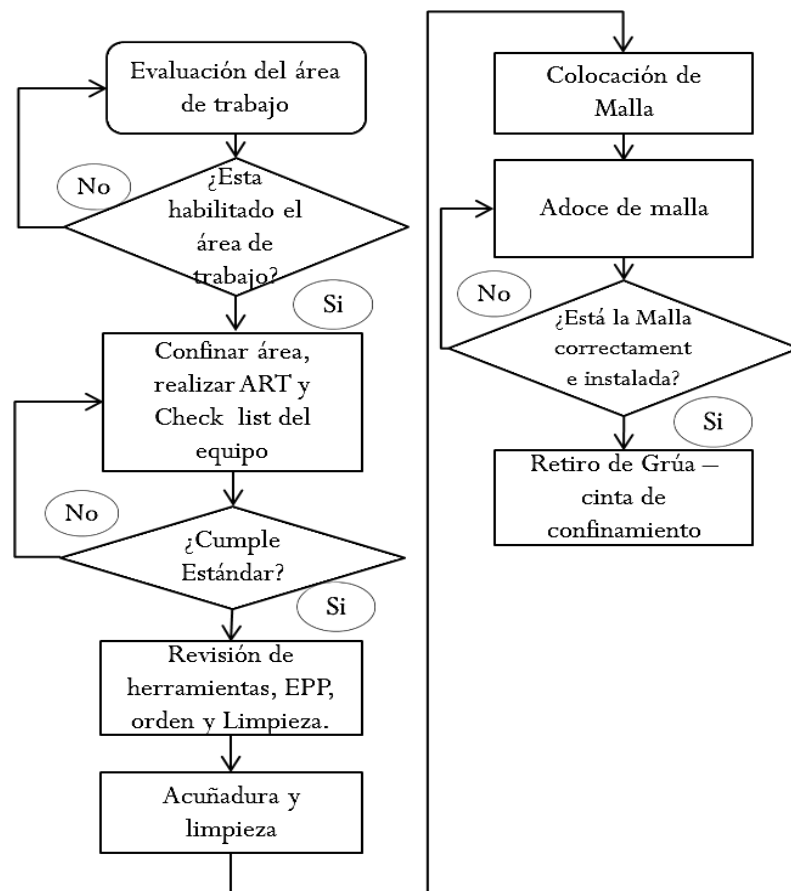


Figura 10 Flujograma de Puesta de Malla (Mas Errazuriz, 2015)

2.4.7 Hilteo de Mallas de Fortificación

Se confina el lugar de trabajo, se deberá reacuñar la zona si corresponde realizarlo. Para esta actividad se utilizara grúa con jaula de protección.

En el proceso de preparación el Hilteo corresponde a la instalación de tacos de concreto entre la malla y las paredes de la excavación asegurando que el espesor del Shotcrete lanzado sea uniforme en todos los sectores, instalando simultáneamente la malla de retención con pernos de refuerzo.

Terminada esta actividad, se retiraran todos los materiales e ingresará la maquina LHD a limpiar la zapatera (el LHD ingresará las veces que sea necesario hacerlo).

Las irregularidades que resulten de la tronadura (principalmente en el techo) y que el trabajador no alcance asegurar manualmente ajustando la malla lo suficiente a las paredes de roca, deberán ser fortificadas utilizando planchuelas y tuercas con la ayuda de un tubo de no más de un metro de largo con planchuela soldada en un extremo y del otro una plancha en forma de U, lo que permitirá apoyar el tubo a la estructura de la plataforma y el otro extremo a la malla, ajustándola a la roca usando el mecanismo de levante de la grúa.

En resumen, la figura 11 presenta el flujograma de Hilteo.

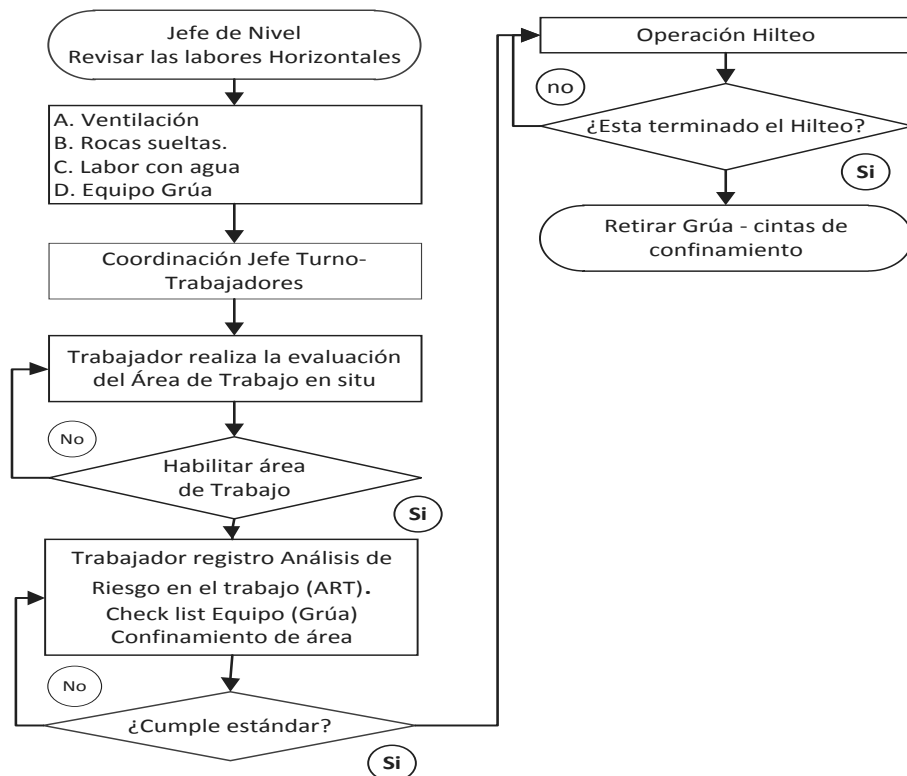


Figura 11 Flujograma de Hilteo (Mas Errazuriz, 2015)

2.4.8 Fortificación con Shotcrete

El operador debe verificar que el área definida para proyectar Shotcrete se encuentre previamente lavada con agua y sin elementos que pueden causar interferencia en la realización de la actividad (redes de servicios, cables, accesos a posturas¹).

El operador del Mixer transportara Shotcrete desde la planta de concreto hacia la obra, con el tambor mezclador en movimiento y será obligación del jefe de nivel de minería asignar a una persona encargada de la señalización para apoyar operaciones de retroceso.

Una vez posicionado el equipo Mixer en la tolva del equipo impulsor, el operador debe verificar el sellado del tambor mezclador con la tapa posterior, moviéndola, verificando que esta no se encuentre suelta para posteriormente abrirla paulatinamente y vaciar su contenido. Trasvasijar³ al Roboshot el aditivo de aceleración, tomando las medidas para controlar posibles derrames, se descargar Shotcrete a tolva de equipo impulsor teniendo la precaución de parquear Mixer y Roboshot, para evitar desplazamientos.

El "Culebrón" (manguera de alta presión 4" o 2") debe contar con acoples y sus cadenas de seguridad en buenas condiciones, además durante la proyección debe permanecer siempre estirado, para evitar obstrucciones, desacoples de pistón y reducir el desgaste.

El Shotcrete se debe proyectar en capas de 5 cm cada vez. La segunda capa debe proyectarse una vez se inicie el fraguado de la capa anterior, teniendo un espesor final de 7 cm.

La proyección debe hacerse en forma ascendente y en avance, rotando el pistón en pequeños círculos de trabajo y perpendicular a la superficie sobre la que se está proyectando, en ningún caso con inclinaciones mayores de 45 ° para evitar ondulación y rechazo del material. La distancia de proyección puede variar entre 0,60 y 1,80 m, según la presión de aire de trabajo.

Concluida la operación se deben retirar y lavar los equipos de trabajo en lugares autorizados. Así mismo se debe limpiar el Shotcrete que queda derramado y recolectar los materiales sobrantes.

En resumen, la figura 12 presenta el flujograma de fortificación con Shotcrete,

¹ Postura: Es el lugar de trabajo donde se lleva a cabo la actividad (Geovita, 2015).

² Trasvasijar: Traspasar a una vasija alguna sustancia.

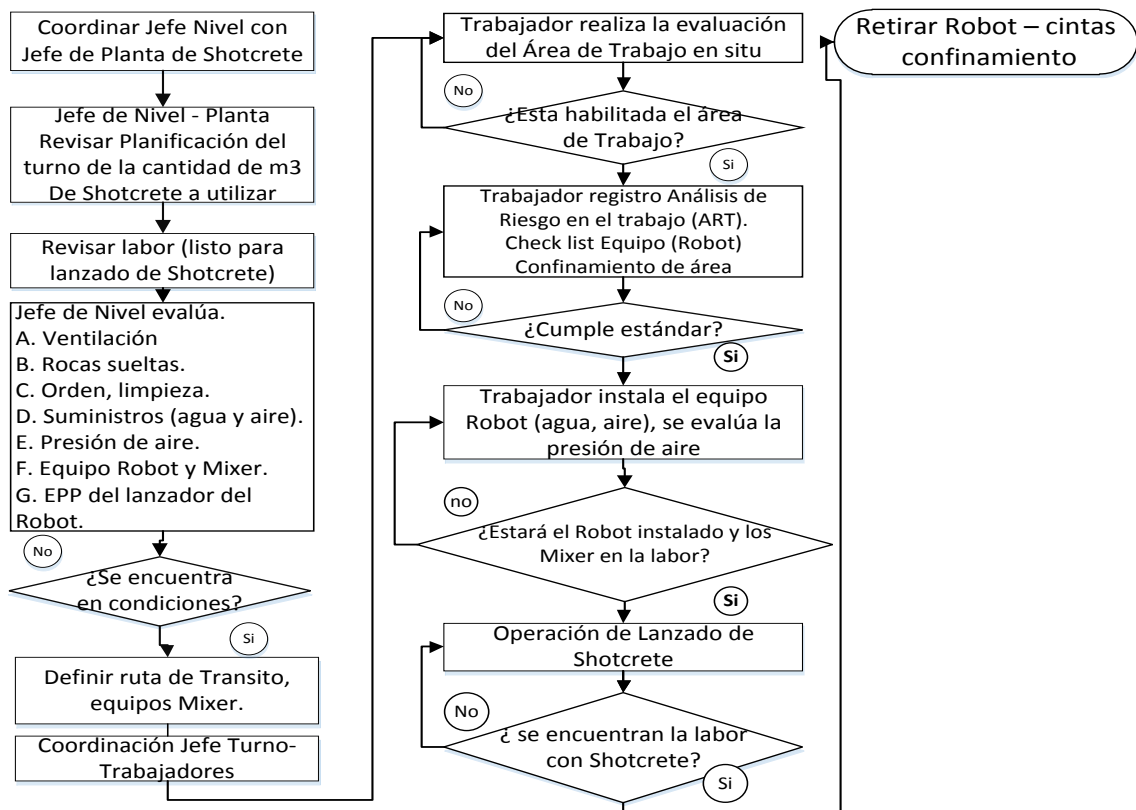


Figura 12 Flujoograma de Proyección de Shotcrete (Geovita, 2015)

2.4.9 Perforación de la frente

Se confina el sector de trabajo, luego se procederá a la instalación del jumbo en la frente de avance, se requiere la presencia del electricista de turno y/o operador de jumbo (quien deberá ser instruido por supervisor eléctrico, con respaldo escrito), quien es responsable de controlar la habilitación de energía eléctrica para el jumbo, tanto en el tendido del cable como en el procedimiento conexión y puesta en servicio. Al momento de realiza el tendido del cable se deben ser utilizar ganchos con chaqueta plástica aislante.

Una vez en la frente, el jumbo se posicionará utilizando gatos estabilizadores, antes de iniciar la perforación, se instalará una bomba de drenaje.

Se iniciará la perforación del diagrama de disparo, comenzando por las zapateras (brazo 1) y rainura (brazo 2). La longitud del brazo es de 14 ft y la longitud de perforación es de 3,8 m.

Una vez finalizada la perforación se debe recoger en forma mecanizada el cable de alimentación eléctrica del jumbo, evitando así sobreesfuerzo por parte del puntero y operador.

En resumen, la figura 13 presenta el flujoograma de perforación de frente.

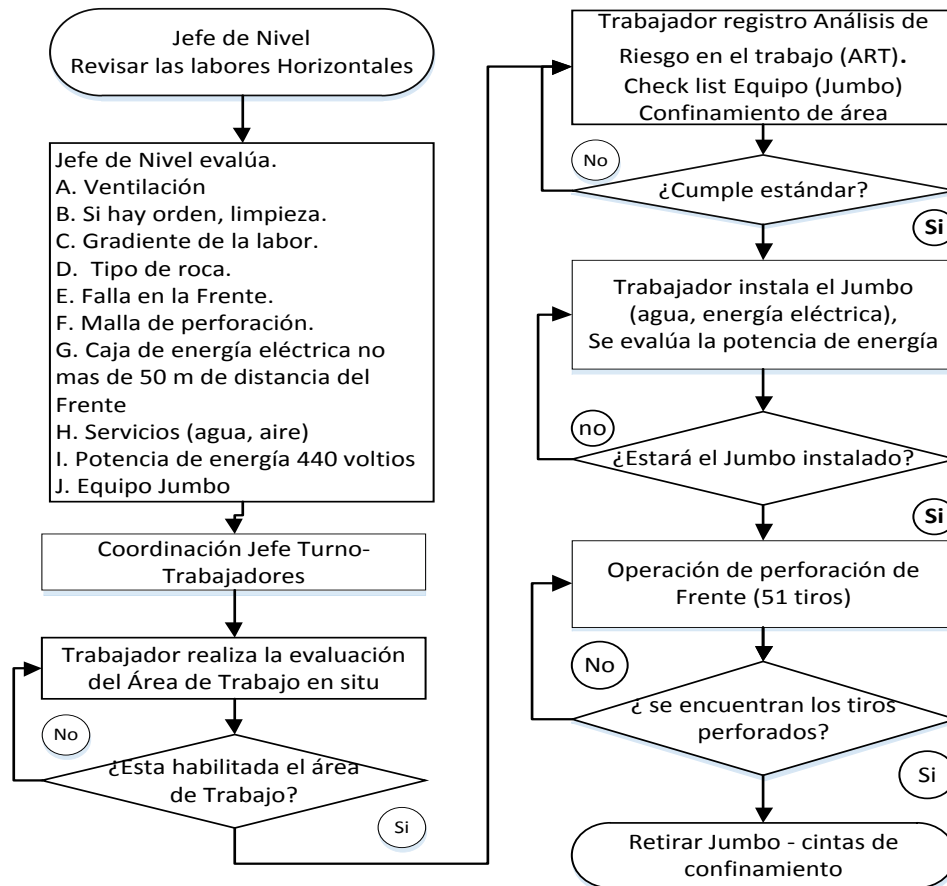


Figura 13 Flujograma de Perforación Frente (Geovita, 2015)

2.4.10 Carguío de frente

De acuerdo al diagrama de perforación correspondiente a la sección de la galería, el supervisor solicitará la cantidad de explosivo a la bodega de almacenamiento de T-sub 6 a través de vales. El retiro se efectuará en una camioneta debidamente acondicionada para el transporte de explosivos y autorizada por Sernageomin.

Para la manipulación, carguío y transporte de explosivos, se debe contar con personal que cuente con la respectiva licencia de manipulador de explosivos, con instrucción específica en el uso y manejo de los mismos.

Antes de cargar los tiros, se inyectará aire a presión en todas las perforaciones para eliminar el agua y los residuos sólidos que puedan impedir una carga de explosivo adecuada en las perforaciones.

Para el carguío de la frente, se empleará grúa con jaula con techo protector (con malla de seguridad). La secuencia de carguío será la siguiente:

- Distribuir los cebos, según secuencia de salida, en la boca de los tiros de arriba hacia abajo (a excepción de las zapateras que se cebarán y cargarán al final del proceso de carguío).
- Se introducirán los cebos en los tiros empleando coligue de largo adecuado, de arriba hacia abajo.
- Se procede a cargar los tiros con Anfo, de arriba hacia abajo.
- Los tiros ubicados en la periferia, cajas y coronas se cargan con Tronex como cebo, seguido de Softron y finalmente el taco.
- Los tiros de zapatera se rellenan con Tronex más taco.

El diseño de los diagramas de disparo contempla la siguiente distribución de explosivos:

- Cebo Tronex N° 2 de 1 1/8"x8".
- Zapateras Tronex N° 2 de 1 1/8"x8".
- Contorno Softron 11/16x20".
- Resto disparos Anfo.
- Iniciación No eléctrica.
- Rainuras Retardos de la serie MS.
- Resto disparo Retardos de la serie LP.

Se realizará un uso racional y controlado de los explosivos, con el fin de no producir mayores sobre excavaciones a las normalmente contempladas del 12%, debido a que este factor determina el costo de los precios unitarios en los desarrollos horizontales.

Finalmente, se conectarán los noneles al cordón detonante se retirarán todos los elementos sobrantes como envolturas, cajas de explosivos o explosivos sobrantes (quedará nota de ello en el libro de control de explosivos, indicando quien lo envía, cantidad y bodega a la cual es dirigido) y serán devueltas a la bodega de explosivos. Se retirarán instalaciones o elementos susceptibles a ser dañados con la tronadura, o se harán las protecciones necesarias para resguardarlos. En las frentes cargadas, se ubicará a una persona encargada de resguardar el disparo de iniciación.

Una vez cumplido lo señalado se informará al jefe de turno, quien solicitará autorización para iniciar la tronadura a personal de inspección de calidad para que autorice el carguío. Una vez autorizada la acción de inicio se conectan los dos extremos y fulminante de guías dirigido en dirección al disparo.

En resumen, la figura 14 presenta el flujograma de carguío de explosivo.

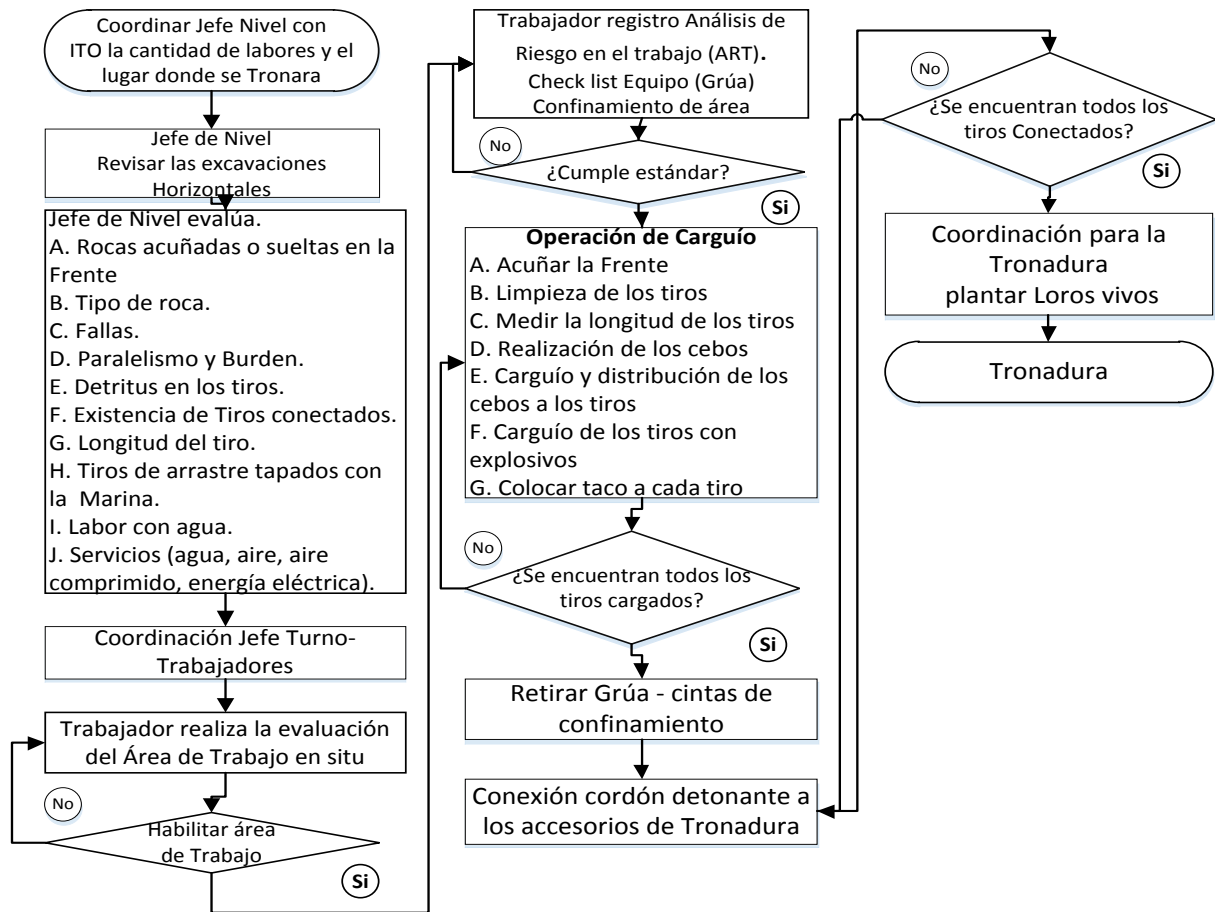


Figura 14 Flujoograma Carguío de Explosivo (Gardilic, 2015)

2.5. Ciclo de minado contractual de la empresa especializada Geovita

A continuación se indican en orden de ejecución las actividades que conforman el ciclo de minado de excavaciones horizontales

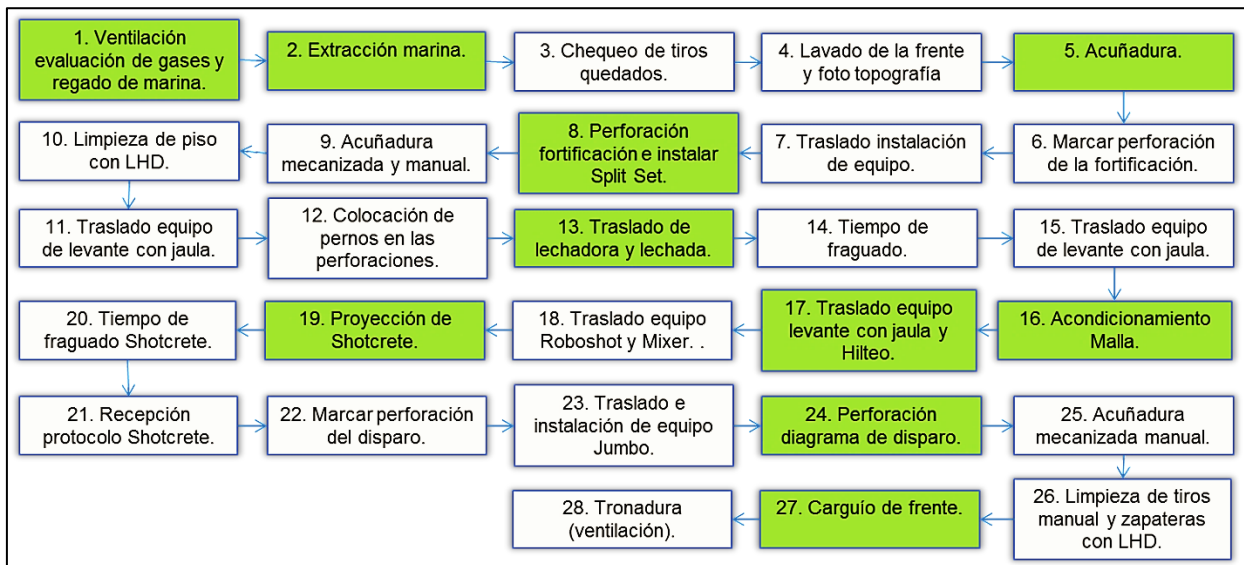


Figura 15 Flujoograma de Actividades en las excavaciones Horizontales (GOBM, 2015)

Las actividades resaltadas en color verde son aquellas que están directamente relacionadas con el proceso de minado en excavaciones horizontales, mientras que las restantes son aquellas concernientes al traslado de equipos y protocolo de recepción e instalación de sistemas de refuerzo y retención, siendo esta última actividad responsabilidad de la empresa Sierra y Plaza por medio del Inspector Técnico de Obras (ITO) minero que realiza el control de calidad.

En la Tabla 4 la empresa especializada Geovita indica los tiempos de ciclo de trabajo por turno y los rendimientos.

Ciclos de trabajo				
Horas Efectivas por Turno	6,3	6,3	6,3	6,3
Nivel	Hundimiento	Hundimiento	Producción	Producción
Sección Excavada	3,6 X 3,6	4,0 X 4,0	4,1 X 3,9	4,2 x 3,9
Tipo de Galería	Calle	Acceso	Zanja/ Batea	Calle/Zanja
Numero de Tiros Frente	46	53	57	54
Numero de Tiros para Cara Libre	3	3	3	3
Actividad	Tiempo (min)			
Marcación pernos Split Set	5	5	5	5
Perforación pernos Split Set	20	20	20	20
Instalación de pernos Split Set	15	15	15	15
Marcar frente	0	0	0	0
Instalar equipo de perforación	10	10	10	10
Tiempo de perforación de tiros frente	88	106	114	103
Tiempo de perforación de tiros para cara libre	15	15	15	15
Retiro de equipo de perforación	10	10	10	10
Instalación de equipo de carguío de frente	15	15	15	15
Limpieza de zapatera de frente	20	20	20	20
Cargar frente	60	60	60	60
Retiro de equipo de carguío de frente	20	20	20	20
Quema (Coordinar y aislar sector)	15	15	15	15
Tiempo de ventilación	60	60	60	60
Chequeo de gases	20	20	20	20
Riego de marina	20	20	20	20
Tiempo de drenaje	10	10	10	10
Retiro de marina	50	60	65	60
Acuñadura y Marcación para fortificación pernos	30	30	30	30
Perforación de tiros para pernos	90	90	90	90
Colocación de pernos	90	90	90	90
Tiempo de fraguado de pernos	120	120	120	120
Colocación de malla	90	90	90	90
Colocación de Shotcrete	60	60	60	60
Tiempos perdidos o de espera estimados	30	30	20	20
Total de ciclo teórico	16,05	16,52	16,57	16,3
Avance por disparo (metros por disparo)	3,5	3,5	3,5	3,5

Tabla 4 Tiempo de los ciclo de trabajo por turno (Geovita, 2015)

Para el ciclo de trabajo que comprende el avance de desarrollos horizontales el contrato indica un tiempo estimado de 6,3 hrs de trabajo efectivo por turno, tales

actividades se realizan en el nivel de hundimiento y producción, donde las secciones de galería inician desde 3,6 x 3,6 [m] hasta alcanzar unas dimensiones de 4,2 x 3,9 [m].

2.5.1 Tiempos contractuales disponibles para el trabajo

Item	Actividad	Tiempo [horas]
1	Jornada disponible Turno	9,6
2	Tiempo no efectivo de trabajo	3,31
2.1	Movilización barrio cívico a postura	0,33
2.2	Charlas -instrucción - ART	0,33
2.3	Desplazamiento interior mina	0,33
2.4	Alimentación	1
2.5	interferencia por reducción secundaria y destranque de piques	0,06
2.6	interferencia por quemadas cambio de turno	0
2.7	interferencia por polvorazos	0,33
2.8	interferencia por evento sísmico e hidrofracturamiento	0,11
2.9	interferencia por simulación de incendios	0,02
2.10	interferencia por cierre parcial o total de acceso	0,2
2.11	interferencias con otros contratistas y operaciones de Codelco	0,05
2.12	Otros propios	0,2
2.13	Retorno a zona de buses traslado personal	0,33
3	Total efectivo de trabajo turno	6,3

Tabla 5 Tiempos de todas las actividades desde llegada al barrio cívico hasta retorno en buses (Geovita, 2015)

Las jornadas de trabajo en el turno 1 y 2 son de 9,6 hrs, siendo el tiempo efectivo de trabajo para cada turno de 6,3 hrs, el tiempo no efectivo de 3,31 hrs. La evaluación de tiempos se realiza desde la llegada de los trabajadores al barrio cívico, contemplando el ingreso a su posición de trabajo, colación, vuelta a su puesto de trabajo, salida a barrio cívico y retorno a superficie en buses traslado.

2.5.2 Sobre excavación contractual

Dentro del contrato se define cuál es la sobre excavación esperada a la hora de realizar los avances horizontales. La figura 16 indica los elementos que conforman el diseño de cada sección de galería.

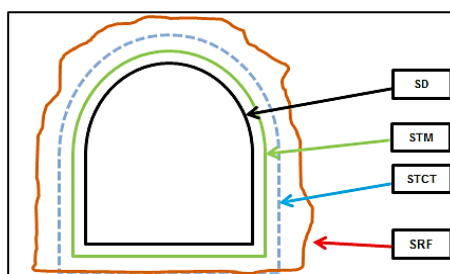


Figura 16 Sobre-excavación. Fuente (GOBM, 2015)

SD: Sección de Diseño: Sección indicada en los planos de diseño de excavación minera.

STM: Sección Teórica Media: Sección esperada producto de desviación de perforación (3°).

STCT: Sección Teórica con Tolerancia: Corresponde a la sección teórica media, más la tolerancia permitida, para cada sección, según tabla adjunta:

	3,6 x 3,6	4,0 x 4,0	4,0 x 4,5	5,0 x 5,0	5,0 x 6,0	6,0 x 6,0	6,0 x 7,0	7,0 x 7,0	7,0 x 8,0
SD [m ²]	11,57	14,42	18,28	22,57	27,32	32,39	38,14	46,42	53,35
STCT [m ²]	13,4	16,39	20,63	25,16	30,17	35,48	41,49	50,1	57,29
%	14%	12%	11%	10%	9%	9%	8%	7%	7%

Tabla 6 Porcentaje de sobre excavación por el tamaño de sección (GOBM, 2015)

SRF: Sección Real Final: Es el área promedio final obtenida a partir de secciones topográficas tomadas a 1,75 ml de cada disparo de avance. Se considera una longitud de perforación de 3,5 ml. Esta sección promedio final corresponde a la medida en un período de trabajo (mes) o una longitud definida (metros).

SE: Sobre excavación: Existe **SE** cuando la **SRF** es mayor a la **STCT**, para cada las diferentes secciones (GOBM, 2015).

2.5.3 Equipos de la Empresa Especializada GEOVITA

Estos son todos los equipos que están en actividad en el Nivel de Producción y Hundimiento de la mina Esmeralda con la Empresa Especializada Geovita.

N°	Equipos	Modelo	Codigo Geovita	N°	Equipos	Modelo	Codigo Geovita
1	Jumbo	S1 DH	E-149	18	Mixer	Universa 50	E-405
2	Jumbo	S1 D	E-278	19	Roboshot	Alpha 20	E-646
3	Jumbo	DD 2311-40	E-150	20	Roboshot	Alpha 20	E-650
4	Jumbo	DD 2311-40	E-164	21	Manipulador	533-105 T	E-267
5	Jumbo	S 7D	E-163	22	Manipulador	533-105 T	E-277
6	Jumbo	RB 282	E-152	23	Manipulador	533-105 T	E-273
7	Jumbo	M 2C	E-165	24	Manipulador	533-105 T	E-278
8	Jumbo	RB 282 S	E-156	25	Manipulador	533-105 T	E-271
9	Jumbo	RB 282 S	E-279	26	Manipulador	533-105 T	E-277
10	Scoop	ST-1030	E-339	27	Manipulador	533-105 T	E-279
11	Scoop	ST-1030	E-354	28	Manipulador	533-105 T	E-275
12	Scoop	ST-1030	E-362	29	Manipulador	533-105 T	E-276
13	Scoop	ST-1030	E-340	30	Manipulador	533-105 T	E-272
14	Mixer	Universa 50	E-401	31	Mini cargador	New holland	E-707
15	Mixer	Universa 50	E-402	32	Retro excavadora	JCB 3C	E-708
16	Mixer	Universa 50	E-403	33	Retro excavadora	New holland	E-709
17	Mixer	Universa 50	E-404	34	Retro excavadora	JCB 3C	E-710

Tabla 7 Set de equipos utilizados para desarrollos horizontales (Geovita, 2015)

2.6 Filosofía Lean

Lean es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica los tipos de desperdicios observados en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesamiento, inventario, movimiento y defectos. Esta filosofía indica que acciones no se deberían estar realizando, debido principalmente a que no agregan valor al cliente y tiende a eliminarlas.

Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la práctica total de las áreas operativas de fabricación: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro (Lean manufacturing, 2013)

Según Shinohara en 1988, una producción Lean tiene como base lo siguiente:

- La búsqueda de una producción que permita obtener productos de calidad utilizando la menor cantidad de equipos y trabajo posible, en el menor plazo y dejando la menor cantidad posible de productos sin terminar.
- Considera como desperdicio cualquier elemento que no contribuye a la calidad, precio o plazo de entrega requerido por el cliente y lucha por eliminarlos.

2.6.1. La Producción Como Cadena de Valor

El concepto de cadena de valor fue popularizado por Michael Porter en 1985. Este corresponde a un modelo de los procesos involucrados en la producción de una empresa, buscando agregarle valor al producto y satisfacer de esta manera las necesidades del cliente. El concepto es utilizado por las empresas para el desarrollo de la planificación estratégica y el aumento de la competitividad (Sergio A, 2012).

Se establece como principio que solamente las actividades de conversión son las que generan valor para el cliente, mientras que las de flujo a pesar de que puedan ser necesarias no lo hacen, en caso de que no sean necesarias se deben considerar como pérdidas en el sistema. El objetivo de la administración debe apuntar a hacer más eficientes a las actividades de conversión y minimizar o eliminar las de flujo (Koskela, 1992).

2.6.2. Conceptos y Aplicación

La implementación de la filosofía Lean en la construcción no es sencilla, el sistema convencional de producción se encuentra enraizado y genera mucha conformidad debido a que oculta sus pérdidas y rechaza las mejoras y cambios. Tradicionalmente se dice que existen ciertas peculiaridades en la industria de la construcción que la diferencian de otros rubros, estas son: unicidad de los proyectos, producción en terreno, administración temporal e intervención regulatoria de las autoridades. (Sergio A, 2012)

Dichas peculiaridades no impiden la aplicación de la filosofía lean en ningún caso, pero deben realizarse esfuerzos por mitigar los problemas que estas acarrearán. (Koskela, 1992) propone soluciones alineadas con la estandarización y sistematización del trabajo, utilización de piezas y partes pre-fabricadas, uso de tecnología de la información y fortalecer el grupo de trabajo, entre otros.

2.7 Mapeo de la cadena de valor MC

El Mapeo de Cadenas de Valor es una herramienta que sirve para ver y entender un proceso e identificar sus desperdicios. Permite detectar fuentes de ventaja competitiva, ayuda a establecer un lenguaje común entre todos los usuarios del mismo y comunica ideas de mejora. Es la técnica de dibujar un “mapa” o diagrama de flujo, mostrando como los materiales e información fluyen “puerta a puerta” desde el proveedor hasta el Cliente y busca reducir y eliminar desperdicios. (Lean Manufacturing, 2013).

La metodología Lean fue creada para la industria manufacturera para detectar y eliminar las pérdidas en un sistema de producción por Womack y Jones (1996)

Lean utilizada para detectar y eliminar las pérdidas en un sistema de producción, su metodología se construyó con el objeto de aplicarla a la industria manufacturera. El esquema de implementación de la herramienta se resume en la figura 17.

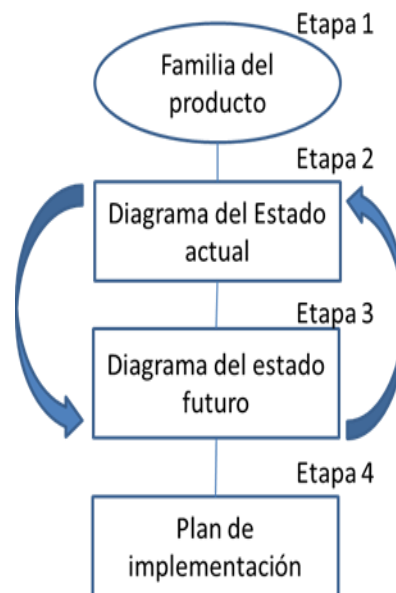


Figura 17 Etapas del mapa de cadena de valor (Lean Thinking, 1996)

La metodología comienza con elegir una familia de productos dentro de todas las que se producen en el lugar de trabajo y enfocar el análisis sólo en esta. Luego, se pasa a mapear la situación de producción actual, esto se realiza recorriendo físicamente la cadena de valor y registrando datos en terreno que permitan obtener indicadores del estado del proceso.

Dentro de los típicos indicadores utilizados se encuentra el tiempo de ciclo, tamaño del lote, tiempo de valor agregado, tiempo de espera, porcentaje completo y preciso, etc.

El mapa debe representar fielmente tanto el recorrido de cada unidad de producto a través de la cadena de valor como el de la información que circula entre el control de producción (interno) y los proveedores, clientes o entes reguladores. El recorrido de las unidades de producto se dibuja en la mitad inferior del mapa y fluye de izquierda a derecha, comenzando con el transporte de material desde proveedor hasta la entrega al cliente.

El flujo de información se dibuja en la mitad superior, de derecha a izquierda, surgiendo desde el cliente hasta llegar al proveedor, los diagramas se deben realizar con una simbología estándar (Rother y Shook, 1999).

La confección de los mapas no sirve de nada sin el análisis posterior y la obtención de conclusiones útiles. Uno de los aspectos más importantes al analizar el

estado actual de la cadena es la identificación de pérdidas. Típicamente se identifican 7 pérdidas productivas distintas para la industria manufacturera:

- 1- Sobre-producción
- 2- Inventarios
- 3- Errores y defectos
- 4- Esperas
- 5- Movimientos y Transporte
- 6- Sobre-procesamiento
- 7- Personal Ocioso.

Se pretende que el estado futuro no tenga dichas pérdidas y que las mejoras introducidas al proceso apunten a ir reduciéndolas con metas aterrizadas y muy claras, detectables por los indicadores de los mapas. Se debe intentar crear un flujo continuo, reduciendo la cantidad de pasos o fusionando unos con otros, eliminando interrupciones, reduciendo los lotes y siguiendo un ritmo estable y definido por los requerimientos del cliente (Rother y Shook, 1999).

2.8 Diagrama de Ishikawa

Es una herramienta grafica de LEAN que permite representar las causas conducentes a un efecto dentro un proceso, separa e identifica la causa raíz de un problema cuando estas son varias.

El objetivo de esta herramienta en esta investigación es identificar las fuentes más relevantes de un problema, para poder en una etapa posterior, orientar el foco de mejoramiento en estas causas.

El diagrama de Ishikawa identifica causas (Materiales, maquinas, mano de obra, métodos, mediciones, medio ambiente) de problemas secundarios hasta tener una explicación gráfica del problemas en su totalidad, mostrando relaciones y jerarquías entre.

2.9 Conclusiones del capitulo

Al principio de este capítulo se detalla de cómo se realiza cada actividad de las excavaciones horizontales, esto nos sirve para entender cómo se ejecuta el ciclo de minado para poder tronar una frente y multifrentes. Lean persigue un sistema de producción sin perdida, el Teniente ya estado trabajando con esta filosofía para poder entender que es lo que se necesita para producir sin perdida y elige el Mapa de Cadena de Valor porque son todas aquellas acciones tanto como las que agregan y no agregan valor para llevar un producto desde insumos hasta un producto terminado.

Capítulo 3. Metodología de implementación del MCV

En el presente capítulo se desarrollan las adaptaciones pertinentes al mapa de cadena de valor del ciclo de minado, definiendo los valores a calcular y los datos a recopilar en terreno. Además se detalla el procedimiento para obtener y registrar estos datos y la metodología de cálculo establecida para cada indicador (Rosenbaum, 2012). En la figura 18 se muestra las cuatro etapas del MCV a desarrollar.

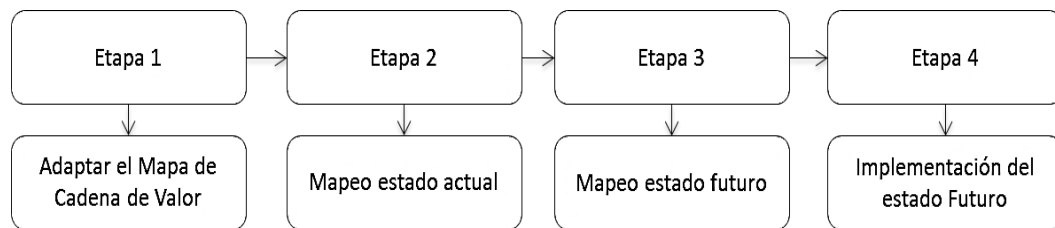


Figura 18 Etapas del Mapa de cadena de Valor

3.1. Adaptaciones al MCV

Para lograr una adecuada implementación del MCV a las excavaciones de los desarrollos horizontales es necesario realizar ciertas adaptaciones y decisiones previas, los pasos para adaptar la metodología son:

- a- Elegir la familia de productos a estudiar.
- b- Elegir los procesos involucrados en la cadena de valor.
- c- Definir unidades fluyendo por la cadena de valor.
- d- Definir formato y simbología de los mapas.
- e- Definir indicadores a considerar.
- f- Establecer metodología de recopilación de datos en terreno.

La familia de procesos a analizar se referencia en la figura 19 donde se define los procesos de las actividades que se está estudiando.

Se identifican cuáles son las unidades que fluyen dentro del proceso productivo. En este caso es el ciclo de minado el que se denomina unidad de flujo y depende del elemento constructivo a mapear.

Las unidades de medida se presentan en la tabla 8.

Actividades	Unidades
Ventilación	m ³
Extracción de marina	m ³
Acuñadura	m ²
Perforación de fortificación	m ²
Lechado y colocación de perno	ml
Colocación de Malla	m ²
Hilteo	m ²
Proyección de shotcrete	m ²
Perforación frente	ml
Carguío de explosivo	m ³
Avance de la galería	ml

Tabla 8 Unidades de medidas de los procesos de excavaciones horizontales.

3.2 Formato y simbología de los mapas

La Figura 19 presenta los pasos necesarios para definir el estado actual de la cadena de valor.

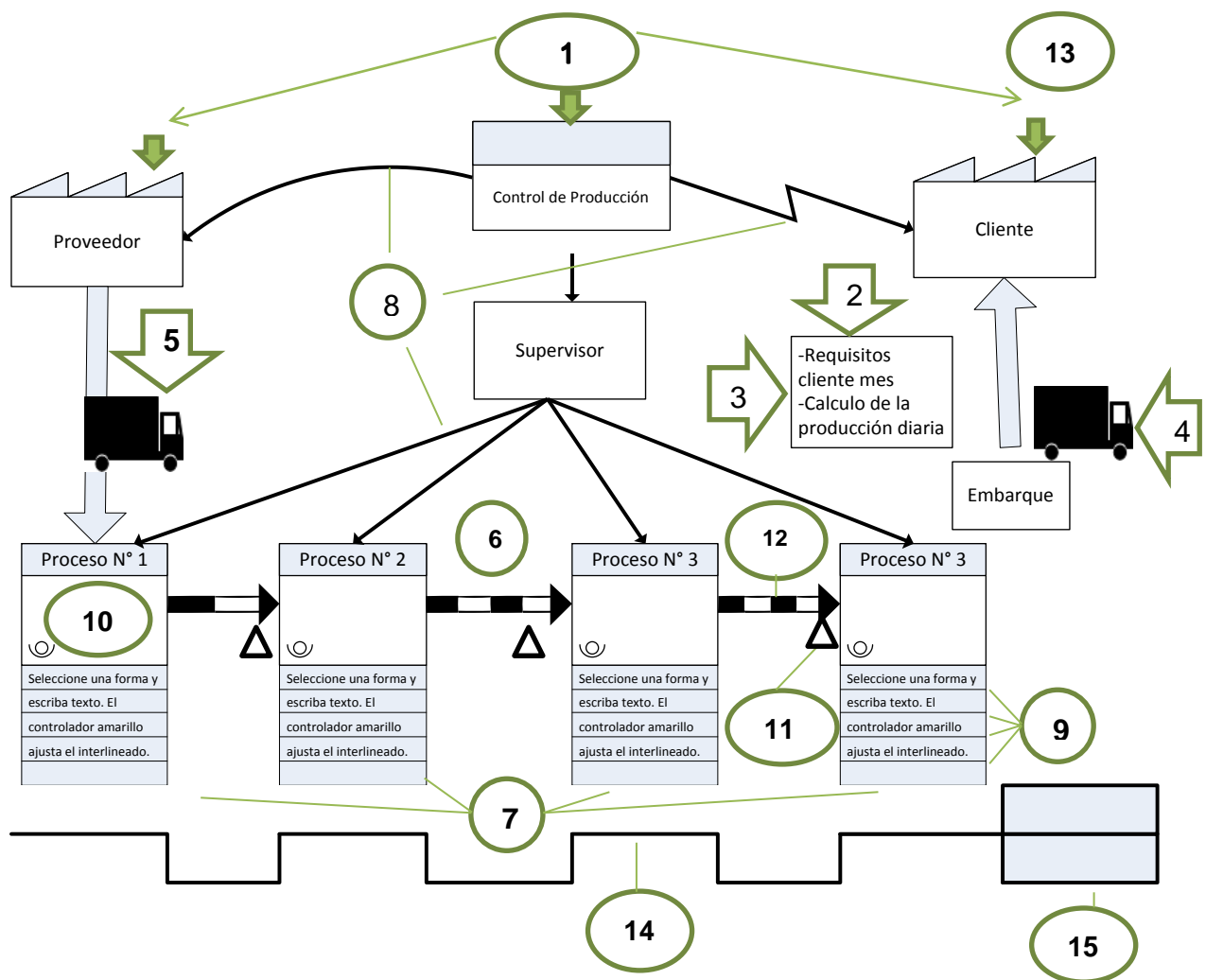


Figura 19 Pasos para realizar el estado Actual (VSM, 2013)

1. Asignar los iconos correspondientes a clientes y proveedores; para este caso se considera como cliente a la Gerencia Obras Mina (GOBM) y como proveedor a la Empresa especializada Geovita.
2. Identificar los requerimientos del cliente por mes/día. Los requerimientos son la cantidad de metros lineales de galería tronada que se encuentran establecidos en la planificación de las actividades.
3. Calcular la producción diaria y los requisitos de producción; la producción diaria es la medición que realiza la empresa especializada, identificando la cantidad de frentes a tronar por día. Los requisitos corresponden a los recursos que deben estar disponibles para la completa ejecución de actividades (energía eléctrica, agua, aire de ventilación, aire comprimido, equipos, herramientas, personas calificadas y no calificadas).
4. Asignar iconos logísticos indicando la respectiva frecuencia de entrega; La frecuencia de entrega corresponde a dos turnos, debido a que es el tiempo en que se desarrolla el ciclo de una frente de avance.
5. Determinar el icono que entra a recibo, el camión y la frecuencia de entrega; en este paso se deben indicar los equipos que se distribuyen para realizar cada actividad y también las herramientas e insumos.
6. Agregar las cajas de procesos en secuencia, de izquierda a derecha; se indican en orden los procesos llevados a cabo a la hora de realizar los desarrollos horizontales. Inicia desde la ventilación y finaliza en la tronadura propiamente dicha.
7. Agregar la información importante debajo de cada proceso y la línea de tiempo debajo de las cajas.
8. Agregar las flechas de comunicación e indicar los métodos y frecuencia; se proponen los tipos de comunicación mediante los cuales se debe transmitir la información correspondiente a las actividades a realizar (órdenes directas, ordenes por correo, protocolos)
9. Obtener los datos de los procesos y agregarlos a las cajas de datos; corresponde a la información recolectada en terreno de cada proceso, actividad, equipos ubicados en los frentes de avance.
10. Agregar los símbolos y el número de los operadores; se detallan los equipos y número de operadores.
11. Agregar los sitios de controles como el Análisis de riesgo de la tarea (ART) y los controles de calidad que lo realiza la empresa Sierra y Plaza.
12. Agregar las flechas de empuje; es el tiempo que toma el cambio de frente de trabajo por parte de trabajadores o equipos. Según el ciclo de minado.
13. Agregar la información correspondiente a los tiempos medidos en el transcurso del turno día, sin considerar el tiempo de descanso y tiempo disponible; corresponde al tiempo no efectivo de trabajo (colación, tiempos de traslado).

14. Adicionar las horas de trabajo de valor agregado y tiempo de entrega en la línea de tiempo ubicada al pie de los procesos; la información ubicada en los recuadros superiores corresponde al tiempo productivo [TP] más el tiempo que contribuye a realizar la actividad [TC]. La información ubicada en la parte inferior corresponde al tiempo no contributivo [TNC] (Despilfarros).
15. Calcular el tiempo de ciclo de valor agregado total y el tiempo total del procedimiento; Es el tiempo del ciclo total [TCT] que toma realizar un avance de tronadura de 3,8 metros.

Se presenta la tabla 9 la simbología del VSM.

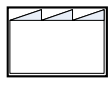

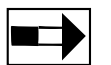
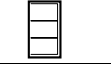

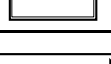
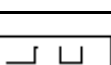
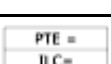





Simbolo	Nombre	Significado
	Agente externo	Representa un proveedor o cliente
	Actividad	Representa una actividad procesando unidades
	Flujo empujado	Representa unidades siendo empujadas por la producción de una actividad
	Supermercado	Representa supermecardo Kanban
	Inventario	Representa el inventario
	Control de producción	Representa la entidad en control de la producción
	Información manual	Representa el flujo de información por medios manuales
	Línea de tiempo	Muestra en sus valles el tiempo de actividad que agregan valor y en los momentos en las que no
	Casilla de datos	Contiene los indicadores correspondiente a la actividad
	Transporte	Representa el transporte de material de un lugar externo, al sitio de obra
	Kanban de retiro	Representa el flujo de tarjetas Kanban de retiro
	Evento Kaizen	Representa un evento Kaizen y las mejoras a implementar
	Operario	Representa un trabajador ejecutando una actividad

Tabla 9 Simbología de los mapas (Hernández M, 2013)

La Figura 20 presenta a modo de ejemplo un mapa de cadena de valor del proceso de perforación (Rother y Shook 1999). A continuación, se presenta el detalle de los distintos sectores demarcados en el mapa:

1 Sector de materiales y herramientas: Incluye las distintas materiales ingresando al sistema transportadas desde la bodega de la empresa especializada Geovita hasta el sitio de la obra o postura.

2 Sector de flujos de información: Incluye los distintos flujos de información entre los actores involucrados a través de flechas que van de derecha a izquierda.

3 Sector de salida de productos: Incluye los productos ya procesados (en este caso los metros lineales de la perforación de los tiros barrenados, paralelismo y espaciamiento) por la cadena de valor entregándose a sus clientes respectivos.

4 Sector de ayudas de lectura: Incluye el cuadro de nombres cortos para los indicadores.

5 Sector de flujos de material: Incluye las unidades de productos fluyendo de izquierda a derecha a través de las distintas actividades de la cadena de valor. Cada casilla de actividades tiene asociada una casilla de indicadores en donde se muestran todos los indicadores calculados para dicha actividad. Las actividades se enlazan a través de un símbolo que indica el tipo de flujo de producción (ya sea flujo empujado, halado, continuo).

6 Sector de línea de tiempo: Incluye la línea de tiempo de la cadena de valor y la casilla con los indicadores de tiempo finales, el tiempo de ciclo total (TCT), tiempo productivo (TP) y porcentaje del tiempo productivo (PTP).

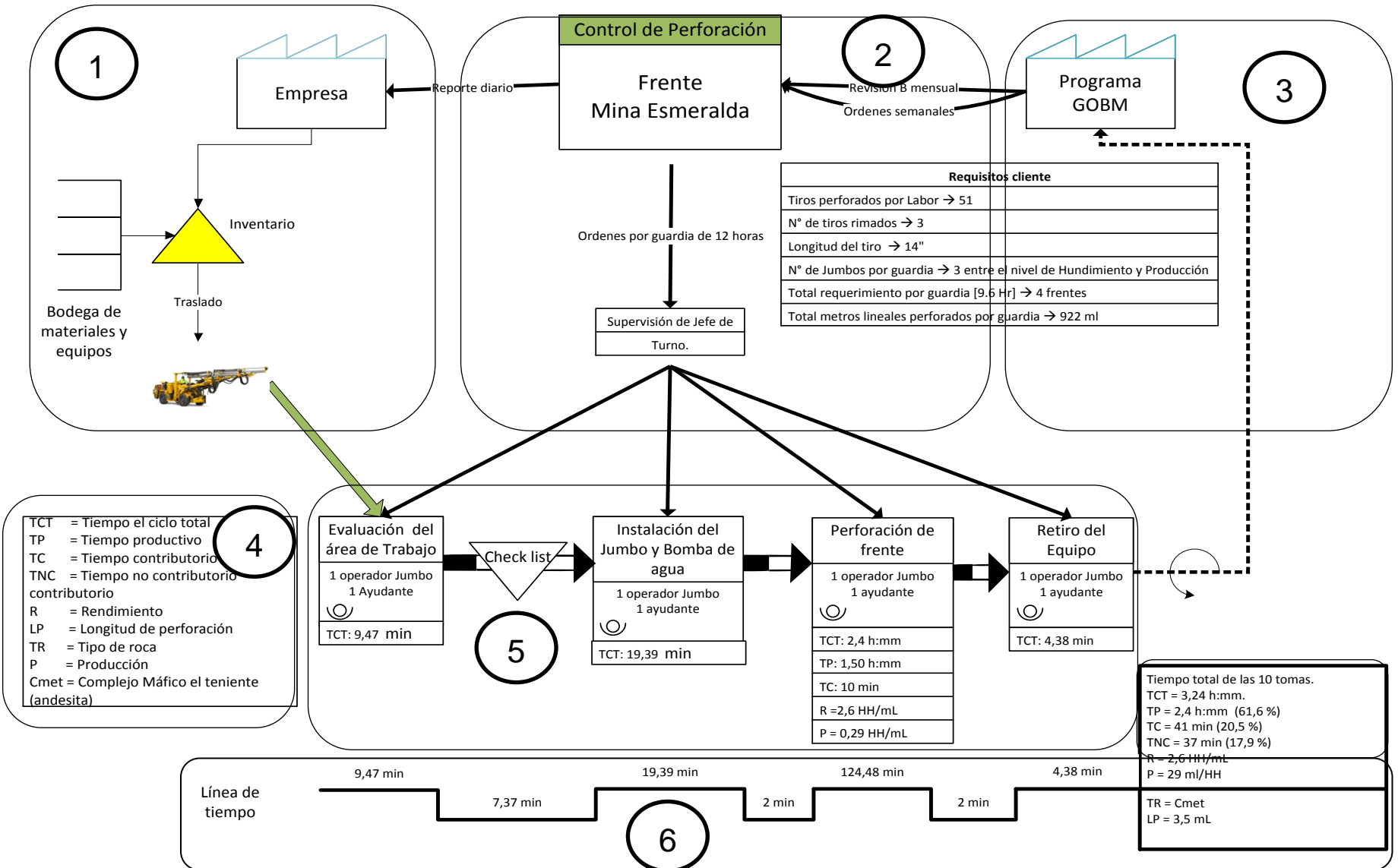


Figura 20 Mapa de cadena de valor para el proceso de perforación (Rother y Shook, 1999)

La tabla 10 presenta los datos a medir en terreno y la tabla 11 los indicadores que serán incluidos en los mapas.

Nombre	Un.	Significado
Fecha de inicio	dd:mm	Fecha de inicio de la actividad constructiva.
Fecha de Término	dd:mm	Fecha de término de la actividad constructiva.
Tiempo de inicio	h:mm	Tiempo de inicio de la actividad constructiva
Tiempo de termino	h:mm	Tiempo de término de la actividad constructiva.
Tiempo de Esperas	min.	Tiempo de esperas durante el monitoreo de la actividad.
Tiempo de Preparativos	min.	Tiempo de actividades preparativas.
Tiempo de actividades preparativas.	Un.	Número de operarios involucrados en la actividad.
Perímetro	mL	Perímetro del elemento constructivo
Superficie	m2	Área normal a la horizontal del elemento constructivo
Superficie de Contorno	m2	Área normal a la vertical del elemento constructivo.
Altura	mL	Altura del elemento constructivo.
Volumen	m3	Volumen del elemento constructivo.
Tiempo de Hormigonado	h:mm	Tiempo de inicio del vertido de hormigonado.
Tiempo de evaluación del área	h:mm	Tiempo donde se evalúa el área de trabajo
Tiempo de confinamiento	h:mm	Tiempo de segregación donde se realiza la actividad
Tiempo de habilitación del área	h:mm	Tiempo de orden y limpieza

Tabla 10 Datos a medir

Nombre	Abrev.	Un.	Significado
Duración	D	min	El tiempo que tarda en realizarse una actividad por unidad de flujo.
Porcentaje del tiempo productivo	PTP	%	Corresponde a la porción de tiempo sobre la duración de una actividad.
Porcentaje del tiempo contributorio	PTC	%	Corresponde a la porción de tiempo sobre la duración de una actividad, en la cual se está realizando trabajos preparativos.
Porcentaje del tiempo no contributorio	PTNC	%	Corresponde a la porción de tiempo sobre la duración de una actividad, en la cual no se realiza trabajo.
Rendimiento	R	HH/mL	Avance directo obtenido por cantidad de horas-hombres invertidas. Cuantifica la eficiencia de la mano de obra.
Tiempo del ciclo total	TCT	h:mm	Tiempo de todo el proceso
Tiempo productivo	TP	h:mm	Es el Trabajo de las actividades que son necesarias y suficientes para dar avance
Tiempos Contributorios	TCT	h:mm	Es el trabajo de las actividades que son necesarias pero no suficientes para dar avance al proyecto.
Tiempos No Contributorios	TNC	h:mm	Es el trabajo de las actividades que no dan avance al proyecto.

Tabla 11 Indicadores de productividad

Se calcularon los distintos indicadores para cada elemento monitoreado en terreno. Los indicadores finales se definieron como el promedio obtenido a partir de todas las mediciones realizadas. Se entrega el detalle para el cálculo de los indicadores de productividad descritos a continuación.

Tiempo de Ciclo Total (TCT): Para obtener el tiempo de ciclo total se deben sumar las duraciones de todas las actividades del desarrollo horizontal en el turno.

Porcentaje de Tiempo Productivo (PTP): Se calcula como el porcentaje de tiempo que representa el tiempo productivo TP sobre el tiempo del ciclo total.

$$(Ec. 1) \quad PTC = \frac{TP}{TCT} \times 100$$

Porcentaje de Tiempo Contributorio (PTC): Se calcula como el porcentaje de tiempo que representa el tiempo contributorios TC sobre el tiempo del ciclo total.

$$(Ec. 2) \quad PTC = \frac{TC}{TCT} \times 100$$

Porcentaje de Tiempo No Contributorio (PTNC): Se calcula como el porcentaje de tiempo que representa el tiempo No contributorios TNC sobre el tiempo del ciclo total.

$$(Ec.3) \quad PTC = \frac{TNC}{TCT} \times 100$$

Producción (P): El rendimiento se calcula dividiendo el tiempo de unidades de flujo procesadas por la actividad sobre las horas-hombre invertidas.

$$(Ec.4) \quad P = \frac{\text{Actividad en metros lineales}}{\text{número de operadores x horas de trabajo}} = ml/HH$$

Rendimiento (R): El rendimiento se calcula dividiendo el número de trabajadores por horas trabajadas entre el tiempo de unidades de flujo procesadas por la actividad.

$$(Ec.5) \quad R = \frac{\text{número de operadores x horas de trabajo}}{\text{Actividad en metros lineales}} = HH/ml$$

3.3 Definición de la metodología de recopilación de datos en terreno

La metodología contempla analizar cómo funciona el ciclo de minado, identificando que medir, como medir, cantidad y tipos de equipos utilizados, interferencias, planificación anual, Plan B de la Gerencia Obras Mina (GOBM) y cuál es el requerimiento de tronaduras por día (mensura).

Hay que recordar que el éxito de la presente investigación depende de la confiabilidad de los datos entrada, así que el análisis realizado se basa en la información correspondiente a estos 6 turnos consecutivos.

Para cada elemento constructivo deben realizar mediciones, con el fin de obtener valores promedio de los parámetros necesarios para el cálculo de los indicadores a incluir en los mapas de cadenas de valor.

Equipos: Para la realización de las mediciones en terreno se debe utilizar cronómetro con el propósito de medir los tiempos de ejecución de las actividades.

Método de registro: Para registrar las mediciones de las distintas actividades de los desarrollos horizontales se incluyen todas las tareas desde el ingreso a la postura hasta la finalización de la misma.

Casilla de datos principales: Incluyen las principales medidas a realizar en cada actividad constructiva, ver Tabla 12.

N°	Descripción	Toma 01
	Fecha y Nivel de trabajo	_____
	Labor	_____
	Hora de Inicio de la actividad	h:mm
	Hora Final de la actividad	h:mm
1	Inspección del área a trabajar	min
2	Registro Check list	min
4	Aislamiento del área a trabajar	min
3	Limpieza de marina	min
4	Limpieza hastiales y zapatera	min
a	Tiempos productivos	h:mm
b	Tiempos contributorios	h:mm
c	Tiempos No contributorios	h:mm
Total tiempo en minutos [min]		h:mm

Tabla 12 Formato ejemplo de toma de datos de los procesos constructivos

Casilla de datos de los porcentajes de los tiempos en cada actividad.

% de los tiempos de Carguío de Marina				
N°	Actividad	TP %	TC %	TNT %
1	Nombre de la actividad			
2				
3				
.				
.				
.				
	Promedio Global de la Actividad			

Tabla 13 Formato ejemplo de los porcentajes en cada proceso

Casilla del tiempo No contributorio o tiempos que no agregan valor a la actividad.

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Nombre de la actividad	1		min
	2		min
	3		min
	.	.	min
	.	.	min
	.	.	min
Tiempo promedio [min]			min

Tabla 14 Formato ejemplo de tiempos No contributorios de los procesos

3.4 Detalles de la toma de datos

La medición de los tiempos de ejecución de los procesos constructivos de las excavaciones horizontales en los niveles de hundimiento y producción se realiza del 21 agosto al 20 de octubre del 2015.

El primer mes se analiza cómo funciona el ciclo de minado, identificando que medir, como medir, cantidad y tipos de equipos utilizados, interferencias, planificación anual, Plan B de la Gerencia Obras Mina (GOBM) y cuál es el requerimiento de tronaduras por día (mensura).

La toma de datos la ejecutaron 4 personas coordinando turno a turno todas las obras mineras con los jefes de turno y de nivel, esta actividad tuvo la duración de 40 días, empleando solo 3 días como referencia, esto debido a que para cada toma de datos no fue posible realizar completo seguimiento a 6 turnos, esta dificultad se debe a que existen 32 equipos activos, además de 22 frentes donde rotan los equipos con sus respectivas cuadrillas de trabajo generando un volumen considerable de información a recolectar. Los datos obtenidos se recopilaron en frentes múltiples los días 6, 7 y 8 de octubre del 2015.

La tabla 15 presentan las frentes donde se llevaron a cabo tronaduras durante los tres días de recolección de información. Al mes se programan en promedio 25 frentes de trabajo en los niveles de hundimiento y producción de la Mina Esmeralda, con el fin de que el contratista pueda rotar sus actividades.

Tronaduras	Día.	Día	Día
	06-oct	07-oct	08-oct
Frente	Nivel de Hundimiento		
1	C-45 Norte Acc-5	Calle 27 Sur XC-5	C-45 Norte Acc-5
2	C-43 Sur Acc-5	XC Acceso 6 HW C31	C-43 Sur Acc-5
3	C-29 S XC-5	XC Acceso 6 FW C31	C-27 SUR XC-5
4	Rampa N°2 FW		XC Acc 6 HW C31
	Nivel Producción		
5	C-43 al Sur Z40	Z-47 al Fw C-55	C-43 al Sur Z-40
6	C-47 al Sur Z-49	Z-50 al HW C-43	C-47 al Sur Z-49
7	C-51 al Sur Z-44	Z-50 al FW C-43	Z-47 al Hw C-27
8	Z-41 HW C45	Z-50 al HW C-47	Z-48 al Hw C-27
9			Z-50 al Hw C-59
10			Z-52 al HW C-35

Tabla 15 Mensuras (Geovita, 2015)

Para alcanzar los avances esperados el contratista cuenta con 3 set de equipos, cada set contiene 2 Jumbos frontales, 2 Mixer, 2 Scoop, 1 Roboshot, 4 manipuladores y 1 retroexcavadora. Dos sets de quipos se ubican en el nivel de producción y un set en el nivel de hundimiento.

Para realizar el análisis de resultados para el turno día y turno noche del día 6 de octubre, se evalúa los datos correspondientes a los frentes tronados el día anterior (5 de octubre), con la finalidad de tener información en que actividad se encuentran las posturas.

3.5 Resultado de la Toma de Tiempos en las Excavaciones Horizontales, en una frente de trabajo

A continuación se presenta los resultados promedios de la toma de tiempos de cada actividad del ciclo de minado de las excavaciones horizontales. En la tabla 16 se encuentran cada una de las actividades del ciclo de minado con sus tiempos promedios.

Tiempos Promedios de cada toma en cada Proceso del ciclo de Minado en minutos [min]												Tiempo
N°	Procesos	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10	Promedio
1	Ventilación	124,5	132,6	100,3	131,8	143,3	103,9	105,2				120,2
2	Extracción de marina	137,2	136,9	150,4	152,1	136,5	134,7	215,0	199,1	151,0	137,2	155,0
3	Acuñadura	78,2	111,0	97,7	127,0	81,0	94,0	109,7	79,7	85,1	86,1	94,9
4	Perforación Perno y Splitset	194,0	204,3	363,2	195,1	179,6	172,7	209,1	183,5	169,4	217,1	208,8
5	Lechado de Pernos	90,0	93,6	92,2	135,8	133,0	122,9	95,3	93,8	105,1	109,0	107,1
6	Instalación de malla	83,2	99,2	104,5	94,9	125,1	95,2	148,5	81,2	112,7	119,8	106,4
7	Hilteo	126,9	117,0	130,3	92,1	135,9	128,0	104,5	107,1	131,1	135,0	120,8
8	Shotcrete	95,7	97,9	104,1	100,0	110,9	105,4	96,2	115,0	107,9	119,2	105,2
9	Perforación Frente	195,7	243,5	184,0	177,3	196,1	208,9	238,3	197,6	208,6	192,0	204,2
10	Carguío de Explosivo	107,7	89,2	92,3	107,7	108,3	119,5	107,6	106,6	103,1	103,2	104,5
Tiempo promedio total del ciclo de minado												1327,2

Tabla 16 Tiempos promedios del ciclo de minado

En la columna izquierda se encuentran las actividades que conforman el ciclo de minado de los desarrollos horizontales, mientras que en las filas se encuentran los tiempos medidos en minutos (T-1...T-10). En la columna del lado derecho se presenta el promedio de tiempo medido para cada actividad. Finalmente se tiene que el tiempo de ciclo de minado promedio es igual a 22,1 hrs.

Se observa que para la actividad de ventilación solo fue posible realizar 7 mediciones en los tres días elegidos, mientras que para el resto de actividades fue posible realizar 10 mediciones en diferentes frentes.

Las mediciones detalladas de todas las actividades del ciclo de minado se encuentran en el Anexo N° 01.

3.5.1 Discriminación de tiempos que conforman cada actividad perteneciente al ciclo de excavaciones horizontales

La tabla 17 presenta los tiempos del ciclo total del ciclo de minado, indicando los tiempos productivos (TP), tiempos contributorios (TC) y tiempos no contributorios (TNC)

Tiempos Promedios de los Procesos en minutos [min]				
Actividad	TP	TC	TNC	TCT
Ventilación	30,0	0,0	90,2	120,2
Carguío de Marina	97,8	19,0	38,2	155,0
Acuñadura	57,6	20,4	17,0	94,9
Perforación Perno y Split Set	137,8	36,6	34,4	208,8
Lechado de Pernos	68,5	28,8	9,8	107,1
Puesta de Malla	65,4	24,7	16,3	106,4
Hilteo	80,3	21,3	19,2	120,8
Shotcrete	51,1	36,0	18,1	105,2
Perforación Frente	125,0	41,7	37,5	204,2
Carguío de Explosivo	78,5	18,7	7,4	104,5

Tabla 17 Tiempos promedios totales

Se observa que el (TNC) más prolongado son las actividades de: Ventilación 90,2 [min], carguío de marina 38,2 [min], perforación para instalación de pernos 34,4 [min] y perforación de la frente 37,5 [min].

Los tiempos No contributorios de todas las actividades del ciclo de minado están detallados en el Anexo N° 02.

La figura 21 presenta el promedio total de las 10 mediciones realizadas en cada actividad en una sola frente. Este resultado es el tiempo en que se desarrollan todas las actividades para realizar una tronadura.

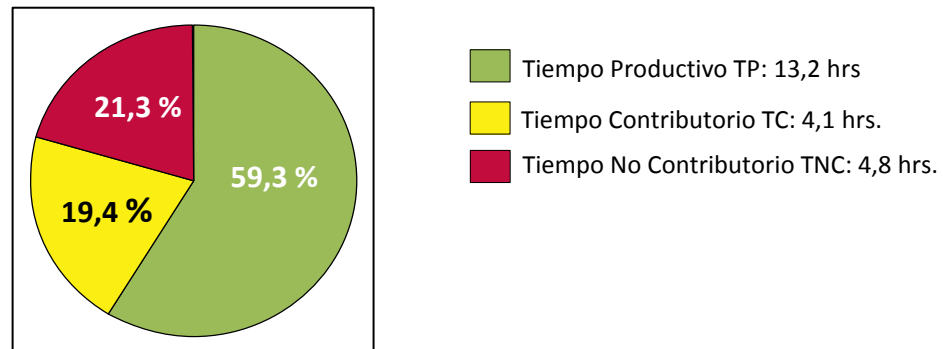


Figura 21 Porcentaje de los tiempos promedios totales

El tiempo Productivo (TP) es de 59,3 %, el tiempo contributorio (TC) es 19,4 % y el tiempo no Contributorio es de 21,3 %. Estas mediciones que es necesario minimizar el tiempo no contributorio identificando las pérdidas de tiempo en el proceso.

Este análisis se desarrolla con la información recolectada en una frente de trabajo, a continuación se presenta el análisis realizado en varias frentes ubicadas en los niveles de producción y hundimiento.

3.6 Rendimientos de cada actividad del ciclo de minado

La Empresa Green ingeniería realizó en el año 2014 estudios en las excavaciones horizontales basado a la filosofía LEAN y en la OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia Global de los Equipos) donde se determinó que la eficiencia mínima es de 70% esto para que los equipos y los procesos sean productivos.

El OEE es un indicador que permite medir la eficiencia con la que trabaja un equipo o un proceso. El OEE también se puede entender como la relación que existe entre el tiempo que teóricamente debería haber costado fabricar las unidades obtenidas (sin paradas, a la máxima velocidad y sin unidades defectuosas) y el tiempo que realmente ha costado (LEAN, 2014).

A continuación en la figura 22 se encuentra la eficiencia de todas las actividades del ciclo de minado de las excavaciones horizontales, donde se observa que las actividades de Perforación de perno y Split Set, Lechado de perno, Puesta de Malla, Hilteo, Lanzado de Shotcrete y Carguío de explosivo pasan el 70 % de eficiencia en cambio en las demás actividades no. Actividades de menor eficiencia (Ventilación, carguío de marina, Acuñaadura y Perforación de frente) serán analizadas para aumentar el tiempo productivo y disminuir el tiempo no contributorio.

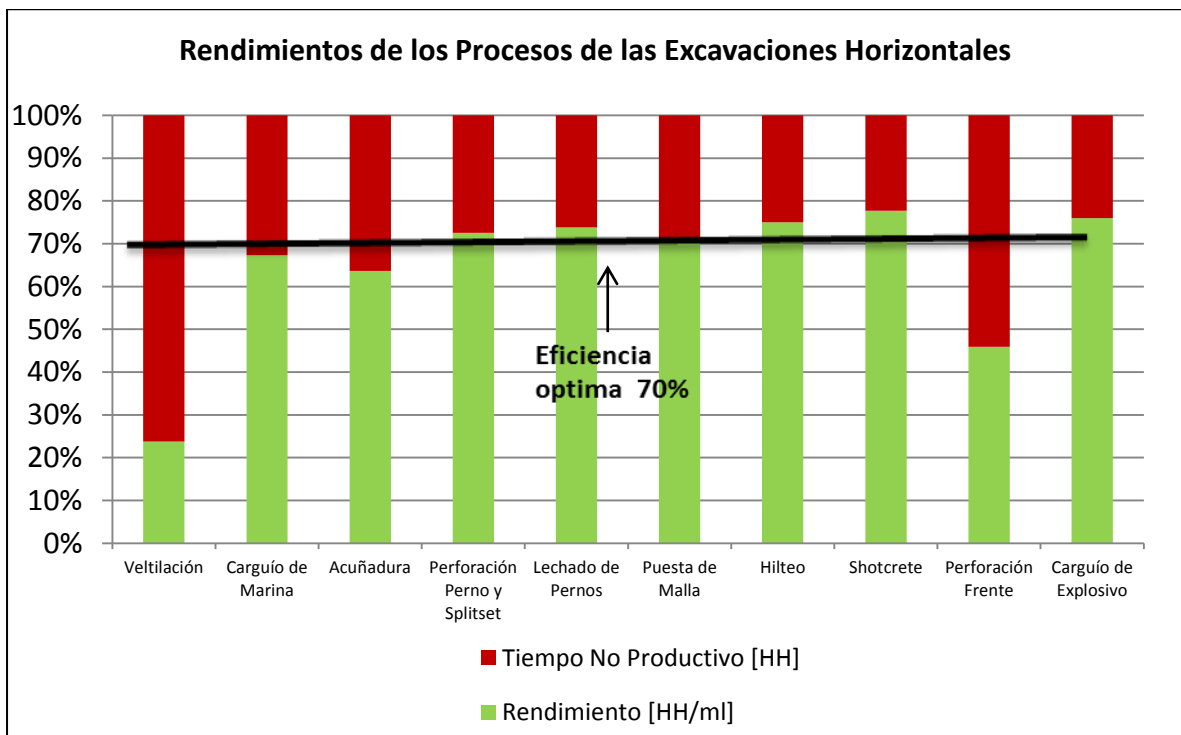


Figura 22 Rendimientos de los Procesos de las Excavaciones Horizontales

Es posible identificar que en los procesos de ventilación, carguío de marina, acuñadura y perforación de la frente se presentan los tiempos más prolongados del ciclo de minado.

La tabla 18 muestra la productividad, producción y pérdidas operativas del ciclo de minado de cada actividad.

Rendimientos de los Procesos		
Actividad	[HH/ml]	[ml/HH]
Ventilación	2,34	0,50
Acuñadura	1,00	1,02
Perforación Perno y Split Set	2,86	0,36
Lechado de Pernos	1,62	0,63
Puesta de Malla	1,61	0,64
Hilteo	1,83	0,55
Shotcrete	1,07	0,94
Perforación Frente	2,06	0,49
Carguío de Explosivo	1,58	0,64

Tabla 18 Rendimientos promedios de cada Proceso

El analisis estadistico de las actividades se encuentra el Anexo 3.

3.7 Agendamiento en Multifrentes

Se realiza la toma de tiempos en todas las frentes del nivel de producción y hundimiento en los días 6, 7 y 8 de octubre, esto nos ayuda a entender cuál es la planificación y control en el turno a turno donde se lleva a cabo el ciclo de minado.

Normalmente en el turno A se realizan los preparativos necesarios para tronar en el turno B, este tipo de planificación involucra cómo se encuentra la postura para así nombrar los recursos necesarios para realizar las actividades. Es necesario también definir en qué piques (excavaciones verticales) se evacuará la marina, identificar las interferencias por la construcción de obras civiles, coordinación si la mina realizara polvorazo (tronadura más de 400Kg de explosivo) esto para aislar el área donde se ejecute, identificar la zona de transición (zona de producción) y los servicios que faltan en cada postura (agua, aire comprimido, energía eléctrica), así como revisar si los equipos encuentran operativos y planificar con la planta el requerimiento del Shotcrete.

Para entender el ciclo de minado en multifrentes se realizó una carta Gantt donde se identifican los procesos que se ejecutan simultáneamente en las siete tronaduras diarias. Este análisis se realiza para actividad del ciclo de minado, asignando un color a cada actividad.

Las actividades inician en el turno “A” a las 10:30 hrs, el tiempo medido se recolecta desde que el trabajador llega a su sitio de trabajo hasta que sale del lugar. Mientras que para el turno B el ingreso se da a las 18:30 hrs hasta las 7:30 hrs del día siguiente.

Para todas las actividades se especifican el tiempo productivos, tiempo contributorio y los tiempo no contributorio.

En la fila del lado izquierdo está el programa de todas las posturas donde se realizarán actividades. En la columna superior se indica la hora de inicio, colación y salida de cada turno.

La tabla 20 muestra el turno 1 y 2, cada uno de ellos de 9,6 horas, (Green Ing. 2014). Para cada frente indica que proceso se está llevando a cabo y cuál ha sido la planificación de jefe de turno para cumplir con la meta requerida para cada turno que son 7 tronaduras por día.

Estas mediciones se realizaron contemplando las interferencias existentes, los cuadros en blanco indican los lapsos de tiempo donde no se realiza ninguna actividad, ya sea por no estar planificada, colación, espera de fraguado de la lechada de los pernos instalados o del Shotcrete, ingreso y salida y cambio de turnos, polvorazos, equipos fuera de servicios, espera de equipos o personal en la postura, falta de energía eléctrica, agua, aire comprimido, ventilación o sismicidad.

El análisis de la información recolectada durante el primer día de mediciones en los niveles de Producción y UCL, indica las posiciones donde se trabajó. En el transcurso del día se realizaron 4 tronaduras en el nivel de hundimiento y 4 tronaduras en el nivel de producción. (Celdas de color rojo).

Se observa que en la postura C-27 Sur XC-5 ubicado en el Nivel de Hundimiento el trabajo se inicia a las 11:30 horas, porque solo a esa hora las mediciones de gases producto de la detonación de explosivos indicaron 40 ppm concentración máxima admisible para el ingreso de personal. Esto provocó un retraso de 1.25 horas en el ingreso a la postura de trabajo.

Para las mediciones realizadas en los tres días se observa que las interferencias operativas son producto principalmente del proceso de ventilación, debido a la espera necesaria para alcanzar los niveles aceptables de gases tóxicos e ingresar a la postura. El respaldo de este dato se encuentra en el libro de reporte de gases pos tronadura que realiza la empresa Geovita (documento auditable), este documento indica la hora de ingreso la postura donde no hay concentraciones de gases.

Cabe aclarar que los rangos de tiempo donde no se realizan ningún trabajo son responsabilidad directa de la División el Teniente cuando son producto de polvorazo¹, sismicidad, asignación de pique y responsabilidad de las empresas especializadas cuando es producto de equipos inoperativos, mala planificación del jefe de turno, demora de los equipos Mixer que son los que proveen del Shotcrete y la más importante por no realizar un buen proceso de perforación y tronadura; para este último no existe control de calidad de esta actividad.

Las cartas Gantt correspondientes a la información recolectada los días 07 y 08 de Octubre se encuentran en el Anexo N° 04

¹ Polvorazo: tronadura con más de 200 Kg de explosivo (TRAME, 2015)

3.8 Conclusiones del Capítulo

Este capítulo presenta los resultados de la toma de datos en una frente y en multifrentes, en la primera etapa se toma los tiempos en las posturas desde el ingreso hasta la salida, el resultado del ciclo de minado para realizar una tronadura es de 22,1 horas, la eficiencia del tiempo Productivo es de 59,3 %, el tiempo Contributorio de 19,4 % y el tiempo no Contributorio de 21,3 %. Esto indica que se puede optimizar el tiempo No contributorio en las excavaciones horizontales.

La Empresa Green ingeniería basado en la OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia Global de los Equipos) determina la eficiencia mínima de los equipos y procesos es de 70%. Las actividades con menor al 70 % de eficiencia son: Ventilación, Acuñadura, Carguío de Marina y perforación de la frente, en estas actividades se realizara la propuesta de optimización.

La toma de datos es de 3 días estas no son tan representativos como referencia, esto debido a que los otros 37 días no se pudieron tomar consecutivamente a los 32 equipos que realizan trabajos en 22 frentes generando un volumen considerable de información a recolectar.

Capítulo 4. Trazado del Estado Actual de la cadena de Valor

El mapa de la cadena de valor es un modelo gráfico que representa todas las actividades del ciclo de minado de las excavaciones horizontales, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente.

Tiene por objetivo plasmar en un papel, todas las actividades productivas para identificar la cadena de valor y detectar, a nivel global, donde se producen los mayores tiempos No Contributorios del proceso (Lean Manufacturing, 2013).

Se presentan en la siguiente sección, los mapas del estado actual de las cadenas de valor de las distintas actividades del ciclo de minado de los desarrollos horizontales, incluyendo un informe detallado del diagnóstico efectuado, evidenciando las bondades y problemas en la línea de producción.

4.1. Mapa del Estado Actual

A continuación se construyen y presentan los mapas del estado actual de la cadena de valor de las actividades de bajo rendimiento (Carguío de Marina, acuñadura y perforación frente). En las figuras 26, 27, 28 y 29 se encuentran las 10 actividades que conforman el ciclo de excavaciones horizontales en la minería

El gráfico 29 muestra al detalle los tiempos asignados a cada actividad para realizar el trabajo en las posturas, cuantifica el % del Tiempo Productivo y el % del Tiempo contributorio, separando estos del Tiempo No contributorio.

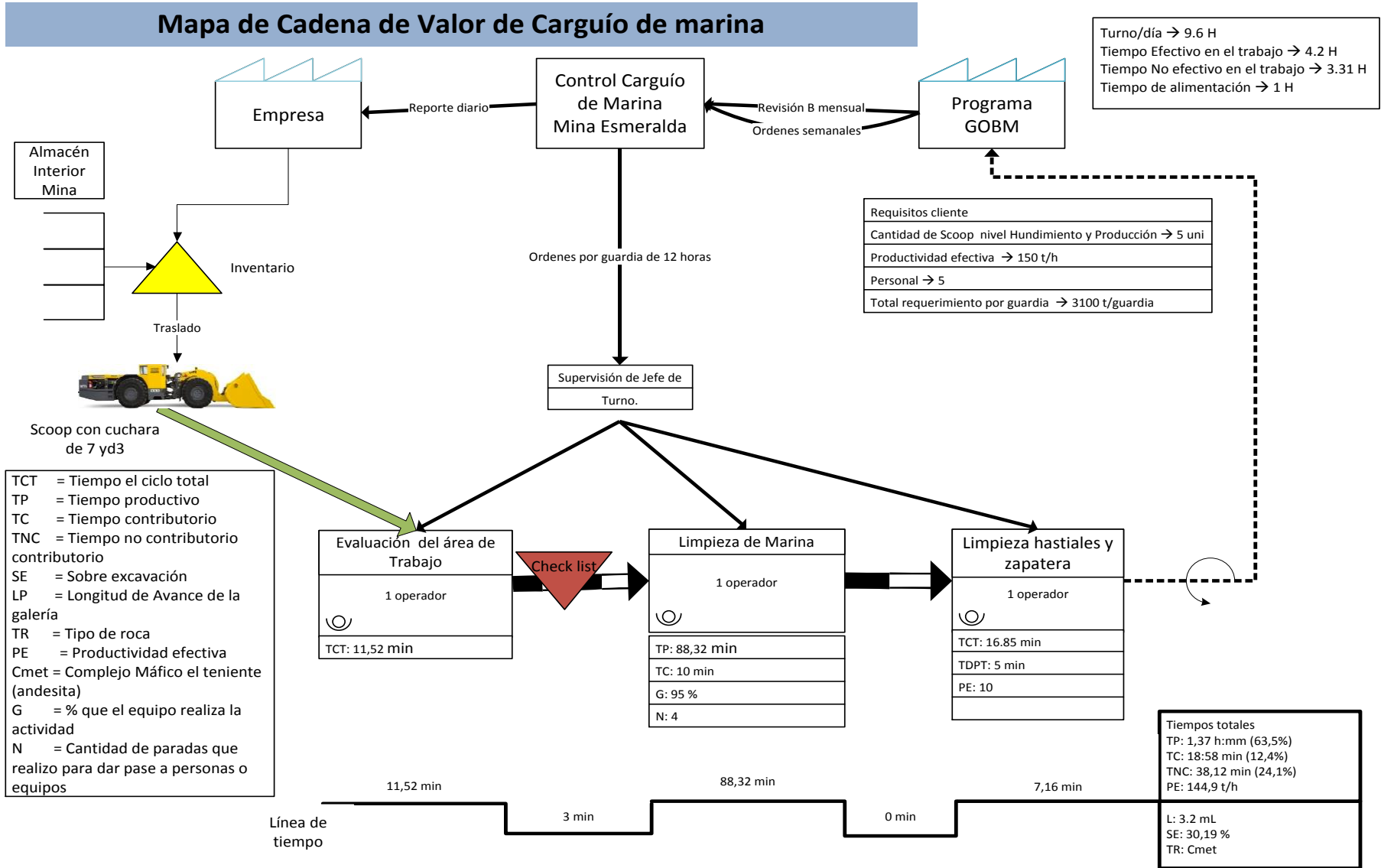


Figura 26 Mapa de cadena de valor de la actividad de carguío de marina en la mina Esmeralda nivel de producción y hundimiento

Mapa de Cadena de Valor de Acuñaador

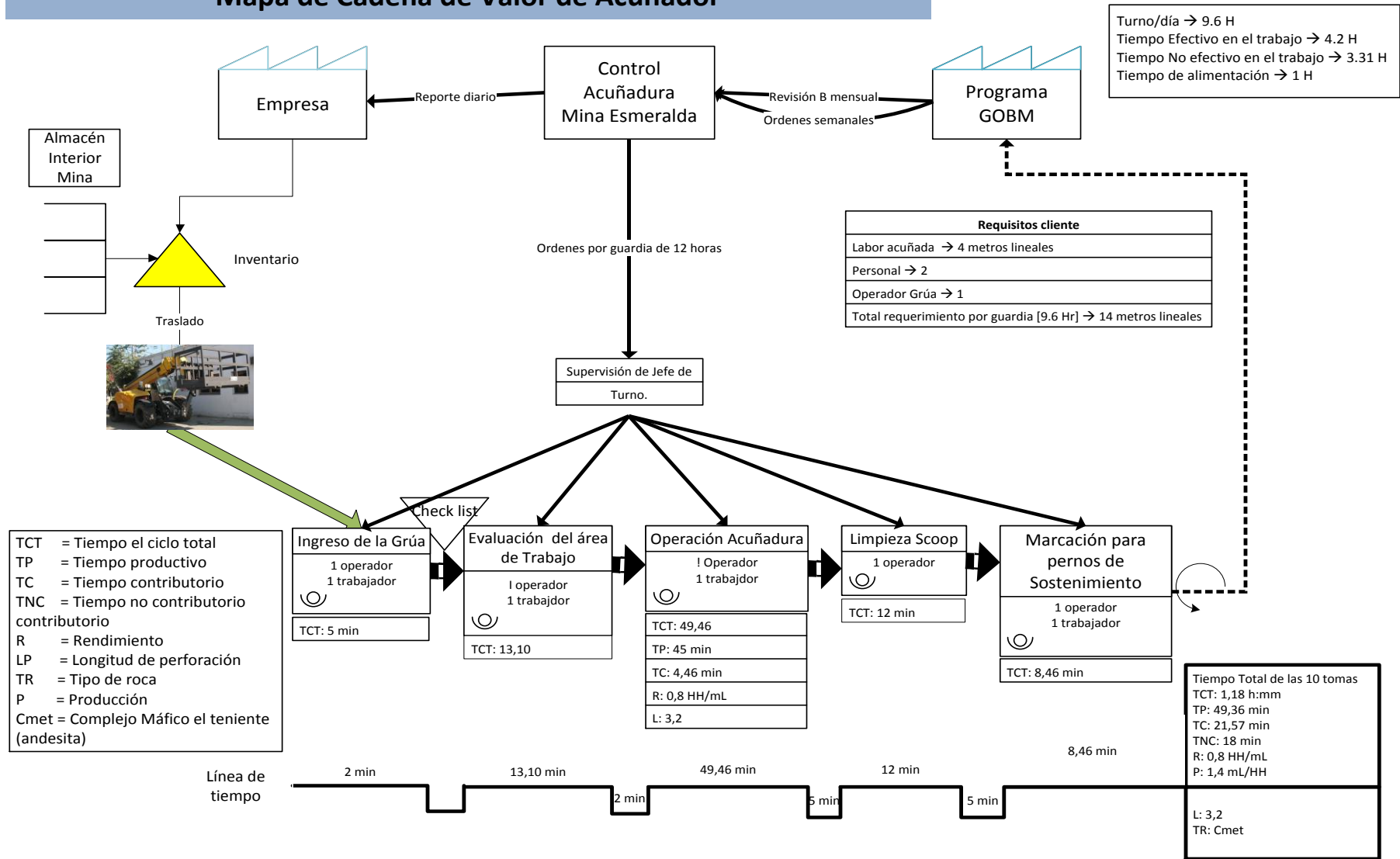


Figura 27 Mapa de cadena de valor de la actividad de Acuñaador en la mina Esmeralda nivel de producción y hundimiento

Mapa de Cadena de Valor de Perforación Frente de excavación

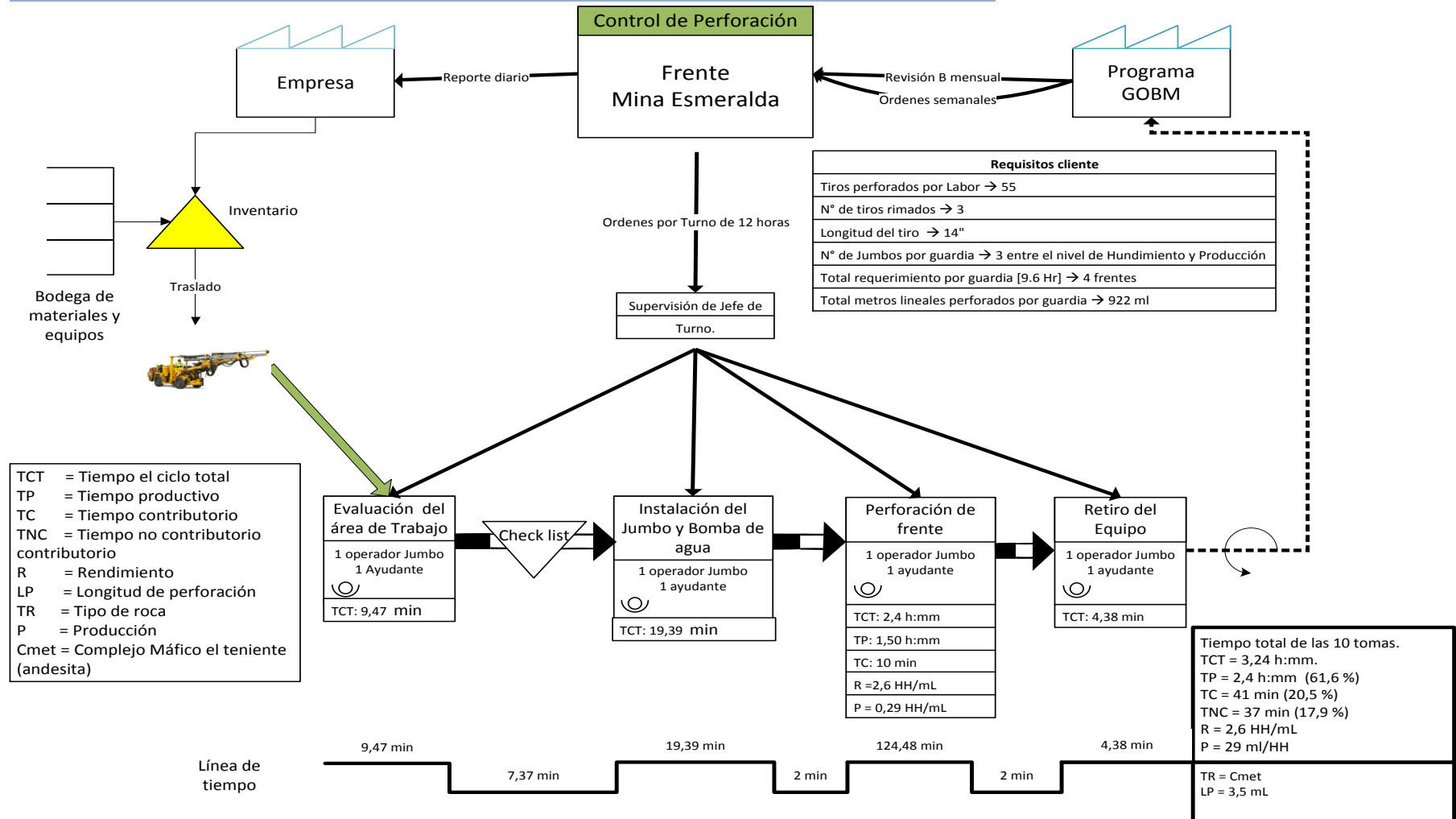


Figura 28 Mapa de cadena de valor de la actividad de Perforación de frente en la mina Esmeralda nivel de producción y hundimiento

MCV Actual de Desarrollos Horizontales.

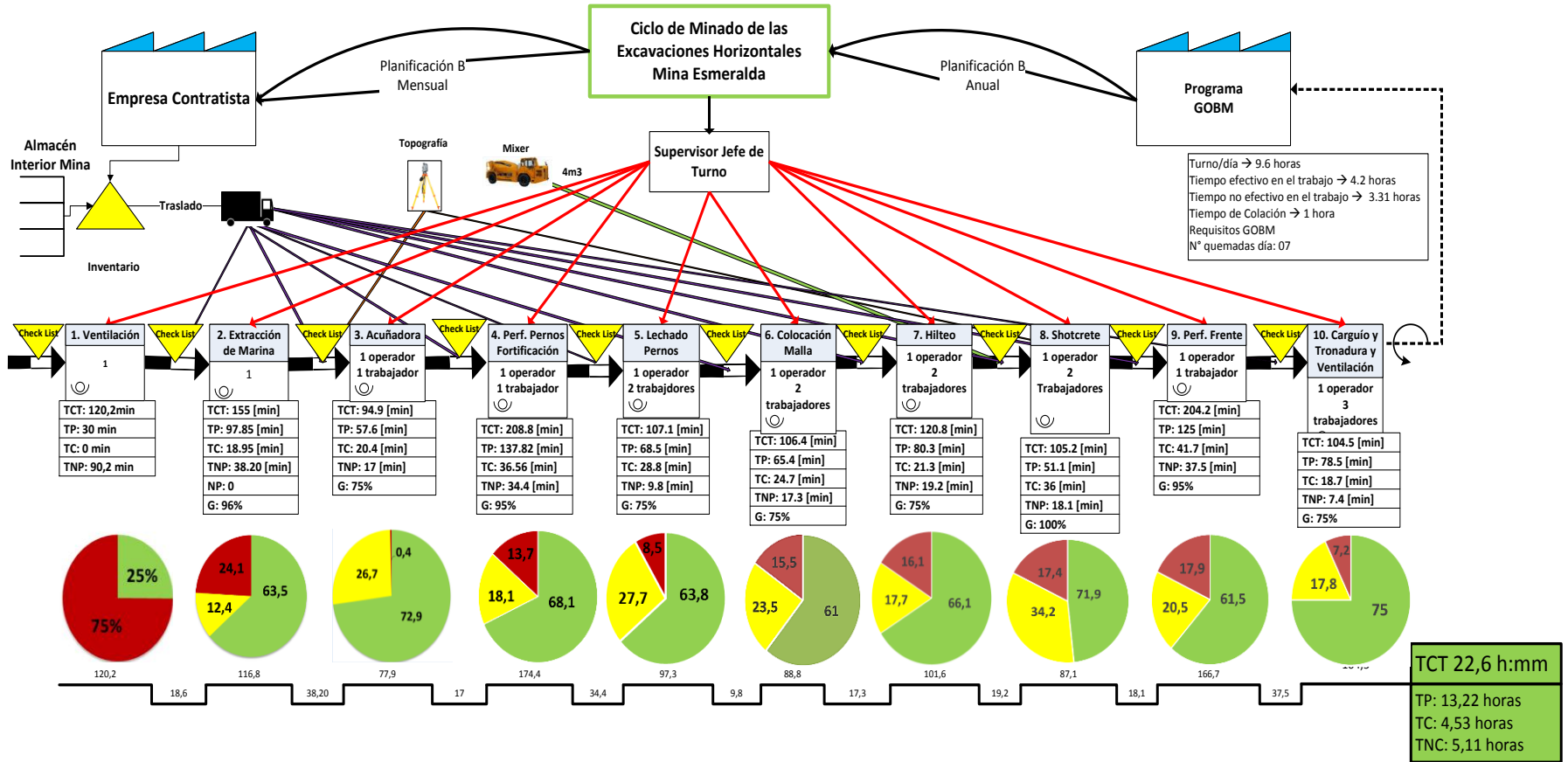


Figura 29 MCV de Desarrollos Horizontales Estado Actual de todas las actividades del ciclo de minado de las excavaciones horizontales

Al elaborar el mapa del estado actual, se identifican inmediatamente que la completa realización de las actividades requiere largos lapsos de tiempo, el tiempo del Ciclo total es 22,1 horas. El tiempo que no agrega valor es de 5,3 horas, esto hablando solo de las horas de trabajo productivo. El grafico estadístico de torta indica la eficiencia en porcentaje del cumplimiento, siendo el color verde el porcentaje de tiempo productivo, color amarillo el porcentaje del tiempo que contribuye para realizar a la actividad y el de color rojo el porcentaje de tiempo No contributorio.

Geovita coordina los avances con el jefe de turno, quien planifica que actividades se realizarán y que procedimientos se utilizarán, esto conociendo previamente cuál es el estado de los frentes de avance al ingreso del turno.

4.2 Diagnóstico de los procesos con menor rendimiento

Se realiza el diagnóstico de los procesos de ventilación, carguío de marina, acuñadura y perforación frente, no se analizarán los demás procesos ya que alcanzan al menos el 70% de eficiencia.

4.2.1 Actividad de Ventilación

La disipación de los gases tóxicos es muy lenta debido a que no hay flujo de aire suficiente en la red de ventilación primaria que es responsabilidad de la División el Teniente, mientras que en la red secundaria existe falta de ventiladores, esta red es responsabilidad de la empresa especializada Geovita.

En el proceso de constructibilidad de las excavaciones horizontales primero se debe desarrollar las calles ya que por estas ingresa el flujo de ventilación principal. En segundo lugar se desarrollan las zanjas teniendo frentes ciegos solo se puede avanzar en promedio 50 m, si se avanza más genera la deficiencia de flujo de ventilación y se tiene que instalar ventiladoras secundarias que son de 30000 cfm.

La figura 30 muestra los porcentajes de tiempos de ventilación.

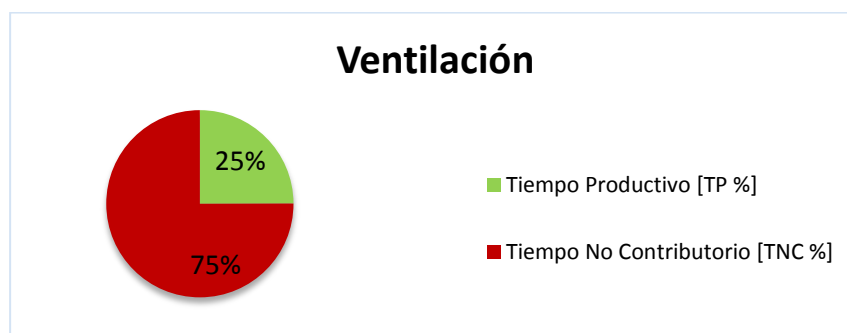


Figura 30 Procentaje de tiempos de las actividades

El TP corresponde al 21% del tiempo total, durante este período deberían disiparse los gases tóxicos.

El explosivo AnFo tiene en su composición sólidos (Nitrato de amonio granulado), sólido/líquido (petróleo diesel, carbón y otros aceites) y aire (poros de aire en los prills de nitrato de amonio). Teniendo en su composición 94% de Monóxido de carbono [CO] y 6% de dióxido Nitroso [NO₂] (Enaex, 2013). La tabla 21 muestra la concentración máxima permisible de gases contaminantes.

Gas contaminante	Concentración
Monóxido de Carbono (Co)	40 ppm
Dióxido Nitroso (No2)	2,4 ppm

Tabla 21 Límite máximo permisibles de agentes químicos de Explosivo (Enaex, 2013)

La utilización del explosivo AnFo es más riesgosa para la salud por su composición química, sumado a la falta del flujo de aire requerido en las frentes de trabajo (19,5 m³ de oxígeno) provoca el bajo rendimiento medido en esta actividad y el retraso a las posiciones de trabajo.

4.2.2 Actividad de Carguío de Marina

El proceso de carguío de marina se realiza en 2,35 hrs en promedio, mientras que las demoras operativas se deben a:

- No disponibilidad de piques, por contrato el Teniente debe entregar un pique liberado por turno para la evacuación de marina.
- Piques 85% no liberados. Contractualmente se requiere de un 85% de volumen disponible por pique por turno para la evacuación de la marina resultante de las 7 tronaduras realizadas.
- La sobre excavación debido a la no correcta ejecución de los procedimientos de perforación en la frente y el carguío de explosivo.
- Piques ubicados a una distancia superior a 150 metros de distancia de la frente de trabajo, la eficiencia de los equipos Scoop de 7 yardas disminuye cuando excede esta distancia.

En los datos tomados se observa que a mayor distancia de traslado de marina baja la eficiencia del equipo Scoop.

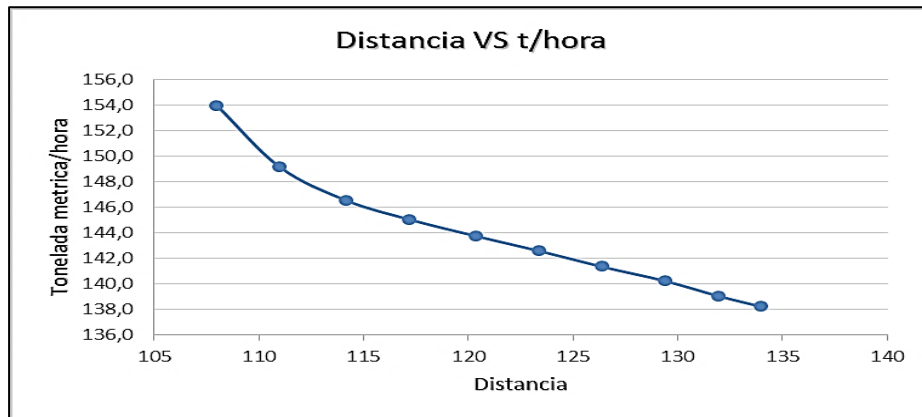


Figura 31 Distancia & toneladas

La toma de tiempos se realizó para un equipo Scoop de 7 yardas, este equipo realiza un recorrido desde la frente a un punto de acopio o al pique, esta distancia es mínimo de 105 metros y una máximo hasta 135 metros. En este rango de distancia el Scoop alcanza una eficiencia de 75% que es el mínimo.

Los problemas de asignación de piques de traspaso son responsabilidad del jefe de turno de Teniente y hacen necesaria la realización de acopio de material.

En detalle se dice que el acopio es producto de:

- Re manejo de marina por falta de asignación de pique de traspaso.
- Piques ubicados a una distancia mayor de 150 ml medidos desde la frente de tronadura.
- Asignación de piques con capacidad de traspaso menor del 85% del volumen indicado en el contrato.
- La GOBM asume los costos producto del re manejo de marina, debido al acopio realizado por la empresa especializada.

Hoy en día existen problemas producidos por el volumen de marina producto de la tronadura y que es necesario evacuar en cada turno. Esto situación genera un costo adicional y retrasos en el ciclo de minado, aun no existe un análisis que permita determinar cuáles son las demoras que genera el re manejo de marina acopiada. La ruta de marina causa tiempos improductivos a equipos y personas.

El tener acopio de marina trae otro tipo de problemas, como son las rises generadas en esta. Como ejemplo se tiene que la empresa Geovita a inicio del 2015 tuvo que parar durante 3 turnos sus operaciones por la limpieza de los rises (mallas,

elementos de refuerzo) en la marina, debido a que la División El Teniente no permite depositarlos en los piques pues deterioran las fajas transportadoras.

La tabla 22 muestra las razones que provocan los tiempos No Productivos en los 10 datos tomados en terreno

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Carguío de Marina	1	Desate de rocas	23
		Demora por registro de Check list	8
		Interferencia pase de personas	8
		interferencia pase de equipos	7
	2	No hay orden de trabajo	10
		Búsqueda de estocada para llevar la marina	15
		Interferencia pase de personas	6
		interferencia pase de equipos	5
	3	Verificación de disponibilidad de pique	9
		Búsqueda de estocada para llevar la marina	16
		Orden y limpieza	5
	4	Coordinación a donde llevara la marina	21
		Interferencia pase de personas	7
		interferencia pase de equipos	8
	5	Interferencia pase de personas	6
		interferencia pase de equipos	6
	6	Coordinación a donde llevara la marina	17
		Interferencia pase de personas	8
		interferencia pase de equipos	5
	7	Verificación de disponibilidad de pique	70
	8	Verificación de disponibilidad de pique	37
		interferencia pase de equipos	8
		Interferencia pase de personas	7
	9	Desate de rocas	13
		Verificación de disponibilidad de pique.	22
		Interferencia pase de personas	5
		interferencia pase de equipos	6
	10	Búsqueda de estocada para llevar la marina	7
		Coordinación a donde llevara la marina	6
		Interferencia pase de personas	4
interferencia pase de equipos		7	
Tiempo promedio [min]			38,2

Tabla 22 TNP en el proceso de Carguío de Marina

En los datos recolectados, se encontró que las interferencias más relevantes propias de la actividad misma es la disponibilidad de piques de traspaso. La coordinación de esta disponibilidad se realiza por parte de la empresa especializada Geovita con el Jefe de turno del área de Teniente, se debe definir donde acopiar o a que pique trasladar la marina y si el pique cumple la condición de traspaso de al menos el 85% del volumen indicado en el contrato.

El segundo problema identificado son las detenciones del Equipo Scoop para permitir el cruce de equipos o personas, esta detención es de en promedio 7 minutos por detención y el promedio de paradas es de 4 veces por cada limpieza de frente.

La figura 32 muestra el porcentaje de los tiempos de la actividad de Carguío de explosivo.

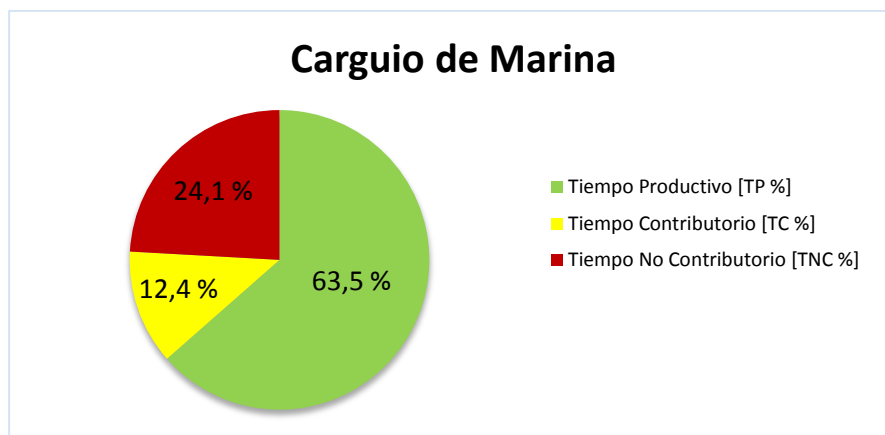


Figura 32 Porcentaje de tiempos de carguio de marina

La eficiencia del tiempo productivo para la actividad de carguío de marina es de 63,5 %, el tiempo contributorio es de 12,4 %, debido a las demoras de regado con agua de marina y confinamiento de área. El tiempo No Contributorio es de 24,1% y se debe a las razones ya indicadas en la tabla 22.

4.2.3 Actividad de Acuñaadura

El Proceso de Acuñaadura se realiza en un tiempo promedio de 1,34 hrs, la tabla 23 detallan los eventos que generan Tiempos No contributorios

Actividad	Nº Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Acuñaadura	1	Postura sobre excavada	16,5
	2	Roca perturbada ¹	18,2
	3	Demora por registro de Check list	16,7
	4	Espera equipo Manipulador	20,7
	5	Roca perturbada	8,7
	6	Espera equipo Manipulador ²	13,3
	7	Postura sobre excavada Espera equipo Manipulador	19,3
	8	Espera equipo Manipulador	10,5
	9	Postura sobre excavada	24,7
	10	Roca perturbada	21,3
Tiempo promedio [min]			16,97

Tabla 23 Tiempos No Contributorios de Acuñaadura

¹Roca perturbada: roca dañada por causa de la tronadura, presenta lajamientos y rocas sueltas.

² Equipo manipulador: Equipo Grúa con jaula donde se ubican los trabajadores para realizar la tarea.

Se realizan 10 mediciones en diferentes frentes, en cada uno se detallan los tiempos No Contributorios, obteniendo un promedio de 16,97 min para esta actividad. La causa más relevante es la sobre excavación de la galería es producto de una mala perforación (paralelismo, horizontalidad de los tiros), densidad de explosivo o mal proceso en el carguío de explosivo en la frente. Los resultados indican que no hay un control en la postura ya que hay sobre excavación y la roca se encuentran perturbadas (dañadas por la tronadura) en los hastiales y en la corona, no hay verticalidad en el fondo de la frente el avance esto indica los perfiles topográficos de planta y sección.

La figura 33 presenta la eficiencia de la actividad de acuñado.

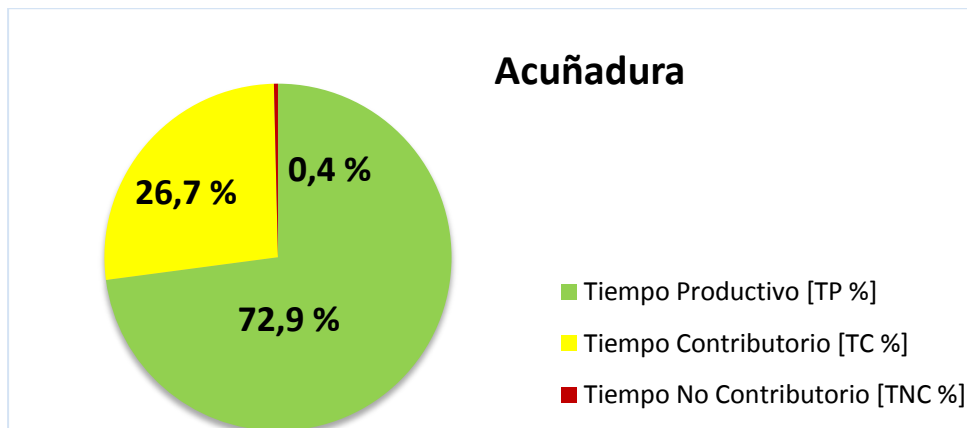


Figura 33 Eficiencia de la acuñadura

Para esta actividad la eficiencia del tiempo productivo es de 72% y el tiempo contributorio 26,7%.

4.2.4 Actividad de Perforación Frente

La actividad de perforación de la frente se realiza en un tiempo promedio de 3,12 hrs, esta se realiza utilizando un equipo de perforación horizontal de dos brazos de 14 ft de longitud, que perfora una cantidad determinada de tiros dependiendo del tamaño de la galería y del tipo de roca.

El Jumbo es un equipo que realiza las perforaciones o tiros de la frente con un diámetro de 45 mm, esto para los tiros donde se cargara el explosivo y para los tiros rimados o tiros donde no se carga el explosivo por servir como segunda cara libre de la frente un diámetro de 102 mm.

La tabla 24 muestra las actividades que provocan tiempos No contributorios.

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Perforación Frente	1	Desatado de roca suelta	13
		Baja tensión eléctrica > 400 v	20
	2	Tiempo por cambio de broca	4
		Equipo inoperativo	48
	3	Barra plantada en el frente	7
		Desatado de roca suelta	13
	4	Manguera del Jumbo rota	10
		Tiempo de espera por eléctrico	13
	5	Espera falta de bomba de agua	11
		Jumbo sin combustible	16
	6	Tiempo por cambio de barra	27
		Demora por registro de Check list	6
		Desatado de roca suelta por causa de roca perturbada	17
	7	Manguera del Jumbo rota	66
	8	Desatado de roca suelta	8
		Espera falta de bomba de agua	29
		Tiempo por cambio de broca	2
	9	Equipo inoperativo manguera del Jumbo rota	38
10	Tiempo de espera por eléctrico	27	
Tiempo promedio [min]			37,5

Tabla 24 Tiempo No Productivos Perforación frente

En los datos recolectados se encontró que la interferencia más relevante se debe al tiempo que toma cambiar las mangueras a presión de aceite de los brazos del Jumbo con 66 min, debido a que el equipo está diseñado para realizar perforaciones horizontales, pero también es usado para ejecutar perforaciones de tiros radiales que permiten la instalación de elementos de fortificación. Esto provoca que los brazos pierdan paralelismo por causa de la perforación al vacío.

También se utilizan los Jumbos para instalar pernos tipo Split set en la frente, 12 a 14 pernos por frente, dependiendo del tipo de roca o tamaño de la galería.

La segunda causa de tiempo no contributorio para esta actividad es el lapso en que el equipo se encuentra inoperativo con 48 minutos en promedio. Esta detención se debe a que no se respeta el cronograma de mantenimiento preventivo del equipo y solo se realiza el mantenimiento correctivo. Cabe resaltar que solo hay dos mecánicos en terreno por nivel.

¹Ciclar: es la distribución de las cuadrillas de personas y equipos para realizar un tronadura. El jefe de turno distribuye las actividades del ciclo de minado, al iniciar el turno da la mensura a los trabajos y operadores esto para tronar o minar en el turno o también para preparar frentes para el día siguiente.

Al evaluar la actividad de perforación se observa que hay problemas de bajas de energía eléctrica llegando a menos de 400 voltios, lo que no permite realizar la rotación de personal con otros equipos que también necesitan energía. La baja de tensión hace que los Jumbo de 2 brazos trabajen eventualmente con un solo un brazo, generando tiempos de trabajo más largos.

Al evaluar el trabajo final se observa que todos los equipos tienen problemas con el paralelismo, esto influye en el cumplimiento de los espaciamientos propuestos para la malla de perforación.

La figura 34 muestra el porcentaje de los tiempos de perforación de la frente.

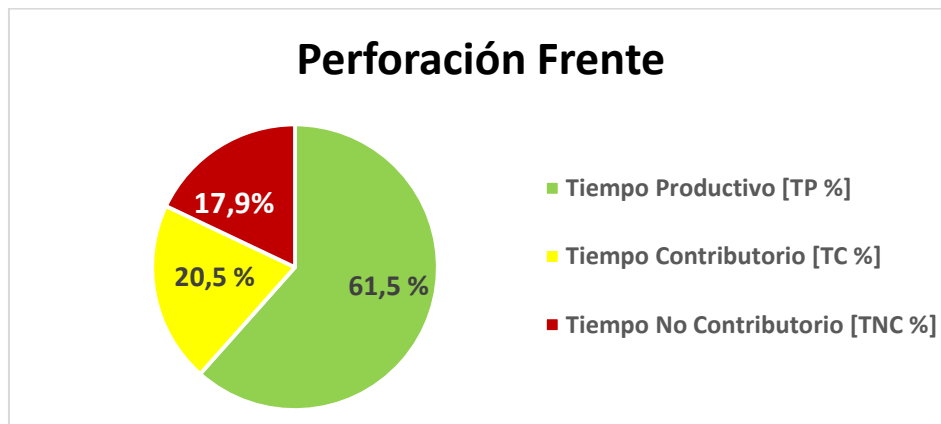


Figura 34 Porcentajes de tiempos En perforación Frente

Para esta actividad la eficiencia del tiempo productivo es de 61,5 %, el motivo es la existencia de galerías con mayor área de la definida en el diseño inicial, tal diferencia entre el diseño y lo que se mide realmente en terreno, es producto de las imprecisiones cometidas desde la marcación de la malla para la perforación, la perforación misma, carguío de explosivo.

4.3 Análisis de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa permite organizar y presentar de forma visual las relaciones causa-efecto identificada en las actividades de bajos rendimientos ya analizados. La figura 35 representa el análisis de causa raíz.

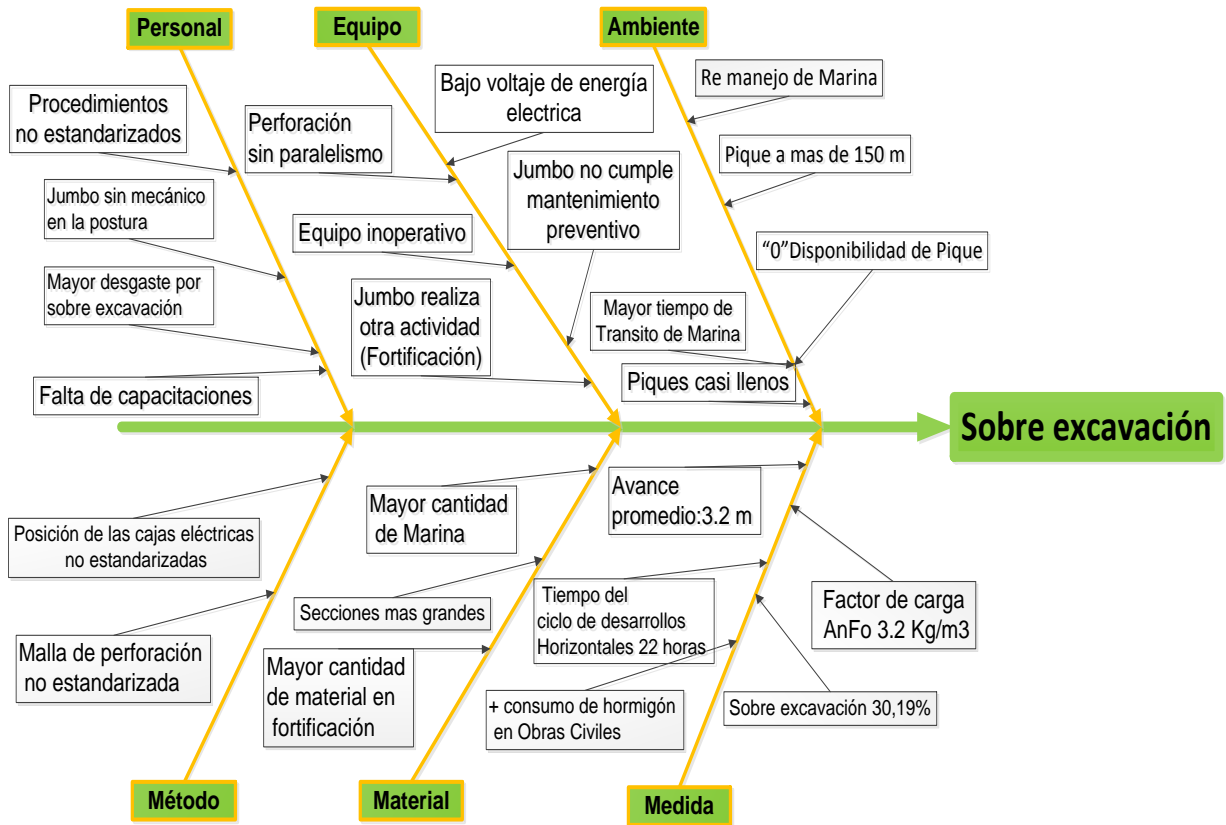


Figura 35 Análisis de Ishikawa de la sobre excavación

El análisis de Ishikawa se realiza para saber cuál es el efecto de los retrasos de las cuatro actividades (Ventilación, carguío de marina, acuñadura, perforación frente) identificadas como de tiempos de ejecución más prolongados o de menor eficiencia.

- a. Personal: La empresa Geovita cuenta con la descripción de los procedimientos de las diferentes actividades pero estas no son controladas, el control de calidad que realizan los inspectores ITO no es riguroso porque varios de ellos no cuentan con suficiente experiencia en operaciones. Contractualmente el equipo Jumbo debe contar con un mecánico a disposición en la posición de trabajo, esta solicitud no se cumple ya que solo hay dos trabajadores mecánicos para 38 equipos ubicados en los frentes de avance. La sobre excavación genera mayor tiempo de acuñadura. La falta de capacitación genera que no se ejecuten las actividades de la forma correcta.
- b. Equipos: Los 6 equipos Jumbo no cumplen con la condición de paralelismo de los brazos de perforación, debido a que se utilizan para realizar actividades para las que no han sido diseñados. Los equipos cuando están inoperativos no se reparan rápidamente, pues no se cuenta con una logística establecida para la compra de piezas averiadas. El bajo voltaje de la energía eléctrica causa desperfectos en la caja eléctrica de los frentes de avance y en la caja del Jumbo, esto también influye en el incremento del tiempo que toma finalizar la

actividad, pues el procedimiento establecido indica que solo el electricista autorizado puede resolver este problema (solo hay dos electricistas para los niveles de hundimiento y producción). El jumbo no cumple con la programación de mantenimiento preventivo, el jefe de turno es el responsable de entregar el equipo al taller mecánico y esto no se cumple.

- c. El remanejo de materiales causa mayor movilización del equipo Scoop, provocando frentes cerrados debido al carguío de marina generando interferencia, el acopio de marina lo realiza la empresa especializada Geovita, producto de la necesidad de seguir realizando tronaduras para así cumplir con la planificación, sin contemplar las interferencias que se pueden generar en el área por el traslado del equipo Scoop. El mayor causante de este problema es la falta de disponibilidad de piques de traspaso, cuya responsabilidad es del Teniente.
- d. Método: La malla de perforación está diseñada para generar solo un tamaño de sección de galería y no considera la litología o el tipo de roca existente. El método de tronadura en sí mismo comprende una gran cantidad de interferencias a causa de la movilización de los 38 equipos existentes entre los dos frentes de avance principales.
- e. Material: La sobre excavación genera mayor cantidad de marina, requiere la instalación de una mayor cantidad de elementos de refuerzo como son los pernos tipo Split set, y helicoidales, mayor cantidad de Shotcrete, mayor cantidad de equipos disponibles y el aumento de tiempo constructivo. Las obras civiles se pueden considerar como las problemáticas pues la sobre excavación causa un mayor consumo de hormigón utilizado en las carpetas rodados, puntos de extracción y muros de confinamiento.

Se observan todas las relaciones causas-efecto que provocan la sobre excavación en las galerías de avance, principal razón por la que se encuentra que el ciclo de minado toma en promedio 22,1 hrs.

4.3.1 Análisis de Sobre excavación

El análisis de Ishikawa nos da como resultado o efecto la sobre excavación de los desarrollos horizontales, a causa de esto se evalúa y diagnostica la sobre excavación en la Mina Esmeralda. Los datos son los mismos utilizados en el MCV del estado actual, considerando el avance en metros lineales para un periodo mensual. La información utilizada se divide en:

- Datos topográficos de sobre-excavación.
- Fotografía ADAM (sistema de fotografías en 3D).

La tabla 25 presenta las frentes a realizar el análisis de la sobre excavación.

Fecha Tronadura	06-oct	06-oct	06-oct	06-oct	06-oct	06-oct	06-oct	06-oct	06-oct	07-oct
Nivel	UCL	UCL	UCL	UCL	NP	NP	NP	NP	NP	UCL
Postura	C45 N Ac5	C43 S Ac5	C29 S XC5	Rap N°2 FW	C43 S Z40	C47 S Z49	C51 S Z44	Z41 HW C45	C27 S XC5	
Sección	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9

Tabla 25 Tabla de posturas a analizar

Se definen los siguientes parámetros de evaluación:

- Información recolectada correspondiente a sub o sobre-excavación.
- Las mediciones se realizarán en los niveles de producción y hundimiento.
- Los frentes de avance deben estar ubicados en:
 - ✓ C-45 Norte Acc-5
 - ✓ C-43 Sur Acc-5
 - ✓ C-29 Sur XC-5
 - ✓ Rampa N°2 FW
 - ✓ C-43 al Sur Z-40
 - ✓ C-47 al Sur Z-49
 - ✓ C-51 al Sur Z-44
 - ✓ Z-41 al HW C-45
 - ✓ XC Acc 6 HW C31

La tabla 26 presenta las posturas donde se realizaron las mediciones.

Fecha Tronadura	06-oct	06-oct	06-oct	06-oct	06-oct	06-oct	06-oct	06-oct	07-oct
Nivel	UCL	UCL	UCL	UCL	NP	NP	NP	NP	UCL
Postura	C45 N Ac5	C43 S Ac5	C29 S XC5	Rap N°2 FW	C43 S Z40	C47 S Z49	C51 S Z44	Z41 HW C45	XC Acc 6 HW C31
Sección	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9	4 X 3,9
DTM	DTM1268 9	Marina	DTM1244 9	Rotura	DTM1297 6	DTM1297 8	Error en topo	DTM13027	Marina

Tabla 26 Posturas donde se realizara el analisis (Geovita, 2015)

Con la información recolectada fue posible elaborar cinco modelos digitales de terreno DTM a partir de fotografías de los frentes de avance y que representan fielmente la geometría existente en los sectores indicados.

La figura 36 representa las posturas donde se realizan las pruebas.



Figura 36 Nivel de Hundimiento Mina Esmeralda (Geovita, 2015)

Los modelos 3D de la galería son el producto del análisis de 16 fotografías + 4 puntos coordenados. Con el procesamiento de los datos (Fotografías + coordenadas), se obtiene un modelo de la excavación.

Debido a que las fotografías son tomadas bajo superficie fortificada, la visualización del DTM representa la condición final del frente de avance, conformado por una superficie fortificada (pernos, malla, Shotcrete), y otra superficie con roca descubierta.

Todos los datos necesarios para la realización del presente estudio se obtienen de la superficie o triangulación de la zona de roca descubierta. Por ese motivo se procesa el DTM con el fin de eliminar la superficie o triangulación de la zona fortificada, y manteniendo la superficie de roca. Esto se debe realizar sobre la totalidad de modelos en 3D que contengan el área estudiada.

La figura 37 representa los perfiles topográficos utilizados para el estudio se obtienen de la superficie roca.

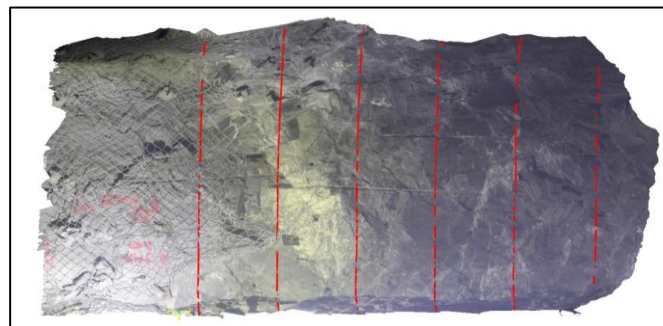


Figura 37 Foto ADAM

La figura 38 representa cada modelo de perfil de galería obtenido a partir de los MDT con las secciones de galería de diseño o teórica.

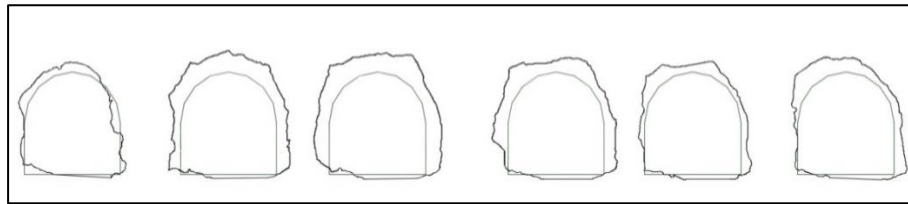


Figura 38 Sobre excavación teórico & real

Para comparar la información de los perfiles obtenidos a través modelos en 3D, se necesita saber cuál es el tamaño de la sección proyectada para cada túnel. La tabla 27 presenta los resultados de la sobre excavación.

DTM	Nivel	Perfil	Metro	Área real excavada [m ²]	Área sección Proyectada(teórico) [m ²]	Sección proyectada [%]	Dif. Real excavada [m ²]	Sobre excavación [%]
12689	UCL	P1	0,5	19,6	15,6	100	4,0	25,64
		P2	1	20,8	15,6	100	5,2	33,33
		P3	1,5	22,4	15,6	100	6,8	43,59
		P4	2	19,3	15,6	100	3,7	23,72
		P5	2,5	19,5	15,6	100	3,9	25,00
		P6	3	17,4	15,6	100	1,8	11,54
12449	UCL	P1	0,5	20,4	15,6	100	4,8	30,77
		P2	1	19,6	15,6	100	4,0	25,64
		P3	1,5	20,4	15,6	100	4,8	30,77
		P4	2	19,7	15,6	100	4,1	26,28
		P5	2,5	23,5	15,6	100	7,9	50,64
		P6	3	19,5	15,6	100	3,9	25
12976	NP	P1	0,5	22,1	15,6	100	6,5	41,67
		P2	1	21,5	15,6	100	5,9	37,82
		P3	1,5	19,7	15,6	100	4,1	26,28
		P4	2	19,3	15,6	100	3,7	23,72
		P5	2,5	21,1	15,6	100	5,5	35,26
		P6	3	20,4	15,6	100	4,8	30,77
12978	NP	P1	0,5	21,7	15,6	100	6,1	39,10
		P2	1	20,4	15,6	100	4,8	30,77
		P3	1,5	20,6	15,6	100	5,0	32,05
		P4	2	17,9	15,6	100	2,3	14,74
		P5	2,5	22,5	15,6	100	6,9	44,23
		P6	3	18,8	15,6	100	3,2	20,51
13027	NP	P1	0,5	22,9	15,6	100	7,3	46,79
		P2	1	18,2	15,6	100	2,6	16,67
		P3	1,5	18,6	15,6	100	3,0	19,23
		P4	2	20,5	15,6	100	4,9	31,41
		P5	2,5	20,7	15,6	100	5,1	32,69
		P6	3	20,3	15,6	100	4,7	30,13

Tabla 27 Porcentaje de Sobre excavación

4.3.2 Resumen del resultado de Sobre Excavación.

- El DTM12689 es el que más se acerca a las dimensiones de la sección proyectada con una sobre excavación promedio del 27,14 %.
- El DTM12976 es el presenta mayor diferencia con respecto a la información de la sección proyectada, este sobrepasa el 32,59 de sobre excavación.

Se presenta en la tabla 29 la sobre excavación obtenido a partir de los DTM.

DTM	Postura	Sobre
		excavación
		[%]
12689	C45 N Ac5	27,14
12449	C29 S XC5	31,52
12976	C43 S Z40	32,59
12978	C47 S Z49	30,24
13027	Z41 HW C45	29,49
Promedio Total		30,19

Tabla 29 Promedio de Sobre excavación

El resultado indica que el promedio de sobre excavación en la mina Esmeralda en el nivel de hundimiento es de 30,19%.

4.4 Conclusión del capítulo

En este capítulo se realiza el trazado del estado actual de la cadena de valor de las actividades de bajo rendimiento (ventilación, carguío de marina, acuñadura y perforación de frente).

En el diagnóstico de las actividades de menor rendimiento, la ventilación es de 1,30 hh:mm por causa de que la empresa especializada no cumple con la instalación de los ventiladores secundarios a los frentes ciegos, a esto se suma el tiempo que el jefe de nivel recorre por todas las posturas para saber en qué situación se encuentra y así asignar el personal y recursos del turno.

La actividad de carguío de marina se realiza en un tiempo promedio de 2,35 hrs, debido a que no se cumple con disponibilidad de pique de traspaso, que contractualmente corresponde al 85% del volumen de un pique disponible. La otra causa es la sobre excavación que genera un 30,19 % más de marina, esto producto de la mala perforación de la frente (paralelismo, tiros de diferentes longitudes, solo una malla de perforación basado a la litología Cmet), el deficiente mantenimiento de los equipos Jumbo y por último los piques ubicados a mayor de 150 ml de distancia medidos desde la frente de avance.

La actividad de acuñadura se realiza en un tiempo promedio de 1,34 hrs, esto por causa de la roca dañada o perturbada por la tronadura. Cabe resaltar que esto sucede debido al uso de Anfo que daña el macizo rocoso en los hastiales y corona. No existe actualmente una malla de perforación adaptada a las condiciones de la roca encontrada en el avance.

La actividad de perforación de frente se realiza en un tiempo promedio de 3:12 hrs por causa que no se respeta el diagrama ya que cada jefe de turno toma su propia decisión de la cantidad de tiros perforara, no se cumple con el marcaje de la malla de perforación, el operador del Jumbo siempre perfora 0,10 cm a cada hastial y corona esto hace una perforación ya sobre excavada.

Teniendo estos resultados se realizó un análisis de Ishikawa para definir la causa y efecto que conlleva las deficiencias identificadas para estas cuatro actividades y cuyo resultado es la sobre excavación con 30,19% de los desarrollos horizontales.

Capítulo 5. Trazado del estado Futuro de la cadena de valor

Se presenta en esta sección el mapa del estado futuro de la cadena de valor propuesta para los procesos constructivos. El estado final propuesto se puede considerar como el de producción. El ajuste de los indicadores y las distintas modificaciones en la cadena de valor se han efectuado considerando las actividades del ciclo de minado de bajo rendimiento.

El mapa del estado futuro por sí mismo maximiza el aprovechamiento de los recursos disponibles, disminuye la variabilidad y sincroniza esta con la necesidad de la GOBM. Para alcanzar una representación del estado futuro se incluye una metodología de implementación que detalla cada una de las mejoras y modificaciones a efectuar en el sistema y los métodos para lograrlo de manera satisfactoria.

5.1 Mapeo del estado futuro de la cadena de valor

A continuación se presenta el mapa del estado futuro del ciclo de minado de los desarrollos horizontales, que es el estado ideal de producción. Estos corresponden a las actividades del ciclo de minado de menor rendimiento (Ventilación, acuñadura, carguío de marina y perforación de la frente).

El MCV del estado futuro es el proceso que transforma las actividades discontinuas en continuas, consiste en realizar actividades concatenadas, estandarizar el trabajo, y proponer mejoras que optimicen la productividad asociadas a los tiempos No contributorios (LEAN, 2014).

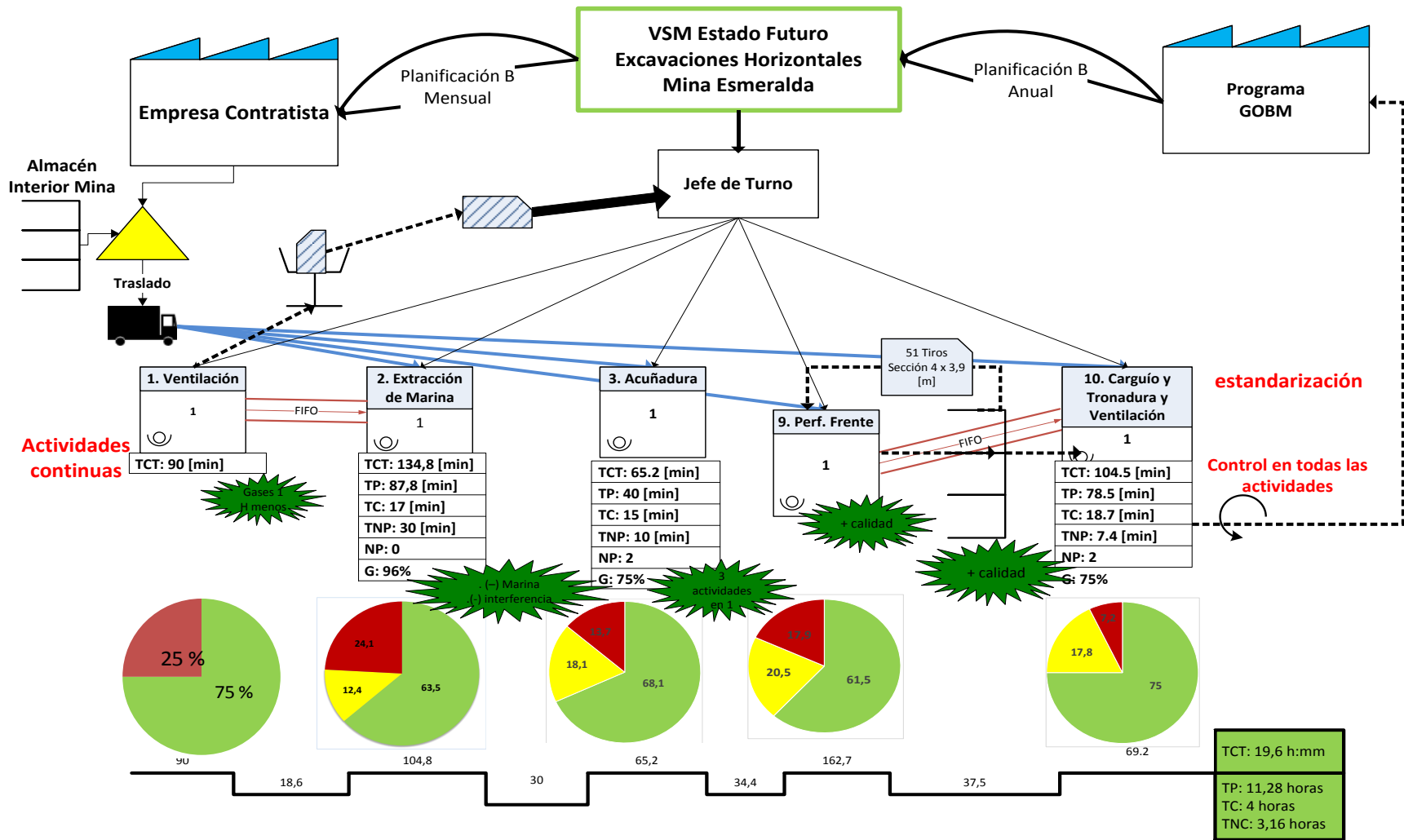


Figura 39 VSM Estado Futuro

5.2 Propuesta del plan de optimización

La propuesta en la Mina Esmeralda es cambiar el explosivo Anfo por Emulsión bombeable con el objetivo de tener una sobre excavación promedio máxima del 18%, en consecuencia al llegar a este objetivo se tendrá menor tiempo de disipación de gases pos tronadura, mayor longitud de avance, mejor verticalidad en el corte de la roca al momento de la tronadura, menor daño a la roca circundante, menor consumo de hormigón en las obras civiles, menor porcentaje de sub excavación, menor roca a acuñar, menor marina a trasladar, menor volumen de pique (85% de volumen de pique por turno), menor interferencia por el tránsito de equipos o confinamiento de área por traslado de marina.

A continuación se detalla los resultados esperados de la propuesta de optimización.

5.2.1 Ventilación

La ventilación se realiza en el tiempo promedio de 120 [min], en este tiempo recién se llega a los límites máximos permisibles de 40 ppm de monóxido de carbono (Co) y 2,4 ppm de dióxido Nitroso (No₂), con el uso de emulsión se puede ingresar a los frentes de trabajo en 90 [min], se optimiza el tiempo en 30 min en cada galería tronada.

El explosivo AnFo tiene en su composición solidos (Nitrato de amonio granulado), solido/liquido (petróleo diesel, carbón y otros aceites) y aire (poros de aire en los prills de nitrato de amonio). Teniendo en su composición 94% de Monóxido de carbono (Co) y 6% de dióxido Nitroso (No₂). A comparación de la Emulsión está compuesta por fase acuosa ((Nitrato amonio + Nitrato sodio) 75%, H₂O 18%), fase aceitosa ((fuel oil, aceite o parafina) 6%, Emulsifantes 1%) estas fases no se mezclan, es esta la razón por la cual los gases producto del uso de este explosivo se disipan más rápido y es seguro el ingreso a la postura.

5.2.2 Carguío de marina

El carguío de marina se realiza en 2,35 hrs, este tiempo es el que toma la limpieza de una frente con sobre excavación de 30,19% limpiando 211.68 tn/frente. Al disminuir la sobre excavación llegando 18% el tiempo de limpieza es de 1,58 hrs, trasladando 155 tn/frente.

Es decir que el tiempo de carguío de marina se optimiza en 37 [min] de trabajo por frente, también es importante que se disminuye a 56,68 tn/frente la marina producida, esto significa 43.72 [m³] de material que no serán acopiado ni se requerirá de volumen de pique para su evacuación.

Las interferencias promedio producto de las detenciones de los equipos LHD por frente son de 4 paradas, siendo cada para de 7 [min] con un total de tiempo de paradas

de 28 [min]. Con la reducción de la sobre excavación la cantidad de paradas del Scoop por frente es de 3 con un total de tiempo de paradas de 21 [min], siendo menor tiempo la interferencia para los equipos o personas que tengan que pasar por esa zona.

La actividad se vuelve más eficiente en un 23,9%, se disminuye el tiempo de carguío de marina en 37 [min].

5.2.3 Acuñaadura

La geología de la roca es del Complejo Máfico el Teniente (CMET) compuesta por andesita que es una roca primaria con calidad geotécnica buena, pero la mala perforación (mayor a 3° de desviación), el mal proceso de carguío y la densidad del explosivo AnFo perturban la roca circundante. Esto acarrea sobre excavación en el contorno de la frente y la no verticalidad del fondo de la frente limitando el avance. Por lo tanto se presentan más cuñas y lajas que demora más tiempo en ser acuñada.

Con el uso de emulsión se tiene una postura más controlada, con medias cañas (corte en la misma longitud que detona los contornos) y una perforación controlando el paralelismo y la longitud de perforación, obteniendo esto menor perturbación de la roca, reduciendo en 30 [min] la acuñadura.

El porcentaje de reducción de tiempo en esta actividad es de 31,6 %, optimizando el tiempo de Acuñaadura en 30 [min].

5.2.4 Shotcrete

El promedio de avance del VSM actual es de 3,2 [ml] en un espesor de 0,1 [m] con una sobre excavación de 30,19% con una perforación sobre excavada de 5 x 4,80 [m²] se proyecta 4,04 [m³] por frente, al optimizar la sobre excavación en 18% con una sección de 4,3 x 4,2 [m²] con un avance promedio de 3,5 [ml] se proyecta 3 [m³] esto nos da una reducción 1,04 [m³] de Shotcrete por frente.

Se disminuye el tiempo de instalación en 41 [min], este resultado nos indica que en la proyección solo se disminuyó 10 [min], se optimiza más tiempos por reducir el transito del Mixer.

Esto reduce el tiempo de instalación de Shotcrete en 39%

5.2.5 Perforación de la frente

El contrato indica que la sección en el nivel de hundimiento para las calles es de 3,6 x 3,6 [m] y los accesos 4 x 4 [m], para el nivel de producción en zanja/batea 4 x 3,9 [m] y para calla/zanja 4,2 x 3,9 [m].

Las mediciones de la perforación en calles o zanjas en el nivel de producción es de 4,20 x 4,20 [m] y en el nivel de hundimiento 4 x 4 [m], los operadores indican que

perforan considerando una sobre excavación, para que la sección fortificada final cumpla con las medidas de la sección teórica. A todo esto no se consideran los 3 ° de desviación máxima establecidos contractualmente, teniendo ya una sobre excavación por perforación.

Los equipos Jumbo tienen software que les permite ser programados para la perforación, pero esto se dejó de utilizar, se realiza la perforación manual sin controlar el paralelismo por esta razón es que se tiene que estandarizar el pintado de gradiente hasta el tope de la galería, con esta marca el operador del Jumbo podrá controlar de forma visual el brazo del Jumbo y obtener mejor paralelismo en la perforación de los tiros.

El MCV actual indica 210 tronaduras realizadas en un mes, con la optimización se realizarían 13% más, alcanzado 238 tronaduras por mes.

El MCV actual da un tiempo promedio de 3,24 hrs en la ejecución de la perforación en cada frente, el MCV optimizado indica 2,43 hrs promedio para la realización de la misma actividad. Se llega al objetivo de disminuir el tiempo de perforación de frente en 41 [min].

5.2.6 Carguío de explosivo

La densidad promedio del Anfo es de 2,6 [gr/cc] siendo de la Emulsión 1,1 [gg/cc], los tiros de periferia (Hastiales y corona), la emulsión bombeable tiene que ser proyectado por un Camión UB para que se pueda cargar el explosivo con diferentes densidades y de esta manera controlar la periferia de la excavación horizontal (cajas y corona).

El VOD en el ANFO, entregaron 3408 m/s, con la Emulsión [m/s] es de 4600 [m/s] siendo de mejor calidad, esto fue probado en el Teniente.

La implementación de la Emulsión considera un aumento de la eficiencia de avanece lineal de 95%.

5.3 Reportabilidad para realizar el cambio de explosivo

a. Gestión de parte de la empresa especializada: Reporte de datos del estado de la frente pre y post carguío. Entrega copia vale explosivo a ITO. Mapeo Geológico, perforación jumbo, libro de control de gases, entrega de diseño excavación a operadores.

b. Gestión de parte de la empresa de inspección de control de calidad ITO.

- Reporte T°1: Resultado tronadura con indicadores medidos en terreno más fotografías del estado de la postura, programación posturas a tronar T°2.

- Reporte T°2: Datos del carguío de explosivo, frentes efectivamente cargadas
- Reporte de parte de Topografía: Seguimiento y control perfiles y plantas de todos los disparos con emulsión.

c. Metodología: Limpieza/Soplado de tiros, carga a columna completa, taco de greda, disminución del factor de carga, optimización diagrama de disparo, mejora en el secuenciamiento, rigurosidad en parámetros críticos: Paralelismo, Burden y espaciamiento de tiros.

5.4 Receta para el uso de emulsión Bombeable.

- Respetar diagrama de disparo optimizado, No más tiros que los indicados en el diseño
- Limpieza de tiros
- Regular densidad y/o acoplamiento
- Cambio de densidades en el contorno del diagrama, esto para minimizar el daño al macizo rocoso.
- Gasificación de la emulsión 20 [min] después del carguío del ultimo tiro.

Capítulo 6. Conclusiones finales

El capítulo presenta las conclusiones elaboradas luego de realizada la investigación, se comentan los resultados obtenidos, las contribuciones al conocimiento y la relevancia práctica del estudio. Además se proponen algunas investigaciones futuras basadas en esta.

6.1 Resultados obtenidos

La investigación determinó un diagnóstico de los desarrollos horizontales de la preparación minera de la mina Esmeralda. Dicho diagnóstico aportó una perspectiva distinta del desempeño de la línea de producción, al codificar esta como una cadena de valor. Así, permitió la detección de pérdidas productivas que sistemáticamente ocurren y reveló las muchas oportunidades de mejoramiento que típicamente permanecen ocultas al control de producción.

El TCT (tiempo del ciclo total) para realizar una tronadura en los desarrollos horizontales es de 22,1 hrs. El TP (tiempo productivo) es 13,2 hrs. El TC (tiempo contributivo) es de 4,1 hrs. Y el TNC (tiempo no contributivo) es de 4,8 hrs. Estos tiempos muestran resultados bastante desfavorables por que los TC y TNC son muy amplios por problemas que están asociados a la construcción, esto abre una lista de oportunidades que se encuentra en las actividades de bajos rendimientos (menores a 70%). Estas actividades son: Ventilación 120,2 [min], extracción de marina 155 [min], acuñadura 94,9 [min] y perforación del diagrama de tronadura 204,2 [min].

De estas actividades de bajo rendimientos se generaron estados optimizados de producción y métodos para alcanzarlos. Los estados que se idearon reducen las pérdidas productivas sin la necesidad de inyectar recursos al sistema. Además, armonizan la producción con los requerimientos de la mina. Para esto la propuesta enmarca una reducción de hasta un 15% de los tiempos del ciclo de desarrollo horizontal, a través de la optimización de los tiempos que no agregan valor al proceso.

El mapa de cadena de valor (MCV) en el proceso de desarrollos horizontales sirvió para entender todas las actividades del ciclo de minado. En la etapa de preparación minera fue posible reconocer las actividades de menor rendimiento, el resultado del análisis o el efecto que causa el problemas en estas actividades es la sobre excavación y es por esta razón en el estado futuro propone cambiar el explosivo AnFo por Emulsión bombeable. Esto significa reducir la sobre excavación hasta 18%, mayor eficiencia de avance de la excavación hasta el 95% y reducir el tiempo de emisión de gases pos tronadura hasta 20 min.

La herramienta de Mapeo de Cadena de Valor efectivamente es una herramienta de gran potencial para la detección de pérdidas productivas. Sin embargo, es necesario comentar que la experiencia de realización de la investigación evidencia que, tanto la

elaboración del diagnóstico del estado actual como la propuesta de mejoramiento hacia un estado futuro, requieren de un experto que se encargue enteramente de la tarea.

6.2 Contribuciones al conocimiento

La principal contribución de la presente investigación es el proveer un análisis de sustentabilidad enfocado puramente en el periodo de construcción del desarrollo horizontal de la preparación minera cuya dimensión de estudio comprende la productividad.

Cabe mencionar que a su vez documenta una experiencia pionera en la implementación del Mapeo de Cadena de Valor en los procesos de desarrollos horizontales en la minería. Dicha contribución significa una primera puesta en práctica de Lean Construction en la minería.

Otras importantes contribuciones de la investigación son los métodos ideados para medir y calcular indicadores, junto con la creación de algunos de estos. Por ejemplo, puede mencionarse al indicador, el índice PTE (porcentaje de tiempo efectivo), que evidencia los problemas de aprovechamiento del tiempo.

Por último se debe destacar la forma en que se presentan los mapas confeccionados, para esto se elaboró alguna simbología, con el fin de otorgar un carácter práctico a los mapas y un despliegue de la información fácil de interpretar.

6.3 Relevancia práctica

El MCV permitirá a la Gerencia de Obras Mina identificar y medir de manera clara y eficaz las fuentes de pérdidas que existen en sus procesos constructivos. De este modo serán capaces de ahorrar costos de materiales y energías, mejorar la gestión de la mano de obra, cumplir con los plazos y calidad estipulada por sus clientes, disminuir la variabilidad y optimizar el uso de los recursos.

Cabe destacar que las potencialidades de la herramienta no fueron explotadas del todo en la presente investigación, la gama de indicadores calculados puede ser modificada y extendida.

6.4 Recomendaciones

Para seguir mejorando los tiempos en postura de las excavaciones horizontales, se recomienda que los estudios futuros traten los siguientes aspectos que no se abordaron en la realización de este trabajo.

- Se debe efectuar las propuestas hechas en esta investigación.
- Se debe realizar un tablero de control de perforación y tronadura, donde se analicen los parámetros del proceso (resultados no deseados de sobre

excavación y avance), analizando la gestión, ingeniería, implementación, inspección técnica y controles de mejoramiento continuo.

- Para seguir mejorando los tiempos en postura se tiene que analizar el proceso de fortificación, pues involucra las actividades de perforación tiros de fortificación, instalación de pernos helicoidales, instalación de malla y Hilteo; estas actividades se identificaron como de mayor en el ciclo de minado.
- Analizar la interferencia operativa de las obras mineras y civiles, creando un despachador para mejorar la planificación del jefe de turno.

Bibliografía

1. Arce, Patricio. 2016. Comunicación personal. Gerencia de Obras Mina, Codelco Chile División El Teniente. Rancagua, Chile.
2. Bustos, O. 2015. Análisis de interferencias en Preparación Minera de Mina Esmeralda. Reporte Interno División El Teniente. Rancagua, Chile.
3. Gardilicic. 2015. Procedimiento de construcción de desarrollos horizontales. Mina Reservas Norte. Teniente 2015.
4. GMIN. 2014. Reglamento interno de transporte, almacenamiento y manipulación de explosivos (TRAME). Rancagua Chile.
5. GEPUC. 2012. Programa de Mejoramiento de Productividad mediante Implementación de Filosofía LEAN. Informe de Avance Mes 2. Rancagua, Chile.
6. Geovita. 2015 Estándares operacionales para desarrollos horizontales en la Mina Esmeralda. Teniente Chile.
7. Geovita. 2015 Estándares operacionales para desarrollos horizontales en la Mina Esmeralda. Teniente Chile.
8. Green Ingeniería y consultoría Limitada. 2014. Estudio de Tiempos de Empresas Contratistas de Obras. Teniente.
9. Hernández M, Juan C. 2013. Lean manufacturing conceptos, técnicas e implementación. Madrid
10. Hernández Matías, JC. 2001. Metodología para el análisis y planificación de acciones de mejora continua en fabricación. Tesis doctoral UPM.
11. Hernández M, Vizán, A. 2013. Lean manufacturing, Conceptos, técnicas e implementación. Madrid.
12. James P. Womack and Daniel T. Lean Thinking Banish waste and create wealth in your corporation. New York London Toronto Sydney Singapore.
13. Jim Womack y Dan Jones. 1996. Lean Thinking.
14. Koskela, L. 1992. Application of the new production Philosophy to Construction. CIFE Technical Report #72.
15. Laubscher, D 1994. Cave mining the state of the art. En: Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy. October, South Africa.
16. Lavado, David. 2014. Metodología de asignación de recursos en desarrollos minería subterránea. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago. Memoria de Ingeniería Civil de Minas.
17. Mas Errázuriz. 2015. Procedimientos de desarrollos horizontales Mina Reservas Norte. Teniente Chile.
18. Medina, José. Comunicación personal. Gerencia de Obras Mina, CODELCO Chile División El Teniente. Rancagua, 2016.
19. Music, A. 2007. Diagnóstico y optimización de disparos en desarrollo horizontal, Mina El Teniente. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil de Minas. Universidad de Chile. Mayo, Santiago de Chile.

20. Nord, G 2008. Faster drifting in mining, some aspect. En: 5th International Conference and Exhibition on Mass Mining. Lulea, Sweden, pp: 353 – 362.
21. Porter, M. 1985. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. Free Press. New York, USA.
22. Rev. B. 2015. Programación de obras de construcción. Gerencia de Obras Mina Rancagua Chile.
23. Rother, M. & Shook, J. 1999. Learning to see. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute.
24. Salgado, J 2009. Secuenciamiento genérico de obras para la planificación de preparación minera. Mina El Teniente. Trabajo de título presentado a conformidad para obtener el título de Ingeniero Civil de Minas. Santiago, Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería en Minas.
25. Sergio A, 2012. Aplicación de Mapeo de Cadenas de Valor para la detección de pérdidas productivas y medioambientales en la construcción: estudio de caso en obra “clínica universidad de los andes” tesis para optar al título de ingeniero civil Universidad de Chile. Santiago de Chile.
26. Torres, Luis. Comunicación personal. Gerencia de Obras Mina, CODELCO Chile División El Teniente. Rancagua, 2016.

Anexo 1 Tiempos de las actividades del ciclo de minado

1. Tiempos Ventilación Esmeralda Nivel Hundimiento y Producción

N	Descripción	Toma 1	Toma 02	Toma 3	Toma 04	Toma 05	Toma 06	Toma 07
	Hora de Inicio de la actividad	10:32 a.m	11:01 a.m	11:05 a.m	10:58 a.m	12:20 p.m	10.30 a.m	12:00 PM
	Hora Final de la actividad	11:31 a.m	12:10 p.m	12:41 p.m	12:11 p.m	1:19 p.m	11:49 a.m	1:20 p.m
1	Evaluación del área a trabajar	312	321	362	248	456	543	664
2	Habilitar el área de trabajo	111	128	109	126	105	129	134
3	Confinamiento del área	240	232	432	476	254	465	345
4	Registro Check list	308	301	356	461	351	475	321
5	Instalación de la manga con Grúa	1680	1870	1768	1587	1654	1598	1653
6	Encendido y verificación de la manga	178	184	176	187	174	165	179
7	Verificación Nivel de Gases	79	99	100	100	94	122	204
8	Retirar Grúa	100	72	98	165	145	76	64
a	Tiempo Productivo	30,97	34,23	32,4	29,57	30,47	29,38	30,53
b	Tiempos Contributorios	19	19	24	26	23	30	29
c	Tiempos No Contributorios	9	16	40	18	6	20	21
	Total Tiempos en minutos [min]	59,1	69,5	96,7	73,8	59,9	79,6	80,4

Tabla 30 Tiempos de actividades de ventilación

2. Proceso de Carguío de Marina.

Carguío de Marina tiempos en segundos [s]											
N	Descripción	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	T. 6	T. 7	T. 8	T. 9	T. 10
1	Inspección área	286	465	589	318	468	267	426	589	251	735
2	Registro Check list	256	356	578	538	398	254	631	559	243	438
4	Aislamiento del área a trabajar	258	185	325	345	314	251	247	231	256	315
3	Limpieza marina	431	469	520	529	561	475	652	683	489	486
4	Limpieza zapatera	356	356	532	467	678	754	867	610	659	437
a	Tiempos productivo	77,9	84,1	95,6	96	105	91,8	123	124	92,5	88,4
b	Tiempos contributorios	13,3	16,8	24,9	20	19,7	12,9	21,7	23	12,5	24,8
c	Tiempos No contributorios	46	36	30	36	12	30	70	52	46	24
	Total tiempo en minutos [min]	137	137	150	152	137	135	215	199	151	137

Tabla 31 Carguío de Marina tiempos de cada actividad

Rendimiento.

LHD 7 yd3	Rendimiento Scoop Carguío de Marina										
Descripción	Unidad	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	T. 6	T. 7	T. 8	T. 9	T. 10
Carga nominal	yd3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Carga nominal	m3	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
Factor de llenado		0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Densidad esponjada	ton/m3	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Carga efectiva	ton	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
- Cargado	km/hr	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
- Vacío	km/hr	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Distancia cargado	m	108	111	114,2	117,2	120,4	123,4	126,4	129,4	132	134
Distancia vacío	m	108	111	114,2	117,2	120,4	123,4	126,4	129,4	132	134
Tiempo de Carguío LHD	min	0,97	1,02	1,01	0,98	1	0,98	0,97	0,95	0,94	0,94
Tiempo de descarga LHD	min	0,29	0,29	0,3	0,32	0,29	0,29	0,28	0,29	0,28	0,27
Tiempo de viaje cargado	min	0,86	0,89	0,91	0,94	0,96	0,99	1,01	1,04	1,06	1,07
Tiempo de viaje vacío	min	0,62	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,72	0,74	0,75	0,77
Tiempo de viaje total	min	1,48	1,52	1,57	1,61	1,65	1,69	1,73	1,77	1,81	1,84
Tiempo de ciclo	min	2,74	2,83	2,88	2,91	2,94	2,96	2,99	3,01	3,04	3,05
Productividad efectiva	t/hora	153,9	149,1	146,5	145	143,7	142,6	141,3	140,2	139	138,2
Tiempo disponible para operar	hora/turno	2,25	2,27	2,52	2,57	2,32	2,3	3,59	3,38	2,6	2,34
Productividad Operacional	t/hora	153,9	149,1	146,5	145	143,7	142,6	141,3	140,2	139	138,2
Producción por LHD x Labor	ton/frente	346,9	338	368,7	372,2	332,9	327,7	507,8	473,2	361,2	322,9
Numero de Palas	Uni	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Producción Total	ton/día	346,9	338	368,7	372,2	332,9	327,7	507,8	473,2	361,2	322,9

Tabla 32 Rendimientos de Carguío de Marina

Tiempos de Carguío de Marina

Labor NV-H Calle 27 Sur XC-5 distancia de acarreo 108 m					
N°	Tiempo	Tiempo viaje	Tiempo	Tiempo viaje	Ciclo
viajes	Cuchareo [seg]	con carga [seg]	descarga [seg]	descarga [seg]	total [min]
1	60	66	12	40	178
2	67	54	18	52	191
3	68	62	16	41	187
4	74	67	20	42	203
5	69	59	21	39	188
6	61	58	15	48	182
7	51	54	15	45	165
8	70	61	17	38	186
9	68	49	18	37	172
10	62	78	18	41	199
11	53	71	17	42	183
12	58	58	16	40	172
13	49	64	15	35	163
14	47	68	16	48	179
15	40	66	15	44	165
16	45	60	14	40	159
17	51	60	17	35	163
18	54	64	20	41	179
19	58	59	24	46	187
20	65	70	19	38	192
21	63	69	17	45	194
22	59	62	19	41	181
23	57	64	15	39	175
24	50	66	21	38	175
Tiempo promedio en segundos [s]	58,3	62,9	17,3	41,458	180
Tiempo total en segundos [s]	1399	1509	415	995	4318

Tabla 33 Tiempo de Carguío de marina, Toma 1

Labor Nv-H XC-Acceso 6 HW C31 distancia de acarreo 111 m					
N°	Tiempo	Tiempo viaje	Tiempo	Tiempo viaje	Ciclo
viajes	Cuchareo [seg]	con carga [seg]	descarga [seg]	descarga [seg]	total [min]
1	69	68	15	48	200
2	75	69	16	43	203
3	65	60	14	47	186
4	63	64	18	49	194
5	62	63	19	57	201
6	62	60	20	51	193
7	72	67	15	53	207
8	62	78	18	45	203
9	64	67	19	48	198
10	68	65	19	48	200
11	56	63	21	43	183
12	65	61	16	57	199
13	54	68	19	51	192
14	53	72	14	41	180
15	65	75	17	40	197
16	55	74	23	46	198
17	51	59	18	48	176
18	66	74	19	51	210
19	63	75	18	56	212
20	54	79	15	53	201
21	64	78	17	50	209
22	46	75	16	41	178
23	47	67	16	46	176
24	64	69	15	48	196
Tiempo promedio en segundos [s]	61,0	68,75	17,4	48,3	195,5
Tiempo total en segundos [s]	1465	1650	417	1160	4692

Tabla 34. Tiempo de Carguío de marina, toma 2

Labor: Nv-H C-45 Norte Acc-5 distancia de acarreo 114.2 m					
N°	Tiempo	Tiempo viaje	Tiempo	Tiempo viaje	Ciclo
viajes	Cuchareo [seg]	con carga [seg]	descarga [seg]	descarga [seg]	total [min]
1	69	79	25	51	224
2	64	89	24	62	239
3	97	72	16	59	244
4	45	86	15	58	204
5	69	83	18	63	233
6	74	74	15	61	224
7	56	79	14	57	206
8	53	89	18	55	215
9	54	82	16	51	203
10	48	75	21	59	203
11	78	74	19	63	234
12	59	81	17	66	223
13	74	80	24	59	237
14	71	80	16	60	227
15	72	82	20	50	224
16	48	74	14	57	193
17	43	76	17	53	189
18	66	87	16	52	221
19	56	88	23	53	220
20	59	80	21	65	225
21	57	81	15	61	214
22	46	76	9	60	191
23	44	73	16	66	199
24	58	70	23	58	209
Tiempo promedio en segundos [s]	60,83	79,58	18,00	58,29	216,7083333
Tiempo total en segundos [s]	1460	1910	432	1399	5201

Tabla 35. Tiempo de Carguío de marina, toma 3

Labor Nv-H C-43 Sur Acc-5 distancia de acarreo 117.2 m					
N°	Tiempo	Tiempo viaje	Tiempo	Tiempo viaje	Ciclo
viajes	Cuchareo [seg]	con carga [seg]	descarga [seg]	descarga [seg]	total [min]
1	69	82	18	58	227
2	65	93	19	60	237
3	63	91	12	65	231
4	65	90	17	63	235
5	63	80	15	58	216
6	62	80	22	59	223
7	59	86	24	52	221
8	68	91	24	50	233
9	48	85	18	54	205
10	65	83	20	53	221
11	56	88	21	65	230
12	53	87	18	61	219
13	66	81	19	63	229
14	57	80	15	53	205
15	58	91	24	50	223
16	48	90	25	57	220
17	51	85	22	58	216
18	48	87	22	54	211
19	60	88	24	50	222
20	60	83	15	56	214
21	56	82	14	59	211
22	48	84	18	56	206
23	66	85	15	53	219
24	56	83	24	58	221
Tiempo promedio en segundos [s]	58,8	85,6	19,4	56,9	220,6
Tiempo total en segundos [s]	1410	2055	465	1365	5295

Tabla 36. Tiempo de Carguío de marina, toma 4

Labor: Nv-H C-29 Sur XC-5 distancia de acarreo 120.4 m					
N°	Tiempo	Tiempo viaje	Tiempo	Tiempo viaje	Ciclo
viajes	Cuchareo [seg]	con carga [seg]	descarga [seg]	descarga [seg]	total [min]
1	68	92	12	65	237
2	96	98	15	67	276
3	63	92	18	68	241
4	60	90	18	69	237
5	52	97	17	64	230
6	58	89	16	63	226
7	54	97	20	65	236
8	68	97	21	67	253
9	60	89	15	68	232
10	60	92	16	69	237
11	62	94	18	65	239
12	46	95	16	62	219
13	61	87	18	60	226
14	50	89	16	58	213
15	48	93	26	59	226
16	64	94	12	60	230
17	52	98	15	65	230
18	53	94	25	60	232
19	48	97	15	65	225
20	65	93	16	63	237
21	49	82	21	64	216
22	71	87	15	67	240
23	65	89	14	67	235
24	64	89	18	68	239
Tiempo promedio en segundos [s]	59,9	92,3	17,2	64,5	233,8
Tiempo total en segundos [s]	1437	2214	413	1548	5612

Tabla 37 Tiempo de Carguío de marina, toma 5

Labor: C-43 al Sur Z40 Distancia de acarreo 123.4 m					
N°	Tiempo	Tiempo viaje	Tiempo	Tiempo viaje	Ciclo
viajes	Cuchareo [seg]	con carga [seg]	descarga [seg]	descarga [seg]	total [min]
1	68	76	16	52	212
2	64	80	15	57	216
3	63	86	15	53	217
4	65	75	22	50	212
5	61	76	18	54	209
6	48	79	19	59	205
7	69	63	19	55	206
8	62	64	17	50	193
9	63	59	18	54	194
10	48	80	18	59	205
11	64	59	16	53	192
12	48	67	14	54	183
13	42	69	12	52	175
14	57	95	15	51	218
15	59	58	13	51	181
16	48	58	17	52	175
17	50	59	18	49	176
18	76	64	34	52	226
19	56	56	18	56	186
20	69	68	19	50	206
21	47	69	12	48	176
22	58	63	17	54	192
23	59	69	17	58	203
24	65	65	17	48	195
Tiempo promedio en segundos [s]	58,7	69,0	17,3	53,0	198,0
Tiempo total en segundos [s]	1409	1657	416	1271	4753

Tabla 38 Tiempo de Carguío de marina, toma 7

Labor: C-47 al Sur Z-49 distancia de acarreo 129 m					
N°	Tiempo	Tiempo viaje	Tiempo	Tiempo viaje	Ciclo
viajes	Cuchareo [seg]	con carga [seg]	descarga [seg]	sin carga [seg]	total [min]
1	62	120	16	82	280
2	63	115	17	83	278
3	64	120	18	81	283
4	53	114	16	80	263
5	58	118	15	57	248
6	59	119	18	59	255
7	57	125	18	58	258
8	58	123	19	81	281
9	55	124	20	86	285
10	53	125	20	83	281
11	54	117	14	82	267
12	48	118	12	80	258
13	48	121	12	83	264
14	46	128	18	79	271
15	65	115	19	78	277
16	60	119	20	84	283
17	56	125	23	86	290
18	64	128	15	82	289
19	63	129	17	74	283
20	53	110	18	76	257
21	67	105	19	84	275
22	54	108	12	82	256
23	65	112	22	80	279
24	68	109	12	78	267
Tiempo promedio en segundos [s]	58,0	118,6	17,1	78,3	272,0
Tiempo total en segundos [s]	1393	2847	410	1878	6528

Tabla 39 Tiempo de Carguío de marina, toma 7

Labor: C-51 al Sur Z-44 distancia de acarreo 129.4 m					
N°	Tiempo	Tiempo viaje	Tiempo	Tiempo viaje	Ciclo
viajes	Cuchareo [seg]	con carga [seg]	descarga [seg]	descarga [seg]	total [min]
1	63	120	18	77	278
2	48	150	19	79	296
3	65	125	15	82	287
4	57	127	15	86	285
5	46	134	12	83	275
6	53	131	17	81	282
7	54	125	20	79	278
8	45	145	14	78	282
9	65	111	24	84	284
10	48	128	15	86	277
11	63	129	16	85	293
12	60	131	18	79	288
13	52	132	17	78	279
14	48	133	27	76	284
15	46	124	14	75	259
16	49	126	25	85	285
17	52	127	24	83	286
18	71	129	15	83	298
19	65	132	14	86	297
20	44	133	16	79	272
21	65	125	13	73	276
22	64	131	15	87	297
23	67	136	16	74	293
24	75	136	14	78	303
Tiempo promedio en segundos [s]	56,9	130,0	17,2	80,7	284,8
Tiempo total en segundos [s]	1365	3120	413	1936	6834

Tabla 40 Tiempo de Carguío de marina, toma 8

Labor: Z-41 al HW C-45 distancia de acarreo 123 m					
N°	Tiempo	Tiempo viaje	Tiempo	Tiempo viaje	Ciclo
viajes	Cuchareo [seg]	con carga [seg]	descarga [seg]	descarga [seg]	total [min]
1	48	72	18	52	190
2	66	96	19	50	231
3	44	98	18	48	208
4	44	97	20	49	210
5	42	93	21	50	206
6	67	94	23	54	238
7	41	84	15	52	192
8	59	72	14	61	206
9	58	86	17	54	215
10	57	79	14	48	198
11	48	76	16	50	190
12	63	71	15	58	207
13	65	83	12	51	211
14	48	70	14	54	186
15	50	71	12	47	180
16	49	70	14	49	182
17	64	69	22	51	206
18	87	82	15	50	234
19	65	73	12	56	206
20	46	61	15	57	179
21	57	70	16	53	196
22	59	72	23	52	206
23	63	68	27	55	213
24	67	71	15	50	203
Tiempo promedio en segundos [s]	56,5	78,3	17,0	52,1	203,9
Tiempo total en segundos [s]	1357	1878	407	1251	4893,00

Tabla 41. Tiempo de Carguío de marina, toma 9

Labor: C-27 SUR XC-5 distancia de acarreo 132 m					
N°	Tiempo	Tiempo viaje	Tiempo	Tiempo viaje	Ciclo
viajes	Cuchareo [seg]	con carga [seg]	descarga [seg]	sin carga [seg]	total [min]
1	48	121	17	88	186
2	75	128	18	86	221
3	65	115	18	87	198
4	63	114	19	89	196
5	62	118	14	79	194
6	44	128	15	78	187
7	60	135	14	86	209
8	48	139	15	84	202
9	53	127	16	83	196
10	54	127	17	86	198
11	69	138	12	85	219
12	63	126	19	87	208
13	44	110	18	82	172
14	64	138	19	79	221
15	62	143	17	86	222
16	41	135	12	84	188
17	42	125	13	92	180
18	45	154	12	94	211
19	43	123	24	99	190
20	66	125	15	88	206
21	62	156	14	97	232
22	63	128	15	96	206
23	61	135	19	99	215
24	59	129	22	87	210
Tiempo promedio en segundos [s]	56,5	129,9	16,4	87,5	202,8
Tiempo total en segundos [s]	1356	3117	394	2101	4867

Tabla 42. Tiempo de Carguío de marina, toma 10

3 Proceso de Acuñadura

Descripción de las Actividades.

Acuñadura Mina Esmeralda Nivel de Hundimiento y Producción - tiempos en segundos [s]											
Nº	Descripción	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	T. 6	T. 7	T. 8	T. 9	T. 10
	Hora de Inicio	21:44	16:42	9:32	21:27	14:57	21:00	1:30	17:31	14:45	22:30
	Hora Final	1:02	18:32	11:09	23:34	16:19	22:34	3:19	18:50	16:10	23:56
1	Inspección del área	290	327	312	586	456	435	534	603	299	664
2	Registro Check list	456	600	345	335	312	543	421	487	357	478
3	Iluminación	376	399	235	345	301	465	356	365	256	301
4	Acuñadura de la corona de la labor	1086	1756	1767	2357	1156	1647	2523	1075	1059	1156
5	Acuñadura de las cajas de la labor	796	913	974	1398	846	832	803	834	768	829
6	Acuñadura frente	178	879	567	900	699	443	350	412	301	456
7	Marcación para pernos de Sostenimiento	524	697	660	458	567	479	436	376	587	476
a	Tiempos productivos	43	71	66	85	54	57	69	45	45	41
b	Tiempos contribut.	19	22	15	21	18	24	22	24	15	24
c	Tiempos No contributorios	16	18	17	21	9	13	19	11	25	21,3
	Total Tiempos en minutos [min]	78,22	111	97,7	127	81	94	109,7	79,7	85,1	86,1

Tabla 43 Tiempos de cada actividad del Proceso de Acuñado

4 Proceso de Perforación Perno y Split Set

Descripción de las Actividades.

Perforación Perno y Splitset Mina Esmeralda Nivel de Hundimiento y Producción - tiempos en segundos [s]											
Nº	Descripción	Toma 01	Toma 02	Toma 03	Toma 04	Toma 05	Toma 06	Toma 07	Toma 08	Toma 09	Toma 10
	Hora de Inicio de la actividad	2:15 p.m	9:30 p.m	1:30 a.m	10:30 a.m	3:00 PM	10:45 a.m	10:45 a.m	12:45 a.m	3:46 p.m	10:45 p.m
	Hora de la finalización de la actividad	5:29 p.m	12:24 a.m	7:33 a.m	1:30 p.m	5:47 p.m	1:38 p.m	2:14 p.m	3:48 a.m	8:16 p.m	2:22 a.m
1	Inspección del área a trabajar	211	387	701	357	342	587	482	435	304	265
2	Aislamiento del área a trabajar	160	321	253	231	169	357	287	300	264	275
3	Registro check list	389	489	314	438	320	302	652	381	536	303
4	Posicionamiento Jumbo al frente	124	176	128	176	156	178	247	171	124	176
5	Instalacion energia y agua	246	470	587	356	456	359	536	351	467	547
6	Instalación bomba de agua	186	238	125	438	240	175	235	235	306	303
7	Perforación Pernos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Perforación Split Set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Desinstalación Equipo jumbo y bomba de agua	134	107	360	473	121	258	480	287	127	265
a	Tiempos productivos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
b	Tiempos contributorios	24,2	36,5	41,1	41,2	30,1	36,9	48,7	36,0	35,5	35,6
c	Tiempos No contributorios	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0
	Total tiempo en minutos [min]	24,2	36	41	41	30	37	49	36	35	36

Tabla 44 Actividades de la actividad de perforación de Fortificación

Toma de tiempos de Jumbo de Fortificación

Labor Calle 29 Sur XC-5 NH Tiempo total 3.14 horas					
N° Tiro	Emboquillado	Perforación barrido	Retiro	Cambio de posición tiro	Demoras operativas
1	10	92	10	7	
2	13	89	9	5	
3	12	126	10	13	
4	13	125	11	5	
5	12	99	9	19	
6	12	126	8	12	
7	13	119	8		2350
8	9	142	7	11	
9	14	121	9	9	
10	18	154	12	8	
11	9	164	16	7	
12	7	171	18	9	
13	5	98	8	10	
14	5	123	9	10	
15	9	168	12	11	
16	12	142	12	10	
17	10	100	12	11	
18	12	145	13	13	
19	8	129	13	13	
20	7	89	10	13	
21	7	90	15	12	
22	7	94	9	9	
23	15	165	9	9	
24	12	126	12	8	
25	12	124	7	13	
26	10	90	12	12	
27	10	99	8	13	
28	8	110	13	12	
29	7	115	19	15	
30	9	118	21	19	
31	9	94	10	11	
32	8	83	10	11	
33	12	145	9	11	
34	13	160	8	10	
35	15	136	8	9	
36	14	164	9	8	
37	16	138	6	10	
38	22	165	7	10	
39	27	110	12	13	
40	15	186	8	10	
41	13	142	12	12	
42	7	134	10	9	
43	9	148	10	8	
44	12	111	10	12	
Tiempo promedio	11,3	126,6	10,7	10,7	2350,0
Tiempo total	499	5569	470	462	2350

Tabla 45 Perforación de fortificación toma 01

Control de tiempos de Jumbo - Split set Corona del frente de la Labor								
N° Tiro	Emboquillado	Perforación barrido	Retiro	Colocación a la barra	Emboquillado	Barrido	Retiro	Demoras operativas
				Spli set		Split set		
1	7	94	8	15	9	6	4	
2	8	130	13	14	6	8	5	
3	10	124	7	18	11	6	6	
4	8	99	6	22	15	4	5	
5	9	132	9	14	9	5	5	
Tiempo promedio	8,4	115,8	8,6	16,6	10	5,8	5	
Tiempo total	42	579	43	83	50	29	25	0

Tabla 46 Tiempo de Colocación Split Set 01

Labor Calle 27 Sur XC-5 NH Tiempo total 2:30 horas					
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Cambio de	Demoras
		barrido		posición tiro	operativas
1	17	80	10	12	
2	12	167	11	13	
3	13	156	9	10	
4	12	134	10	9	
5	14	124	10	13	
6	11	115	9	15	
7	13	103	9	16	
8	12	109	15	13	
9	5	99	11	14	
10	8	121	6	16	
11	4	123	17	15	
12	9	152	12	12	
13	10	132	16	11	
14	4	119	13	11	
15	7	114	7	9	
16	15	132	8	9	
17	13	135	7	9	
18	12	145	12	9	
19	10	138	10	10	
20	10	125	11	10	
21	10	132	8	11	
22	11	156	9		1850
23	13	115	12	11	
24	12	125	11	13	
25	14	163	12	14	
26	14	153	13	19	
27	12	125	12	5	
28	12	144	14	13	
29	8	142	15	16	
30	7	134	10	17	
31	7	128	11	15	
32	7	114	11	15	
33	4	145	9	11	
34	8	158	13	11	
35	21	154	10	13	
36	13	186	9	12	
37	15	165	8	12	
38	8	195	7	10	
39	9	141	6	9	
40	8	99	6	9	
41	10	169	10	8	
42	11	139	9	5	
43	10	159	8	7	
44	12	154	8	21	
Tiempo promedio	10,6	136,8	10,3	11,9	1850,0
Tiempo total	467	6018	454	513	1850

Tabla 47 Perforación de fortificación toma 02

Control de tiempos de Jumbo - Split set Corona del frente de la Labor								
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Colocación a la barra	Emboquillado	Barrido	Retiro	Demoras
		barrido		Spli set		Split set		operativas
1	6	95	7	16	7	4	4	
2	8	96	12	18	8	7	5	
3	9	105	14	13	11	6	6	
4	7	111	12	12	9	5	5	
5	8	99	12	14	7	5	5	
Tiempo promedio	7,6	101,2	11,4	14,6	8,4	5,4	5	
Tiempo total	38	506	57	73	42	27	25	0

Tabla 48 Tiempo de Colocación Split Set 02

Labor XC Acceso 6 HW C31 NH Tiempo total 6:03 horas					
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Cambio de	Demoras
		barrido		posición tiro	
1	12	98	9	7	
2	11	121	8	13	
3	14	134	9	16	
4	13	186	10	7	
5	12	209	9	7	
6	11	89	9	8	
7	13	83	8	8	
8	13	124	13	13	
9	17	125	7	10	
10	16	128	8	16	
11	12	184	8	11	
12	13	193	9	11	
13	16	206	13	11	
14	17	207	8	12	
15	9	180	7	7	
16	12	187	6	8	
17	12	0	8	12	2294
18	12	145	9	9	
19	13	162	9	10	
20	10	138	10	10	
21	14	90	13	18	
22	15	97	9	7	
23	12	94	10	9	
24	12	120	13	9	
25	10	220	12	9	
26	13	231	11	13	
27	12	158	11	12	
28	10	167	9	15	
29	12	145	9	12	
30	15	165	8	11	
31	11	135	13	10	
32	10	182	12	10	
33	13	145	7	10	
34	10	168	8	13	
35	10	192	9	12	
36	13	197	8	10	
37	10	206	9	9	
38	12	207	10	9	
39	13	186	10	10	
40	10	193	9	8	
41	9	197	8	12	
42	9	156	8	10	
43	12	154	9	13	
44	15	240	10	10	
Tiempo promedio	12,27	157,82	9,36	10,61	2294,00
Tiempo total	540	6944	412	467	2294

Tabla 49 Perforación de fortificación toma 03

Control de tiempos de Jumbo - Split set Corona del frente de la Labor								
N° Tiro	Emboquillado	Perforación barrido	Retiro	Colocación a la barra	Emboquillado	Barrido	Retiro	Demoras operativas
				Spli set		Split set		
1	10	154	12	22	14	4	4	
2	7	163	13	20	14	5	6	
3	9	132	14	18	12	5	6	
4	9	111	12	19	14	6	5	
5	9	176	13	19	11	8	6	
Tiempo promedio	8,8	147,2	12,8	19,6	13	5,6	5,4	
Tiempo total	44	736	64	98	65	28	27	0

Tabla 50 Tiempo de Colocación Split Set 03

Labor XC Acceso 6 FW C31 NH Tiempo total 3 horas					
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Cambio de posición tiro	Demoras operativas
		barrido			
1	12	120	9	16	
2	10	90	10	12	
3	12	89	10	12	
4	10	99	10	13	
5	13	105	9	13	
6	15	107	8	10	
7	10	167	8	10	
8	10	151	1	13	
9	9	165	14	12	
10	15	120	16	11	
11	16	111	12	11	
12	15	108	10	11	
13	12	135	8	10	
14	10	103	9	10	
15	8	121	10	9	
16	17	90	10	9	
17	9	125	10	12	
18	9	156	13	8	
19	12	137	9		1456
20	10	139	8	10	
21	11	138	7	9	
22	12	129	7	8	
23	12	149	8	9	
24	11	167	8	10	
25	15	98	10	13	
26	15	107	10	12	
27	16	120	11	10	
28	17	93	10	12	
29	16	98	9	13	
30	12	101	8	9	
31	10	125	8	8	
32	11	167	9	9	
33	11	145	10	13	
34	11	168	11	12	
35	13	135	13	10	
36	10	156	16	10	
37	10	148	15	12	
38	13	102	10	10	
39	10	120	10	13	
40	15	121	11	12	
41	19	131	9	9	
42	7	105	8	9	
43	9	116	9	13	
44	9	145	10	12	
Tiempo promedio	12,02	125,50	9,80	10,91	1456,00
Tiempo total	529	5522	431	469	1456

Tabla 51 Perforación de fortificación toma 04

Control de tiempos de Jumbo - Split set Corona del frente de la Labor								
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Colocación a la barra	Emboquillado	Barrido	Retiro	Demoras operativas
		barrido		Spli set		Split set		
1	8	89	13	19	13	7	5	
2	9	102	10	18	15	6	7	
3	11	99	10	20	13	5	8	
4	14	102	9	21	14	7	7	
5	8	111	9	18	12	4	4	
Tiempo promedio	10	100,6	10,2	19,2	13,4	5,8	6,2	
Tiempo total	50	503	51	96	67	29	31	0

Tabla 52 Tiempo de Colocación Split Set 04

Labor Z-47 al Fw C-55 NP Tiempo total 2:47 horas					
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Cambio de	Demoras
		barrido		posición tiro	
1	9	89	10	6	
2	10	94	9	8	
3	14	102	8	12	
4	12	94	11	13	
5	12	116	8	6	
6	10	98	9	8	
7	9	132	10	9	
8	13	105	9	13	
9	16	151	16	10	
10	8	104	16	8	
11	10	132	14	9	
12	16	97	13	12	
13	13	89	13	9	
14	15	104	15	12	
15	15	123	12	16	
16	14	148	9	15	
17	13	90	12	12	
18	15	107	13	9	
19	15	153	10	12	
20	13	121	11	15	
21	14	102	11	10	
22	10	130	9	10	
23	10	132	8	11	
24	9	99	12	16	
25	1311	126	10	18	
26	11	111	11	10	
27	12	103	13	13	
28	13	95	8	18	
29	15	93	12	13	
30	13	156	10	12	
31	11	95	13	11	
32	11	124	12	7	
33	13	125	8	9	
34	18	98	13	10	
35	15	97	9	11	
36	14	164	10	10	
37	9	149	10	13	
38	7	156	13	12	
39	12	167	12	16	
40	10	135	16	17	
41	11	128	19	12	
42	12	124	10	11	
43	9	103	11	11	
44	7	106	12	9	
Tiempo promedio	41,6	117,4	11,4	11,5	#i DIV/O!
Tiempo total	1829	5167	500	504	0

Tabla 53 Perforación de fortificación toma 05

Control de tiempos de Jumbo - Split setde sostenimiento								
N° Tiro	Emboquillado	Perforación barrido	Retiro	Colocación a la barra	Emboquillado	Barrido	Retiro	Demoras operativas
				Spli set		Split set		
1	12	96	10	18	13	6	4	
2	15	113	13	27	15	7	5	
3	13	143	14	19	15	5	4	
4	10	126	13	15	12	7	4	
5	11	154	16	16	11	6	4	
Tiempo promedio	12,2	126,4	13,2	19	13,2	6,2	4,2	
Tiempo total	61	632	66	95	66	31	21	0

Tabla 54 Tiempo de Colocación Split Set 05

Labor Z-50 al HW C-43 NP Tiempo total 2:15 horas					
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Cambio de	Demoras
		barrido		posición tiro	
1	9	88	9	18	
2	8	85	10	19	
3	8	102	10	10	
4	9	89	10	13	
5	9	87	9	10	
6	11	95	8	19	
7	10	87	8	12	
8	16	90	7	10	
9	12	90	9	13	
10	11	101	10	13	
11	9	99	9	12	
12	8	99	7	12	
13	5	106	8	11	
14	6	102	12	10	
15	18	90	8	13	
16	12	120	16	10	
17	10	132	19	9	
18	13	98	12	9	
19	14	90	10	12	
20	13	100	9	13	
21	21	101	12	9	
22	10	129	8	8	
23	11	90	9	9	
24	13	122	12	12	
25	15	118	10	10	
26	16	125	19	21	
27	12	92	13	13	
28	11	121	21	13	
29	10	125	13	14	
30	13	120	10	7	
31	12	90	9	19	
32	16	93	8	12	
33	12	101	10	10	
34	13	120	8	11	
35	10	125	13	11	
36	11	123	9	10	
37	10	88	10	13	
38	13	116	11	12	
39	10	120	13	15	
40	12	124	12	12	
41	12	115	10	12	
42	11	128	11	10	
43	11	129	11	13	
44	9	126	11	9	
Tiempo promedio	11,48	106,61	10,75	12,11	#¡DIV/0!
Tiempo total	505	4691	473	533	0

Tabla 55 Perforación de fortificación toma 06

Control de tiempos de Jumbo - Split setde sostenimiento								
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Colocación a la barra	Emboquillado	Barrido	Retiro	Demoras
		barrido		Spli set		Split set		
1	10	102	11	22	12	6	4	
2	9	125	13	24	13	8	5	
3	8	132	12	21	14	8	6	
4	10	108	10	24	14	7	5	
5	11	106	11	24	15	9	6	
Tiempo promedio	9,6	114,6	11,4	23	13,6	7,6	5,2	
Tiempo total	48	573	57	115	68	38	26	0

Tabla 56 Tiempo de Colocación Split Set 06

Labor Z-50 al HW C-47 NP Tiempo total 3:03 Horas					
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Cambio de	Demoras
		barrido		posición tiro	operativas
1	10	106	10	16	
2	9	100	12	8	
3	10	103	13	9	
4	13	95	14	14	
5	12	104	10	12	
6	11	102	9	10	
7	14	103	9	13	
8	13	106	12	12	
9	16		10	10	1500
10	10	120	16	11	
11	9	125	15	11	
12	10	120	10	13	
13	13	135	10	12	
14	12	152	9	10	
15	10	120	9	19	
16	15	113	9	15	
17	19	120	8	12	
18	12	142	13	12	
19	10	152	12	9	
20	13	136	10	12	
21	10	137	13	15	
22	15	156	14	12	
23	16	135	14	10	
24	12	146	15	9	
25	9	175	9	8	
26	8	178	8	10	
27	12	148	8	12	
28	13	143	9	13	
29	10	142	13	10	
30	13	153	12	16	
31	12	157	8	8	
32	11	111	7	9	
33	10	120	16	8	
34	13	162	17	12	
35	13	125	13	13	
36	17	156	9	12	
37	12	135	8	10	
38	13	145	9	10	
39	10	158	12	11	
40	9	145	10	13	
41	9	125	9	16	
42	9	129	8	18	
43	13	145	9	12	
44	10	156	10	10	
Tiempo promedio	11,8	133,4	10,9	11,8	1500,0
Tiempo total	520	5736	480	517	1500

Tabla 57 Perforación de fortificación toma 07

Control de tiempos de Jumbo - Split set de sostenimiento								
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Colocación a la barra	Emboquillado	Barrido	Retiro	Demoras
		barrido		Spli set		Split set		operativas
1	9	115	10	15	10	7	4	
2	11	112	13	22	13	6	6	
3	12	98	12	23	15	7	5	
4	10	104	14	19	14	7	6	
5	10	102	13	21	14	9	4	
Tiempo promedio	10,4	106,2	12,4	20	13,2	7,2	5	
Tiempo total	52	531	62	100	66	36	25	0

Tabla 58 Tiempo de Colocación Split Set 07.

Labor C-43 Sur Acc-5 NH Tiempo total 2:52 horas					
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Cambio de	Demoras
		barrido		posición tiro	
1	11	158	10	12	
2	13	158	8	15	
3	11	126	9	16	
4	14	94	10	9	
5	11	89	10	9	
6	11	120	9	8	
7	12	119	7	9	
8	12	95	9	10	
9	16	113	8	13	
10	15	101	12	0	600
11	17	108	13	14	
12	12	128	9	13	
13	13	175	9	18	
14	14	168	9	10	
15	12	145	8	9	
16	13	136	12	6	
17	13	158	12	7	
18	13	123	13	6	
19	10	132	10	8	
20	9	165	10	12	
21	8	145	12	10	
22	13	92	16	6	
23	12	83	10	8	
24	13	97	9	12	
25	10	107	9	16	
26	18	108	8	9	
27	15	109	12	8	
28	14	120	10	13	
29	16	130	11	10	
30	13	138	11	12	
31	10	134	13	13	
32	13	102	9	10	
33	12	126	12	9	
34	15	127	14	13	
35	10	124	13	12	
36	11	134	10	10	
37	9	152	10	8	
38	9	165	10	16	
39	8	168	8	8	
40	12	180	9	16	
41	13	146	9	12	
42	10	167	15	11	
43	10	181	13	10	
44	10	208	12	10	
Tiempo promedio	12,18	133,05	10,50	10,59	600,00
Tiempo total	536	5854	462	466	600

Tabla 59 Perforación de fortificación toma 08

Control de tiempos de Jumbo - Split set de sostenimiento								
N° Tiro	Emboquillado	Perforación barrido	Retiro	Colocación a la barra	Emboquillado	Barrido Split set	Retiro	Demoras operativas
				Spli set				
1	10	97	10	19	11	8	5	
2	11	105	11	22	14	9	4	
3	9	132	12	24	13	7	4	
4	8	126	13	25	15	12	6	
5	12	116	12	19	14	10	5	
Tiempo promedio	10	115,2	11,6	21,8	13,4	9,2	4,8	
Tiempo total	50	576	58	109	67	46	24	0

Tabla 60 Tiempo de Colocación Split Set 08

Labor C-29 Sur XC-5 NH Tiempo total 2:16 horas					
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Cambio de	Demoras
		barrido		posición tiro	operativas
1	10	106	10	6	
2	9	100	12	8	
3	14	95	13	6	
4	12	104	12	7	
5	12	102	10	12	
6	10	103	9	10	
7	9	106	9	12	
8	13	126	7	6	
9	14	127	7	8	
10	9	100	9	13	
11	9	135	8	15	
12	9	164	10	12	
13	11	108	10	10	
14	11	97	8	15	
15	9	102	10	10	
16	9	129	11	10	
17	18	98	11	10	
18	9	127	8	11	
19	16	102	9	11	
20	12	184	10	12	
21	15	120	10	12	
22	10	98	11	9	
23	12	90	8	8	
24	12	157	10	9	
25	10	98	13	12	
26	9	100	8	13	
27	8	86	10	13	
28	7	90	12	12	
29	15	0	13	12	900
30	25	102	12	13	
31	12	136	10	10	
32	21	129	13	11	
33	13	138	12	11	
34	10	137	14	13	
35	1	90	12	15	
36	9	86	13	10	
37	8	92	10	16	
38	12	138	19	14	
39	10	92	17	16	
40	11	99	7	10	
41	13	146	6	10	
42	14	123	18	9	
43	10	120	8	9	
44	11	102	9	9	
Tiempo promedio	11,43	111,00	10,64	10,91	900,00
Tiempo total	503	4884	468	480	900

Tabla 61 Perforación de fortificación toma 09

Control de tiempos de Jumbo - Split set de sostenimiento								
N° Tiro	Emboquillado	Perforación barrido	Retiro	Colocación a la barra	Emboquillado	Barrido	Retiro	Demoras
				Spli set		Split set		operativas
1	10	114	10	17	11	7	4	
2	11	97	11	16	14	8	7	
3	12	89	12	21	13	8	6	
4	11	78	13	2	13	9	6	
5	9	99	13	18	15	9	5	
Tiempo promedio	10,6	95,4	11,8	14,8	13,2	8,2	5,6	
Tiempo total	53	477	59	74	66	41	28	0

Tabla 62 Tiempo de Colocación Split Set 09

Labor C-43 al Sur Z40 NP Tiempo total 2:36 horas					
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Cambio de	Demoras
		barrido		posición tiro	operativas
1	11	125	16	8	
2	13	96	12	9	
3	11	145	10	10	
4	14	182	6	13	
5	11	180	9	10	
6	11	130	10	12	
7	12	164	12	10	
8	12	120	13	13	
9	9	109	10	18	
10	8	138	21	12	
11	13	246	18	10	
12	13	159	14		1080
13	13	167	8	12	
14	12	185	8	10	
15	10	149	12	10	
16	9	138	13	13	
17	7	184	11	10	
18	8	182	10	12	
19	13	147	13	10	
20	9	198	12	10	
21	8	206	13	11	
22	9	207	10	6	
23	12	195	18	7	
24	13	104	12	12	
25	14	198	17	6	
26	12	135	10	19	
27	16	165	11	8	
28	8	186	11	16	
29	9	142	9	8	
30	15	180	8	7	
31	16	200	9	18	
32	16	206	9	6	
33	14	203	9	12	
34	12	176	12	10	
35	15	125	13	6	
36	9	168	9	10	
37	8	156	9	7	
38	6	290	9	8	
39	10	176	12	10	
40	11	160	13	11	
41	19	235	10	8	
42	12	198	10	11	
43	15	109	12	12	
44	10	186	13	8	
Tiempo promedio	11,55	169,32	11,50	10,44	1080,00
Tiempo total	508	7450	506	449	1080

Tabla 63 Perforación de fortificación toma 10

Control de tiempos de Jumbo - Split set de sostenimiento								
N° Tiro	Emboquillado	Perforación barrido	Retiro	Colocación a la barra	Emboquillado	Barrido	Retiro	Demoras
				Spli set		Split set		operativas
1	13	93	11	18	11	7	12	
2	9	111	14	21	14	9	8	
3	10	103	13	19	10	9	4	
4	11	107	12	20	13	10	4	
5	10	136	12	19	12	11	4	
Tiempo promedio	10,6	110	12,4	19,4	12	9,2	6,4	
Tiempo total	53	550	62	97	60	46	32	0

Tabla 64 Tiempo de Colocación Split Set 10

5 Proceso Lechado de Perno

Descripción de las Actividades.

Lechado de Pernos Mina Esmeralda Nivel de Hundimiento y Producción - tiempos en segundos [s]											
Nº	Descripción	T. 01	T. 02	T. 03	T. 04	T. 05	T. 06	T. 07	T. 08	T. 09	T. 10
1	Inspección del área a trabajar	246	287	295	242	254	305	246	240	243	307
2	Registro check list	600	686	543	487	587	654	487	480	308	278
3	Ingreso de Grua	154	186	134	68	132	132	126	136	187	125
4	Aislamiento del área a trabajar	142	128	125	134	97	67	186	245	125	79
5	Traslado de elementos de fortificación	196	243	301	187	364	125	302	78	312	181
6	Instalación bomba de aire	184	301	183	128	183	247	182	183	189	129
7	Lechado o inyección y colocación de Perno	3632	3180	3648	5879	4321	5659	3354	3967	3801	3640
9	Desinstalación Equipo jumbo y bomba de aire	246	184	300	185	243	185	297	300	301	360
a	Tiempos productivos [min]	60,5	53,0	60,8	98,0	72,0	94,3	55,9	66,1	63,4	60,7
b	Tiempos contributorios [min]	29,5	33,6	31,4	23,9	31,0	28,6	30,4	27,7	27,8	24,3
c	Tiempos No contributorios [min]	0,0	7,0	0,0	14,0	30,0	0,0	9,0	0,0	14,0	24,0
Total tiempo en minutos [min]		90,0	93,6	92,2	135,8	133,0	122,9	95,3	93,8	105,1	109,0

Tabla 65 Actividad del Proceso Lechado de Pernos

6 Proceso Instalación de Malla de Fortificación

Descripción de las Actividades

Malla Mina Esmeralda Nivel de Hundimiento y Producción - tiempos en segundos [s]											
Nº	Descripción	T. 01	T. 02	T. 03	T. 04	T. 05	T. 06	T. 07	T. 08	T. 09	T. 10
1	Inspección del área a trabajar	178	76	321	246	368	246	305	162	241	300
2	Registro check list	244	360	284	227	368	245	427	286	346	583
3	Ingreso de Grua	124	186	243	125	128	121	185	126	183	124
4	Aislamiento del área a trabajar	68	85	74	85	46	60	83	65	81	80
5	Preparación de Malla	485	547	600	426	542	368	543	261	200	542
6	Colocación de Malla	2687	3603	3125	3441	5808	3403	5742	3201	4625	3634
7	Retiro de Grua	246	254	185	363	246	247	186	168	184	126
a	Tiempos productivos	44,8	60,1	52,1	57,4	96,8	56,7	95,7	53,4	77,1	60,6
b	Tiempos contributorios	22,4	25,1	28,5	24,5	28,3	21,5	28,8	17,8	20,6	29,3
c	Tiempos No contributorios	16,0	14,0	24,0	13,0	0,0	17,0	24,0	10,0	15,0	30,0
Total tiempo en minutos [min]		83,2	99,2	104,5	94,9	125,1	95,2	148,5	81,2	112,7	119,8

Tabla 66 Tiempos de las actividades de Instalación Malla

7 Proceso de Hilteo

Descripción de las Actividades

Hilteo Mina Esmeralda Nivel de Hundimiento y Producción - tiempos en segundos [s]											
N°	Descripción	T. 01	T. 02	T. 03	T. 04	T. 05	T. 06	T. 07	T. 08	T. 09	T. 10
1	Inspección del área a trabajar	120	246	365	300	426	306	367	194	256	367
2	Registro check list	368	486	543	320	295	486	438	539	603	663
3	Ingreso de Grua	69	73	84	185	125	180	174	121	198	185
4	Aislamiento del área a trabajar	67	185	123	239	126	175	84	68	125	180
5	Hilteo	4647	5364	5678	3403	5080	5390	3880	3529	5607	5626
6	Retiro de Grua	185	245	185	119	301	245	309	176	234	297
a	Tiempos productivos	77,5	89,4	94,6	56,7	84,7	89,8	64,7	58,8	93,5	93,8
b	Tiempos contributorios	13,5	20,6	21,7	19,4	21,2	23,2	22,9	18,3	23,6	28,2
c	Tiempos No contributorios	36,0	7,0	14,0	16,0	30,0	15,0	17,0	30,0	14,0	13,0
Total tiempo en minutos [min]		126,9	117,0	130,3	92,1	135,9	128,0	104,5	107,1	131,1	135,0

Tabla 67 Tiempos de las Actividades del Proceso de Hilteo

8 Proceso de Lanzado de Shotcrete.

Descripción de las Actividades.

Shotcrete Mina Esmeralda Nivel de Hundimiento y Producción - tiempos en segundos [s]											
N°	Descripción	T. 01	T. 02	T. 03	T. 04	T. 05	T. 06	T. 07	T. 08	T. 09	T. 10
1	Inspección del área a trabajar	537	421	778	472	598	486	547	483	427	486
2	Registro check list Robot	365	389	542	386	600	347	427	300	338	544
3	Preparacion equipo Proyección	130	123	221	287	242	562	202	363	220	662
4	Instalación de agua y aire	101	275	243	114	104	203	143	153	143	226
5	Registro check list Mixer	104	165	210	124	163	265	153	147	153	245
6	Instalación Mixer	132	176	246	185	243	180	185	237	178	245
7	Aislamiento del área a trabajar	237	195	276	156	173	168	164	132	124	115
8	Proyección de Hormigón	2759	2646	2635	2143	3264	3001	2954	3921	3728	3603
9	Desinstalación de equipo	175	165	135	210	185	153	276	143	265	246
a	Tiempos productivos	46,0	44,1	43,9	35,7	54,4	50,0	49,2	65,4	62,1	60,1
b	Tiempos contributorios	29,7	31,8	44,2	32,2	38,5	39,4	35,0	32,6	30,8	46,2
c	Tiempos No contributorios	20,0	22,0	16,0	32,0	18,0	16,0	12,0	17,0	15,0	13,0
Total tiempo en minutos [min]		95,7	97,9	104,1	100,0	110,9	105,4	96,2	115,0	107,9	119,2

Tabla 68 Tiempos de la actividad de Lanzado de Shotcrete

9 Proceso de Perforación Frente.

Descripción de las Actividades

Perforación Frente Mina Esmeralda Nivel de Hundimiento y Producción - tiempos en segundos [s]											
Nº	Descripción	T. 01	T. 02	T. 03	T. 04	T. 05	T. 06	T. 07	T. 08	T. 09	T. 10
1	Inspección del área a trabajar	374	236	397	0	423	335	424	0	413	0
2	Aislamiento del área a trabajar	236	425	309	325	287	300	365	426	365	236
3	Registro check list	415	436	486	432	481	433	473	413	472	532
4	Posicionamiento Jumbo a la frente	413	364	246	286	543	421	368	325	304	308
5	Instalacion energia y agua	683	545	584	513	634	546	524	558	534	553
6	Instalación bomba de agua	302	359	236	181	287	148	252	167	365	243
7	Perforación	7066	8839	7336	7294	7255	7067	7564	7381	7396	7788
8	Desinstalación Equipo jumbo y bomba de agua	273	285	248	225	236	282	368	243	386	238
a	Tiempos productivos	117,8	147,3	122,3	121,6	120,9	117,8	126,1	123,0	123,3	129,8
b	Tiempos contributorios	44,9	44,2	41,8	32,7	48,2	41,1	46,2	35,5	47,3	35,2
c	Tiempos No contributorios	33,0	52,0	20,0	23,0	27,0	50,0	66,0	39,0	38,0	27,0
Total tiempo en minutos [min]		195,7	243,5	184,0	177,3	196,1	208,9	238,3	197,6	208,6	192,0

Tabla 69 Tiempos de las actividades del Proceso de Perforación Frente

Tiempos de Perforación de Frente

Toma 01. Tiempo Jumbo E-150 06-Oct.				
Labor C-45 Norte Acc-5 NH Tiempo total 2.16 horas				
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Demoras
		Barrido		operativas
1	15	87	11	
2	16	105	7	
3	24	108	8	
4	16	97	9	
5	19	85	7	
6	26	90	7	
7	18	93	8	
8	16	97	9	
9	23	104	9	
10	18	125	5	1380
11	15	92	12	
12	21	103	5	
13	20	114	10	
14	19	99	13	
15	23	90	7	
16	23	102	8	
17	17	101	12	
18	26	96	14	
19	24	101	8	
20	25	126	8	
21	18	106	7	
22	27	109	5	
23	20	94	9	
24	21	86	9	
25	14	90	12	
26	23	95	10	600
27	22	121	10	
28	18	98	12	
29	24	104	7	
30	24	106	15	
31	23	93	7	
32	18	103	7	
33	18	97	7	
34	18	120	16	
35	20	121	15	
36	16	87	8	
37	24	103	7	
38	18	95	8	
39	17	103	9	
40	16	104	8	
41	20	105	9	
42	32	114	10	
43	25	107	10	
44	18	98	11	
45	19	96	9	
46	21	98	8	
47	22	103	5	
48	26	111	7	
49	24	103	9	
50	19	98	8	
51	24	89	10	
52	22	103	12	
53	22	86	13	
54	22	86	14	
Tiempo promedio	20,72	100,87	9,26	990,00
Tiempo total	1119,0	5447,0	500,0	1980,0

Tabla 70. Perforación Frente. Toma 01

Labor C-43 Sur Acc-5 Tiempo total 3.11 horas				
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Demoras
		Barrido		operativas
1	7	97	7	
2	22	129	9	
3	21	127	10	
4	19	102	9	
5	17	135	9	
6	16	97	8	
7	18	90	7	
8	24	111	5	600
9	16	97	10	
10	18	157	13	
11	24	89	10	
12	26	96	11	
13	24	102	12	
14	18	97	15	
15	16	89	9	
16	17	120	8	
17	14	125	9	
18	21	96	10	
19	26	98	7	
20	23	102	10	
21	20	98	6	
22	20	104	12	
23	20	97	10	
24	23	87	11	600
25	25	96	15	
26	18	88	16	
27	14	103	9	
28	16	102	9	
29	28	99	8	
30	24	135	7	
31	29	89	6	
32	24	102	10	
33	18	128	12	
34	15	99	13	
35	24	97	14	
36	23	90	9	
37	28	98	8	
38	35	103	7	
39	12	142	7	
40	9	103	8	
41	9	116	8	
42	15	105	12	
43	20	97	13	
44	23	132	8	
45	21	96	7	
46	24	105	9	
47	26	109	10	
48	13	132	15	
49	19	126	16	
50	17	136	12	
51	15	90	9	
52	24	97	9	
53	20	90	7	
54	21	80	10	
Tiempo promedio	20,0	106,1	9,8	600,0
Tiempo total	1079,0	5727,0	530,0	1200,0

Tabla 71 Perforación Frente. Toma 02

Labor Calle 29 Sur XC-5 NH Tiempo total 2.28 horas									
Perforación Jumbo Brazo 01					Perforación Jumbo Brazo 02				
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Demoras operativas	N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Demoras operativas
		Barrido					Barrido		
1	26	106	12		28	20	125	15	
2	22	105	5		29	19	163	14	
3	19	134	9		30	18	130	15	
4	20	90	9		31	27	156	10	
5	20	160	9		32	10	128	10	
6	21	110	9		33	45	179	10	
7	26	97	8	240	34	18	98	10	
8	24	102	10		35	24	129	7	
9	26	98	10		36	23	196	8	
10	24	106	12		37	29	178	5	
11	23	103	15		38	12	189	12	
12	21	89	13		39	10	198	9	2580
13	26	93	13		40	10	123	15	
14	20	103	10	300	41	25	165	7	
15	21	89	9		42	26	187	16	
16	20	105	9		43	24	193	8	
17	18	87	8		44	25	102	9	
18	19	98	9		45	23	160	7	
19	18	105	9		46	24	168	10	
20	21	98	8		47	26	167	9	
21	26	101	7		48	26	164	7	
22	23	97	6		49	28	130	6	
23	20	98	10		50	21	169	7	
24	19	108	13		51	22	157	9	
25	24	104	12		52	24	195	8	
26	25	97	10		53	26	197	8	
27	21	96	14		54	23	186	8	
Tiempo promedio	21,96	102,93	9,93	270,00	Tiempo promedio	22,52	160,44	9,59	2580,00
Tiempo total	593,00	2779,00	268,00	540,00	Tiempo total	608,00	4332,00	259,00	2580,00

Tabla 72 Perforación Frente Toma 03

Toma 04. Tiempo Jumbo 06-Oct.									
Labor C-43 al Sur Z-40 NP Tiempo total 2.17 horas									
Perforación Jumbo					Perforación Jumbo Brazo 02				
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Demoras operativas	N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Demoras operativas
		Barrido					Barrido		
1	13	99	9		28	10	98	10	
2	25	89	8		29	13	108	9	
3	22	95	7		30	25	117	9	
4	12	126	7		31	26	103	8	
5	10	87	10		32	24	102	9	
6	13	103	11		33	26	97	8	
7	15	103	7		34	24	89	7	
8	24	111	9	79	35	23	103	12	
9	26	98	8		36	20	97	13	
10	12	100	7		37	21	102	10	
11	15	120	11		38	20	109	9	243
12	24	119	19		39	20	111	13	
13	26	118	16		40	23	98	16	
14	24	113	14		41	21	86	10	
15	23	121	10		42	21	120	9	
16	25	122	10		43	26	90	8	
17	24	102	9		44	18	120	13	680
18	16	97	8		45	23	102	10	
19	18	84	7		46	16	89	9	
20	25	129	15	378	47	26	98	8	
21	26	102	13		48	28	95	9	
22	24	99	12		49	29	102	13	
23	23	93	14		50	27	136	15	
24	20	149	10		51	13	98	14	
25	20	98	11		52	19	86	8	
26	18	88	10		53	19	102	7	
27	9	96	10		54	18	107	9	
Tiempo pror	19,70	105,96	10,44	228,50	Tiempo promedio [seg]	21,44	102,41	10,19	461,50
Tiempo tota	532,00	2861,00	282,00	457,00	Tiempo total [seg]	579,00	2765,00	275,00	923,00

Tabla 73 Perforación Frente. Toma 04.

Toma 05. Tiempo Jumbo E-152 06-Oct.									
Labor C-47 al Sur Z-49 NP Tiempo total 2.16 horas									
Perforación Jumbo					Perforación Jumbo Brazo 02				
N° Tiro	Emboquillado	Perforación Barrido	Retiro	Demoras operativas	N° Tiro	Emboquillado	Perforación Barrido	Retiro	Demoras operativas
1	21	102	8		28	15	109	11	
2	20	127	9		29	18	116	12	
3	23	98	7		30	9	115	13	
4	24	88	6		31	16	118	14	
5	21	84	12		32	8	126	15	
6	32	103	13		33	14	138	8	
7	25	111	10		34	16	99	9	
8	29	128	11		35	13	87	9	
9	20	108	11	100	36	11	103	10	
10	19	101	11		37	21	1'5	18	
11	18	98	9		38	10	120	14	420
12	19	86	7		39	16	123	15	
13	21	103	6		40	13	105	10	
14	19	90	12		41	15	106	12	
15	18	96	15		42	14	99	13	
16	21	102	10		43	14	85	14	
17	26	103	13		44	15	120	10	
18	22	97	14		45	12	102	8	
19	22	104	14		46	18	99	9	
20	21	102	17		47	19	108	7	
21	19	120	6		48	17	116	12	
22		98	8			24	117	13	
23	19	120	9		50	20	114	6	
24	23	97	9		51	23	156	8	
25	22	96	12		52	13	143	10	
26	21	98	13		53	21	98	11	
27	23	99	10		54	20	97	11	
Tiempo pror	21,85	102,19	10,44	100,00	Tiempo promedio [seg]	15,74	112,27	11,19	420,00
Tiempo tota	568,00	2759,00	282,00	100,00	Tiempo total [seg]	425,00	2919,00	302,00	420,00

Tabla 74 Perforación Frente. Toma 05

Toma 06. Tiempo Jumbo 06-Oct.									
Labor C-51 al Sur Z-44 NP Tiempo total 2.32 horas									
Perforación Jumbo					Perforación Jumbo Brazo 02				
N° Tiro	Emboquillado	Perforación Barrido	Retiro	Demoras operativas	N° Tiro	Emboquillado	Perforación Barrido	Retiro	Demoras operativas
1	12	98	8		28	18	90	12	
2	9	109	6		29	19	95	10	
3	7	103	9		30	17	124	9	
4	15	89	7		31	13	105	6	
5	16	95	12		32	20	107	10	
6	18	104	10		33	20	105	12	
7	23	106	10		34	21	95	11	
8	20	104	10		35	16	96	11	1280
9	15	102	11		36	9	102	9	
10	14	109	9		37	18	126	7	
11	14	98	6		38	15	105	6	
12	20	120	10		39	21	98	7	
13	21	90	13		40	17	85	6	
14	9	89	16	135	41	18	99	5	
15	21	103	14		42	14	103	10	
16	26	106	7		43	15	106	12	
17	19	98	10		44	25	124	13	1387
18	18	80	9		45	24	120	15	
19	16	108	8		46	26	129	16	
20	17	84	10		47	24	127	14	
21	14	87	13		48	24	106	10	
22	15	93	12		49	21	104	15	
23	10	90	18		50	12	98	12	
24	22	99	8	198	51	29	111	10	
25	23	96	9		52	25	134	9	
26	24	105	6		53	20	90	8	
27	21	111	7		54	20	88	6	
Tiempo pror	17,00	99,11	9,93	166,50	Tiempo promedio [seg]	19,30	106,37	10,04	1333,50
Tiempo tota	459,00	2676,00	268,00	333,00	Tiempo total [seg]	521,00	2872,00	271,00	2667,00

Tabla 75 Perforación Frente. Toma 06

Toma 07. Tiempo Jumbo 06-Oct.					Toma 09. Tiempo Jumbo 07-Oct.				
Labor Z-41 al HW C-45 NP Tiempo total 3.28 horas					Labor XC Acceso 6 HW C31 NH Tiempo total 2.16 horas				
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Demoras operativas	Perforación Jumbo				
		Barrido			N° Tiro	Emboquillado	Perforación Barrido	Retiro	Demoras operativas
1	12	109	8		1	22	104	9	
2	24	100	5		2	21	99	10	
3	23	98	6		3	23	105	13	
4	25	104	9		4	20	150	15	
5	24	106	9		5	18	99	17	
6	13	107	8		6	19	106	9	
7	10	112	10		7	10	103	10	394
8	15	98	10		8	12	106	6	
9	26	126	16	580	9	11	105	6	
10	28	124	13		10	14	108	8	
11	24	103	8		11	10	111	8	
12	26	109	9		12	16	106	7	
13	23	107	9		13	15	132	9	
14	22	116	8		14	13	125	10	
15	21	118	7		15	10	145	10	
16	20	90	5		16	12	99	9	
17	22	115	10		17	9	120	12	
18	22	87	13	3380	18	12	135	10	
19	23	90	10		19	24	105	19	
20	24	104	10		20	26	125	6	
21	24	106	11		21	13	97	8	
22	24	95	5		22	24	103	6	
23	23	97	8		23	10	108	11	
24	26	103	9		24	10	106	11	
25	17	104	7		25	13	89	11	1886
26	18	125	9		26	16	102	10	
27	26	126	12		27	18	132	9	
28	24	124	13		28	19	105	6	
29	12	123	12		29	20	109	7	
30	17	98	10		30	22	106	7	
31	9	137	8		31	20	132	9	
32	18	98	8		32	13	90	10	
33	17	99	9		33	15	102	21	
34	15	105	7		34	23	100	13	
35	14	102	16		35	26	101	16	
36	14	126	14		36	24	95	7	
37	21	97	13		37	28	107	9	
38	26	97	12		38	10	99	8	
39	24	107	10		39	16	96	7	
40	25	98	9		40	18	105	10	
41	25	109	8		41	17	105	10	
42	26	117	6		42	14	126	11	
43	23	126	12		43	16	153	13	
44	28	128	7		44	15	132	9	
45	25	104	15		45	14	137	8	
46	25	102	9		46	12	138	9	
47	23	126	7		47	12	99	8	
48	24	143	10		48	13	90	7	
49	26	136	11		49	19	104	8	
50	25	98	13		50	25	97	9	
51	24	127	7		51	26	107	8	
52	23	97	9		52	24	98	6	
53	25	89	6		53	26	87	7	
54	24	90	10		54	24	95	12	
Tiempo pro	21,61	108,93	9,54	1980,00	Tiempo pro	17,3	110,0	9,7	1140,0
Tiempo tota	1167,0	5882,0	515,0	3960,0	Tiempo tota	932,0	5940,0	524,0	2280,0

Tabla 76 Perforación Frente. Toma 07.

Tabla 77. Perforación Frente. Toma 08.

Toma 08. Tiempo Jumbo 07-Oct.									
Labor C-27 Sur XC-5 NH Tiempo total 2.18 horas									
Perforación Jumbo					Perforación Jumbo Brazo 02				
N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Demoras	N° Tiro	Emboquillado	Perforación	Retiro	Demoras
		Barrido		operativas			Barrido		operativas
1	10	98	10		28	8	106	12	
2	16	139	11		29	23	119	13	
3	18	96	13		30	20	115	10	
4	16	99	9		31	15	117	10	
5	13	104	7		32	16	90	11	
6	20	87	6		33	8	106	11	
7	26	97	10		34	15	98	9	
8	15	104	9		35	9	105	9	1656
9	14	132	6		36	20	97	8	
10	15	106	9		37	16	126	6	
11	20	107			38	14	142	10	
12	20	106	10		39	13	120	13	
13	24	109	11		40	16	105	7	
14	14	99	16		41	24	108	7	
15	14	124	14	81	42	26	109	6	
16	14	106	18		43	22	106	12	
17	10	104	21		44	21	105	16	
18	10	98	10		45	23	97	17	
19	13	102	13		46	20	98	15	
20	12	129	15		47	26	105	12	298
21	25	108	13		48	25	108	13	
22	23	107	12		49	26	99	10	
23	26	99	10		50	25	94	10	
24	21	120	9	305	51	22	105	13	
25	23	98	6		52	20	107	17	
26	22	104	9		53	19	99	15	
27	10	106	8		54	9	150	15	
Tiempo pror	17,19	106,96	10,96	193,00	Tiempo promedio [seg]	18,56	108,74	11,37	977,00
Tiempo tota	464,0	2888,0	285,0	386,0	Tiempo total [seg]	501,0	2936,0	307,0	1954,0

Tabla 78. Perforación Frente. Toma 09.

Toma 10. Tiempo Jumbo 07-Oct.				
Labor XC Acceso 6 FW C31 NH Tiempo total 2.23 horas				
Perforación Jumbo				
N° Tiro	Emboquillado	Perforación Barrido	Retiro	Demoras operativas
1	22	104	8	
2	21	129	9	
3	23	108	12	
4	20	111	13	
5	19	116	8	
6	18	114	9	
7	16	105	7	
8	23	125	6	
9	24	101	10	
10	29	99	11	
11	25	86	13	
12	26	106	10	
13	20	99	12	
14	20	123	8	437
15	20	127	6	
16	16	129	7	
17	16	99	6	
18	18	147	10	
19	19	97	19	
20	22	86	25	
21	13	104	13	
22	9	107	10	
23	10	97	14	
24	12	93	15	
25	12	90	10	
26	16	105	6	
27	19	116	7	
28	19	119	8	1183
29	19	126	16	
30	18	99	12	
31	14	97	10	
32	15	105	10	
33	14	106	9	
34	16	136	9	
35	20	106	13	
36	23	111	18	
37	20	148	12	
38	25	109	10	
39	24	100	11	
40	29	95	12	
41	28	164	9	
42	28	156	9	
43	26	99	6	
44	23	128	8	
45	23	126	7	
46	25	137	7	
47	26	138	13	
48	25	163	10	
49	26	138	11	
50	13	105	11	
51	16	134	10	
52	18	97	9	
53	16	87	9	
54	14	106	6	
Tiempo promedio	19,8	114,0	10,4	810,0
Tiempo total	1071,0	6158,0	559,0	1620,0

Tabla 79 Perforación Frente. Toma 10.

10 Proceso de Carguío de Explosivo

Descripción de las Actividades.

Carguío de explosivo Mina Esmeralda Nivel de Hundimiento y Producción - tiempos en segundos [s]											
Nº	Descripción	T. 01	T. 02	T. 03	T. 04	T. 05	T. 06	T. 07	T. 08	T. 09	T. 10
1	Inspección del área a trabajar	485	225	357	237	372	295	243	299	301	304
2	Aislamiento del área a trabajar	85	106	82	53	47	43	78	101	78	126
3	Registro check list	344	486	348	387	377	360	367	331	376	343
4	Desate del frente de perforación	165	0	264	0	574	754	0	487	0	0
5	Evaluación y limpieza de los tiros	184	207	241	125	0	279	154	127	0	0
6	Carguío de cada tiro con grua	4441	3710	3147	4321	3993	4585	4594	3856	3743	4401
7	Conección de cordón detonante y mecha de se	397	320	496	798	837	495	659	713	845	720
a	Tiempos productivos	80,6	67,2	60,7	85,3	80,5	84,7	87,6	76,2	76,5	85,4
b	Tiempos contributorios	21,1	17,1	21,5	13,4	22,8	28,9	14,0	22,4	12,6	12,9
c	Tiempos No contributorios	6,0	5,0	10,0	9,0	5,0	6,0	6,0	8,0	14,0	5,0
Total tiempo en minutos [min]		107,7	89,2	92,3	107,7	108,3	119,5	107,6	106,6	103,1	103,2

Tabla 80 Tiempos de cada actividad del Proceso de Carguío de explosivo

ANEXO 2 Tiempos No Contributorios de las actividades

2.1 Tiempos No Contributorios de Ventilación.

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [Minutos]
Ventilación	1	labor sin personal	9
	2	Demora por registro de Check list	16
	3	labor sin personal	23
		Espera equipo Manipulador	17
	4	labor sin personal	8
		Espera equipo Manipulador	10
	5	Demora por registro de Check list	6
	6	Manga rota por detritus	20
	7	labor sin personal	8
		Espera equipo Manipulador	13
Tiempo promedio [min]			18,6
Tiempo total [min]			130,0

Tabla 81 Tiempos que no contribuyen a la Ventilación

2.2. Tiempo no contributorio de Carguío de marina

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Carguio de Marina	1	Desate de rocas	23
		Demora por registro de Check list	8
		Interferencia pase de personas	8
		interfrenca pase de equipos	7
	2	No hay orden de trabajo	10
		Busqueda de estocada para llevar la marina	15
		interfrenca pase de equipos	5
	3	Evaluacion de pique	9
		Busqueda de estocada para llevar la marina	16
		Orden y limpieza	5
	4	Coordinación a donde llevara la marina	21
		Interferencia pase de personas	7
		interfrenca pase de equipos	8
	5	Interferencia pase de personas	6
		interfrenca pase de equipos	6
	6	Coordinación a donde llevara la marina	17
		Interferencia pase de personas	8
		interfrenca pase de equipos	5
	7	Equipo inoperativo	70
	8	Área de trabajo sin ventilación	37
		interfrenca pase de equipos	8
		Interferencia pase de personas	7
	9	Desate de rocas	13
		Demora en asignación de pique	22
		Interferencia pase de personas	5
		interfrenca pase de equipos	6
	10	Busqueda de estocada para llevar la marina	7
		Coordinación a donde llevara la marina	6
		Interferencia pase de personas	4
		interfrenca pase de equipos	7
Tiempo promedio [min]			38,2
Tiempo total [min]			382,0

Tabla 82 Actividades que no agragan valor

2.3. Tiempo no contributorio de Acuñaadura

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Acuñaadura	1	Postura sobre excavada	16,5
	2	Roca perturbada	18,2
	3	Demora por registro de Check list	16,7
	4	Espera equipo Manipulador	20,7
	5	Roca perturbada	8,7
	6	Espera equipo Manipulador	13,3
	7	Postura sobre excavada	19,3
		Espera equipo Manipulador	
	8	Espera equipo Manipulador	10,5
	9	Postura sobre excavada	24,7
10	Roca perturbada	21,3	
Tiempo promedio [min]			16,97
Tiempo total [min]			169,7

Tabla 83 Actividades que no agregan valr a la acuñadura

2.4. Tiempo no contributorio perforación de fortificación.

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Perforación Perno y Split Set	1	Baja de tención menor a 440 V	36
		Tiempo de cambio de Broca	3
	2	Demora mecánica no baja la gata del Jumbo	30,8
	3	Parada de tiempo por visita	15
		Barra plantada	9
		Espera de barra	121
		Desate de roca suelta en el frente	14
	4	Cambio de Broca	6
		Falta de coordinación en la orden	24
	5		0
6	Demora en llegar a la labor	17	
7	Equipo inoperativo	25	
8	Área de trabajo sin ventilación	10	
9	Desate de rocas	15	
10	Frente sin marcar la malla de perforación	18	
Tiempo promedio [min]			34

Tabla 84 Tiempos que no agregan valor a la perforación de fortificación

2.5. Tiempo no contributorio de lechado de perno.

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Lechado de Pernos	1		0
	2	Falta presión de aire	7
	3		0
	4	falta de pernos	14
	5	Faltan planchas de Pernos	30
	6		0
	7	Falta presión de aire	9
	8		0
	9	falta de pernos	14
	10	falta de pernos	24
Tiempo promedio [min]			10

Tabla 85 Actividades que no agregan valor al lechado de perno

2.6. Tiempo no contributorio de Colocación de malla.

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Malla	1	Falta de Pernos	9
		No hay malla electro soldada	7
	2	Acuñado de roca	14
		3	Labor con agua
	Parada por seguridad no cuanta con los EPP completos		9
	4	Falta de ayudante	13
	5		0
	6	Acuñado de roca	17
	7	No hay malla electro soldada	24
	8	Acuñado de roca	10
9	Falta de ayudante	15	
10	Falta de Pernos	30	
Tiempo promedio [min]			16,3
Tiempo total [min]			163,0

Tabla 86 Actividades que no agregan valor a la colocación de malla

2.7. Tiempo no contributorio de Hilteo

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Hilteo	1	Grua inoperativa	36
	2	Falta de Planchas de perno	7
	3	No hay malla electrosoldada	14
	4	No hay ayudante	16
	5	Acuñado de roca	30
	6	Falta de Planchas de perno	15
	7	Grua inoperativa	17
	8	Labor con agua	30
	9	Acuñado de roca	14
	10	Falta de Planchas de perno	13
Tiempo promedio [min]			19,2
Tiempo total [min]			192,0

Tabla 87 Tiempos que no aportan valor al Hilteo

2.8. Tiempo no contributorio de Lanzado de Shotcrete.

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Sotcrete	1	No llega Mixer	20
	2	Falta de acelerante	22
	3	Falta presión de aire	16
	4	Cable del equipo no llega a la caja electrica	32
	5	No llega Mixer	18
	6	Equipo Robot inoperativo	16
	7	Falta presión de aire	12
	8	Equipo Robot inoperativo	17
	9	No llega Mixer	15
	10	No llega Mixer	13
Tiempo promedio [min]			18,1
Tiempo total [min]			181,0

Tabla 88 Tiempos que no agregan valor a la proyección de Shotcrete

2.9. Tiempo no contributorio de perforación de frente

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Perforación Frente	1	Postura con agua	13
		Baja tensión eléctrica > 400 v	20
	2	Tiempo por cambio de broca	4
		Equipo inoperativo	48
	3	Barra plantada en el frente	7
		Acuñado de roca	13
	4	Maguera del Jumbo rota	10
		Tiempo de espera por eléctrico	13
	5	Espera falta de bomba de agua	11
		Jumbo sin combustible	16
	6	Tiempo por cambio de barra	27
		Demora por registro de Check list	6
		Demora, falta pintar la malla de perforación	17
	7	Maguera del Jumbo rota	66
	8	Desatado de roca suelta	8
		Espera falta de bomba de agua	29
		Tiempo por cambio de broca	2
	9	Equipo inoperativo manguera del Jumbo rota	38
	10	Tiempo de espera por eléctrico	27
Tiempo promedio [min]			37,5
Tiempo total [min]			375,0

Tabla 89 Tiempos que no agragan valor a la perforación de frente

2.10. Tiempo no contributorio de carguío de explosivo

Actividad	N° Estudio	Tiempo No Contributorio	T. [min]
Carguío de explosivo	1	Tiro de producción conectado a otro tiro	6
	2	Desatado de roca suelta	5
	3	Tiros con detritus	10
	4	Espera de explosivo	9
	5	Tiros de zapatera con agua	5
	6	Tiros con agua	6
	7	Desatado de roca suelta	6
	8	Falta punzon de cobre o de madera	8
	9	Pizo con roca	14
	10	Tiro de producción conectado a otro tiro	5
Tiempo promedio [min]			7,4
Tiempo total [min]			74,0

Tabla 90 Tiempos que no agragan valor al carguío de explosivo

ANEXO 3. Estadísticas

3.1 Análisis estadístico de las actividades

Por cada actividad del ciclo de minado solo se cuenta con 10 datos, por ser pocos los datos se elige el estadístico Anderson-Darling (AD), entrega una medida de lo alejadas que se encuentran las observaciones de las rectas que representa la función de distribución. Cuanto mejor sea el ajuste, tanto menor será dicho estadístico. De esta manera es posible probar si una muestra de datos proviene de una población con una distribución específica.

El estadístico AD se utiliza también para calcular el valor p para la prueba de bondad del ajuste, la cual le permite determinar qué distribución se ajusta mejor a sus datos. Los valores p calculados a partir del estadístico permite determinar qué modelo de distribución se puede usar para un análisis de confiabilidad.

La hipótesis para la prueba de Anderson- Darling es:

- H_0 : Los datos siguen una distribución especificada.
- H_1 : Los datos no siguen una distribución especificada.

Si el valor p para la prueba de Anderson-Darling es inferior al nivel de significancia seleccionado (generalmente 0.05 o 0.01, es decir, 95% o 90% de confianza), se concluye que los datos no siguen la distribución especificada.

Si se compara el ajuste de varias distribuciones, la distribución con el valor p más grande por lo general tiene el ajuste más cercano a los datos. Si las distribuciones tienen valores p similares, se escoge una de las distribuciones basadas en conocimientos prácticos.

La metodología mencionada anteriormente fue utilizada para conocer la distribución que mejor se ajusta a los valores medidos. A continuación, se muestra cada uno de los gráficos de probabilidad asignados a cada actividad, junto al estadístico de Anderson-Darling (AD) y el p obtenido. Además, se presenta el histograma con la distribución escogida. Se utiliza el software MINITAB.

En este anexo se muestra las estadísticas de solo 9 actividades ya que la actividad de carguío de marina se presentó en el cuerpo de la investigación

En el grafico 78 de la actividad de Carguío de marina la distribución corresponde a una Smallest Extreme Value.

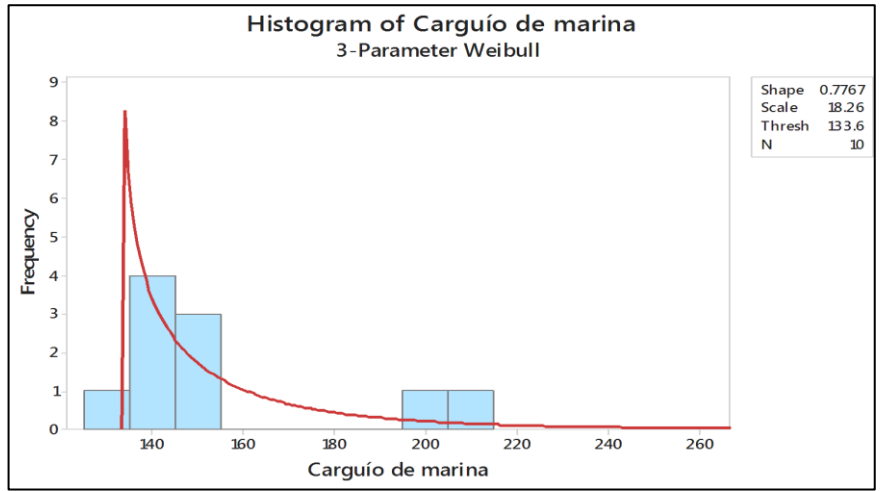


Figura 40 Histograma con la curva de distribución justada para tiempos de Carguío de Marina

La distribución que mejor se ajusta es la distribución de Weibull

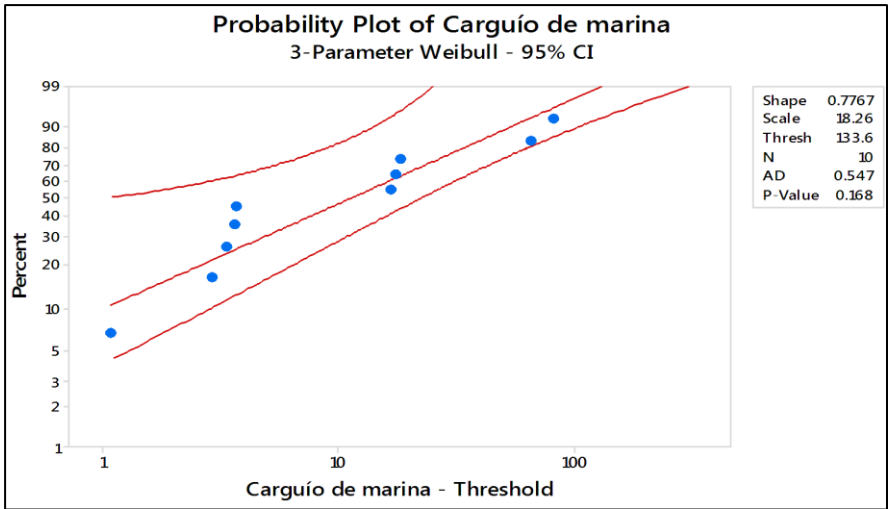


Figura 41 Probabilidad para la distribución que mejor se ajusta en base al mayor p-valor

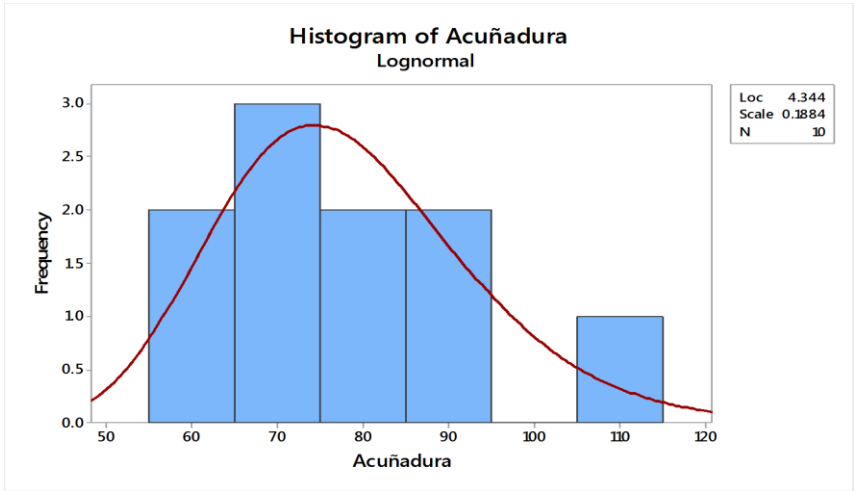


Grafico 71 histograma de acuñadura

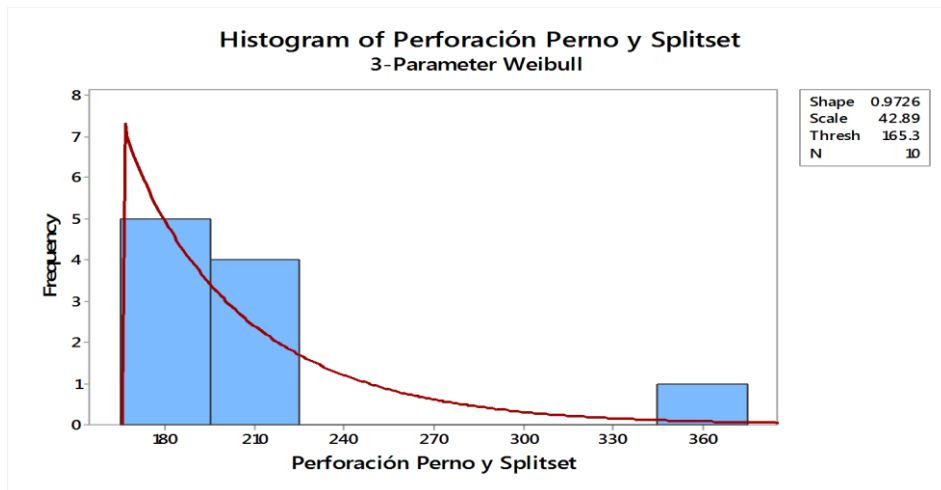


Figura 42 Histograma con la curva de distribución justada para tiempos de perforación perno y Split set

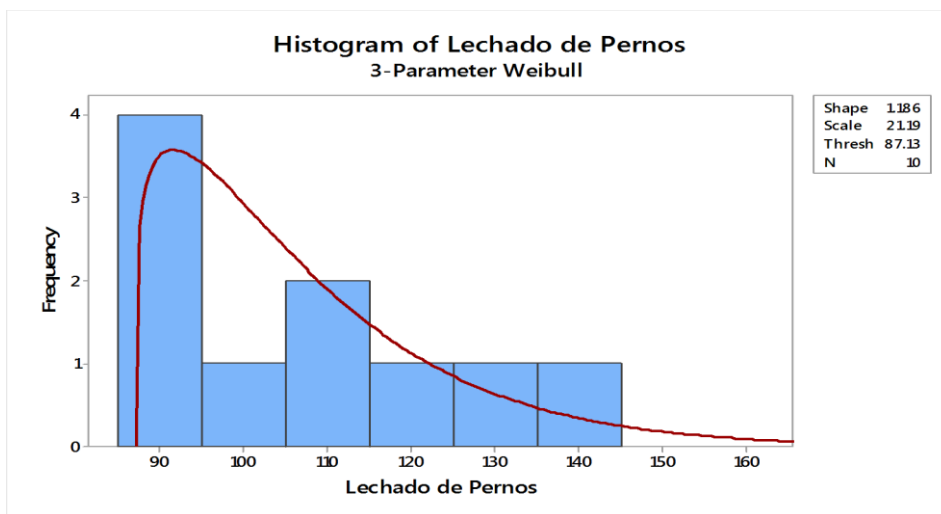


Figura 43 Histograma con la curva de distribución justada para tiempos de lechado de perno

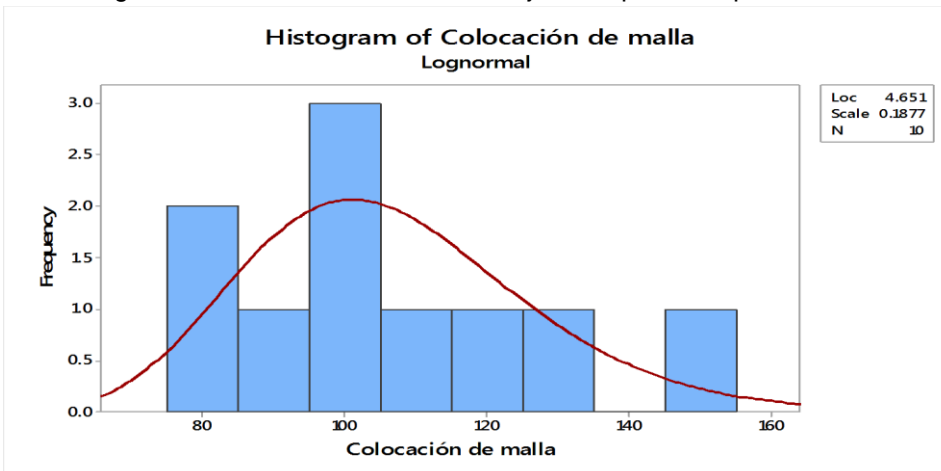


Figura 44 Histograma con la curva de distribución justada para tiempos de Colocación de malla

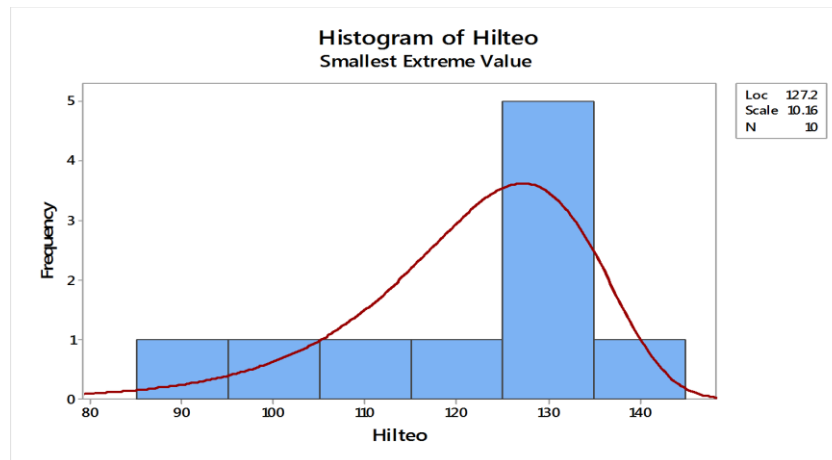


Figura 45 Histograma con la curva de distribución justada para tiempos de Hilteo

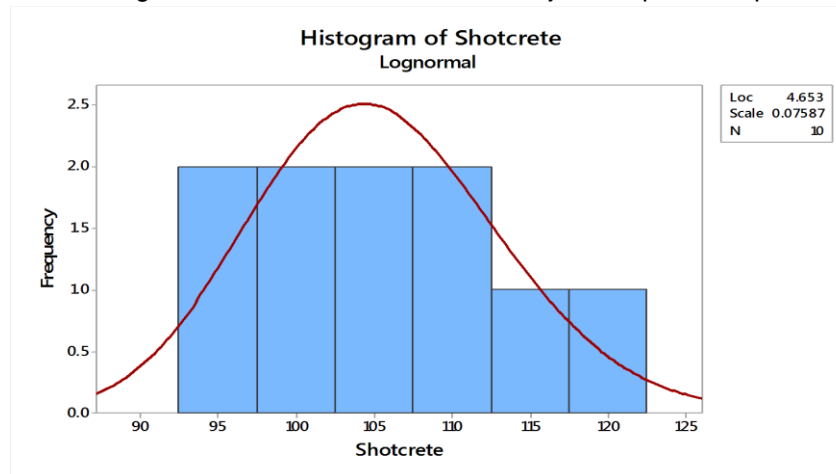


Figura 46 Histograma con la curva de distribución justada para tiempos de proyección de shotcrete

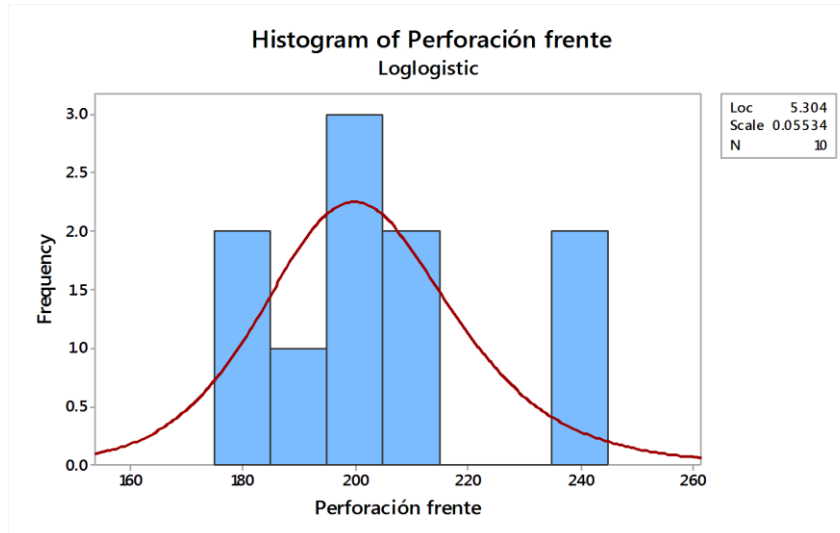


Figura 47 Histograma con la curva de distribución justada para tiempos de perforación de frente

ANEXO 4. Agendamiento de los días 7 y 8 de octubre.

Ciclo de Trabajo		
N°	Descripción	Color
1	Ventilación	Grigio
2	Retiro Marina	Rojo
3	Acuñadura	Cian
4	Perf. Fortific. y Split Set	Púrpura
5	lechado de pernos	Negro
6	Colocación de malla	Verde
7	Hilteo	Amarillo
8	Shotcrete	Marrón
9	Perforación de frente	Magenta
11	Carguío	Rojo

Tabla 91 Representación de colores del ciclo de minado

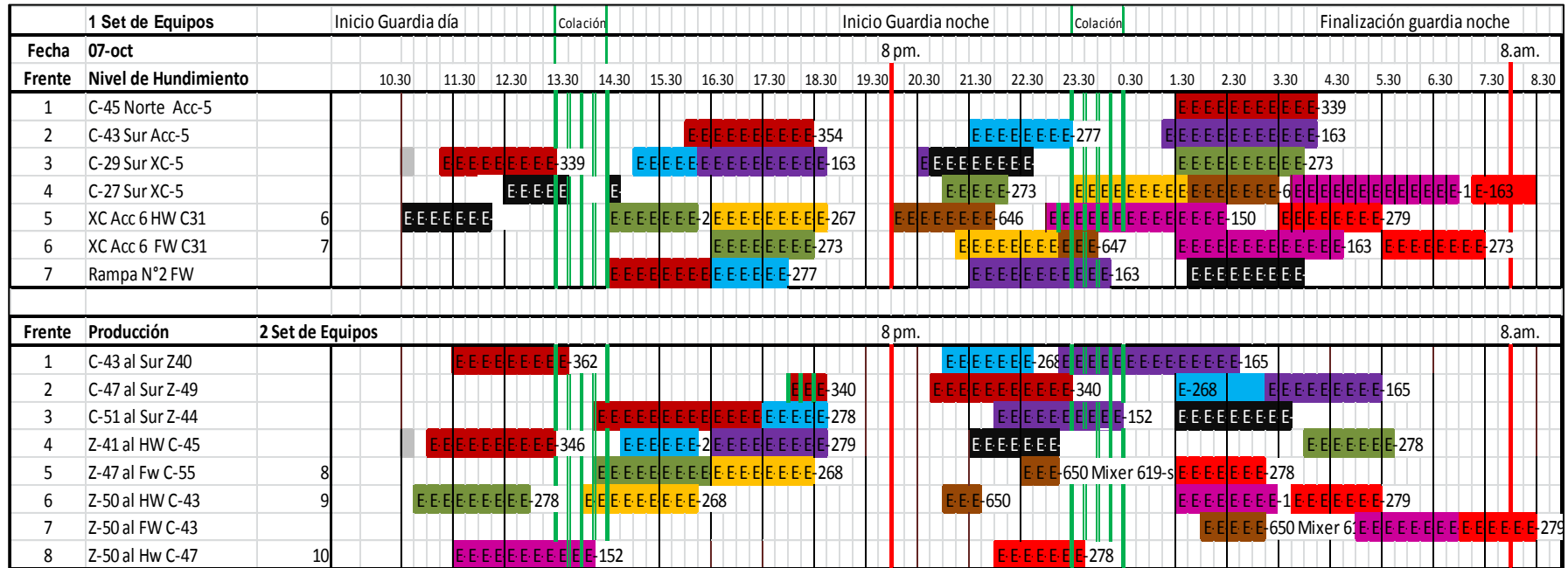


Tabla 93 Agendamiento multifrente 07- Octubre

1 Set de Equipos		Inicio Guardia día			Colación		Inicio Guardia noche			Colación		Finalización guardia noche												
Fecha	08-oct														8 pm.						8 am.			
Frente	Nivel de Hundimiento	10.30	11.30	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	19.30	20.30	21.30	22.30	23.30	0.30	1.30	2.30	3.30	4.30	5.30	6.30	7.30	8.30
1	C-45 Norte Acc-5	10	EEEEEE-277	EEEEEEEE-163	EEEEEEEE							EEEEEE-273	EEEEEE-267	EEEEEE-267	EEEEEE-273	EEEEEE-267	EEEEEE-650 Mixer 61	EEEEEE-1	EEEEEE-277					
2	C-43 Sur Acc-5		EEEEEE			EEEEEE-273							EEEEEE-267											
4	C-27 SUR XC-5		EEEEEE-339			EEEEEE-163							EEEEEE		EEEEEE-273									
5	XC Acceso 6 HW C31				EEEEEE-339		EEEEEE-277						EEEEEE-163		EEEEEE-273									
6	XC Acceso 6 FW C31						EEEEEE-339						EEEEEE-277											
7	Rampa N°2 FW		EEEEEE-273	EEEEEE-267			EEEEEE-267						EEEEEE-650					EEEEEE-150	EEEEEE-277					
8	Frontón N°7 (4.5X3.6)		EEEEEE-267							EEEEEE-650			EEEEEE-164					EEEEEE-277						

2 Set de Equipos															8 pm.						8 am.			
1	C-43 al Sur Z-40					EEEEEE-274	EEEEEE-271						EEEEEE-268					EEEEEE-646						
2	C-47 al Sur Z-49					EEEEEE							EEEEEE-274				EEEEEE-270							
3	C-51 al Sur Z-44		EEEEEE-274																					
4	Z-41 al HW C-45					EEEEEE-268							EEEEEE-646							EEEEEE-165				
5	Z-47 al Fw C-55					EEEEEE-346																		
6	Z-50 al HW C-43		EEEEEE-346										EEEEEE-278				EEEEEE-165							
7	Z-50 al FW C-43				EEEEEE-3	EEEEEE-278							EEEEEE-165				EEEEEE							
8	Z-50 al Hw C-47		EEEEEE-340	EEEEEE-2	EEEEEE-648	EEEEEE-152							EEEEEE				EEEEEE-274							
9	Z-47 al Hw C-27		EEEEEE-2	EEEEEE-648		EEEEEE-163											EEEEEE-271							
10	Z-48 al Hw C-27						EEEEEE-650										EEEEEE-165			EEEEEE-278				
11	Z-50 al Hw C-59		EEEEEE				EEEEEE-274						EEEEEE-274	EEEEEE-2	EEEEEE-646				EEEEEE-163	EEEEEE-278				
12	Z-52 al HW C-35						EEEEEE-646						EEEEEE-163	EEEEEE-278										

Tabla 94 Agendamiento multifrente 08- Octubre