

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Optimización de la ruta de transporte de mineral en
labores de avance para aumentar la producción
en la Unidad Minera Parcoy, Consorcio
Minero Horizonte S.A.**

Cesar Jhony Inga Espinoza

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Jesús Fernando Martínez Ildelfonso
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 27 de setiembre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "OPTIMIZACIÓN DE LA RUTA DE TRANSPORTE DE MINERAL EN LABORES DE AVANCE, PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA UNIDAD MINERA PARCOY, CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A",", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Cesar Jhony Inga Espinoza, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

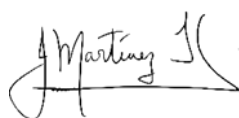
- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 20) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

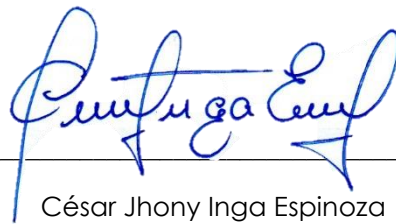
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, César Jhony Inga Espinoza, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 41192213, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "OPTIMIZACIÓN DE LA RUTA DE TRANSPORTE DE MINERAL EN LABORES DE AVANCE, PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA UNIDAD MINERA PARCOY, CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

13 de Setiembre de 2023.



César Jhony Inga Espinoza

DNI. No. 41192213

OPTIMIZACIÓN DE LA RUTA DE TRANSPORTE DE MINERAL EN LABORES DE AVANCE, PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA UNIDAD MINERA PARCOY, CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.

ORIGINALITY REPORT

16%	15%	3%	6%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	acreditacion.uni.edu.pe Internet Source	1%
2	alicia.concytec.gob.pe Internet Source	1%
3	www.academia.edu Internet Source	1%
4	Submitted to Tecsup Student Paper	1%
5	repositoriodemo.continental.edu.pe Internet Source	1%
6	www.coursehero.com Internet Source	1%
7	repositorio.undac.edu.pe Internet Source	1%
8	cybertesis.uni.edu.pe Internet Source	1%

9	repositorio.unsa.edu.pe Internet Source	1 %
10	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación Student Paper	1 %
11	tesis.pucp.edu.pe Internet Source	1 %
12	vdocuments.pub Internet Source	1 %
13	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	1 %
14	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Student Paper	1 %
15	vdocuments.mx Internet Source	1 %
16	idoc.pub Internet Source	1 %
17	qdoc.tips Internet Source	<1 %
18	GEOSERVICE AMBIENTAL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "ITS para el Recrecimiento del Depósito de Relaves Alpamarca, desde la Cota 2 336 msnm hasta	<1 %

la Cota 2 341 msnm-IGA0006525", R.D. N°
410-2013-MEM-AAM, 2020
Publication

19	vsip.info Internet Source	<1 %
20	es.scribd.com Internet Source	<1 %
21	repositorio.unamba.edu.pe Internet Source	<1 %
22	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
23	repositorio.ujcm.edu.pe Internet Source	<1 %
24	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
25	GEOSERVICE AMBIENTAL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "Segunda Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Parcoy-IGA0007140", R.D. N° 209-2019-MEM-DGAAM, 2020 Publication	<1 %
26	repositorio.unheval.edu.pe Internet Source	<1 %
27	www.gerens.pe Internet Source	<1 %

28	repositorio.unsch.edu.pe Internet Source	<1 %
29	doku.pub Internet Source	<1 %
30	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
31	pdfcookie.com Internet Source	<1 %
32	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper	<1 %
33	oa.upm.es Internet Source	<1 %
34	Antonio García Barberá. "Study of the Degradation of New Lubricant Oil Formulations with the Design and Demands of Current and Future Engines", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publication	<1 %
35	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Student Paper	<1 %
36	cip.org.pe Internet Source	<1 %
37	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Student Paper	<1 %

Exclude quotes	On	Exclude matches	< 20 words
Exclude bibliography	On		

ASESOR

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildfonso

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Continental.

A la EAP de Ingeniería de Minas

A los catedráticos de Ingeniería de Minas, por sus valiosas enseñanzas.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, con todo mi amor y cariño, a mi amada esposa: Adelaida Cámac Ortega, por su sacrificio y esfuerzo por apoyarme en una carrera para nuestro futuro, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mis padres y hermanos, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para seguir adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mis profesores, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento y alegrías, y a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
ASESOR	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
DEDICATORIA.....	xi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN	xxii
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	24
1.1 Planteamiento y formulación del problema	24
1.1.1 Planteamiento del problema	24
1.1.2 Formulación del problema	26
1.2 Objetivos	26
1.2.1 Objetivo general.....	26
1.2.2 Objetivos específicos	26
1.3 Justificación e importancia	26
1.4 Hipótesis	27
1.4.1 Hipótesis general	27
1.4.2 Hipótesis específicas	28
1.5 Identificación de las variables	28
1.5.1 Variable independiente	28
1.5.2 Variable dependiente	28
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables	28
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	30
2.1 Antecedentes del problema	30
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	30
2.2 Generalidades unidad minera Parcoy.....	34
2.2.1 Ubicación y accesibilidad.....	34
2.3 Geología	35

2.3.1 Geología regional	35
2.3.2 Geología estructural	36
2.3.3 Geología local.....	36
2.3.4 Geología económica.....	36
2.3.5 Método de explotación.....	37
2.3.6 Aspectos operacionales.....	45
2.3.7 Ciclos de minado	45
2.4.1 Principios teóricos de la mejora del ciclo de carguío, transporte y descarga para incrementar la producción de mineral	52
2.4.2 Metodologías existentes	53
2.4.3 Factores de la selección del sistema de transporte de minerales.....	56
2.4.4 Análisis y control de tiempos de los equipos utilizados en el transporte de mineral en la unidad minera Parcoy	58
2.4.5 Plan de mejora para la situación actual	62
2.4.6 Factor de acoplamiento	63
CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO	65
3.1 Método y alcances de la investigación.....	65
3.1.1 Método general o teórico de la investigación.....	65
3.1.2 Alcance de la investigación.....	65
3.2 Diseño de la investigación	66
3.3 Población y muestra	66
3.3.1 Población.....	66
3.3.2 Muestra.....	66
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	66
3.4.1 Técnicas de análisis de datos.....	66
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	66
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	67
4.1 Optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance para aumentar la producción en la unidad minera Parcoy	67
4.1.1 Control de los datos para los equipos de carguío y transporte de mineral en la unidad minera Parcoy	68
4.1.2 Aplicación del diseño para el sistema de carguío, transporte y descarga de mineral para la unidad minera Parcoy.....	70

4.1.3 Descripción de los equipos en el carguío y transporte en la unidad Parcoy	72
4.1.4 Descripción de la ruta de transporte de la unidad minera Parcoy	73
4.1.5 Parámetros técnicos de los equipos de carguío y transporte utilizados en la unidad minera Parcoy	74
4.2 Optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance para minimizar los tiempos perdidos en transporte en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte	76
4.2.1 Análisis de la situación actual	76
4.2.2 Evaluación y análisis de estudios para la optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral	79
4.3 Optimización y controlar los tramos de transporte de mineral de las labores subterráneas para aumentar la producción en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte	82
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	29
Tabla 2. Accesibilidad unidad minera Parcoy.....	34
Tabla 3. Parámetros de la roca y geométricos	56
Tabla 4. Resultados del estudio de la roca y geometría del yacimiento	57
Tabla 5. Metodología de la recopilación de la información de campo del carguío y transporte de mineral unidad minera Parcoy	69
Tabla 6. Aplicación del diseño para el sistema de carguío, transporte y descarga de mineral para la unidad minera Parcoy	71
Tabla 7. Maquinaria y/o equipo de carguío y transporte	72
Tabla 8. Parámetros técnicos de los equipos de carguío y transporte utilizados en la unidad minera Parcoy	76
Tabla 9. Distancias y tiempos de ida: carguío, transporte y descarga (cámara 2830 – planta de beneficio)	77
Tabla 10. Distancias y tiempos de vuelta (cámara 2830 – planta de beneficio)	77
Tabla 11. Resumen de distancias y tiempos de carguío, transporte y descarga (cámara 2830 – planta de beneficio)	78
Tabla 12. Distancias y tiempos de ida: carguío, transporte y descarga (cámara 2318 – planta de beneficio)	78
Tabla 13. Distancias y tiempos de vuelta (cámara 2318 – planta de beneficio)	78
Tabla 14. Resumen de distancias y tiempos de carguío, transporte y descarga (cámara 2318 – Planta de beneficio)	79
Tabla 15. Resumen de la teoría de colas en la situación actual y el óptimo	81
Tabla 16. Parámetros técnicos para cálculo del factor de acoplamiento.....	83
Tabla 17. Resumen del ciclo carguío y transporte de la flota óptima	85
Tabla 18. Parámetros para el cálculo del valor unitario (\$/t-km)	86
Tabla 19. Estructura del precio unitario por tonelada y kilometro en función al equipo de carguío y transporte.....	87
Tabla 20. Optimización del ciclo de carguío y transporte en función a costos en la unidad mnera Parcoy	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad minera Parcoy	35
Figura 3. Método de explotación corte y relleno ascendente mecanizado	38
Figura 4. Método de explotación convencional	39
Figura 5. Túnel Yuracyacu	42
Figura 6. Proyecto de sistema de ventilación principal.....	43
Figura 7. Vista longitudinal de vetas en explotación.....	44
Figura 8. Ciclo de minado – perforación mecanizada (2 horas)	46
Figura 9. Ciclo de minado – perforación convencional (0.8 horas).....	46
Figura 10. Ciclo de minado – voladura en tajos mecanizados (1.2 hora de carguío).....	47
Figura 11. Ciclo de minado – voladura en tajos convencionales (0.5 hora de carguío)	47
Figura 12. Ciclo de minado – limpieza mecanizado (2 horas).....	48
Figura 13. Ciclo de minado – limpieza convencional (1.5 horas)	48
Figura 14. Ciclo de minado – sostenimiento mecanizado (1 hora).....	49
Figura 15. Ciclo de minado - sostenimiento convencional (3 horas)	49
Figura 16. Ciclo de minado – acarreo con scoop.	50
Figura 17. Ciclo de minado – acarreo con dumper.....	50
Figura 18. Dimensiones típicas de un Scooptram.....	54
Figura 19. Componentes principales del accionamiento de un Scooptram	55
Figura 20. Máxima producción y mínimo costo no coincidentes	64
Figura 21. Eficiencia vs factor de acoplamiento (18).....	64
Figura 22. Plano transversal de la Rampa 690	68
Figura 23. Ruta 1: Cámara CM 2830 hacia a la planta de beneficio superficie.....	73
Figura 24. Ruta 2: Cámara CM 2318 hacia a la planta de beneficio superficie.....	74
Figura 25. Ciclo de minado – acarreo	75
Figura 26. Ciclo de minado – carguío con scoop	75
Figura 27: Mejora de tiempos de transporte por guardia.....	80

Figura 28. Factor de acoplamiento de la Ruta 1 - Cámara CM 2830	
hacia la planta de beneficio superficie.....	83
Figura 29. Factor de acoplamiento de la Ruta 2 - Cámara CM 2318	
hacia la planta de beneficio superficie.....	84

RESUMEN

En la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte se tiene deficiencias en el carguío y transporte del mineral provenientes de las labores de avance como galerías y subniveles. Cada volquete realiza el carguío en puntos específicos y el factor de acoplamiento juega un papel importante. El acople del *Scooptram* y volquete a veces no es el correcto y existen tiempos de demora operativa. Una vez cargado el volquete con el mineral, este se dirige a superficie para su acumulación. En este recorrido existe deficiencias en la ruta asignada generando más demoras operativas, existe un mal dimensionamiento en la teoría de colas; no obstante, se puede lograr mejorar, ya que existen puntos en donde hay mayor aglomeración de equipo (volquetes).

Para resolver cualquier problema de carguío y transporte se debe tener en cuenta que la cuota de producción es directamente proporcional a la capacidad del equipo e inversamente proporcional al tiempo del ciclo del equipo seleccionado, por esta razón se debe hacer un análisis del factor de acoplamiento para definir el número de unidades de carguío y transporte, para el tiempo de espera de cada equipo con la teoría de colas y con esto ya se podría hacer una comparación de costos en el transporte de mineral en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte.

Cada volquete realiza seis viajes con una producción de 22.5 toneladas por ciclo en promedio. La flota actual, con 4 volquetes, genera sobredimensionamiento del equipo de transporte provocando colas de los volquetes. Luego del análisis del factor de acoplamiento óptimo para mejorar el cumplimiento de la extracción de mineral por guardia, se concluye que 3 volquetes no generarían sobredimensionamiento en función a las rutas del tramo de la Cámara CM 2830 y el tramo de la Cámara CM 2318 hacia a la planta de beneficio superficie

El costo total por la operación minera del carguío y transporte por kilómetro es de 1.30 \$/t-km para la unidad minera Parcoy, en la Ruta 1 - CM 2830 a planta y la Ruta 2 - CM 2318 a planta. La reducción del número de volquetes tras la evaluación

por la teoría de colas como en el factor de acoplamiento indica que es factible 3 volquetes y 1 *Scooptram* para cada ruta en ambas cámaras de carguío.

La optimización del costo de carguío y transporte de la CM 2830 a planta es de 11.05 \$/t, esto refleja en el tonelaje programado en la cámara de carguío. Se tendría una optimización de 5,967 \$/t–día, para los 3 volquetes y 1 *Scooptram*. La optimización del costo de carguío y transporte de la CM 2318 a planta es de 11.57 \$/t. Esto, reflejado en el tonelaje programado en la cámara de carguío indica una optimización de 6,248 \$/t–día para los 3 volquetes y 1 *Scooptram*.

Palabras clave: optimización de la ruta de transporte de mineral.

ABSTRACT

At the Parcoy Mining Unit, Consorcio Minero Horizonte, there are deficiencies in the loading and transportation of ore from the advance workings such as galleries and sublevels. The coupling factor plays an important role, each dumper performs the loading at specific points, the coupling of the Scooptram and dumper sometimes is not correct and there are operational delay times, once the dumper is loaded with ore it goes to the surface for its accumulation in this route there are deficiencies in the assigned route generating more operational delays, there is a bad sizing in the theory of tailings can be improved there are points in which there is greater agglomeration of equipment (dump trucks).

To solve any loading and hauling problem, it must be taken into account that production quota is directly proportional to the capacity of the equipment and inversely proportional to the cycle time of the selected equipment, for this an analysis of the coupling factor must be made to define the number of loading and hauling units, for the waiting time of each equipment with the tailings theory and with this we could make a cost comparison in the transportation of ore in the Parcoy Mining Unit, Consorcio Minero Horizonte.

Helping to improve the fulfillment of the extraction of ore per guard each dump truck makes 6 trips with a production of 22.5 tons per cycle on average which is optimal in production. The current fleet with 4 dumpers, generates oversizing of the transport equipment causing tails of the dumpers, it is concluded after the analysis of the optimal coupling factor is 3 dumpers here would not be generated oversizing based on the routes of the stretch of the Chamber CM 2830 and the stretch of the Chamber CM 2318 to the surface beneficiation plant.

The total cost for the mining operation of loading and hauling per kilometer is 1.30 US\$/t-km, this tells us that for the Parcoy Mining unit on Route 1 - CM 2830 to Plant and Route 2 - CM 2318 to Plant, gives us the same cost respectively. The reduction of the number of dump trucks after evaluation by the queuing theory as in the

coupling factor being feasible 3 dump trucks and 1 Scooptram for each route in both loading chambers.

The optimization of the loading and transportation cost of the CM 2830 to the plant is 11.05 US\$/t, this reflects in the tonnage programmed in the loading chamber, there would be an optimization of 5,967 US\$/t-day, for the 3 dumpers and 1 Scooptram. The optimization of the loading and transportation cost of the CM 2318 to the plant is 11.57 US\$/t. This reflected in the tonnage programmed in the loading chamber would have an optimization of 6,248 US\$/ton-day for the 3 dumpers and 1 Scooptram.

Key words: Optimization of the ore haulage route.

INTRODUCCIÓN

En la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte se tiene deficiencias en el carguío y transporte del mineral provenientes de las labores de avance como galerías y subniveles. Cada volquete realiza el carguío en puntos específicos y el factor de acoplamiento juega un papel importante. El acople del *Scooptram* y volquete a veces no es el correcto y existen tiempos de demora operativa. Una vez cargado el volquete con el mineral, este se dirige a superficie para su acumulación. En este recorrido existe deficiencias en la ruta asignada generando más demoras operativas, existe un mal dimensionamiento en la teoría de colas; no obstante, se puede lograr mejorar, ya que existen puntos en donde hay mayor aglomeración de equipo (volquetes).

El tiempo del ciclo de transporte para el análisis de la operación unitaria presenta dos variables fundamentales: la primera, es toda aquella operación que tiene una duración constante en el giro, cambiar la posición, descarga y carga, que se calcula de acuerdo con lo estipulado en la ficha técnica del equipo *Scooptram*; la segunda variable no especifica con exactitud el ciclo del tiempo a transportar el mineral por lo que, el viaje en función a la ruta se debe evaluar de manera separada.

En los recorridos del transporte de mineral se tiene distancias como pendientes que debe recorrer el volquete. En el caso de la unidad minera Parcoy, la profundización que se tiene determina la ruta y distancia a recorrer. Los factores influyentes en el recorrido son la ventilación y la energía (diesel y eléctrica) disponibles.

La flota actual, con 4 volquetes, genera sobredimensionamiento del equipo de transporte provocando colas de los volquetes. Luego del análisis del factor de acoplamiento óptimo para mejorar el cumplimiento de la extracción de mineral por guardia, se concluye que 3 volquetes no generarían sobredimensionamiento en función a las rutas del tramo de la Cámara CM 2830 y el tramo de la Cámara CM 2318 hacia a la planta de beneficio superficie

El costo total por la operación minera del carguío y transporte por kilómetro es de 1.30 \$/t-km para la unidad minera Parcoy, en la Ruta 1 - CM 2830 a planta y la Ruta 2 - CM 2318 a planta. La reducción del número de volquetes tras la evaluación por la teoría de colas como en el factor de acoplamiento indica que es factible 3 volquetes y 1 *Scooptram* para cada ruta en ambas cámaras de carguío.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

En todo el mundo, las organizaciones mineras intentan trabajar en la competencia y eficiencia de las operaciones unitarias de la mina para mejorar la productividad. Toda empresa cuenta con una programación de producción de mineral mínima para que sea viable y rentable.

La producción anual, es la suma de todo lo extraído durante todos los días de mes, con una tasa de producción o una cantidad de producción programada en toneladas, este aporte de producción es afecta por factores como la ley de mineral, el porcentaje de recuperación y la razón de sobrecarga de los equipos de transporte.

El Perú, se viene optimizando las rutas de transporte de mineral en interior mina, ya que, al no tener un buen estudio, se llevaría a un sobrecosto del transporte de mineral lo que a la larga generaría pérdidas, esto se debe a que el transporte no es evaluado de la mejor manera posible y se prioriza las operaciones como la perforación y la voladura entre otros; sin embargo, el transporte juega un papel importante en el proceso productivo.

En la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte se tiene deficiencias en el carguío y transporte del mineral provenientes de las labores de avance como galerías y subniveles. Cada volquete realiza el carguío en puntos específicos y el factor de acoplamiento juega un papel importante. El acople del *Scooptram* y volquete a veces no es el correcto y existen tiempos de demora operativa. Una vez cargado el volquete con el mineral, este se dirige a superficie para su acumulación. En este recorrido existe deficiencias en la ruta asignada generando más demoras operativas, existe un mal dimensionamiento en la teoría de colas; no obstante, se puede lograr mejorar, ya que existen puntos en donde hay mayor aglomeración de equipo (volquetes).

En los recorridos del transporte de mineral se tiene distancias como pendientes que debe recorrer el volquete. En el caso de la unidad minera Parcoy, la profundización que se tiene determina la ruta y distancia a recorrer. Los factores influyentes en el recorrido son la ventilación y la energía (diesel y eléctrica) disponibles.

El tiempo del ciclo de transporte para el análisis de la operación unitaria presenta dos variables fundamentales: la primera, es toda aquella operación que tiene una duración constante en el giro, cambiar la posición, descarga y carga, que se calcula de acuerdo con lo estipulado en la ficha técnica del equipo *Scooptram*; la segunda variable no especifica con exactitud el ciclo del tiempo a transportar el mineral por lo que, el viaje en función a la ruta se debe evaluar de manera separada.

Para resolver cualquier problema de carguío y transporte se debe tener en cuenta que la cuota de producción es directamente proporcional a la capacidad del equipo e inversamente proporcional al tiempo del ciclo del equipo seleccionado, por esta razón se debe hacer un análisis del factor de acoplamiento para definir el número de unidades de carguío y transporte, para el tiempo de espera de cada equipo con la teoría de colas y con esto ya se podría hacer una comparación de costos en el transporte de mineral en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo será la optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance para aumentar la producción en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo será la optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance para minimizar los tiempos perdidos en transporte en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?
- ¿Cómo será la optimización y control de los tramos de transporte de mineral de las labores subterráneas para aumentar la producción en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Optimizar la ruta de transporte de mineral en labores de avance para aumentar la producción en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

1.2.2 Objetivos específicos

- Optimizar la ruta de transporte de mineral en labores de avance para minimizar los tiempos perdidos en transporte en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.
- Optimizar y controlar los tramos de transporte de mineral de las labores subterráneas para aumentar la producción en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.

1.3 Justificación e importancia

En la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte se tiene deficiencias en el carguío y transporte del mineral provenientes de las labores de avance como galerías y subniveles. Cada volquete realiza el carguío en puntos específicos y el

factor de acoplamiento juega un papel importante. El acople del Scooptram y volquete a veces no es el correcto y existen tiempos de demora operativa. Una vez cargado el volquete con el mineral, este se dirige a superficie para su acumulación. En este recorrido existe deficiencias en la ruta asignada generando más demoras operativas, existe un mal dimensionamiento en la teoría de colas; no obstante, se puede lograr mejorar, ya que existen puntos en donde hay mayor aglomeración de equipo (volquetes).

En los recorridos del transporte de mineral se tiene distancias como pendientes que debe recorrer el volquete. En el caso de la unidad minera Parcoy, la profundización que se tiene determina la ruta y distancia a recorrer. Los factores influyentes en el recorrido son la ventilación y la energía (diesel y eléctrica) disponibles.

El tiempo del ciclo de transporte para el análisis de la operación unitaria presenta dos variables fundamentales: la primera, es toda aquella operación que tiene una duración constante en el giro, cambiar la posición, descarga y carga, que se calcula de acuerdo con lo estipulado en la ficha técnica del equipo *Scooptram*; la segunda variable no especifica con exactitud el ciclo del tiempo a transportar el mineral por lo que, el viaje en función a la ruta se debe evaluar de manera separada.

Para resolver cualquier problema de carguío y transporte se debe tener en cuenta que la cuota de producción es directamente proporcional a la capacidad del equipo e inversamente proporcional al tiempo del ciclo del equipo seleccionado, por esta razón se debe hacer un análisis del factor de acoplamiento para definir el número de unidades de carguío y transporte, para el tiempo de espera de cada equipo con la teoría de colas y con esto ya se podría hacer una comparación de costos en el transporte de mineral en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance influye positivamente para aumentar la producción en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance es factible y viable para minimizar los tiempos perdidos en transporte en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.
- La optimización y control de los tramos de transporte de mineral de las labores subterráneas es factible para aumentar la producción en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

1.5 Identificación de las variables

1.5.1 Variable independiente

Optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance

1.5.2 Variable dependiente

Aumentar la producción de mineral

1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I.:			
Optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance	Es la mejora continua del transporte de mineral por medio del análisis del factor de acoplamiento para determinar el número de equipos óptimos (Scooptram y volquete) para el análisis de espera del equipo (volquetes) el cálculo de la teoría de colas, en la extracción d mineral de los frentes de avance.	Evaluación del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral.	<ul style="list-style-type: none"> • Geometría del yacimiento • Distribución de leyes • Resistencia de la matriz rocosa. • Costos directos
V.D.:			
Aumentar la producción	Es la obtención de mineral, después del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral.	Evaluación de la producción de mineral.	<ul style="list-style-type: none"> • Geometría de las labores • Calidad de mineral • Cantidad de mineral • Ratios de explotación • Años de explotación

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

a) Tesis titulada: «*Control y mejora de la productividad del acarreo y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia la superficie en la unidad de producción San Cristobal – Volcan Compañía Minera S.A.A.*», el objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para controlar la productividad del acarreo y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia superficie en la unidad minera San Cristóbal – Empresa Minera Volcan S. A. A. durante el año 2018 (1). Además, la metodología tiene las siguientes características (1):

- Para hacer una evaluación del acarreo y el transporte de metal desde las funciones de desarrollo hasta la superficie, queremos saber sobre el arreglo que se realiza en la mina en cuanto a los almacenes de los minerales disponibles algo abiertos, el componente de debilitamiento, las calidades de los minerales, el límite de creación, el límite de terapia, el plan de desarrollo directo, los trabajos de preparación necesarios, la creación de la mina (1).
- La organización minera cuenta con 15 equipos de apilamiento según lo indicado por la preparación 2018 y apropiados en todas las zonas de la mina San Cristóbal; en la zona de extensión (zona inferior) cuenta con 7 equipos de

apilamiento tanto de la empresa VOLCAN como de la empresa contratista AESA (1).

- Para la distancia que recorre el equipo de apilamiento desde el tajo o subnivel hasta la cámara de apilamiento, se tiene un rendimiento típico de 120.80 TM/hr, apilando 5 volquetas normales cada hora; y para la otra distancia que recorre el equipo de apilamiento desde la cámara de acopio hasta la cámara de apilamiento (según norma es de 15 metros), se tiene un rendimiento típico de 219.06 Tm/Hr, apilando una normal de 9 volquetas normales cada hora (1).
- b) Tesis titulada: «*Mejoramiento del transporte de mineral con volquete en interior mina para incrementar la productividad en U.M. Andaychagua de Volcan Compañía Minera S.A.A.*», el objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para mejorar el transporte de mineral en interior mina e incrementar la productividad en la unidad minera Andaychagua de Volcan Compañía Minera S.A.A. (2). Además, la metodología tiene las siguientes características (2):
- El ciclo apilamiento - transporte - vertido se mejora limitando (disminuyendo) el tiempo perdido en el transporte, siendo de 13,5 minutos en la Ruta 1 (Veta Vanesa), de 11,9 minutos en la Ruta 2 (V. Salvadora) y de 12,7,4 minutos en la Ruta 3 (V. Adriana), por el tiempo de retención y el factor de acoplamiento, valorando así la armada adecuada de volquetes, permitiendo realizar el tamaño de armada ideal esperado para satisfacer la necesidad caracterizada en el gasto base (2).
 - Disminuyendo o eliminando el sobredimensionamiento del vehículo y del hardware de apilamiento, se eliminan los tiempos inútiles por la temporada de retención de los descargadores en línea, disminuyendo así sus gastos (2).
 - El ingreso neto por acarreo se amplía en un 2,90 % (de 9,01 % a 11,91 %), logrando así mayores beneficios y mejor ejecución por monitor, lo que incrementa la eficiencia, ayudando a la unidad minera Andaychagua de Volcan Compañía Minera S. A. A. (2).

c) Tesis titulada: «*Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en CIA. Minera Coimolache S. A.*», el objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para la implementación en la minimización de los tiempos improductivos que hay en el proceso de carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache (3). Además, la metodología tiene las siguientes características (3):

- La minimización del tiempo ineficiente logra la disminución de largos tramos de aplazamiento en el apilamiento y el arrastre, siendo la disminución a un periodo no exacto o equivalente a 3 min. (3).
- Incrementamos la creación y los beneficios en el apilamiento y el arrastre. En cada volquete un incremento de 98,5 MT/día, comparable a 14,33 \$/día, en el Exc. Feline 390 DL el incremento es de 32,1 Tm/día, idéntico a 11,95 \$/día y en el Exc. Feline 374 DL un incremento de Felino 374 DL un incremento de 163 Tm/día, comparable a 130,46 \$/día (3).
- El nivel de uso se amplió en un 3 % (374 DL) y un 10 % (390 DL) en el apilamiento y un 3 % en el arrastre (3).
- Disponer de reguladores de tiempo y creación durante el apilamiento y el arrastre, que transmiten a los directores de guardia, actividades y regiones de ordenación minera para informar de la creación horaria, los retrasos y cualquier incidencia en las tareas (3).
- Avanzar en la preparación especializada de la fuerza de trabajo de apilamiento y arrastre, permitiéndoles tener un tratamiento infinitamente mejor de su hardware, reflejando mejoras en el ciclo de las actividades mineras. (3)

d) Tesis titulada: «*Mejora en reducción de costos de transporte de la Mina Condestable, Mala, Cañete, 2020-2021 con uso del volquete de doble tolva de 80 tn*», el objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para determinar la cantidad de viajes por día que se conseguirá con

el uso del volquete de doble tolva de capacidad de 80 tn en la Mina Condestable del distrito Mala, provincia Cañete, durante el periodo 2020-2021. (4). Además, la metodología tiene las siguientes características (4):

- Para comparar los rendimientos de los KPI's se ha proyectado el mismo recorrido tanto para el volquete de doble tolva como el volquete de 45 tn. La ruta comparar va desde la zona de chancado – OP nv-350 – Chancado. El recorrido es de 6.3 km para ambos casos, entonces se tiene que para el volquete de 45 t tiene una velocidad subida 10.24 km/h y una velocidad de bajada de 21.53km/h, ahora bien, para el volquete de doble tolva se calculó una velocidad de subida 7.98 km/h y velocidad de bajada de 17.46km/h (4).
 - Del estudio realizado, se ha obtenido que el número de viajes por día es 9 para el volquete de doble tolva mientras que para el volquete de 45 t es 11 viajes/día, entonces se tiene que el volquete de doble tolva transporta un promedio 650 de t/viaje, mientras que el volquete de doble tolva transporta un promedio de 470 t/día (4).
 - Los resultados de VAN estimados del flujo de caja técnico económico se concluye que la VAN es de 4,111,68 (4).
- e) Tesis titulada: «*Optimización del sistema de acarreo y transporte en labores de preparación de las zonas de profundización mediante la metodología Six Sigma operada por la E.C.M. Zicsa en la Unidad Minera Inmaculada*», el objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para minimizar los tiempos improductivos en el proceso de acarreo-transporte en las labores de preparación de la zona de profundización operada por la E.C.M. Zicsa en la U.M. Inmaculada a través de Six Sigma (5). Además, la metodología tiene las siguientes características: (5)
- Actualmente se tiene 5 volquetes y mediante la simulación con GPSS para la obtención de flota óptima se concluye que se tiene que adquirir 1 volquete. Además, a través, de la simulación con GPSS para el punto de transferencia se obtiene una disminución de tiempo en el ciclo de transporte, lo cual hace que se tenga 1 viaje más por guardia (5).

- El incremento de 1 volquete y la elaboración de un By Pass (punto de transferencia) se tiene un incremento del 37.97 % de tonelaje movido de material (5).
- El costo total de realizar un baipás de 300 metros es de 178'146.3 \$, por lo tanto, es recomendable realizar, a medida que se va profundizando la mina, un nuevo punto de transferencia. Esto hará que disminuya el ciclo de transporte y aumentará la producción de tonelaje movido (5).

2.2 Generalidades unidad minera Parcoy

2.2.1 Ubicación y accesibilidad

La unidad minera Parcoy se ubica en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de la Libertad, sus coordenadas geográficas son:

- 77° 36' Longitud Oeste. (6).
- 08° 00' Latitud Sur. (6).

A una altitud de 2600 a 4100 m s. n. m.

Tabla 2. Accesibilidad unidad minera Parcoy

Ruta 1	Distancia (km)	Vía aérea	Tiempo aproximado (horas)
Lima – aeropuerto de Pías	400	Aeropuerto Jorge Chávez - aeropuerto de Pías	1.20
Ruta 2	Distancia (km)	Vía terrestre	Tiempo aproximado (horas)
Lima – Chagual	557	Carretera asfaltada	7
Chagual – Trujillo	340	Carretera asfaltada	9
Trujillo - Parcoy	60	Carretera asfaltada y afirmada	2
Total	957		

Tomada de unidad minera Parcoy (6)

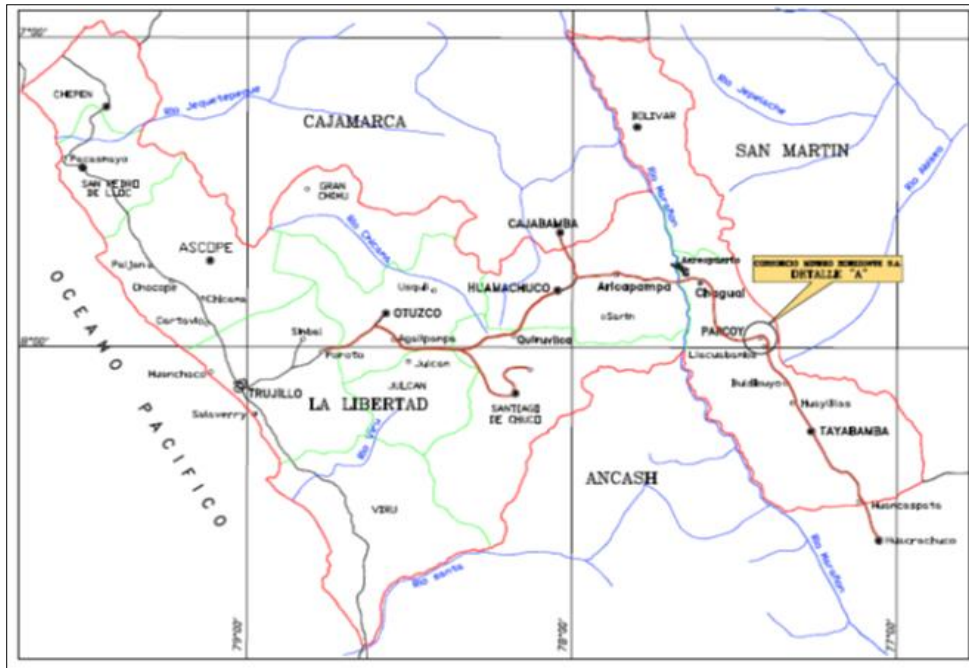


Figura 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad minera Parcoy Tomada de unidad minera Parcoy (6)

2.3 Geología

2.3.1 Geología regional

- **Geomorfología**

Según Wilson (1964), el almacén se encuentra en el flanco occidental de la cordillera central, en la unidad de valles interandinos, donde hay valles agudos y quebradas profundas que están en procesos de cambio debido al frío y la ruptura del río (7)

El río Parcoy, que se desvía hacia el oriente superior, pasando por la laguna de Pías, desemboca en el río Marañón y finalmente llega al río Amazonas, es la principal filtración (7)

- **Litología**

En la zona, hay tres cinturones que rodean la geografía: el sótano de tormentas precámbrico del complejo del Marañón en dirección este, el batolito carbonífero de Pataz en dirección oeste y las capas retorcidas del Pérmico-Cenozoico en dirección oeste (7).

El complejo del Marañón basal se compone de metasedimentos pizarrosos a esquistosos y sacudidas metavolcánicas, y presenta un desarrollo complicado de colapso y clivaje. Las capas del Pérmico al Cenozoico se dividen en pliegues mejorados a alterados que se fusionan cerca del contacto del batolito hacia el oeste, aunque más al oeste son homoclinales (7).

2.3.2 Geología estructural

La zona minera ha sido afectada por múltiples eventos estructurales durante los últimos 300 millones de años, lo que ha llevado a una intrincación primaria muy revisada. Se acepta que la élite se inmiscuyó en una zona extensional, ya que no presenta áreas de potencia significativas para el presente. Como resultado, un marco de emisión de cambio lateral durante la mineralización y la culpabilidad posterior a la mineralización habrían reactivado esta zona extensional (7).

2.3.3 Geología local

CMHSA tiene sus labores mineras en un área de 400 ha, dicha operación se desarrolla íntegramente dentro del Batolito Pataz. Se estima más de 80,000 m de labores mineras realizadas entre antiguas y modernas, tanto horizontales como verticales (7).

2.3.4 Geología económica

Las vetas son comúnmente orogénicas, compuestas por rellenos de grietas donde gana la afiliación "cuarzo-pirita-oro", así como otros minerales relacionados en magnitudes más modestas como clorita, sericita, calcita, ankerita, galena y esfalerita (7).

Las vetas se conforman en un rumbo predominante de N20°W en buzamientos puntuales altos y bajos de NE (50-80°NE), en la mina Parcoy se han distinguido "entramados" de vetas, que comprenden una vena focal o fundamental con ramas y sigmoides relacionados (7).

Las estructuras fundamentales que ayudan a la creación de CMHSA son Candelaria, Encanto, Rosa Orquídea, Lourdes y Milagros (7).

Según la paragénesis del yacimiento, primero tenemos el emplazamiento de cuarzo, pirita y arsenopirita, estos minerales experimentaron craqueo sólido y microfracturación; luego tenemos una ocasión de oro local y medidas menores de sulfuros finos (Zn, Cu, Pb o Ag), estos rellenaron microfracturas particularmente en pirita y cuarzo o se salvaron cerca de este sulfuro. La pirita es el mineral huésped fundamental para la mineralización de oro en las vetas (7).

2.3.5 Método de explotación

El método de explotación es de corte y relleno ascendente, mecanizado y convencional. En el mecanizado se aplica el relleno detrítico y relleno hidráulico, mientras que, en el convencional, solo el relleno hidráulico (9).

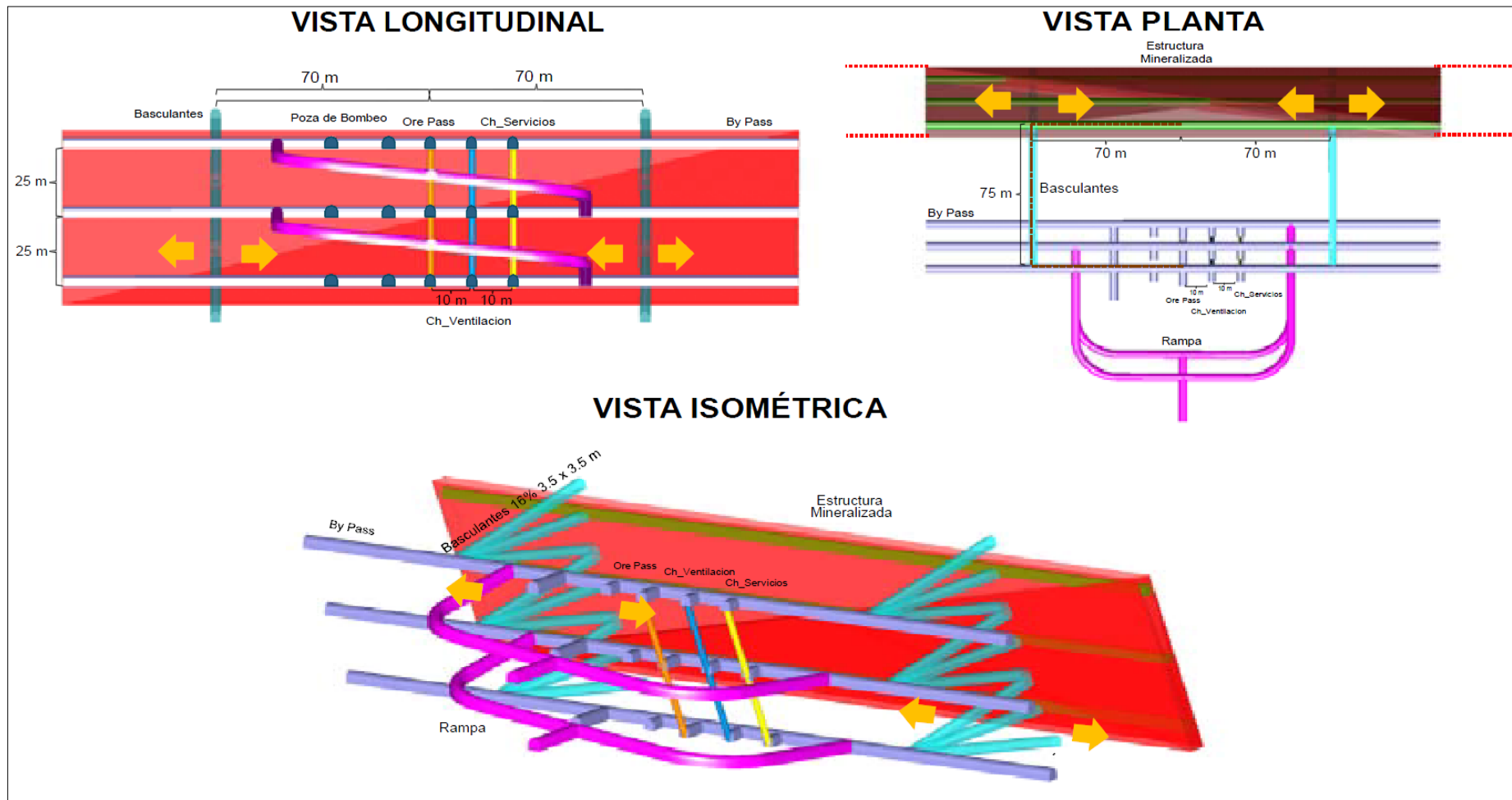


Figura 2. Método de explotación corte y relleno ascendente mecanizado
 Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

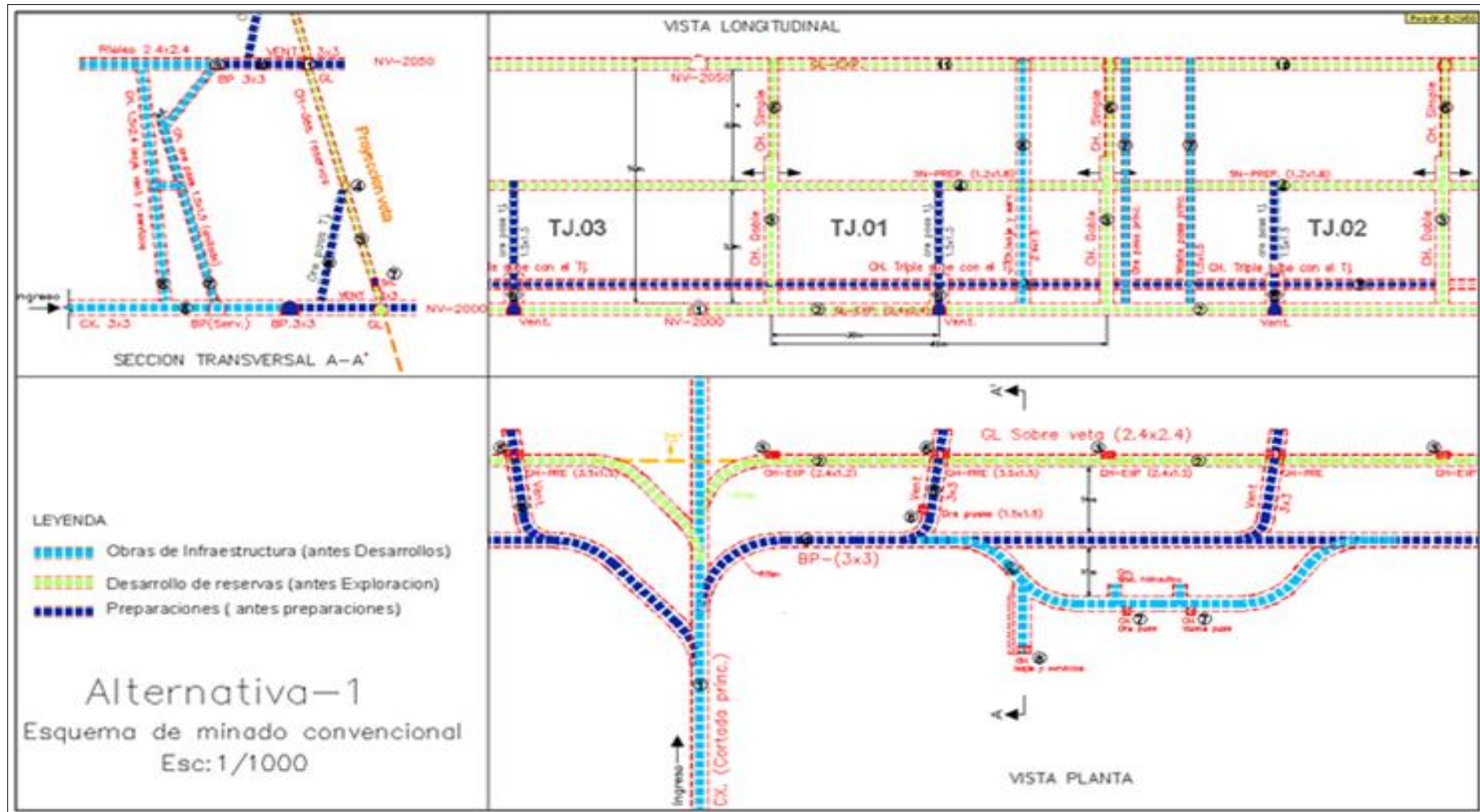


Figura 3. Método de explotación convencional
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

La limpieza de mineral en los tajos se efectúa con *scoop* de dimensiones variables, de acuerdo con la potencia de la veta (1.5 yd³ a 4 yd³), y en tajos convencionales, con winches de arrastre eléctricos (9).

Para el acarreo se utilizan *scoop* de 4 yd³, *dumper* 12 t y 15 t para la extracción se usan volquetes de 15 m³ (9).

Como labores principales se realizan rampas de desarrollo, *by pass* y cruceros. Se ejecutan galerías de exploración, para dimensionar la longitud de la estructura mineralizada. Posteriormente se inicia la preparación para el minado respectivo (9).

En lo que respecta a la perforación, esta se realiza en forma horizontal (perforación en *breasting*), solamente en chimeneas se perfora verticalmente (9). Para la perforación se usa jumbos electrohidráulicos y *Jackleg* y los taladros son de 14 pies y 6 pies de profundidad (9).

Para la voladura se utiliza la dinamita, después de los disparos se ventila los frentes, se desata y para luego proceder a la limpieza de mineral roto, luego según la calidad de roca se sostiene con *shotcrete* de 2" o 4" pulgadas con fibra metálica y pernos *split set*, *hydrabolt*, *expandabolt*, pernos helicoidales (9).

Una vez completado el corte de minado, de aproximadamente 50 metros por cada ala, se rellena con relleno detrítico y/o relleno hidráulico con una abertura de 30 centímetros, para el siguiente corte. Referente al relleno hidráulico, se cuenta con una planta ubicada en superficie. Desde este punto se transporta a las labores de interior mina a través de la red de tubería de 4 pulgadas de diámetro. El relleno es impulsado por dos bombas (9).

Después del disparo, la evacuación de gases es por las chimeneas que conectan de nivel a nivel hasta superficie, manteniendo con aire fresco los frentes y caminos de tránsito de personal. La extracción de aire viciado se efectúa por chimeneas principales en los extremos de la infraestructura de cada veta. Así mismo se tiene chimeneas de sección de 2.5 x 2.5 metros hasta superficie exclusivamente para ventilación de la mina (9).

Después de la ventilación ingresa el personal hace el desatado de roca cumpliendo el procedimiento de seguridad. En los tajos convencionales se realiza la limpieza de mineral con winches eléctricos de arrastre y en los tajos mecanizado con scoop diésel, el mineral de los tajos es evacuado a cámaras de acumulación o a los echaderos de mineral, de donde son evacuados posteriormente mediante volquetes hacia superficie (9).

a) Estrategias

- El plan de minado a corto plazo está programado en forma mensual de acuerdo con las reservas probadas y probables, así como los recursos (9).
- De acuerdo con el plan de producción se ha considerado un promedio de 1,700t/día a tratar (9).
- Preparación de la mina en forma sostenida, de modo que nos permita cumplir con lo programado (9).
- El diseño de la mina se realiza con el software minero Mine Sight (9).

b) Proyectos

- Ejecución de proyecto de túnel Yuracyacu (9).
- Ejecución de proyecto de sistema de ventilación principal (9).
- Ejecución del proyecto *ore sorting* (9).

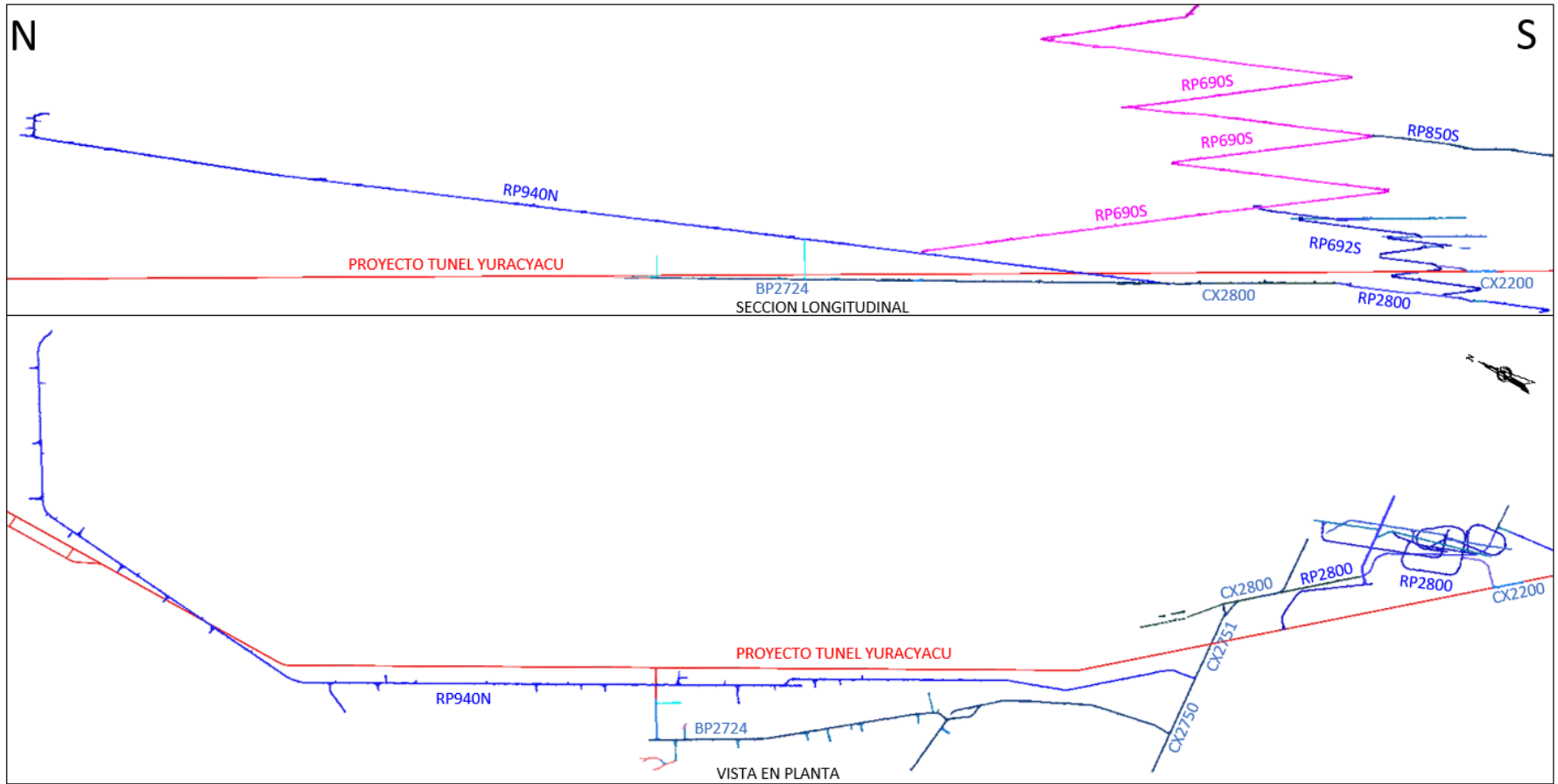
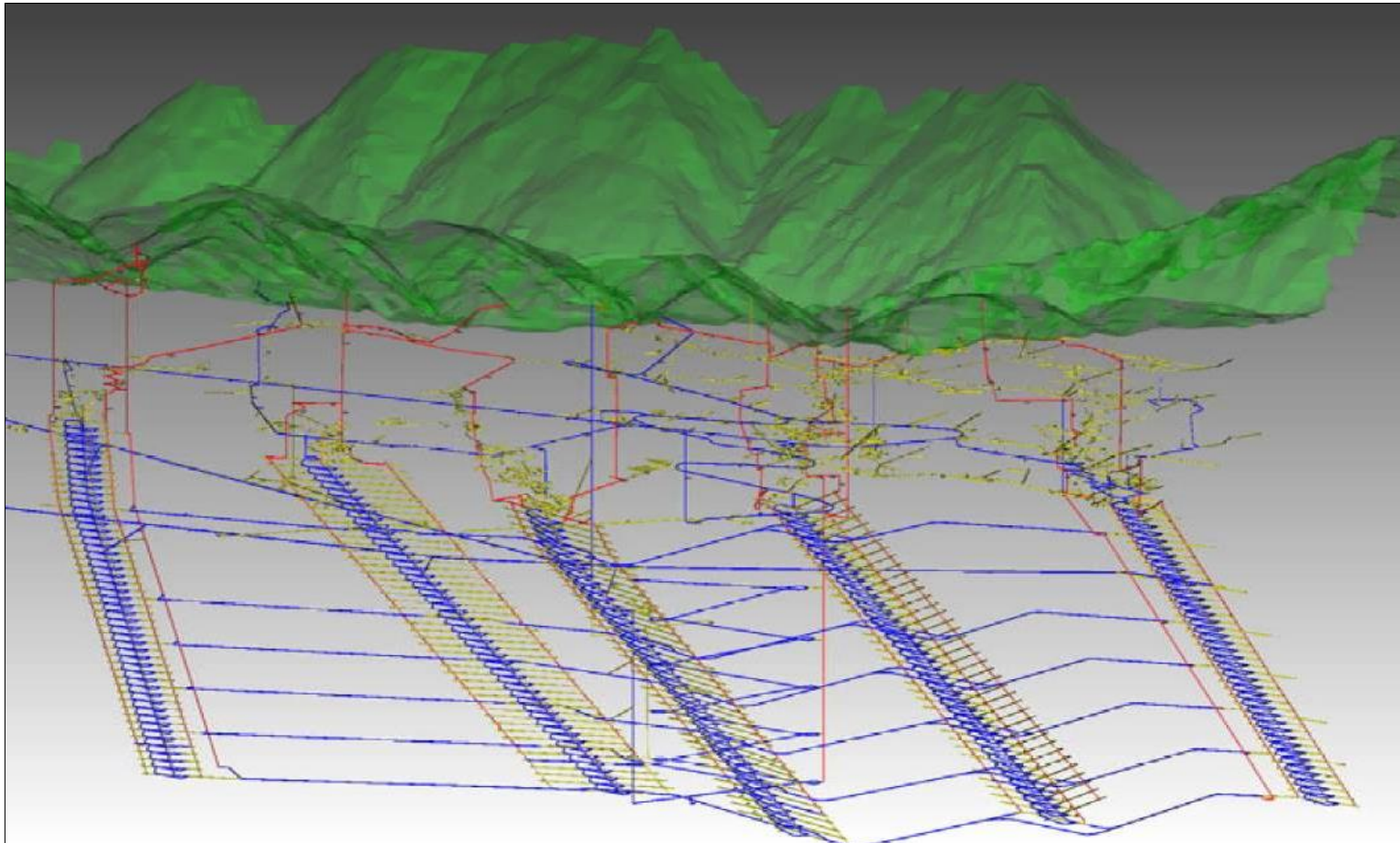


Figura 4. Túnel Yuracyacu

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)



*Figura 5. Proyecto de sistema de ventilación principal
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)*

c) Explotación

La unidad operativa Parcoy tiene programado la explotación de las siguientes vetas: Milagros, Rosa, Lourdes, Candelaria y Encanto (9).

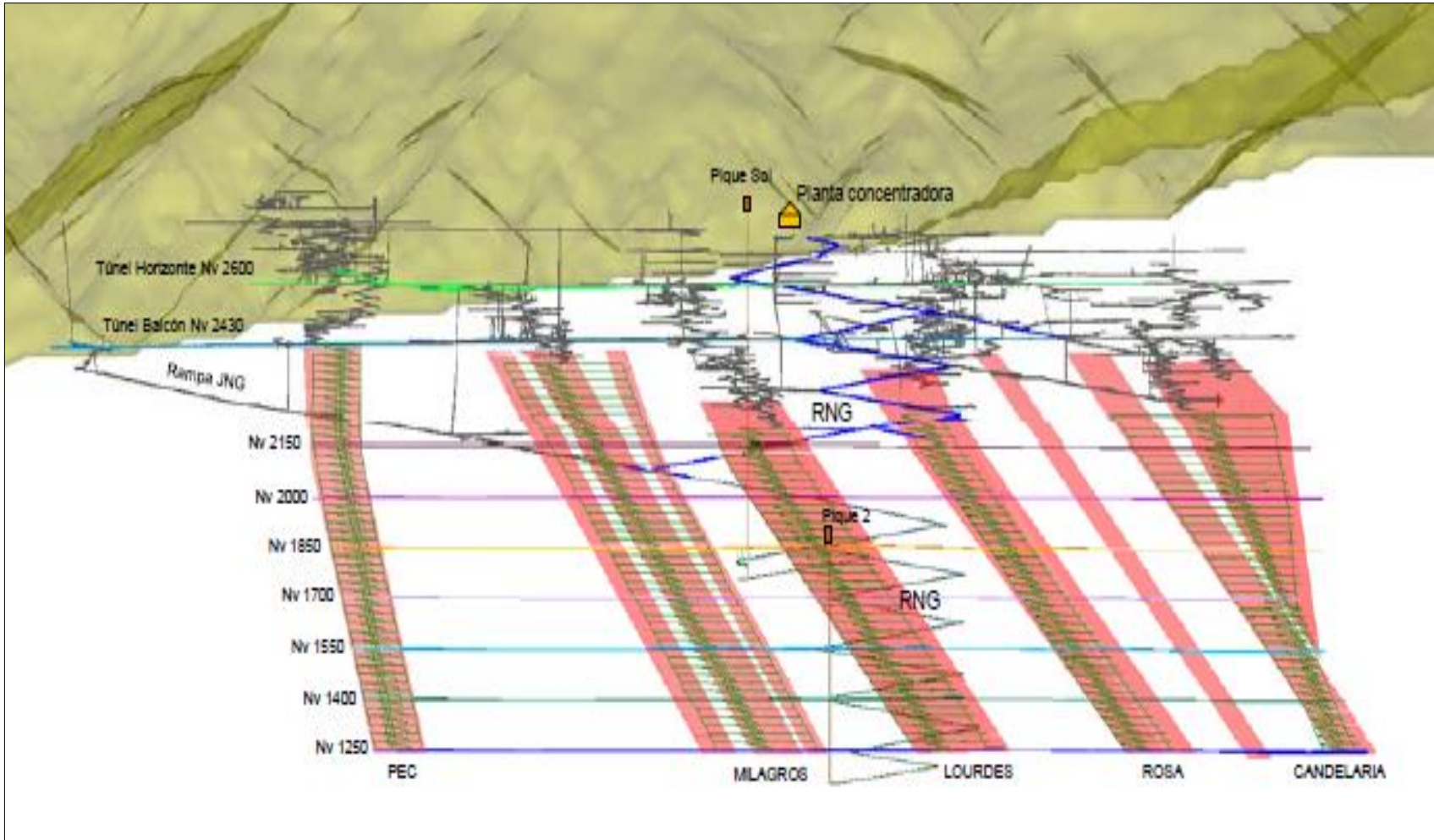


Figura 6. Vista longitudinal de vetas en explotación
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

2.3.6 Aspectos operacionales

- Métodos de explotación: corte y relleno ascendente con relleno detrítico e hidráulico (9).
- Perforación: perforación en *breasting* con jumbo electrohidráulico (9).
- Voladura: se utiliza dinamitas semexa 45 %, exsablock, cordón detonante, como accesorios de voladura se utiliza el carmex y mecha rápida (9).
- Sostenimiento: con pernos helicoidales, split set, hydrabolt, expandabolt, cuadros de madera, relleno detrítico e hidráulico y shotcrete de 2 y 4 pulgadas (9).
- Limpieza: con scoop diésel de 4 y 6 yd³, y para el acarreo scoop de 4 y 6 yd³, dumper de 12 a 15 t (9).
- Transporte: el transporte de mineral y desmonte se efectúan con volquetes de 23 y 32 t de capacidad (9).
- Relleno hidráulico: para el relleno hidráulico se tiene una planta en superficie donde se prepara el relleno y se envía mediante tuberías a los tajos (9).
- Producción: 1,700 t/día, ley de Au de 5.67 g/t (9).
- Sistema de trabajo: 20 x 10 (20 días de trabajo por 10 días de descanso con tres grupos de trabajo) (9).

2.3.7 Ciclos de minado

a) Perforación

La perforación en los tajos mecanizados es en *breasting* y se realiza con jumbos electrohidráulicos donde se usan barras de dimensiones que van de 10 a 12 pies de longitud, el diámetro de perforación varía entre 38 a 45mm con un burden y espaciamiento de 0.80 – 1.00 m., y la perforación en tajos convencionales es en *breasting* y se realiza con máquinas Jack Leg, se usan barras de 4 y 6 pies, el diámetro de broca es de 38mm (9).

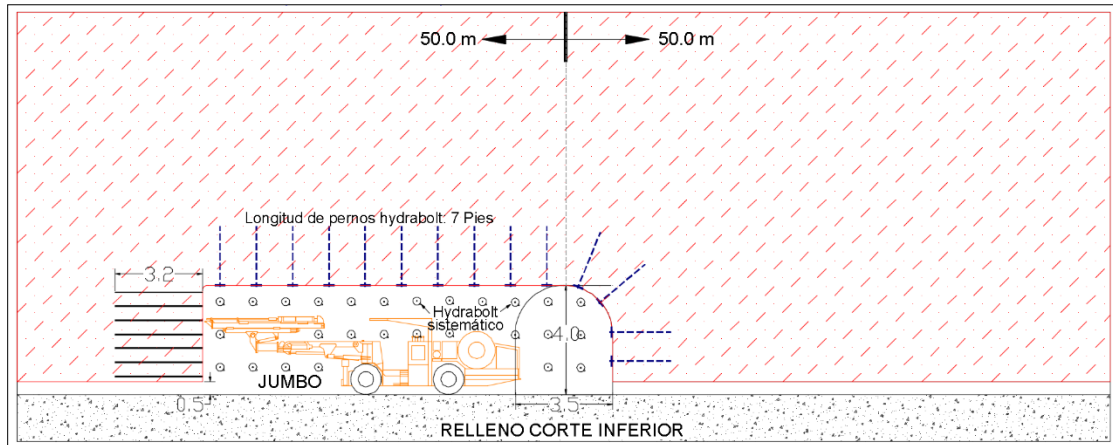


Figura 7. Ciclo de minado – perforación mecanizada (2 horas)
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

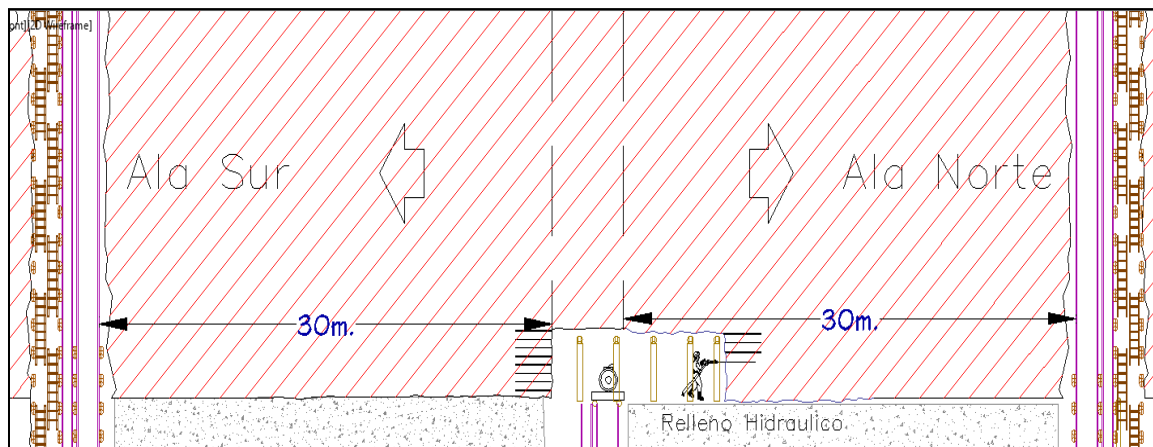


Figura 8. Ciclo de minado – perforación convencional (0.8 horas)
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

b) Voladura

Culminado el proceso de perforación se realiza el carguío, para esto se utiliza como explosivo la dinamita (Semexa 45 % y Exsablock) y como accesorios cordón detonante, detonador no eléctrico (Exsanel), mecha lenta (Carmex) y mecha rápida. Los taladros de producción se cargan con Semexsa 45 % y los taladros de contorno con Exablock, con el objetivo reducir la sobre excavación y los daños a la roca circundante (9).

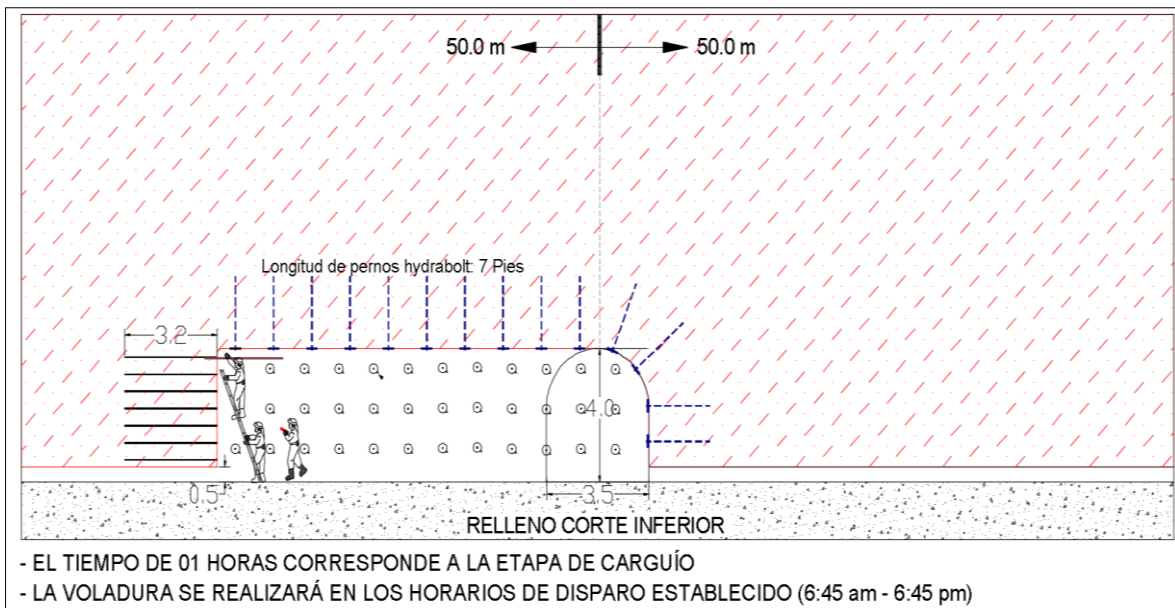


Figura 9. Ciclo de minado – voladura en tajos mecanizados (1.2 hora de carguío). Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

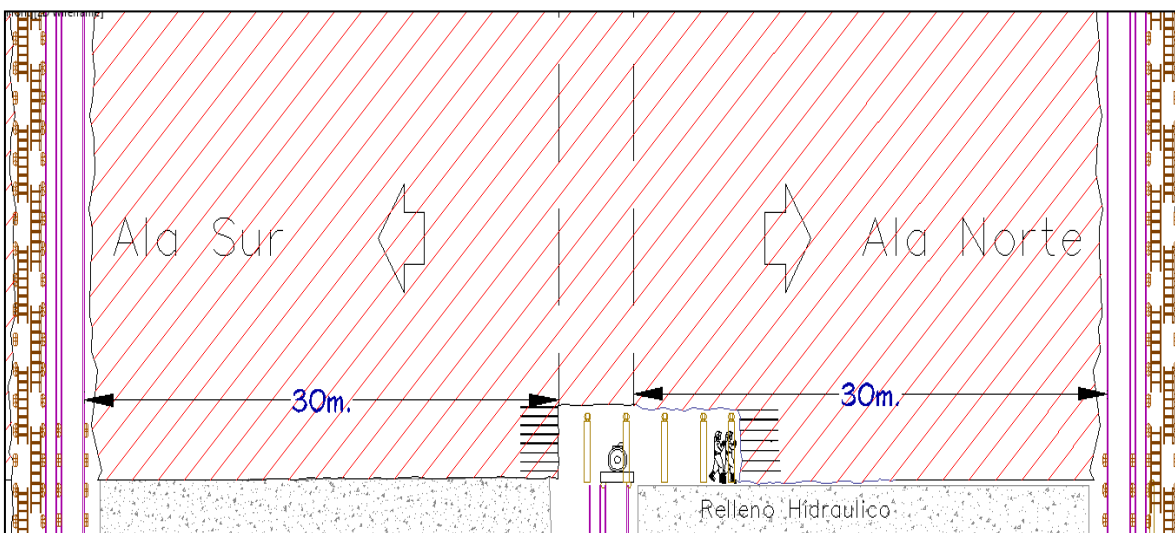


Figura 10. Ciclo de minado – voladura en tajos convencionales (0.5 hora de carguío) Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

c) Limpieza

La operación de limpieza en los tajos mecanizados se realiza con *scoop diésel* de 4 yd³ los cuales evacuan el mineral directamente al *ore pass* que está en el baipás de acceso (9).

También se acumula carga en cámaras de acumulación, los cuales son cargados a volquetes con el *scoop diésel* de 4 yd³ (9). En tajos convencionales la limpieza es con winches 15 y 20 HP y rastras.

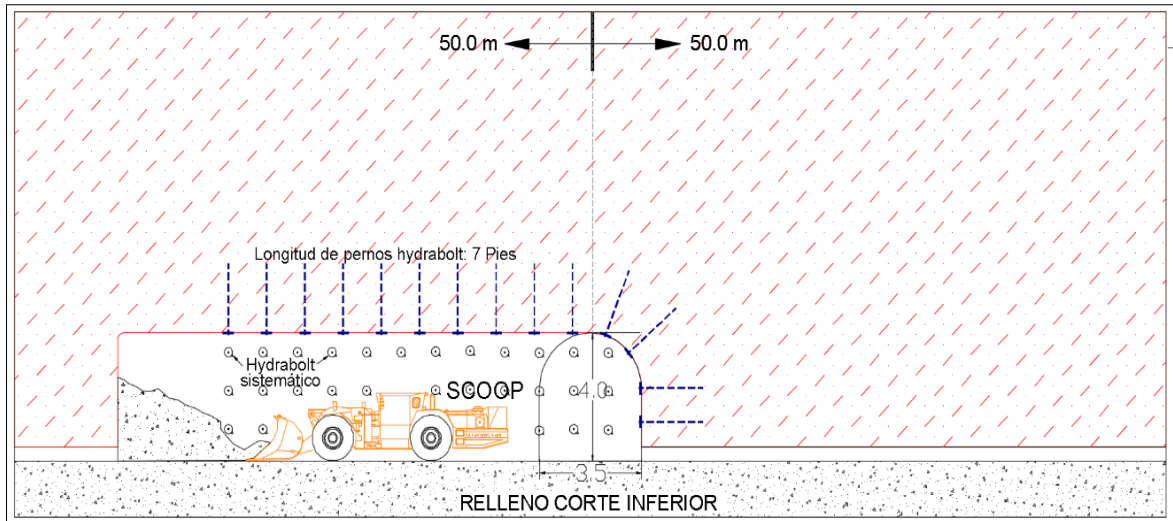


Figura 11. Ciclo de minado – limpieza mecanizado (2 horas)
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

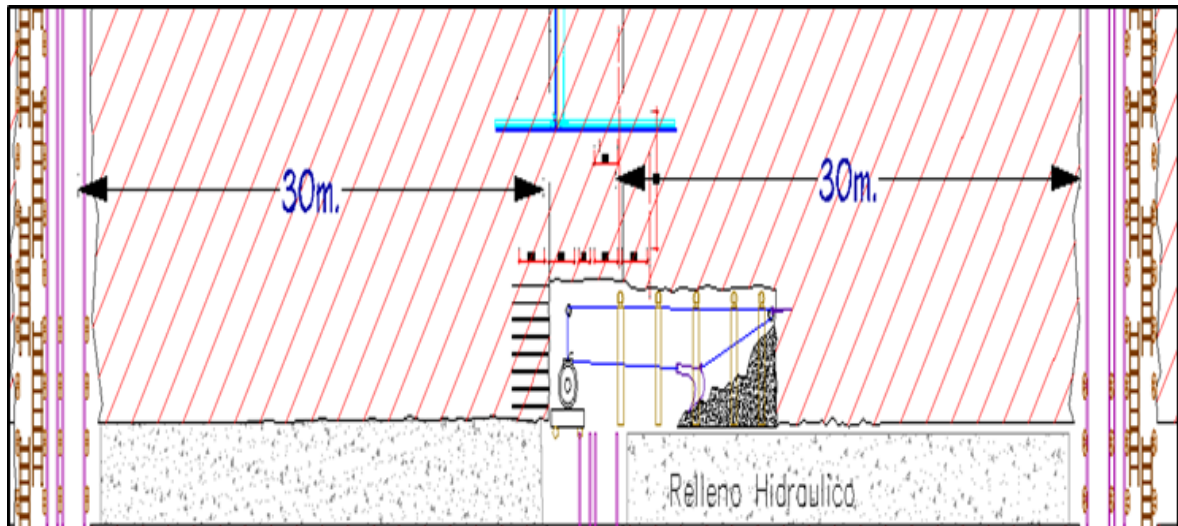


Figura 12. Ciclo de minado – limpieza convencional (1.5 horas)
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

d) Ventilación

Para la ventilación auxiliar se usan ventiladores de 30,000CFM, 45,000CFM y 60,000CFM como inyectores de aire limpio a labores ciegas. El aire es direccionado hacia los frentes mediante mangas de ventilación de diferentes diámetros de acuerdo con la sección de la labor y al requerimiento de cada labor.

El detalle del sistema de ventilación se encuentra en el Numeral 6: Diseño detallado del Sistema de Ventilación (9).

e) Sostenimiento

El sostenimiento de los tajos se realiza de acuerdo con la clasificación geomecánica del macizo rocoso, utilizando shotcrete por vía húmeda y pernos split set, pernos helicoidales, cuadros de madera, pernos hydrabolt y expandabolt según la función de la labor si serán labores temporales o labores permanentes (9).

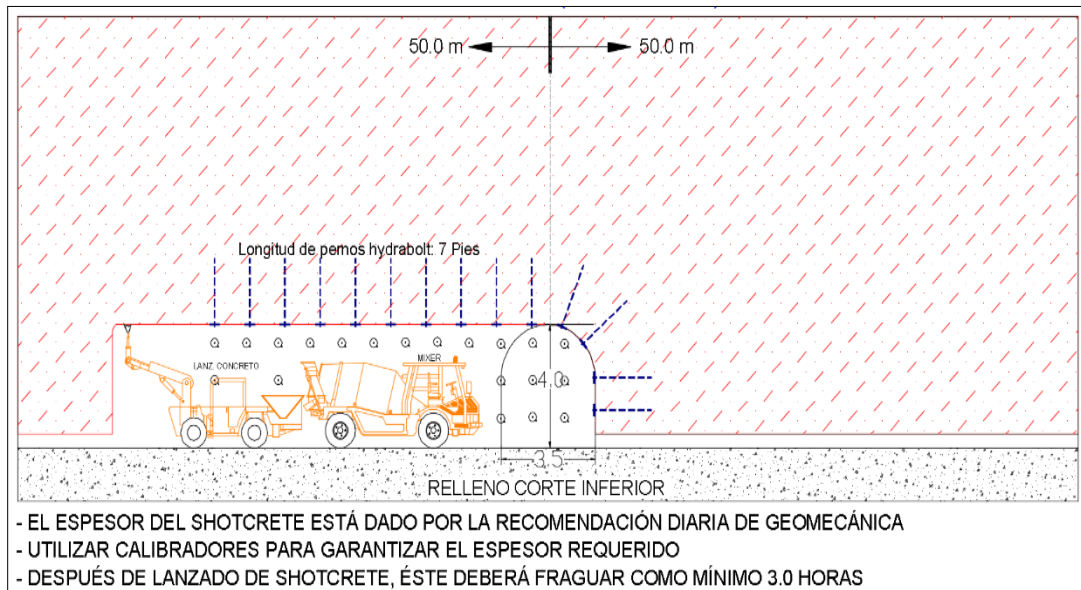


Figura 13. Ciclo de minado – sostenimiento mecanizado (1 hora)
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

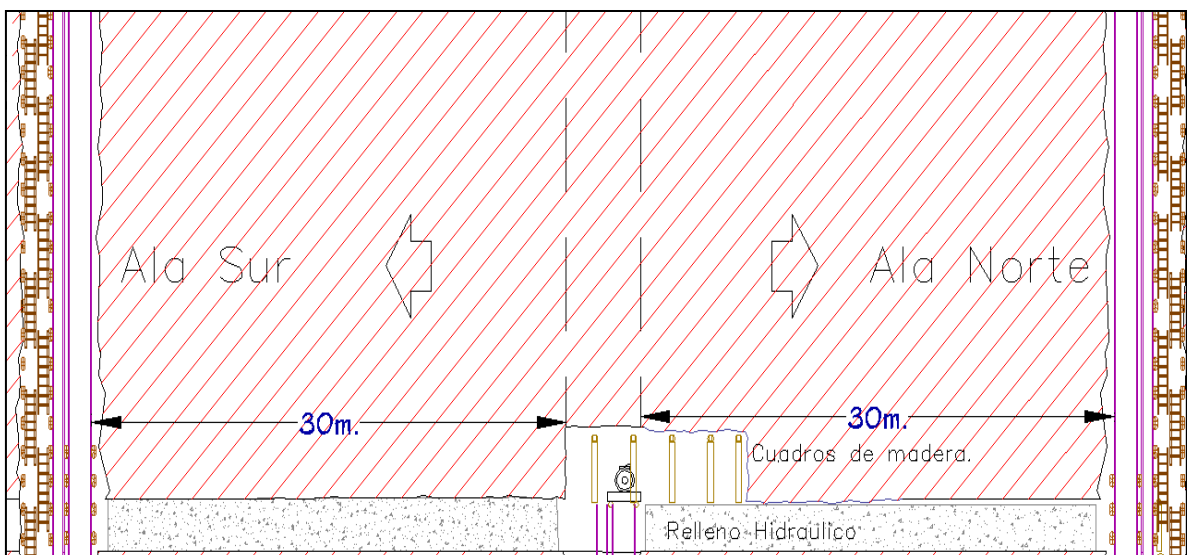


Figura 14. Ciclo de minado - sostenimiento convencional (3 horas)
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

f) Acarreo

El acarreo es mediante *scoop diésel* de 4 yd³ y/o con dumper de 12 y 15 t. El mineral acumulado en las cámaras destinadas para este fin es cargado a volquetes con *scoop diésel* de 4 yd³ (9).

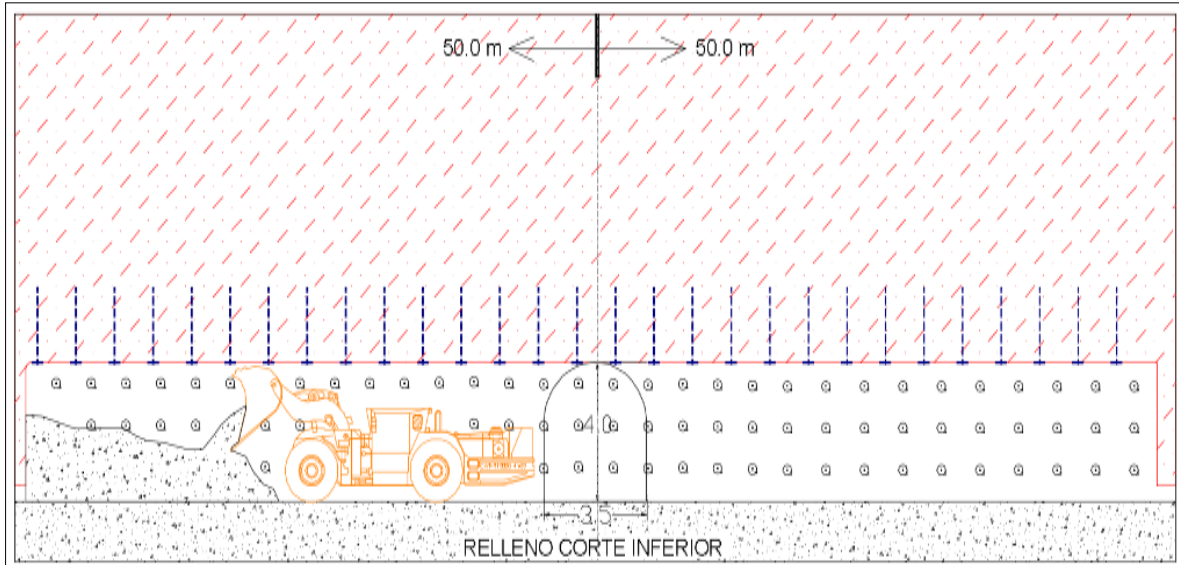


Figura 15. Ciclo de minado – acarreo con scoop.
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

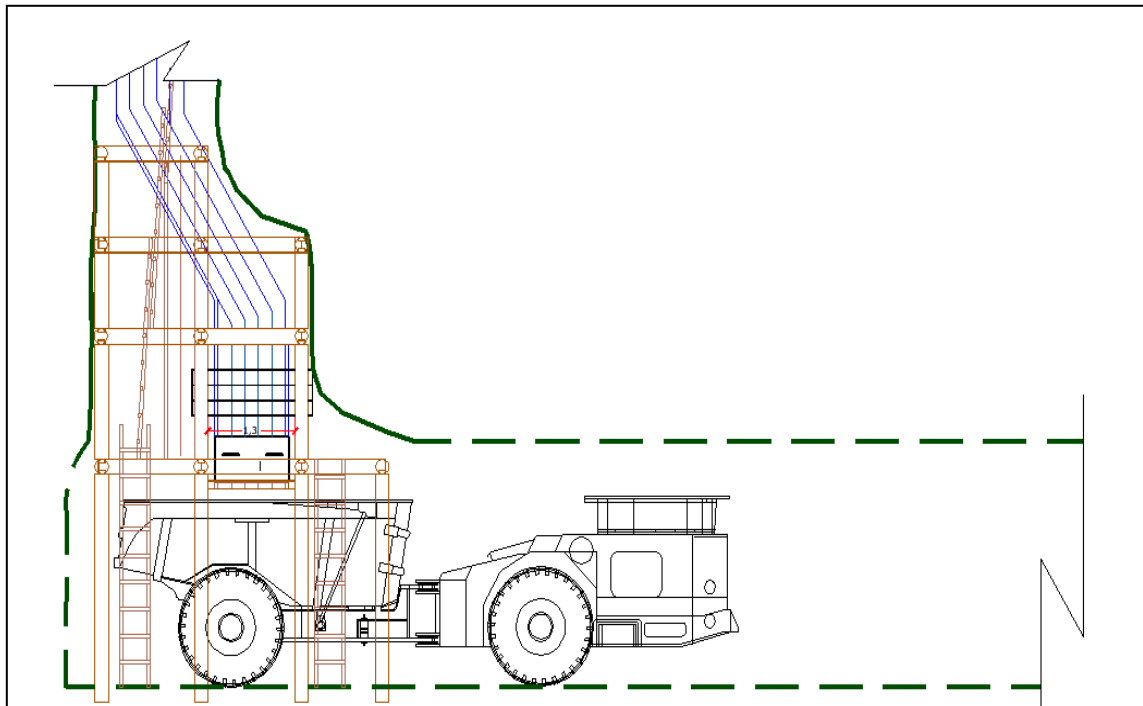


Figura 16. Ciclo de minado – acarreo con dumper.
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

g) Transporte

El mineral acumulado en las cámaras de acumulación es cargado a los volquetes mediante un *scoop*, mientras que el mineral que se encuentra en los echaderos es descargado a través de su tolva hacia los volquetes (9). El mineral en los volquetes es transportado hacia la planta de beneficio ubicada en superficie. Se utilizan volquetes de 23 y 32 toneladas de capacidad (9).

h) Relleno

El relleno de los tajos se realiza con relleno hidráulico con relave clasificado de planta de beneficio (9).

El relleno hidráulico es bombeado desde la planta de relleno, ubicada en superficie, mediante la bomba Feluwa y enviado hacia los tajos mediante tuberías HDPE de 4 pulgadas de diámetro, instaladas desde superficie hacia interior mina, para su distribución a los tajos (9).

El relleno detrítico proviene del desmonte producido por las labores de preparación y desarrollo (9).

i) Servicios auxiliares

• Aire comprimido

El aire comprimido es generado por cuatro compresoras de 1,200 a 1,500 CFM alcanzando juntas una capacidad instalada de 5,435 CFM concentradas en superficie más una compresora de 1,000 CFM de capacidad como *stand by* (9). Luego, el aire comprimido es ingresado por la CH RB RNG y continúa por la CH090AK, llegando al nivel 2430 mediante una tubería de acero alvenius de 12 pulgadas de diámetro, alimentando la mayor parte de la zona baja donde se concentra las operaciones actualmente con tuberías HDPE de 4 pulgadas de diámetro y tubería HDPE de 2 pulgadas de diámetro para los tajos y tope de labores de avance (9).

• Agua

El agua para la operación de mina es captada de la quebrada ribereña de Balcón, debajo del nivel 2780 Potacas Balcón II en el cual se tiene un reservorio 36 m³ y de

la cual se usa para la distribución una tubería HDPE de polietileno de 4" y 2" pulgadas de diámetro respectivamente por su maniobrabilidad y bajo costo (9). La presión del agua a la que trabaja es de 2 a 6 bares empleando rompe presiones en zeta para bajar la presión en algunas zonas (9).

El requerimiento de agua está basado en el volumen de agua a utilizar en la fase de explotación por los siguientes consumos:

- ✓ Consumo de agua de perforación (9)
- ✓ Consumo de agua para sostenimiento (9)
- ✓ Consumo de agua para servicios (9)

2.4.1 Principios teóricos de la mejora del ciclo de carguío, transporte y descarga para incrementar la producción de mineral

a) Carguío en el transporte del material roto

El carguío es parte del proceso de retirar el material volado del frente de trabajo hacia un equipo de transporte para que pueda transportarlo adecuadamente a su lugar de destino (planta, botadero, stock)". Alternativamente, el material removido puede depositarse directamente en un punto determinado por estos equipos de carguío. Este proceso se realiza tanto en minería superficial como subterránea (10).

Las combinaciones específicas de equipos y secuencias de operación pueden cumplir con los requisitos de producción. Las combinaciones de equipos y secuencias de operación están directamente relacionadas con la capacidad del equipo y el tiempo requerido para completar un ciclo de operación, teniendo en cuenta factores como eficiencia, disponibilidad y costos (10).

b) El efecto del acarreo en la productividad del material roto

El proceso productivo de una mina es el de mayor costo junto con el transporte de material debido a que es el proceso con mayor cantidad de equipos (flota), alto grado de mecanización, menor rendimiento productivo por equipo y es un proceso de operación prácticamente continuo y lento (10).

La operación de transportar el mineral extraído al exterior de la mina se conoce como transporte. El flujo de carga dentro de una mina puede ser continuo,

discontinuo o una combinación de ambos. El transporte continuo utiliza formas de transporte que funcionan continuamente. Este tipo de transporte utiliza cintas, transportadores blindados y gravedad en pozos y chimeneas (10).

c) Costos operativos de transporte del material roto

Costos de los equipos de transporte y carguío, el estudio de costos es la estrategia competitiva que mayor valor genera a las empresas mineras. Los costos suelen ser factores controlables para lograr resultados positivos, puesto que el precio depende de la cotización internacional de los metales (11).

La unidad con que se expresan los “costos de operaciones mineras”, es el “\$/t”, es decir cuánto costará, expresada en términos monetarios, extraer en toneladas el mineral.

2.4.2 Metodologías existentes

a) Método actual aplicado por la unidad minera Parcoy

La técnica actual de optimización en dos partes principales produce:

- Un plan de mantenimiento que se ajusta a las especificaciones del fabricante del equipo minero (12).
- Una estrategia para elegir equipos de reemplazo (12).

El programa de mantenimiento es un conjunto de varios programas debido a que los equipos de *Scooptram* son diferentes marcas, pero están relacionados entre sí. Para mantener un *Scooptram* se deben seguir una serie de pasos (12).

Los equipos *Scooptram* disponibles están diseñados para funcionar en condiciones con las siguientes características:

- Sus dimensiones reducidas y su altura lo hacen ideal para operar en el subsuelo (12).
- Consta de un cucharón articulado que se puede usar para carguío y acarreo (12).
- Las ruedas están equipadas con neumáticos (12).
- Transfiere el material a una distancia específica (12).

- Coloque la carga en un lugar específico o en un camión (12).

En la siguiente figura se observa las dimensiones del scooptram de manera detallada según el fabricante (12).

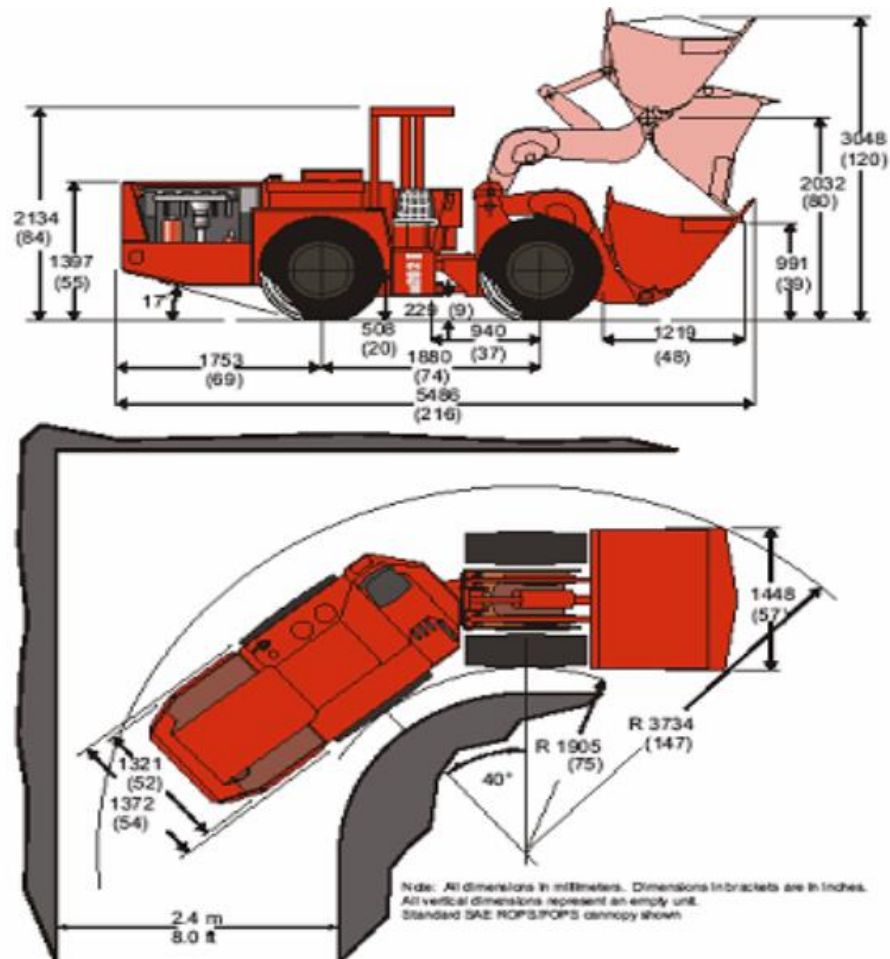
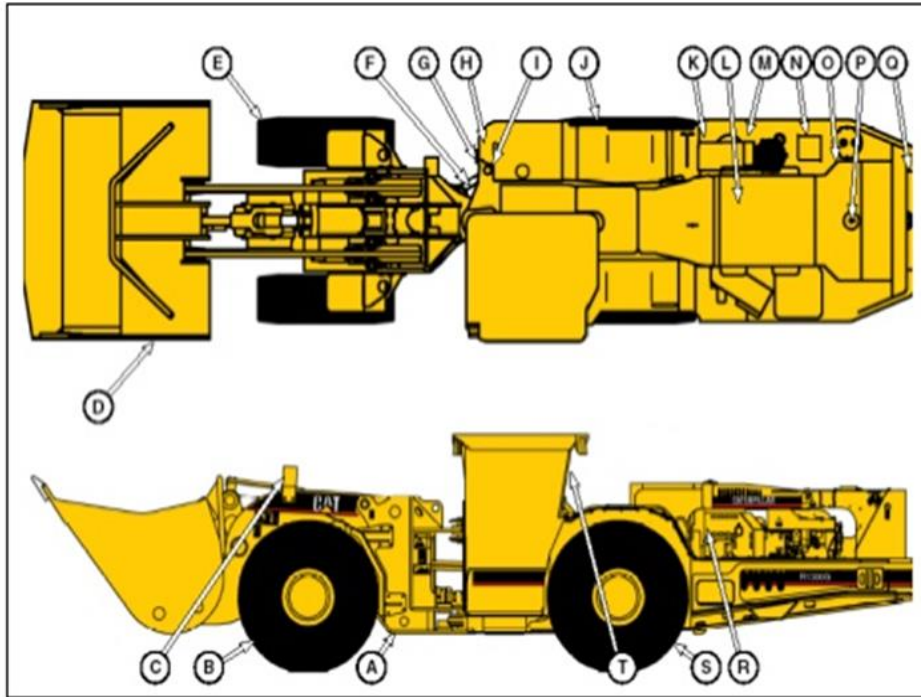


Figura 17. Dimensiones típicas de un Scooptram

Tomada de Introducción a la minería subterránea -Vol. III: Construcción de infraestructura de mina en interior (13)

Se detallan todas las partes de un Scooptram y las funciones que cumplen.

Los componentes principales de accionamiento del Scooptram se muestran en la figura.



ITEM	ELEMENTO	ESTADO	ITEM	ELEMENTO	ESTADO
A	Bastidor		K	Filtro de aire	
B	Neumático delantero izquierdo		L	Motor	
C	Luces delanteras		M	Tanque de combustible	
D	Cucharón y varillaje		N	Depósito de lubricación automática	
E	Neumático delantero derecho		O	Controles a nivel del suelo	
F	Cilindro de la dirección		P	Radiador	
G	Botella del lava parabrisas		Q	Luces traseras	
H	Tanque hidráulico		R	Tren de fuerza	
I	Traba del bastidor de la dirección		S	Neumático trasero izquierdo	
J	Neumático trasero derecho		T	Ventanas	

Figura 18. Componentes principales del accionamiento de un Scooptram
Tomada de Introducción a la minería subterránea -Vol. III: Construcción de infraestructura de mina en interior (13)

Equipamiento de accesorios. Lo principal en accesorios del motor y sus funciones son:

- El equipo para lubricación (13)
- El equipo para el enfriamiento (13)
- El equipo para el combustible (13)
- El equipo para la admisión y escape (13).
- El equipo para la carga (13)
- El equipo para el arranque (13)

Estos accesorios son netamente del motor del *Scooptram* (13)

b) Método propuesto en la unidad minera Parcoy

El método propuesto tiene como componentes:

- El programa de mantenimiento, pero se basa solo en las especificaciones del fabricante. Al utilizar un equipo de la misma marca y modelo es ventajoso porque solo el programa de mantenimiento sería lo mismo para todos (13).
- En el método de reemplazo, aquí se realiza una evaluación del costo operativo de transporte, el mantenimiento del equipo, tomando como indicador para su selección de equipo el costo/beneficio anual equivalente (13).

La desventaja es que necesita de información verídica de los costos de operación y mantenimiento y la evaluación financiera que depende de la tasa del mercado (13).

2.4.3 Factores de la selección del sistema de transporte de minerales

En la siguiente tabla, se muestra los parámetros de la caracterización de la roca in situ y geométrico.

Tabla 3. Parámetros de la roca y geométricos

Parámetros de la roca in situ	Parámetros geométricos
<ul style="list-style-type: none">• Tipo roca;• Ley de mineral• Estructuras• Presencia de fracturas• Presencia de agua• Alteración• Resistencia mecánica• Altura de columna• Presencia y ubicación de estéril.	<ul style="list-style-type: none">• Tamaño de los equipos• Malla de tiraje• Área de pilares• Altura de pilares• Área excavada• Ángulo de estocadas de carguío• Longitud de estocadas de carguío• Tipo de corte inicial• Medios de extracción.

Tomada de Escarcena Guzmán, Renzo (14)

Para un buen estudio de estos parámetros se debe tener en cuenta lo siguiente:

Tabla 4. Resultados del estudio de la roca y geometría del yacimiento

De la roca in situ	Geométricos
<ul style="list-style-type: none">• Inferir con cierto grado de certeza, principalmente la hundibilidad de los bloques, el ángulo de subsidencia y el grado de fragmentación• Predecir el comportamiento estructural del macizo rocoso, de modo tal que se pueda elegir en una primera aproximación los tipos de fortificaciones necesarias para los diseños propuestos.• Elegir la o las variantes de explotación que entreguen diseños acordes al macizo rocoso definido• Discriminar en la planificación las áreas a explotar y la secuencia extra.	<ul style="list-style-type: none">• Un diseño que permita un eficaz hundimiento de los bloques• Una adecuada protección de los niveles inferiores al nivel de hundimiento• Buena recuperación y eficiencia de ley• Facilidad en la operación de los equipos• Seguridad en las labores y condiciones ambientales• Flexibilidad en cuanto a modificaciones y a cambios de programas• Velocidad o ritmo de explotación deseada.

Tomada de Escarcena Guzmán, Renzo (14)

Sin duda uno de los factores de mayor incidencia en el manejo de minerales en minería subterránea es la granulometría del mineral, producto del proceso mecánico de la voladura (15). El problema de la fragmentación se ha ido agravando a medida que las minas se han ido acercando al mineral primario (15).

Los aspectos importantes que se deben considerar son:

- Restricciones sobre la elección de equipo y tránsito de trabajadores
- Deformación impuesta por el sistema de manejo de minerales
- Capacidad de realizar las construcciones

2.4.4 Análisis y control de tiempos de los equipos utilizados en el transporte de mineral en la unidad minera Parcoy

a) Análisis de los equipos utilizados en el transporte de mineral unidad minera Parcoy

Para realizar un buen diagnóstico se debe partir de una recopilación de datos en forma general de la unidad minera Parcoy. Estos datos deben ser de campo *insitu*, es decir datos de entrada para luego ser procesadas para la mejora en el transporte de mineral (16).

b) Control del tiempo de los equipos empleados en el transporte de mineral

Los equipos de transporte tienen por principal función desplazar el material extraído por el equipo de carguío hacia un punto de destino definido por el plan minero, pueden tener un camino fijo como es el caso de trenes que requieren el tendido de líneas férreas o bien pueden desplazarse por circuitos definidos, como es el caso de los camiones, además, se pueden dividir en unidades discretas, como es el caso de camiones y trenes, o equipos de transporte de flujo continuo (17).

Finalmente, se pueden definir los equipos mixtos que pueden realizar en una sola operación el carguío y transporte del material. El equipo de mayor interés en esta categoría corresponde al *Load Haul Dump* (LHD), que es una pala de bajo perfil para minería subterránea, que tiene autonomía para realizar eficientemente traslados de hasta 300 metros de material (17), con rendimientos decrecientes en función de la distancia recorrida.

En este acápite se hará una revisión del estado del arte de los equipos que componen el nuevo sistema de manejo de minerales propuesto, siendo éstos los equipos LHD (17).

El LHD está capacitado para cargar camiones de bajo perfil y camiones convencionales de altura adecuada, puede también descargar sobre piques de trasaso o sobre suelo para que otro equipo continúe con el carguío (17).

Estos equipos cargan, acarrean y vacían el mineral de forma discreta, por lo que se caracteriza por tener un tiempo de ciclo asociado a cada operación (17). Los tiempos asociados al ciclo son básicamente los siguientes:

- Tiempo de carga (T_c)
- Tiempo de descarga (T_d)
- Tiempo maniobra (T_m)
- Tiempo de viaje con el balde lleno (T_{vc});
- Tiempo de viaje con el balde vacío (T_{vv}).

Solo los dos primeros son considerados como tiempos fijos, que dependen exclusivamente del equipo en sí, mientras que los restantes son considerados como tiempos variables, pues dependen del estado del camino, distancia de acarreo, carga del equipo (tipo de mineral), pendiente, experiencia del operador, visibilidad, entre otros (17). Una buena manera de estimar el rendimiento de estos equipos es contar con buena información, fidedigna, del tiempo de ciclo (17). El tiempo de un ciclo (T_{ciclo}), medido en minutos, de un LHD queda definido como sigue:

✓ **Cálculo de tiempo de ciclo para LHD**

$$T_{ciclo} = T_c + T_d + T_m + T_{vc} + T_{vv}$$

El rendimiento horario de una pala LHD se calcula de la siguiente manera:

✓ **Cálculo de N° de ciclos por hora para LHD (17).**

$$\text{Número de ciclos } \left(\frac{\text{ciclo}}{\text{hora}} \right) = \frac{60}{T_c + T_d + T_{vc} + T_{vv} + T_m}$$

Donde:

T_c : Es el tiempo que el LHD demora en promedio en cargar el balde en el punto de extracción. Está medido en minutos (17).

T_d : Es el tiempo que el LHD demora en promedio en vaciar el balde en el punto de vaciado. Está medido en minutos (17).

T_{vc} : Es el tiempo que el equipo LHD demora en promedio en viajar desde el punto de extracción hasta el punto de vaciado con el balde lleno. Está medido en minutos (17).

T_v: Es el tiempo que el equipo LHD demora en promedio en viajar desde el punto de vaciado hasta el punto de extracción con el balde vacío. Está medido en minutos (17).

T_m: Es el tiempo que el operador del equipo LHD demora en promedio para realizar las maniobras de un ciclo. Está medido en minutos (17).

Luego, se calcula el rendimiento de la pala con la siguiente ecuación.

✓ **Cálculo de rendimiento para LHD (17)**

$$\text{Rendimiento} \left(\frac{\text{toneladas}}{\text{hora}} \right) = \frac{N^{\circ} \text{ ciclo} \cdot Cb \cdot Fll \cdot dmxx}{(1 + esp)}$$

Donde:

N° ciclo: Es el número de ciclo que un equipo LHD es capaz de realizar en una hora. Esta medido en ciclos por hora (17).

Cb: Es la capacidad de balde que tiene un equipo LHD en particular. Está medida en m³ (17).

Fll: Es el factor de llenado que tiene el balde del LHD al momento de cargar. Está medido en tanto por uno (17).

dmxx: Es la densidad in situ del mineral a transportar. Está medida en t/m³ (17).

esp: Es el esponjamiento del mineral, producto de la fragmentación de éste. Está medido en tanto por uno.

En la siguiente figura se muestra el perfil de un equipo LHD (17).

Algunos factores que afectan la productividad y la operación del LHD son (17)

✓ **Iluminación:**

- Estado de las pistas de rodado (derrame de carga, impacto en componentes mecánicos, impacto sobre el operador, disminución de velocidad, desgaste de neumáticos que deberían durar 2000-2500 horas según catálogo 3000 horas y puede bajar a 1800 horas) (17).
- Área de carguío (debe tener piso firme para que no se entierre el balde y no genere esfuerzos que puedan dañar el equipo (17).
- Granulometría del material a cargar (colpas muy grandes disminuyen factor de llenado) (17).
- Vías de tránsito y tráfico.
- Áreas de carga y descarga.

- Ventilación (polvo y falta de oxígeno)
- Altura sobre el nivel del mar (se pierde 1 % de potencia cada 100 metros a partir de los 300 metros sobre el nivel del mar. Para alturas superiores a 1.500 msnm se adicionan turbos) (17).
- Temperatura (cada 2 °C en ascenso se pierde 1 % de potencia a partir de los 20 °C).
- Interferencias con otras operaciones mineras, tales como y voladura secundaria (17).

El mercado de los equipos LHD ofrece una gran variedad de modelos, de diferentes tamaños, con capacidades de balde que van desde 1,7 hasta 14 yd³. Según sean las necesidades, se disponen de versiones con accionamiento Diesel o con accionamiento Eléctrico (17).

✓ **Cálculo de la velocidad de extracción**

La velocidad o tasa de extracción está definida como la cantidad de material que se extrae desde un área determinada durante un tiempo específico (17). Matemáticamente se define como:

✓ **Velocidad de extracción**

$$V_{ext} \left(\frac{t}{m^2 * día} \right) = \frac{\text{Material extraído (t)}}{\text{Área módulo (m}^2\text{) * Tiempo (día)}}$$

La velocidad de extracción es un índice productivo que se debe se debe considerar un par de aspectos fundamentales como:

- Área de explotación: la tasa de extracción puede ser calculada tanto para cada punto de extracción como para el área de un módulo, lo que en la práctica proporciona resultados muy dispares, pues en general existen puntos que durante el período de cálculo no están activos o extraen muy poco tonelaje, y otros que se sobre extraen. En la práctica existen restricciones tanto para la velocidad máxima del punto como la del área (17)..
- Tiempo de explotación: éste es fundamental, porque la diferencia de resultados del cálculo en distintos tiempos (horas, días, mes, año) es muy diferente, incluso

bajo el supuesto de que el valor es llevado a la unidad básica de día (17).. Un punto que extrae durante todo el año a una velocidad v tiene el mismo índice que un punto que lo hace a $2v$ en la mitad del tiempo. (suponiendo un cálculo anual) (17).. Por esto, es de mucha importancia normalizar los resultados a una escala comparable.

En general, la velocidad de extracción actúa como una cota restrictiva en la creación de un plan minero, pues se sabe que, si un plan considera valores sobre esta cota, no es operativo, y por ende no tiene valor (17).

En primer lugar, esto es porque no se debe extraer a mayor velocidad que la velocidad en que se va generando el material debido a la propagación del caving (velocidad de propagación). La segunda etapa ocurre inmediatamente después de la primera, y se conoce como velocidad de régimen (17). En esta parte, el cerro ha alcanzado su fragmentación completa, el caving ha llegado a superficie, o ha conectado con material quebrado superior, y por tanto es posible extraer a la velocidad que se quiera, pero restringido por el sistema de manejo de minerales (17).

2.4.5 Plan de mejora para la situación actual

La unidad minera Parcoy cuenta con deficiencias en el transporte de mineral de interior mina, afectando directamente a la productividad, lo cual genera una rentabilidad baja, se encontró problemas como:

- Inadecuada distribución de los volquetes en los puntos de carguío en las labores de profundización que afecta el cumplimiento de producción de la zona de profundización.
- Tiempos improductivos que se producen tanto en el carguío como el acarreo del mineral.
- Mal acoplamiento de equipos entre el volquete y el scooptram al realizar el trabajo de carguío.
- Mal sistema de rutas para el transporte de mineral.

a) Ejecución - aplicación del mejoramiento de carguío y transporte

Ya habiendo encontrado el problema y establecido un plan de trabajo para la mejora en el transporte con volquetes en forma general de la Unidad Minera Parcoy, señalado en la figura anterior.

La organización de carguío y transporte de mineral obtuvo resultados alentadores en el cumplimiento de extracción de mineral por guardia cada volquete realiza 4 viajes con una producción de 20 toneladas por ciclo (16).

b) Evaluación y control - cumplimiento de toneladas programadas

Tras las deficiencias mostradas en el factor de acoplamiento anteriormente se realizó un sistema de carguío y transporte de mineral realizando una evaluación más detallada por equipo y distancia a recorrida (16).

2.4.6 Factor de acoplamiento

Este factor viene a ser la relación del número de volquetes por el ciclo de carguío en el 100 % entre el ciclo de transporte y se presenta con la siguiente fórmula (18):

$$FA = \frac{\# \text{ Volquetes} \times \text{Ciclo_carguío} \times 100\%}{\text{Ciclo_transporte}}$$

* Ciclo_carguío = f(distancia, scoop)
* Ciclo_transporte = f(distancia)

a) Rendimiento de flota (RF): es la presentación de medida del transporte de tonelaje del volquete en una hora (18).

$$RF = \frac{\# \text{ Volquetes} \times \text{Capacidad_volquete}}{\text{Ciclo_transporte}}$$

b) Procedimiento:

El objetivo para perseguir es minimizar el costo por unidad de peso y/o maximizar la producción por unidad de tiempo. Estos dos fines generalmente no son coincidentes como se muestra en la siguiente figura (18).

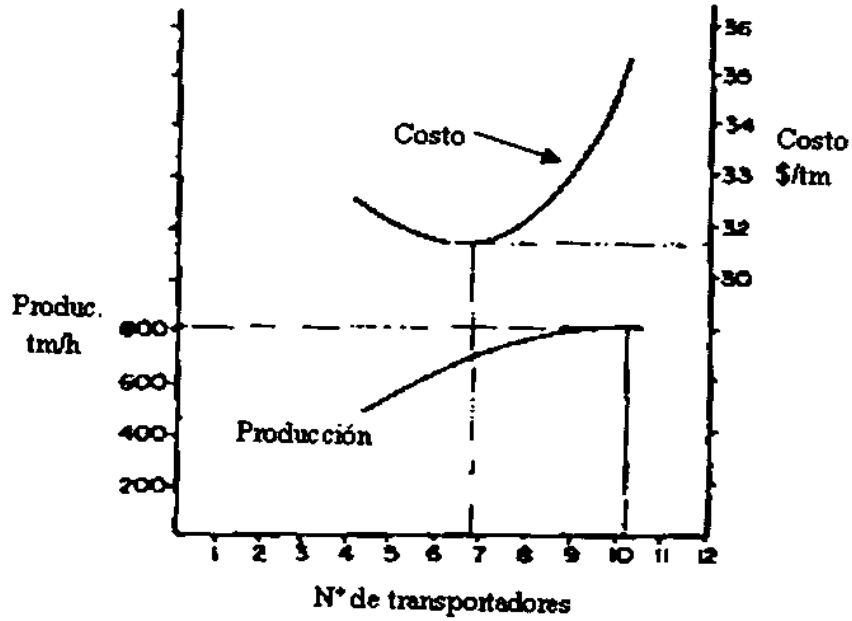


Figura 19. Máxima producción y mínimo costo no coincidentes (18)
Tomada de Baldeón Quispe, Zoila Lilian (18)

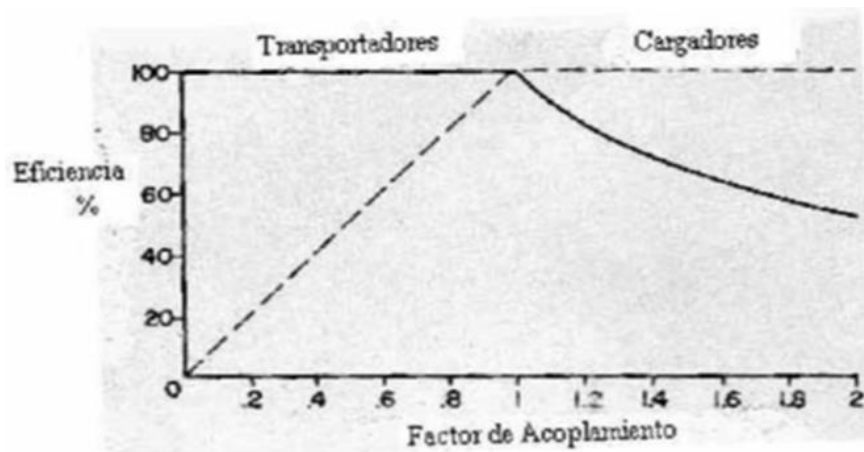


Figura 20. Eficiencia vs factor de acoplamiento (18)
Tomada de Baldeón Quispe, Zoila Lilian (18)

Para la evaluación se cuenta con los siguientes criterios:

FA < 1 cuando hay exceso de *Scooptram* (18).

FA > 1 cuando hay exceso de volquetes (18).

FA = 1 cuando el acoplamiento es perfecto (18).

CAPÍTULO III

MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método general o teórico de la investigación

a) Método general

En forma general se empleará el método científico, porque se construye a base de datos empíricos insitu en las operaciones de transporte en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte para mejorar la productividad de empresa en base a la evaluación de dichos datos.

b) Método específico

El método específico por emplear es el método experimental deductivo. Se deduce que el transporte de mineral con volquetes en interior mina, depende primordialmente de los tiempos de los equipos utilizados en el transporte de mineral.

3.1.2 Alcance de la investigación

a) Tipo de investigación

La investigación es de diseño no experimental, porque el objetivo de la investigación es determinar el mejoramiento del transporte de mineral con volquetes en interior mina, evitando demoras operativas e incrementar la producción en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte

b) Nivel de investigación

Descriptivo porque trata de explicar de qué manera el mejoramiento del transporte de mineral con volquete en interior mina incrementa la producción en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte

3.2 Diseño de la investigación

Es experimental.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Ciclo de transporte de todas las vetas en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte

3.3.2 Muestra

Ciclos de transporte de la veta Milagros de los Niveles del Nv 2061 hasta Nv 2430.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas de análisis de datos

En la presente investigación se realizará la recolección de datos en campo *in situ* mediante la técnica observacional y procesamiento de datos pasados y actuales en la operación de transporte con volquete volvo y *Scooptram* Ferreyros Cat.

Para la recolección de datos de los tiempos de transporte de los equipos, rutas y otros, se utilizó hojas de cálculo para el almacenamiento de datos, se usó tesis, libros, catálogos del equipo de perforación y laptop para el procesamiento de los datos.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo:

- Cuaderno de notas
- Planos
- Reporte de operaciones de transporte
- Herramientas de gestión.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

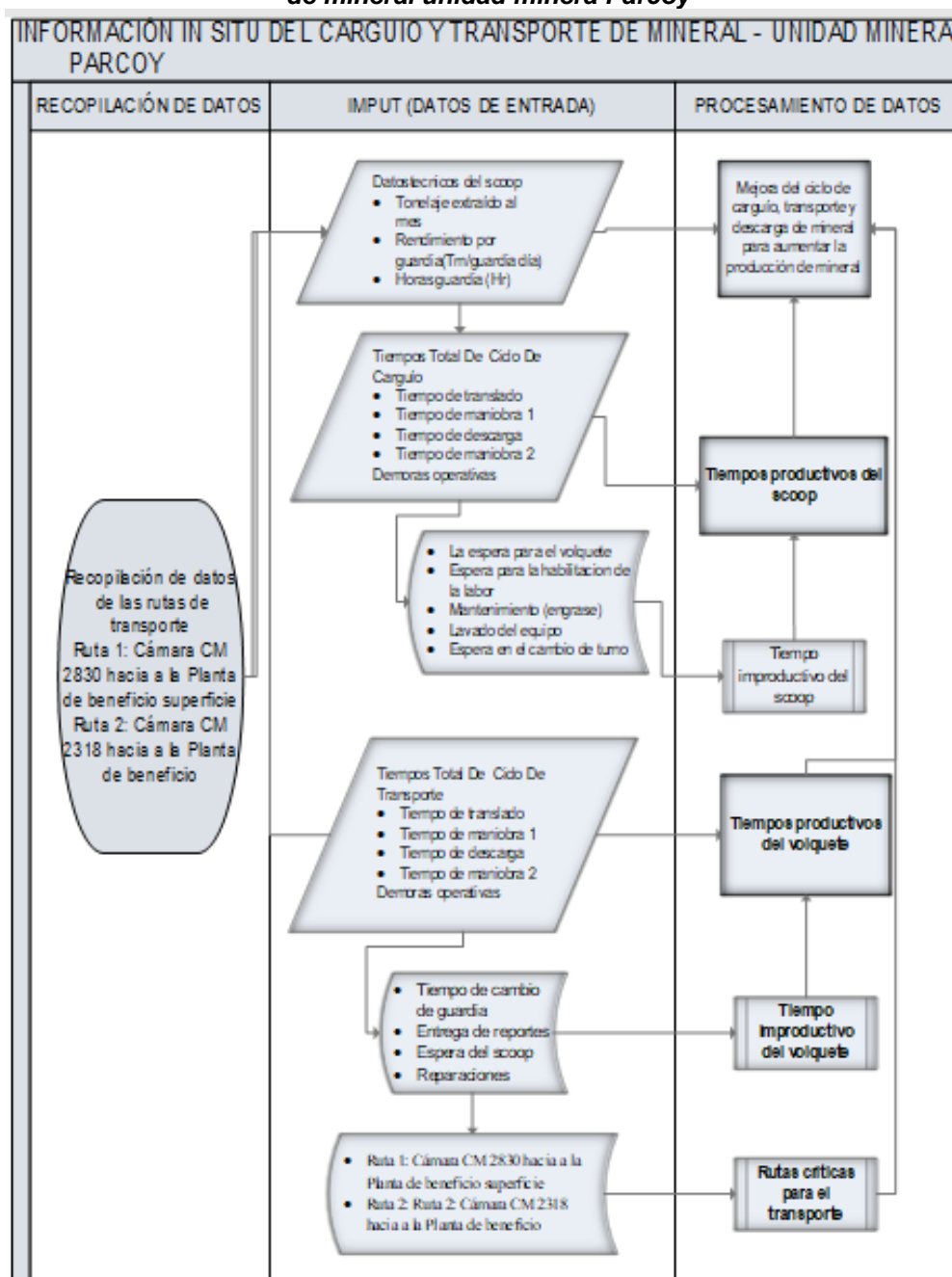
4.1 Optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance para aumentar la producción en la unidad minera Parcoy

En el análisis del ciclo de carga, transporte y descarga de mineral, por medio del cronograma de producción para el período del día a día, de mes a mes o de un año que se consideró en el tonelaje extraño por mes, el desempeño del guardia (t/ día por guardia) y las horas guardia (h), así mismo el control de tiempos del ciclo de carguío de los equipos *Scooptram* y en el ciclo de transporte con volquetes en cual incluye las demoras improductivas, que se realizaron con métodos prácticos, se determinó el desempeño de los *scooptram* en relación a la optimización de costos y los tiempos productivos e improductivos para ambos equipos.

Debido a problemas de alto tráfico en la Rampa 690 (en ambos sentidos), es necesario reducir el número de equipos de acarreo sin afectar las producciones diarias de mineral y desmonte de la unidad minera Parcoy. Como resultado de este estudio, la eficiencia y desempeño de estos equipos serán mejorado al reducir el número de los tiempos improductivos durante la ruta de transporte y acarreo.

En la siguiente figura se muestra el plano transversal de la Rampa 690.

Tabla 5. Metodología de la recopilación de la información de campo del carguío y transporte de mineral unidad minera Parcoy



Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

Interpretación

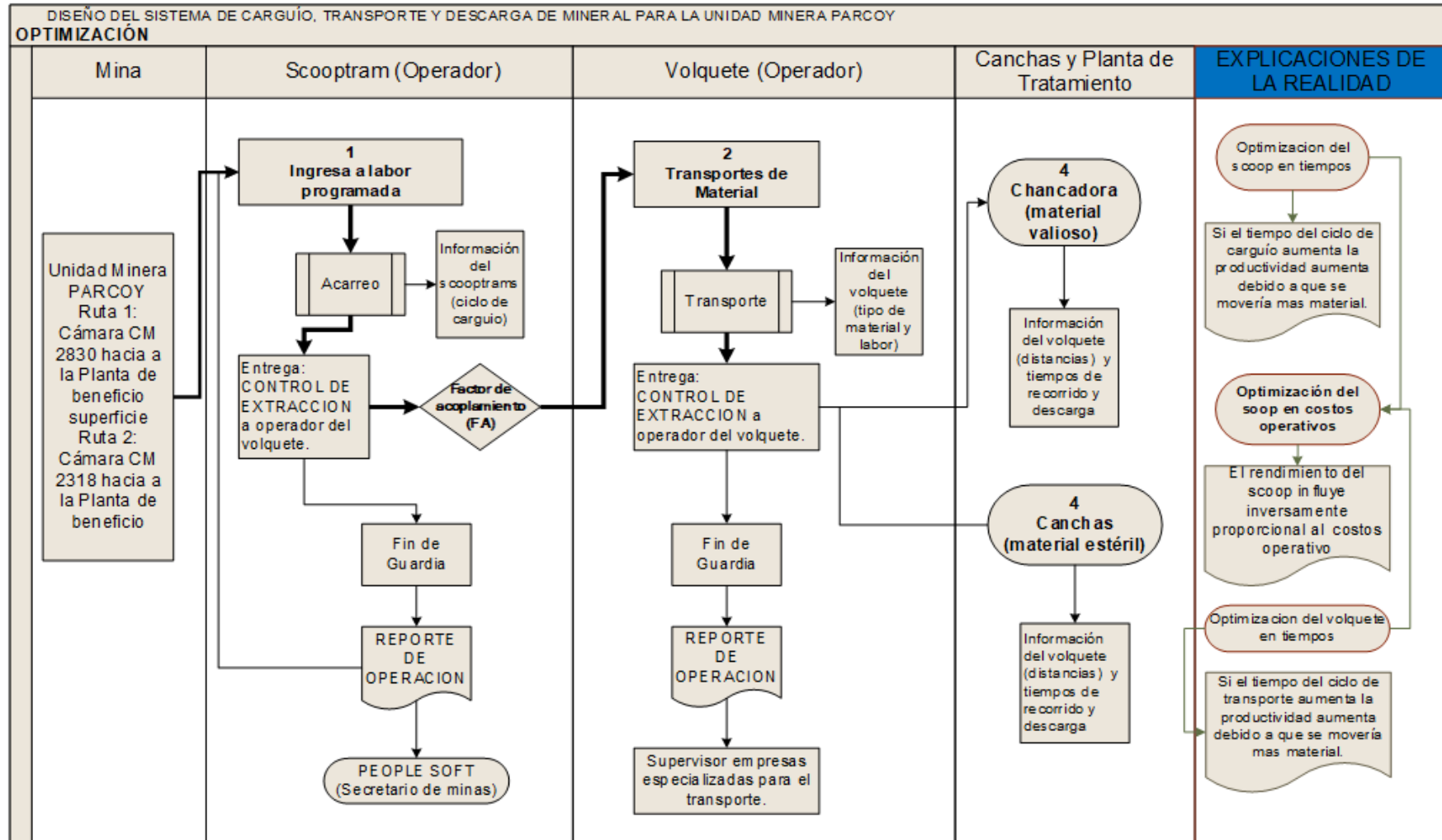
La utilización de este método para el levantamiento de información en sitio sobre el carguío y transporte de mineral en la unidad minera Parcoy tuvo buenos resultados en el procesamiento de los datos de los equipos para mejorar el ciclo de cargue y transporte de mineral e incrementó de la producción planificada de mineral.

4.1.2 Aplicación del diseño para el sistema de carguío, transporte y descarga de mineral para la unidad minera Parcoy

Para la unidad minera Parcoy se tuvo en cuenta la unidad minera, los equipos utilizados (*Scooptram* y volquetes), las rutas de transportes de la Cámara CM 2830 hasta la cancha de mineral en planta y de la Cámara CM 2318 hasta la cancha de mineral en planta y por último la optimización de dichas rutas de trabajo para maximizar la producción.

En la siguiente tabla se muestra la aplicación del diseño para el sistema de carguío, transporte y descarga de mineral para la Unidad Minera Parcoy

Tabla 6. Aplicación del diseño para el sistema de carguío, transporte y descarga de mineral para la unidad minera Parcoy



Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

Interpretación

Según el análisis del diseño para el sistema de carguío, transporte y descarga de mineral en la unidad minera Parcoy, lo más factible circular por las rutas siguientes:

- Ruta 1: Cámara CM 2830 hacia a la Planta de beneficio superficie.
- Ruta 2: Cámara CM 2318 hacia a la Planta de beneficio superficie.

La zona mineralizada cuenta con las vetas Lourdes, Rosa y Candelaria, la flota de quipos de acarreo del material desbrozado mineral o desmonte utiliza la rampa 691 y la rampa 941.

Los equipos utilizados para los trabajos de carguío son los LHD – *Scooptram* cuya capacidad de cuchara es de 6 yd³ y Volquetes Volvo FMX con capacidad de 15 m³.

La unidad minera Parcoy, cuenta con dos turnos de trabajo en los siguientes horarios:

- Guardia de día: De 6:00 a.m. a 4:00 p.m.
- Guardia de noche: de 6:00 p.m. a 4:00 a.m.

Las horas efectivas de trabajo son en promedio 8 horas y como mínimo 6 horas de trabajo, en el mes nos da 180 horas

4.1.3 Descripción de los equipos en el carguío y transporte en la unidad Parcoy

En los trabajos de carguío y transporte se utilizan los siguientes equipos

Tabla 7. Maquinaria y/o equipo de carguío y transporte

Maquina y/o equipo	Cantidad	Capacidad
Scooptram-Ferreyros-Cat	02	6·Yd ³
Volquetes-Volvo-FMX	06	15·m ³

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

De la tabla se muestra el total de equipos utilizados en la unidad minera Parcoy.

4.1.4 Descripción de la ruta de transporte de la unidad minera Parcoy

En profundización se tiene dos rutas de transporte de mineral, las que se describen a continuación:

a) Ruta 1: Cámara CM 2830 hacia a la planta de beneficio superficie.

- Extracción de mineral de frentes
- Ubicada: Rp de profundización 2706
- Zona de carguío: cámara CM 2830
- Distancia media: 8,5 km a la a la planta de beneficio superficie.
- Equipo de carguío: Scooptram de 6 yd³. (carga 4 cucharas)
- Equipo de transporte: Volquete FMX440 6x4R

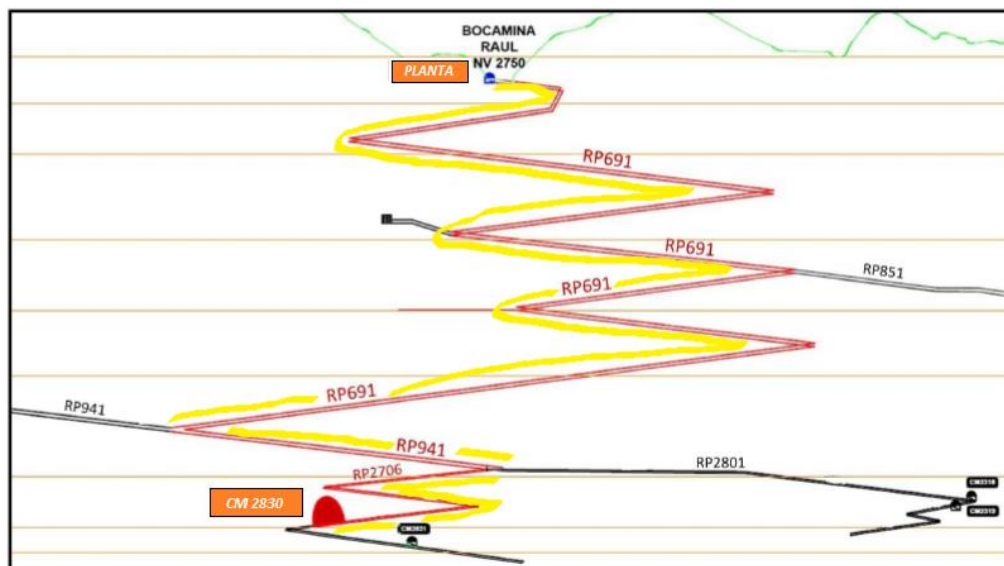


Figura 22. Ruta 1: Cámara CM 2830 hacia a la planta de beneficio superficie
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

b) Ruta 2: Cámara CM 2318 hacia a la planta de beneficio superficie

- Extracción de mineral de frentes
- Ubicada: Rp de profundización 2801
- Zona de carguío: cámara CM 2318
- Distancia media: 8,9 km a la a la planta de beneficio superficie.
- Equipo de carguío: Scooptram de 6 yd³. (carga 4 cucharas)
- Equipo de transporte: Volquete FMX440 6x4R

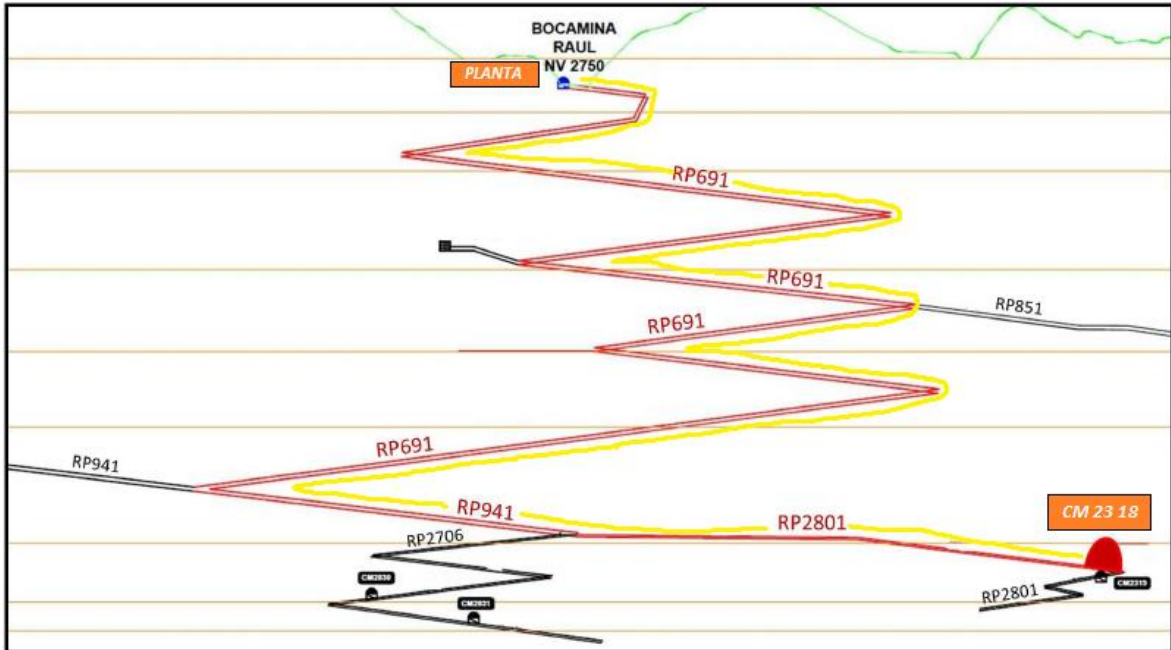


Figura 23. Ruta 2: Cámara CM 2318 hacia a la planta de beneficio superficial

4.1.5 Parámetros técnicos de los equipos de carguío y transporte utilizados en la unidad minera Parcoy

- **Maquinaria de carguío**

El *Scooptram* Ferreyros Cat, de 6 yd³ es el equipo de carguío. Para calcular la verdadera capacidad de llenado de cuchara, debemos multiplicarla por el factor de eficiencia del 90 %.

- **Maquinaria de transporte**

El equipo de transporte son los volquetes Volvo FMX, cuya capacidad de tolva real es del 94 %, según el fabricante.

En las siguientes figuras se muestran a los equipos de carguío y transporte

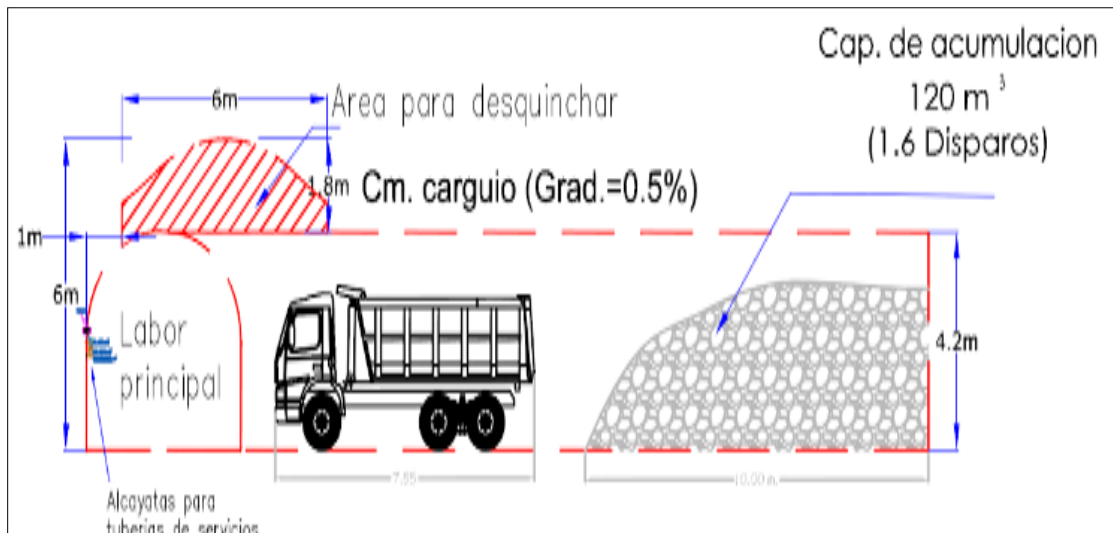


Figura 24. Ciclo de minado – acarreo
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

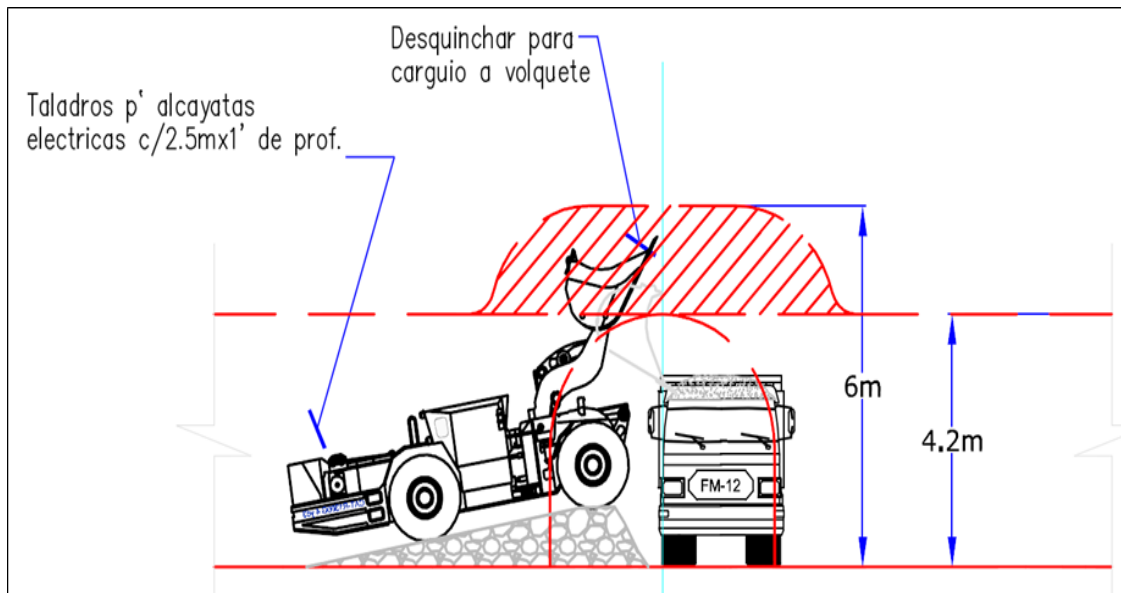


Figura 25. Ciclo de minado – carguío con scoop
Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

En la siguiente tabla se muestra las especificaciones técnicas de los equipos de carguío y transporte.

Tabla 8. Parámetros técnicos de los equipos de carguío y transporte utilizados en la unidad minera Parcoy

	Modelo	Capacidad (m³)	Tiempo de ciclo de carguío (min).	Velocidad de transporte (km/h).
Equipo de carguío	Scooptram Ferreyros Cat de 6 yd ³	4,30	4,6	-----
Equipo de transporte	Volquete Volvo FMX	14,5	-----	25

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

4.2 Optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance para minimizar los tiempos perdidos en transporte en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte

En esta investigación se evaluó el carguío y transporte de mineral desde las cámaras de carguío hasta la planta de beneficio, el cual se ubica en superficie, de acuerdo con los criterios analíticos, estos datos fueron recolectados *in situ* en las cámaras de carguío CM 2830 y Cámara CM 2318 hacia la planta de beneficio en superficie en el cual se evaluó distancias y tiempos en ambos equipos de carguío (*Scooptram*) y transporte (volquete).

4.2.1 Análisis de la situación actual

Se tomó los datos en campo *in situ* de las distancias y tiempos de ida como de vuelta de los equipos de carguío y transporte en las cámaras de carguío CM 2830 y la Cámara CM 2318 hacia la planta de beneficio en superficie, teniendo los siguientes resultados mostrados en la siguiente tabla.

a) La cámara de carguío CM 2830 hacia la planta de beneficio en superficie

Tabla 9. Distancias y tiempos de ida: carguío, transporte y descarga (cámara 2830 – planta de beneficio)

Lugar CM 2830	Sub totales
Distancia de inicio de la CM 2830 a Planta	8 500 m
Tiempo volquete cargado (velocidad de 10 a 12 km/h)	42 min
Tiempo de carga, acarreo y descarga del material y tiempo de espera	6 min
Tiempo de pesado y registro en superficie	2 min
Distancia total	8 500 m
Tiempo total del ciclo (ida)	50 min

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

En la siguiente tabla se muestra las distancias y tiempos de vuelta hacia la cámara 2830 – planta de beneficio

Tabla 10. Distancias y tiempos de vuelta (cámara 2830 – planta de beneficio)

Lugar CM 2830	Sub totales
Distancia de inicio de la CM 2830 a Planta	8 500 m
Tiempo volquete vuelta vacío (velocidad de 15 a 20 km/h)	25 min
Tiempo de destare en la balanza	1 min
Tiempo de estacionamiento para carguío	2 min
Distancia total	8 900
Tiempo total del ciclo (ida)	28 min

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

Tabla 11. Resumen de distancias y tiempos de carguío, transporte y descarga (cámara 2830 – planta de beneficio)

Lugares	Sub totales
Total, tiempo ciclo volquete cargado	50 min
Total, tiempo ciclo volquete vacío	28 min
Tiempo total	78 min

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

b) La cámara de carguío CM 2318 hacia la planta de beneficio en superficie

Tabla 12. Distancias y tiempos de ida: carguío, transporte y descarga (cámara 2318 – planta de beneficio)

Lugar CM 2318	Sub totales
Distancia de inicio de la CM 2318 a Planta	8 900 m
Tiempo volquete cargado (velocidad de 10 a 12 km/h)	44 min
Tiempo de carga, acarreo y descarga del material y tiempo de espera	6 min
Tiempo de pesado y registro en superficie	2 min
Distancia total	8 900 m
Tiempo total del ciclo (ida)	52 min

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

En la siguiente tabla se muestra las distancias y tiempos de vuelta hacia la cámara 2318 – planta de beneficio

Tabla 13. Distancias y tiempos de vuelta (cámara 2318 – planta de beneficio)

Lugar CM 2318	Sub totales
Distancia de inicio de la CM 2318 a Planta	8 900 m
Tiempo volquete vuelta vacío (velocidad de 15 a 20 km/h)	26 min
Tiempo de destare en la balanza	1 min
Tiempo de estacionamiento para carguío	2 min
Distancia total	8 900
Tiempo total del ciclo (ida)	29 min

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

La siguiente tabla muestra un resumen de las distancias, los tiempos de transporte y los tiempos de carguío en promedio para la Cámara 2318: Planta de beneficio

Tabla 14. Resumen de distancias y tiempos de carguío, transporte y descarga (cámara 2318 – Planta de beneficio)

Lugares	Sub totales
Total, tiempo ciclo volquete cargado	52 min
Total, tiempo ciclo volquete vacío	29 min
Tiempo total	81 min

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

Interpretación

En el resumen de la tabla, se muestra los tiempos tomados durante 30 días en las actividades correspondientes, el ciclo de carguío, transporte y descarga se tiene un tiempo en promedio de 80 minutos.

Estos tiempos son el reflejo de demoras en el refrigerio, reparaciones mecánicas, cola de volquete, reparto de guardia, inspección del equipo y otros más, pero estas demoras se reflejan en el tiempo del ciclo de ida y vuelta en el carguío, transporte y descarga de mineral.

4.2.2 Evaluación y análisis de estudios para la optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral

a) Estudio situacional del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral

El diagrama de Pareto se utilizó para evaluar y mejorar las actividades que intervienen en el ciclo de carguío, transporte y descarga de minerales.

Se pudo identificar y corregir los tiempos ineficientes en el ciclo de transporte, descarga y carguío. El diagrama de Pareto se muestra en la siguiente figura.

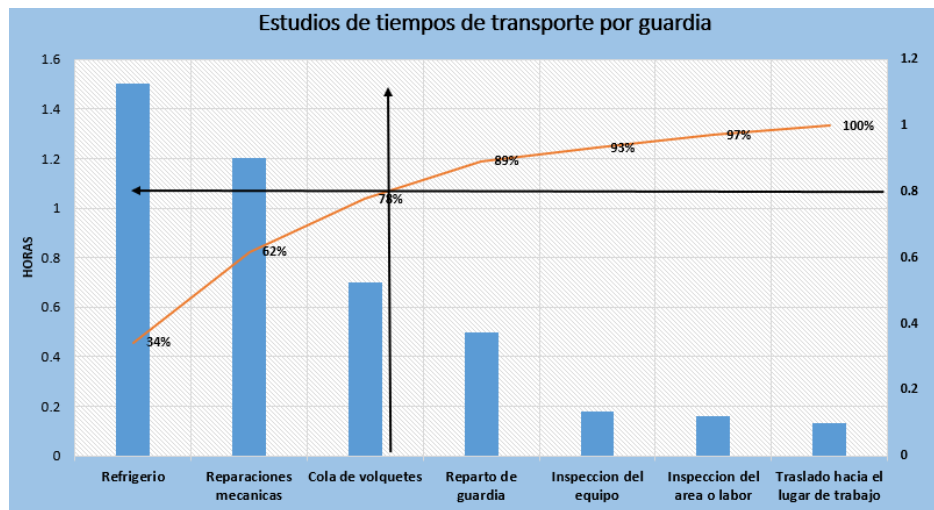


Figura 26: Mejora de tiempos de transporte por guardia
Fuente: Departamento de planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S.A. (9)

Interpretación

De la figura, se observa tres actividades que se sitúan antes del 80 %, según el diagrama de Pareto son las actividades críticas en el cual se ha de mejorar, donde:

- El refrigerio, es un tiempo fijo que no se puede reducir ya que forma parte del sistema laboral.
- La cola de los volquetes y las reparaciones mecánicas son nuestros tiempos improductivos que hay que optimizar y mejorar.

Esta investigación tendrá como objetivo mejorar la cola de los volquetes apoyando el factor de acoplamiento del Scooptram y el volquete. Esta mejora se justificó con la optimización de los costos de transporte y carguío.

b) Mejora del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral

1. Aplicación de la teoría de colas

El modelo de toma de decisiones compara cómo funcionaba el ciclo de carguío y transporte antes y después de la optimización para reducir los tiempos productivos. Como muestra se tomó los datos del tramo más largo que viene hacer tramo la cámara de carguío CM 2318 hacia la planta de beneficio en superficie

En la siguiente tabla, se muestra la teoría de colas del antes y después de la optimización del tramo de la cámara de carguío CM 2318 hacia la planta de beneficio en superficie.

Tabla 15. Resumen de la teoría de colas en la situación actual y el óptimo

ANTES		OPTIMO	
Teoría de colas antes		Teoría de colas aplicado a nuestra flota optimizada	
Datos iniciales (situación actual)		Datos iniciales (situación optima)	
Velocidad de llegada:	$\lambda = 9$	Velocidad de llegada:	$\lambda = 10$
Tiempo de servicio:	$t\mu = 5$ minutos	Tiempo de servicio:	$t\mu = 3$ minutos
Máximo de clientes en la cola:	$k = 4$ ($k_{lim} = 500$)	Máximo de clientes en la cola:	$k = 2$ ($k_{lim} = 500$)
Numero de servidores:	$s = 1$	Numero de servidores:	$s = 1$
Factor de tiempo:	$ft = 60$	Factor de tiempo:	$ft = 60$
Resumen de resultados (situación actual)		Resumen de resultados (situación optima)	
Velocidad de servicio:	$\mu = 12$	Velocidad de servicio:	$\mu = 20$
Nº. Mínimo de servidores:	$s_{min} = 1$	Nº. Mínimo de servidores:	$s_{min} = 1$
Rendimiento:	$\rho = 0.75$	Rendimiento:	$\rho = 0.5$
Rendimiento real:	$\rho_r = 0.75$	Rendimiento real:	$\rho_r = 0.5$
Cientes que llegan:	$\lambda = 9$	Cientes que llegan:	$\lambda = 10$
Cientes que se quedan:	$\lambda\rho = 9$	Cientes que se quedan:	$\lambda\rho = 10$
Cientes que se van:	$\lambda - \lambda\rho = 0$	Cientes que se van:	$\lambda - \lambda\rho = 0$
Longitud de la cola:	$L = 3.00$	Longitud de la cola:	$L = 1.00$
Cientes en espera:	$Lq = 2.25$	Cientes en espera:	$Lq = 0.50$
Tiempo de carguio:	$W = 20.00$ Minutos	Tiempo de carguio: $W =$	$W = 6.00$ Minutos
Tiempo de espera en la fila:	$Wq = 15.00$ Minutos	Tiempo de espera en la fila: $Wq =$	$Wq = 3.00$ Minutos

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

Interpretación

Tras la evaluación de la teoría de colas en los dos escenarios el actual y la óptima se obtuvieron los siguientes resultados:

- La situación actual indica que el tiempo de servicio es de 5 minutos debido a las malas prácticas operativas. Según la teoría de colas, el número de espera de volquetes es de 3, el tiempo de carguío es de 20 minutos y el tiempo de espera en fila es de 15 minutos. Esto genera pérdidas económicas y productivas.
- La situación óptima indica que tras la mejora de las malas prácticas operativas el tiempo de servicio es de 3 minutos, tras el análisis de la teoría de colas se obtuvo para el número de espera de volquetes es de 0, el tiempo de carguío es de 6 minutos y el tiempo de espera en la fila es de 3 minutos, lo cual es óptima a comparación de la situación actual se ha reducido los tiempos de espera en la fila de los equipos de acarreo respecto al carguío, transporte y descarga de mineral. Ayudando a mejorar el cumplimiento de la extracción de mineral por guardia cada volquete realiza 6 viajes con una producción de 22.5 toneladas por ciclo en promedio lo cual optimo en la producción.

4.3 Optimización y controlar los tramos de transporte de mineral de las labores subterráneas para aumentar la producción en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte

La mejora en el factor de acoplamiento de los equipos en la unidad minera Parcoy será justificada por la reducción de los costos de transporte y carguío de minerales.

4.3.1 Evaluación y cálculo del factor de acoplamiento (F.A)

Para nuestro cálculo se toma los siguientes criterios conceptuales

- Si el $FA < 1$ Cuando hay exceso del equipo de carguío scooptram, es decir el Scooptram espera al volquete.
- Si el $FA > 1$ cuando hay exceso de volquetes, es decir hay cola de volquetes
- Si el $FA = 1$ cuando el acoplamiento es perfecto.

Los siguientes criterios conceptuales, se utilizan para nuestro cálculo son:

- Si el FA es inferior a 1, el Scooptram espera al volquete.
- Hay cola de volquetes si el FA es mayor que 1.
- Cuando el acoplamiento es perfecto, FA = 1.

Los parámetros técnicos de los equipos para el desarrollo del factor de acoplamiento se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 16. Parámetros técnicos para cálculo del factor de acoplamiento

Densidad de mineral α	Capacidad de volquete α	Producción máxima de scooptram (t/h) α	Factor de llenado real α	Ciclo promedio de scooptram (min) α
2,7·t/m ³ α	15·m ³ α	120 α	90% α	3,5 α

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

De acuerdo con la distribución de volquetes proporcionada por la empresa contratista minera, el tiempo promedio encontrado en la tabla ayudaría a calcular el factor de acoplamiento y el rendimiento de flota para cada tramo.

La Ruta 1: Cámara CM 2830 hacia la Planta de beneficio superficial se muestra en la siguiente figura.

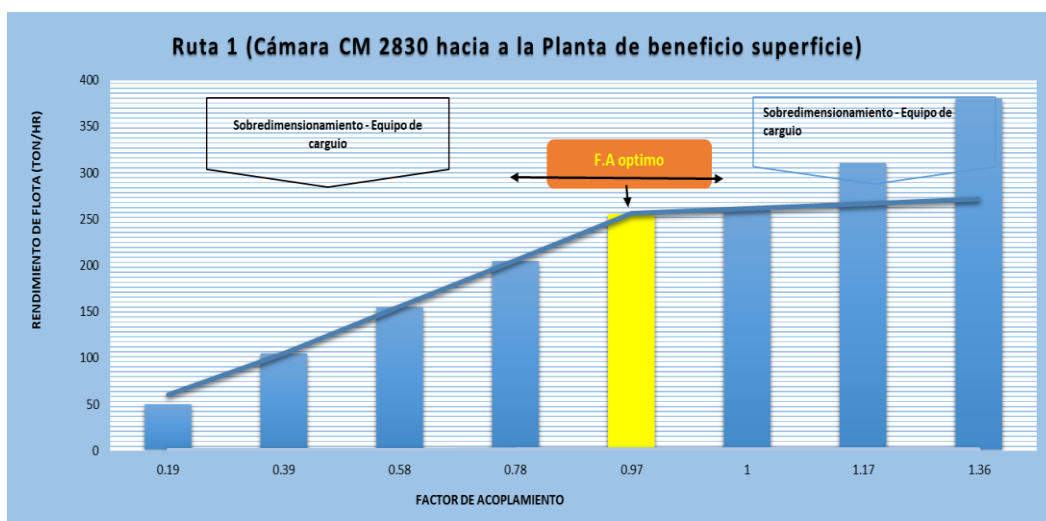


Figura 27. Factor de acoplamiento de la Ruta 1 - Cámara CM 2830 hacia la planta de beneficio superficial

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

Interpretación

La flota actual con 4 volquetes provoca sobredimensionamiento del equipo de transporte, lo que provoca colas. Para la Ruta 1 - Cámara CM 2830, el factor de acoplamiento ideal es de 3 volquetes, por lo que no habría sobredimensionamiento.

En la siguiente figura, se muestra la Ruta 2: Cámara CM 2318 hacia a la planta de beneficio superficie.

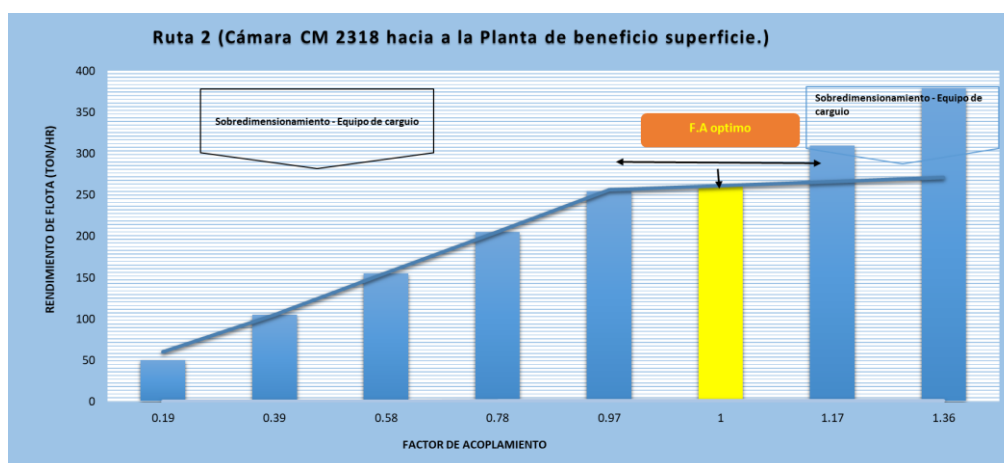


Figura 28. Factor de acoplamiento de la Ruta 2 - Cámara CM 2318 hacia la planta de beneficio superficie

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

Interpretación

La flota actual con 4 volquetes provoca colas debido al sobredimensionamiento del equipo de transporte. Para la Ruta 2, Cámara CM 2318, el factor de acoplamiento ideal es de 3 volquetes, por lo que no habría sobredimensionamiento.

Se reduce la probabilidad de encontrar volquetes en la cola.

En la siguiente tabla se muestra el resumen del ciclo y flota optima de la Ruta 1 - Cámara CM 2830 hacia la planta de beneficio superficie y la Ruta 2 - Cámara CM 2318 hacia a la planta de beneficio superficie.

Tabla 17. Resumen del ciclo carguío y transporte de la flota óptima

Rutas	Distancia a cada tramo (m)	Número de volquetes	Ciclo		Factor de acoplamiento
			Carguío (min)	Transporte (min)	
Ruta 1 - Cámara CM 2830 hacia a la Planta de beneficio superficie	8,500	3	3	78	1
Ruta 2 - Cámara CM 2318 hacia a la Planta de beneficio superficie.	8,900	3	3	81	1

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

Interpretación:

De la tabla se muestra lo siguiente:

El número de volquetes óptimo es 3 para la Ruta 1 - Cámara CM 2830 hacia la planta de beneficio superficie al igual para la Ruta 2 - Cámara CM 2318 hacia a la planta de beneficio superficie.

4.3.2 Realización de la estructura de precios unitarios para el carguío y transporte de mineral en la unidad minera Parcoy

Para calcular el costo por tonelada en función de los kilómetros de recorrido del equipo, se creó la estructura de los parámetros cruciales de acuerdo con la optimización del costo por tonelada en función a los kilómetros de recorrido del equipo (\$/t-km).

La siguiente tabla muestra la estructura de los parámetros cruciales para determinar el valor unitario de cada volquete.

Tabla 18. Parámetros para el cálculo del valor unitario (\$/t-km)

Transporte de mineral		
Produccion (ton/dia)	270	Ton
Densidad de Material	2.70	t/m3
Promedio en distancia (ruta 1 y ruta 2)	8.70	km
Equipos de carguio (Scooptram)		
Consumo de Combustible	4.00	Gal/hr
Traslado del equipo	0.95	hr
Factor de llenado real	90%	
Equipos de transporte (Volquete volvo)		
Consumo de Combustible	3.00	Gal/hr
Capacidad	15.00	m3
Factor de traslado real	90%	
Traslado del equipo a la camara	0.5	hr

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

Estos datos son importantes para calcular el costo unitario, pero a esto se le suma el costo horario del equipo Scooptram R 1600 H, el costo unitario del equipo de transporte volquete Volvo FMX, el costo unitario del precio de los materiales, las remuneraciones y salarios del anexo 6.

En la siguiente tabla, se muestra la estructura del precio unitario por tonelada y kilometro en función al equipo de carguío y transporte.

Tabla 19. Estructura del precio unitario por tonelada y kilometro en función al equipo de carguío y transporte

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad (Personas)	Cantidad (incidencia)	Costo Unitario US\$/Unidad	Vida Util	Costo Parcial US\$	Costo Total US\$/ton-km
1.00	Carguio y transporte de mineral						1,015.26	0.43
1.01	Mano de Obra						423.69	
	supervisor	Gdia	1	60%	195.89		117.54	
	Operador de Volquete	Gdia	1	100%	58.67		58.67	
	Capataz	Gdia	1	100%	77.01		77.01	
	Mecánico	Gdia	1	100%	104.48		104.48	
	Operador Scoop	Gdia	1	100%	66.00		66.00	
1.02	Materiales e insumos						0.39	
	Lampa	unid	1	60%	0.28		0.17	
	Pico	unid	1	60%	0.37		0.22	
1.03	Equipos						547.56	
	Combustible	Gal			26.65	7.75	206.54	
	Scooptram	hr			13.55	96.88		
	Volquete	hr			13.10	26.03	341.02	
1.04	Herramientas y EPP						43.62	
	Implementos de seguridad	Gdia	5.00		6.28		31.41	
	Herramientas	Gdia	1.00		6.44		6.44	
	Lamparas Mineras	Gdia	5.00		1.16		5.78	
TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/ton-km)							0.43	
Utilidad Costo Directo						10%		0.04
Gastos generales (% del Costo Directo)						22%		0.10
COSTO TOTAL (US\$/ton-km)							1.30	

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

Interpretación

El costo total de la operación minera de carguío y transporte en cada kilómetro es de 1.30 \$/t-km, lo que significa que la unidad minera Parcoy en las rutas 1 a CM 2830 a planta y 2 a CM 2318 a planta cobra el mismo costo.

La tabla siguiente muestra la optimización del ciclo de transporte y carguío en función de costos para la unidad minera Parcoy.

Tabla 20. Optimización del ciclo de carguío y transporte en función a costos en la unidad minera Parcoy

Item	Actual	Optimo
Numero de equipos volquetes (F.A)	4	3
Numero de equipos Scooptram	1	1
Ruta 1 - CM 2830 a Planta (km)	8.5	
Ruta 2 - CM 2318 a Planta (Km)	8.9	
Ruta 1 -CM 2830 a Planta (US\$/ton)	11.05	11.05
Ruta 2 -CM 2318 a Planta (US\$/ton)	11.57	11.57
Costo del carguio y transporte - CM 2830 a Planta (US\$/ton)	44.20	33.15
Costo del carguio y transporte - CM 2318 a Planta (US\$/ton)	46.28	34.71
Optimizacion de carguio y transporte		
Optimizacion del carguio y transporte - CM 2830 a Planta (US\$/ton)	11.05	
Optimizacion del carguio y transporte CM 2318 a Planta (US\$/ton)	11.57	
Tonelaje programadopor cada camara (ton/dia)	540	
Optimizacion del carguio y transporte - CM 2830 a Planta(US\$/dia)	5,967	
Optimizacion del carguio y transporte CM 2318 a Planta (US\$/dia)	6,248	

Tomada del departamento de Planeamiento del Consorcio Minero Horizonte S. A. (9)

Interpretación

En la tabla, se muestran los dos escenarios actuales y el óptimo:

- Después de evaluar la teoría de colas y el factor de acoplamiento, se pueden usar 3 volquetes y 1 Scooptram para cada ruta en ambas cámaras de carguío.

- La optimización del costo de carguío y transporte de la CM 2830 a planta es de 11.05 \$/t, esto refleja en el tonelaje programado en la cámara de carguío se tendría una optimización de 5,967 \$/t–día, para los 3 volquetes y 1 *Scooptram*.
- La optimización del costo de carguío y transporte de la CM 2318 a planta es de 11.57 \$/t, esto reflejado en el tonelaje programado en la cámara de carguío se tendría una optimización de 6,248 \$/t–día. para los 3 volquetes y 1 *Scooptram*.

CONCLUSIONES

1. El estudio situacional encuentra tres actividades antes del 80 % según el diagrama de Pareto: el refrigerio, que es un tiempo fijo que no se puede reducir porque es parte del sistema laboral; la cola de los volquetes y las reparaciones mecánicas, que son nuestros tiempos improductivos que debemos optimizar y mejorar.
2. En el análisis de la teoría de colas se tiene dos situaciones: el actual y la óptima; al respecto, se concluye que, en la situación actual, por las malas prácticas operativas el tiempo de servicio es de 5 minutos. Tras el análisis de la teoría de colas, se obtuvo que para el número de espera de volquetes es de 3; el tiempo de carguío, de 20 minutos; y el tiempo de espera en la fila, de 15 minutos, lo cual genera pérdidas productivas y económicas. En la situación óptima, tras la mejora de las malas prácticas operativas, el tiempo de servicio es de 3 minutos. Tras el análisis de la teoría de colas, se obtuvo el número de espera de volquetes es de 0; el tiempo de carguío, de 6 minutos; y el tiempo de espera en la fila, de 3 minutos, lo cual es óptimo. A comparación de la situación actual, se ha reducido los tiempos de espera en la fila de los equipos de acarreo respecto al carguío, transporte y descarga de mineral ayudando a mejorar el cumplimiento de la extracción de mineral por guardia. Cada volquete realiza 6 viajes con una producción de 22.5 toneladas por ciclo en promedio, lo que es óptimo en la producción.
3. La flota actual con 4 volquetes genera sobredimensionamiento del equipo de transporte provocando colas de los volquetes, se concluye tras el análisis del factor de acoplamiento óptimo es de 3 volquetes aquí no se generaría sobredimensionamiento en función a las rutas del tramo de la Cámara CM 2830 y el tramo de la Cámara CM 2318 hacia a la planta de beneficio superficie.
4. El costo total por la operación minera del carguío y transporte por kilómetro es de 1.30 \$/t-km, esto nos dice que para la unidad minera Parcoy en la Ruta 1 - CM 2830 a planta y la ruta 2 - CM 2318 a planta, da ese mismo costo respectivamente.

5. La reducción del número de volquetes tras la evaluación por la teoría de colas como en el factor de acoplamiento siendo factible 3 volquetes y 1 *Scooptram* para cada ruta en ambas cámaras de carguío.

6. La optimización del costo de carguío y transporte de la CM 2830 a planta es de 11.05 \$/t, esto refleja en el tonelaje programado en la cámara de carguío se tendría una optimización de 5,967 \$/t–día, para los 3 volquetes y 1 *Scooptram*.

7. La optimización del costo de carguío y transporte de la CM 2318 a planta es de 11.57 \$/t. Esto se ve reflejado en el tonelaje programado en la cámara de carguío se tendría una optimización de 6,248 \$/t–día. para los 3 volquetes y 1 *Scooptram*.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar el método de recolección de información en campo sobre el transporte y carguío de minerales empleado en la unidad minera Parcoy, ya que arrojó resultados positivos en el procesamiento de datos de equipos para mejorar el ciclo de transporte de minerales. Según el análisis del diseño del sistema de transporte de minerales, en las rutas de los tramos de la cámara CM 2830 a planta y el tramo CM 2318 a planta, da ese mismo costo respectivamente.
2. Se recomienda la teoría de la cola para optimizar el tiempo que dedican los equipos a las actividades de transporte y acarreo, así como para determinar si el sistema de transporte es óptimo o si tiene fallas y para realizar estudios de tiempos cada vez que hay un cambio en el sistema de ruta, ya que esto se traduce en una disminución o aumento en el número de volquetes.
3. Se recomienda utilizar la metodología del factor de acoplamiento para mejorar el dimensionamiento de los equipos a utilizar en el acarreo y transporte de minerales; también es posible utilizarlo como medida de productividad cuando los tiempos de ciclo no varían y los volquetes son distribuidos uniformemente en la unidad minera Parcoy.
4. Al realizar las evaluaciones técnico-económicas, se recomienda calcular el precio unitario en dólares por tonelada con relación a la distancia recorrida por el equipo de transporte.
5. Se recomienda calcular el costo unitario (\$/ tonelada - kilómetro), pero debe equilibrarse con el costo por hora del *Scooptram* R 1600 H, el costo unitario del Volvo FMX, el costo de los materiales y la respectiva remuneración y salario del _trabajadores

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VALENTIN, Cristiam. Control y mejora de la productividad del acarreo y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia la superficie en la unidad de producción San Cristobal – Volcan Compañía Minera S.A.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Cariion, 2018, 139 pp.
2. PITUY, Maicol. Mejoramiento del transporte de mineral con volquete en interior mina para incrementar la productividad en U.M. Andaychagua de Volcan Compañía Minera S.A.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Peru, 2020, 85 pp.
3. CALUA, Freddy . Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en CIA. Minera Coimolache S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2019, 98 pp.
4. FLORES, Mercedes. Mejora en reducción de costos de transporte de la Mina Condestable, Mala, Cañete, 2020-2021 con uso del volquete de doble tolva de 80 tn. Tesis (Título de Magistra en Regulación, Gestión y Economía Minera). Lima : Pontificia Universidad Catolica del Peru, 2022, 135 pp.
5. ANCHIRAICO, Anthony y ROJAS, Kevin. Optimización del sistema de acarreo y transporte en labores de preparación de las zonas de profundización mediante la metodología Six Sigma operada por la E.C.M. Zicsa en la Unidad Minera Inmaculada. Tesis (Título de Ingeniero de Gestión Minera) . Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas , 2020, 106 pp.
6. DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y PLANEAMIENTO del Consorcio Minero Horizonte S.A. *Estudio geológico del yacimiento*. La libertad : Unidad Minera Parcoy, 2020.

7. SUPERINTENDENCIA DE PLANEAMIENTO. *Estudio geomecánico de las zonas de producción zona norte y sur*. La Libertad : Unidad minera Acumulación Parcoy, 2020.
8. CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A. *Departamento de planeamiento*. La libertad : Unidad Minera Parcoy, 2020.
9. DIAZ, Maria. *Carga, transporte y extracción en minería subterránea*. Lima : Septem ediciones, 2006. 1058280.
10. BERNEO, Elver y CALDERON, Jaime. Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte. *El hombre y la máquina*. 2008, XXI (32), 51-67. ISSN: 0121-0777
11. VALENCIA, Santiago. Análisis de la interrelación entre el transporte de minerales del nivel 17 de la mina subterránea y el chancado primario convencional de la división andina de Codelco Chile. Tesis (Título de Ingeniero de Minas Grado Académico de Tercer Nivel). Quito : Universidad Central del Ecuador, 2013, 151 pp.
12. HERRERA, Juan, CASTILLA, Jorge y DIAZ, Lara. *Introducción a la Minería Subterránea. Vol. III: Construcción de infraestructura de mina en interior*. Madrid : Universidad Politecnica de Madrid, 2018.
13. ESCARCENA, Renzo. Evaluación de las operaciones de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad en la Unidad Minera Tacaza – Ciemsá. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Juliaca : Universidad Nacional del Altiplano, 2019, 102 pp.
14. LOPEZ, Carlos. *Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto*. Madrid. : Instituto Geológico y Minero de España; 2da edición (1 Marzo 1995), 1995. 8478400818.

15. DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y PLANEAMIENTO DE LA UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA. *Informe de estudio de las carguio y acarreo de mineral*. Yauli : Compañía Minera Volcan, 2020.
16. LE-FEAUX, René. *Manejo de materiales en explotaciones subterráneas*. Santiago de Chile : Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1997.
17. BALDEON, Zoila. *Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad En CIA. Minera Condestable S.A. esis (Título de Ingeniero de Minas)*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú , 2011, 103 pp.
18. DEPARTAMENTO DE GEOMECANICA DEL CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A. *Caracterización Geomecánica del macizo rocoso Zona Norte*. La Libertad : Unidad Minera Parcoy, 2020.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de Consistencia

Optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance, para aumentar la producción en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo será la optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance para aumentar la producción, en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.?	Optimizar la ruta de transporte de mineral en labores de avance para aumentar la producción, en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.	La optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance influye positivamente para aumentar la producción, en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿Cómo será la optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance para minimizar los tiempos perdidos en transporte, en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.?	Optimizar la ruta de transporte de mineral en labores de avance para minimizar los tiempos perdidos en transporte, en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.	La optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance, es factible y viable para la minimizar los tiempos perdidos en transporte, en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.
¿Cómo será la optimización y control de los tramos de transporte de mineral de las labores subterráneas para aumentar la producción, en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.?	Optimizar y controlar los tramos de transporte de mineral de las labores subterráneas para aumentar la producción, en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.	La optimización y control de los tramos de transporte de mineral de las labores subterráneas es factible para aumentar la producción, en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.

Anexo 2

Reporte de transporte

Mina					Horómetros	Inicial	Final
Fecha					Diesel		
Guardia					Kilometraje		
Empresa					Combustible		
Equipo							

N°	HORA INICIO	HORA FINAL	COD. ACTIV.	ORIGEN					DESTINO				MAT. M/D	TICKET TRANSPORTE
				PC	ZONA	NIVEL	LABOR	EQUIPO CARGA	# CUCH.	PC	ZONA	NIVEL		
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														

OBSERVACIONES:

Operator	Sobrestante	Jefe Guardia ECM	Jefe Guardia Volcan
Supervisor Mantenimiento			

N°	Datos Operador		Datos Técnico Mantenimiento				
	Horómetro	Motivo	Sistema	Sintoma	Causa	Horómetro	Técnico
		Falla	Mant.P				
		Falla	Mant.P				
		Falla	Mant.P				

Tomada de unidad minera Parcoy

Anexo 3

Costo horario de equipo Scooptram R 1600 H

Valor adquisición con llantas	624,000	US\$	Intereses (año)	9%
Valor Control Remoto	0	US\$	Seguros (%)	2.1%
Costo de adquisición	624,000	US\$	Impuestos	1.4%
Valor de rescate	0	0%	IMA Inversion Media Anual	\$ 416,000
Vida económica	15,000	Horas	3	Años
Horas mínimas	417	Horas		

Total de Días en promedio mensual	1095
Horas de trabajo (Hrs/día)	13.70
total de Horas en 3 años	15000

Combustible

Tipo	Gal/hr	Costo		
Diesel D2	4	\$2.9	US \$/Gal	\$ 174,000

Costos de Propiedad

	Depreciación	\$ 624,000
	Financieros (Intereses)	\$ 112,320
	Seguros, Impuestos	\$ 43,306
Sub Total Costos de Propiedad		\$ 779,626

Mantenimiento Preventivo

Nivel	Costo	Frecuencia		
PM-1	\$144.2	62.5	Hrs	\$ 34,598.40
PM-2	\$405.5	125	Hrs	\$ 48,655.20
PM-3	\$871.5	500	Hrs	\$ 26,145.90
PM-4	\$496.7	1000	Hrs	\$ 7,449.75
PM-5	\$497.5	2000	Hrs	\$ 3,482.57
PM-5	\$0.0	4000	Hrs	\$ -
Sub Total Mantenimiento Preventivo				\$120,332

Costo Horario Mantenimiento Preventivo

				\$8.0
Sub Total Rut	\$150.0	US \$/mes		\$5,400.0

Mantenimiento Componentes Mayores

Componente	Costo	Frecuencia		
Motor (Overha	\$35,000.00	16000	Hrs	\$ -
Motor (Parcial	\$16,000.00	6000	Hrs	\$ 32,000
Caja de Trans	\$10,000.00	5800	Hrs	\$ 20,000
Convertidor	\$7,000.00	5800	Hrs	\$ 14,000
Ejes Cardanic	\$3,900.00	2800	Hrs	\$ 19,500
Eje delantero	\$20,000.00	6000	Hrs	\$ 40,000
Eje posterior	\$20,000.00	6000	Hrs	\$ 40,000
Sist. Hidráulic	\$6,000.00	2600	Hrs	\$ 30,000
Sist. Eléctrico	\$5,000.00	2600	Hrs	\$ 25,000
Cuchara	\$12,000.00	2200	Hrs	\$ 72,000
Articulaciones	\$7,000.00	3800	Hrs	\$ 21,000
Llantas Del.	\$15,400.00	2000	Hrs	\$ 107,800
Llantas Pos.	\$15,400.00	2000	Hrs	\$ 107,800
Servicios MO	\$0.00	3%	%	\$ 18,720
Sub Total Componentes Mayores				\$ 547,820

Total US \$/mes	\$779,626
Costo Horario de Propiedad US \$/Hr	\$52

Total US \$/mes	\$673,551.8
Costo Horario de Mantenimiento US \$/Hr	\$44.9

Total US \$/mes	\$1,453,177
Costo Horario US \$/Hr	\$96.9

Anexo 4

Costo horario de equipo volquete volvo FMX

Valor adquisición con llantas	128,403	US\$	Intereses (año)	9%
Valor Tolva	17,200	US\$	Seguros (%)	2.1%
Costo de adquisición	145,603	US\$	Impuestos	1.4%
Valor de rescate	0	0%	IMA Inversion Media Anual	\$ 97,068.67
Vida económica	15,000	Horas	3	Años
Horas mínimas	417	Horas		

Total de Días en promedio mensual	1095
Horas de trabajo (Hrs/día)	13.70
total de Horas en 3 años	15000

Combustible				
Tipo	Gal/hr	Costo		
Diesel D2	3	\$2.9	US \$/Gal	\$ 69,600.00

Costos de Propiedad				
		Depreciación		\$ 145,603.00
		Financieros (Intereses)		\$ 26,208.54
		Seguros, Impuestos		\$ 10,104.85
Sub Total Costos de Propiedad				\$ 181,916.39

Mantenimiento Preventivo				
Nivel	Costo	Frecuencia		
PM-1	\$53.3	250	Hrs	\$ 3,195.60
PM-2	\$474.6	500	Hrs	\$ 14,237.40
PM-3	\$679.0	1000	Hrs	\$ 10,184.25
PM-4	\$0.0	2000	Hrs	\$ -
PM-5	\$0.0	4000	Hrs	\$ -
PM-6	\$0.0	8000	Hrs	\$ -
Sub Total Mantenimiento Preventivo				\$27,617.25

Costo Horario Mantenimiento Preventivo	\$1.8
---	--------------

Sub Total Rutinario	\$37.0	US \$/mes	\$1,332.0
----------------------------	--------	-----------	------------------

Mantenimiento Componentes Mayores				
Componente	Costo	Frecuencia		
Motor (Overhaul)	\$20,000.00	16000	Hrs	\$ -
Motor (Parcial)	\$13,500.00	8000	Hrs	\$ 13,500.00
Compresor de Aire	\$2,100.00	6000	Hrs	\$ 4,200.00
Sist. de Enfriamiento	\$2,500.00	5100	Hrs	\$ 5,000.00
Caja de transmision / Embrague	\$3,800.00	5500	Hrs	\$ 7,600.00
Eje delantero	\$3,000.00	4000	Hrs	\$ 9,000.00
Eje Central	\$5,000.00	6000	Hrs	\$ 10,000.00
Eje posterior	\$5,000.00	6000	Hrs	\$ 10,000.00
Frenos	\$3,500.00	2600	Hrs	\$ 17,500.00
Sist. de Suspensión	\$4,200.00	5500	Hrs	\$ 8,400.00
Sist. Hidráulico	\$3,000.00	5200	Hrs	\$ 6,000.00
Sist. Eléctrico	\$3,100.00	3200	Hrs	\$ 12,400.00
Ejes Cardanicos	\$2,000.00	3200	Hrs	\$ 8,000.00
Tolva	\$4,500.00	5500	Hrs	\$ 9,000.00
Chasis	\$2,200.00	4000	Hrs	\$ 6,600.00
Llantas Del.	\$1,450.00	2600	Hrs	\$ 7,250.00
Llantas Pos. 1	\$3,400.00	2200	Hrs	\$ 20,400.00
Llantas Pos. 2	\$3,400.00	2200	Hrs	\$ 20,400.00
Servicios MO (Terceros)	\$0.00	3%	%	\$ 4,368.09
Sub Total Componentes Mayores				\$ 179,618.09

Total US \$/mes	\$181,916.4
Costo Horario de Propiedad US \$/Hr	\$12.1

Total US \$/mes	\$208,567.3
Costo Horario de Mantenimiento US \$/Hr	\$13.9

Total US \$/mes	\$390,483.7
Costo Horario US \$/Hr	\$26.0

Anexo 5

Precio de materiales

TIPO DE CAMBIO	3.88
----------------	------

Perdida de rendimiento por temperatura	0%
--	----

COSTO DE COMBUSTIBLE US\$	7.75
---------------------------	------

CALCULO DEL COSTO POR EPPs

PERSONAL OBRERO					
ITEM	DESCRIPCION	Cantidad	costo unit.	vida util tarea	total S/ tarea
1.01	TAPON AUDITIVO SILICONA 26DB	1.00	1.62	45	0.04
1.02	ANTEJOJO DE LUNA CLARA MSA MAVERICK UV400	1.00	4.64	45	0.10
1.03	BOTA DE JEBE C/PUNTA DE ACERO N638	1.00	18.57	150	0.12
1.04	BOTIN DE CUERO P/ACERO N642	1.00	17.40	300	0.06
1.05	TAFILETE ACOLCHADO	1.00	6.52	150	0.04
1.06	CASCO TIPO MINERO VERDE COMPLETO	1.00	10.57	300	0.04
1.07	CASCO TIPO JOCKEY VERDE COMPLETO	1.00	10.26	600	0.02
1.08	GUANTE DE NEOPRENE 12" CORRUGADO	1.00	6.27	15	0.42
1.09	GUANTE DE CUERO AMARILLO LIVIANO	1.00	3.57	15	0.24
1.1	CORREA PORTALAMPARA DE NYLON	1.00	2.50	300	0.01
1.11	FILTRO DE FELPA 3M-2097 P100	1.00	8.21	2	4.11
1.12	PROTECTOR PARA FILTRO 2097	1.00	1.05	150	0.01
1.13	RESPIRADOR 7502 MEDIA CARA SILICONA - MED	1.00	22.97	150	0.15
1.14	CASACA DE TELA ENJEBADA	1.00	17.77	150	0.12
1.15	PANTALON TELA ENJEBADA	1.00	15.98	150	0.11
1.16	MAMELUCO DRILL ACOLCHADO T/XL NORMA ANSI II	2.00	36.68	150	0.49
1.17	BARBIQUEJOS PARA CASCOS	1.00	0.30	90	0.00
1.18	ARNES TIPO PARACIDISTA 03 ANILLOS	1.00	34.82	300	0.12
1.19	LINEA DE VIDA NYLON	1.00	30.39	300	0.10
TOTAL US\$ /Guardia					6.28

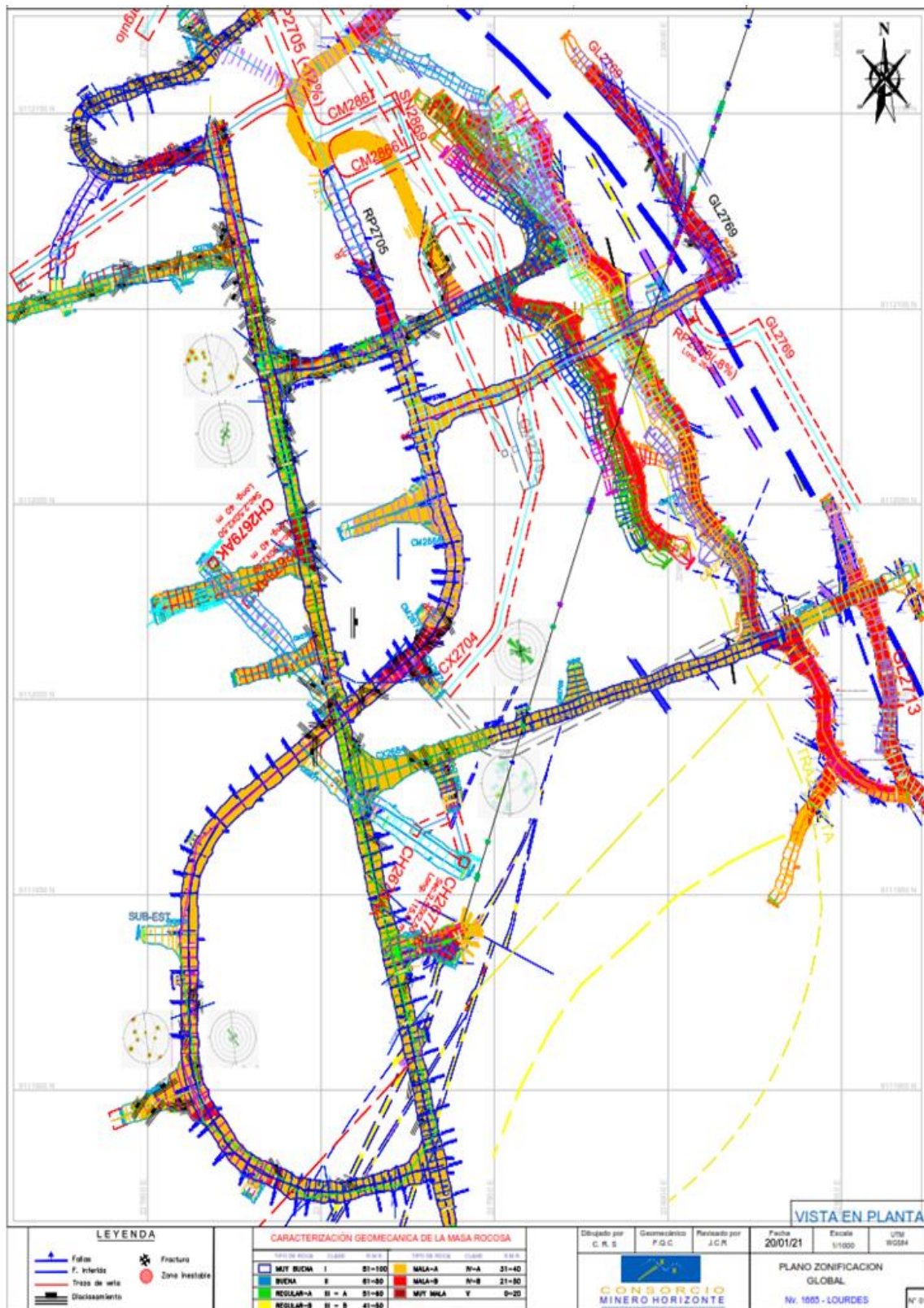
HERRAMIENTAS

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Costo	Vida Util	Costo
				US\$ / UNIDAD	DIAS	US\$ / Gdia
3.00	HERRAMIENTAS					
3.01	Lampa	Pza.	2	8.30	30	0.28
3.02	Pico	Pza.	2	11.00	30	0.37
3.03	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 10'	Pza.	2	34.17	120	0.28
3.04	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 12'	Pza.	2	39.58	120	0.33
3.05	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 14'	Pza.	2	45.39	120	0.38
3.06	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 4'	Pza.	2	22.44	120	0.19
3.07	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 6'	Pza.	2	26.52	121	0.22
3.08	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 8'	Pza.	2	30.09	122	0.25
3.09	CIZALLA MANUAL DE 18"	Pza.	1	55.69	150	0.37
3.10	COMBA 6LB ACERADA	Pza.	1	16.94	180	0.09
3.11	LLAVE STILSON 14"	Pza.	1	14.71	30	0.49
3.12	FLEXOMETRO DE 5 MT	Pza.	1	4.49	30	0.15
3.13	ARCO DE SIERRA	Pza.	1	8.90	30	0.30
3.14	CORDEL DE NYLON	MTS	10	4.32	30	0.14
3.15	AGUJA DE ARIERO	Pza.	1	0.47	15	0.03
3.16	PUNZON DE CO BRE	Pza.	1	6.26	180	0.03
3.17	TABLERO DE GESTION	Pza.	1	38.66	360	0.11
3.18	MOCHILA DE LONA PARA EX'PLOSIVO	Pza.	2	22.68	180	0.13
3.19	ATACADORES DE 11/4 X 3.5 MT	Pza.	2	3.76	30	0.13
3.20	Tiner	Gal	1	2.92	10	0.29
3.21	PINTURA ESMALTE BLANCO	Gal	1	7.21	10	0.72
3.22	Brocha	Pza.	1	5.15	10	0.52
3.23	Disco de perforacion	Pza.	1	5.26	30	0.18
3.24	Sacabarrenos	Pza.	1	25.77	120	0.21
3.25	PINTURA EN SPRAY BLANCA	Gal	1	1.82	7	0.26
				US\$ / Gdia		6.44

LAMPARAS MINERAS

Item	Descripcion	Unidad	Costo US\$/UNDAD	Vida Util DIAS	Costo US\$ /Gdia
5.00	LAMPARAS MINERAS (incluye mantenimiento)				
5.01	LAMPARA MINERA marca: OLDHAM	Pza	359	360	1.00
5.02	CARGADOR DE 40 PTOS	Pza	4554	720	0.16
				US\$ / Gdia	1.16

Anexo 6 Plano geomecánico y estructural



Tomada del departamento de Geomecánica del Consorcio Minero Horizonte S. A.

Anexo 7

Especificaciones técnicas del Scooptram R 1600 H Ferreyros CAT

CAT PRODUCTOS INDUSTRIAS SERVICIOS Y RESPALDO BUSCAR UN DISTRIBUIDOR MI CUENTA **NUEVO**

Equipos | Subterráneo: roca dura | Máquinas de carga, acarreo y descarga (LHD) para minería subterránea | R1600H **EE. UU. MÉTRICAS**

R1600H

[VER LAS ESPECIFICACIONES](#) [RECORRIDO](#)

MODELO DE MOTOR
Cat® C11

POTENCIA BRUTA: SAEJ1995
208 kW

CAPACIDAD DE CARGA ÚTIL NOMINAL
10200 kg

Tomada de Maquinaria para minería subterránea | Cat | Caterpillar

Anexo 8

Especificaciones técnicas del volquete Volvo FMX



VOLVO FMX 6X4R
VOCACIONAL
380/420/460/500 CV



Volvo Trucks. Acelerando el futuro.

✓ 13 LITROS	✓ CABINA EXTENDIDA TECHO NORMAL	✓ CAJA I-SHIFT CON SOFT HD	✓ AIRBAG	✓ EJE CON REDUCTOR DE CUBOS
-------------	------------------------------------	----------------------------	----------	--------------------------------

DATOS TÉCNICOS

MOTOR

Modelos VOLVO D13C Euro 5
Características: 12,8 ltr, 6 cilindros en línea y 4 válvulas por cilindro.
Unidades individuales de inyector bomba. Sistema de inyección con gerenciamento electrónico.
Potencias: 380 / 420 / 460 / 500 CV (1.400 a 1.900 rpm)
Torques: 1.900 / 2.100 / 2.300 / 2.500 Nm (1.000 a 1.400 rpm)

CAJA DE VELOCIDADES

Modelos Volvo AT2612P
Tipo: Automática sin sincronizados
Sistema: I-Shift con soft HD
Marchas: 12 Velocidades [14,94:1 - 1:1]
Opcionales: I-Shift de 14 marchas, 12 + 2 super reducidas [32,04:1 / 19,38:1]

SUSPENSIÓN DELANTERA

Tipo: Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora.
Capacidad: 7.500 a 10.000 kg

FRENOS

Tipo: A tambor con ABS, EBS y control de tracción.
Freno auxiliar Freno de motor VEB a través de válvulas de 410 CV (para 380/420) o VEB+ de 510 CV (para 460/500)
Opcionales: Retardador Hidráulico

TANQUES DE COMBUSTIBLE

Tipo: Rectangular plástico.
Capacidad: 400 ltr

DIFERENCIAL

Modelos RTH5210P con red. de cubos.
Relación de reducciones: 3,35 / 3,46 / 3,61 / 3,76 / 3,97 / 4,12 / 4,35 / 4,41 / 6,18 / 7,21
Capacidad de amarres: 100 Tonf*
*(consultar para mayores capacidades)
Opcionales: RTH52570 sin red. de cubos

SUSPENSIÓN TRASERA

Tipo: Ballestas semi-elípticas con amortiguadores y barra estabilizadora.
Capacidad: 26.000 a 32.000 kg
Opcionales: Parabólica o neumática de 8 ejes [21.000 a 26.000 kg]

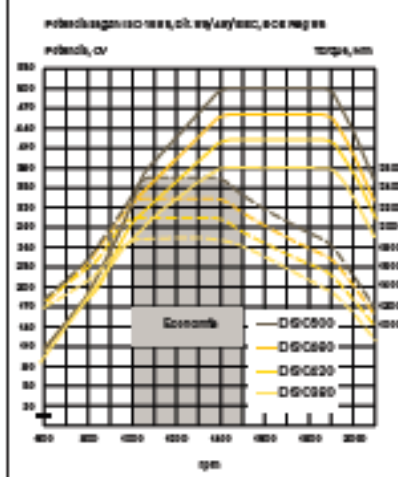
CHASIS

Materiales: Acero especial LINE60 de alta resistencia y bajo peso, con refuerzo interno.
Altura: 300 mm.
Ala: 90 mm.
Espesor + refuerzo: 9 + 5 mm

NEUMÁTICOS Y LLANTAS

Neumáticos: 12R20
Llantas: Acero

D13C Potencia/Torque



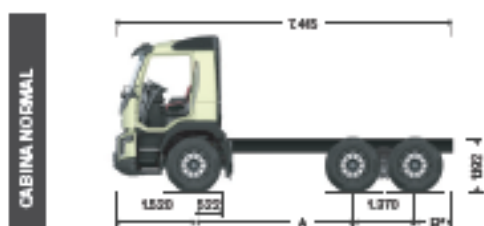
PESOS Y CAPACIDADES (Kg)

	Eje delantero	Eje trasero	Total
Capas técnicas	7.500 a 10.000	25.000 a 32.000	32.500 a 42.000
Límite legal	6.000	18.000	24.000
Peso del chasis*	5.031	4.557	9.588

*Pese estándar con 100 ltr de combustible, sin chofey con rueda auxiliar. Límite de peso para el eje delantero depende del tipo de eje y del tipo de eje trasero. Límite de peso para el eje trasero depende del tipo de eje y del tipo de eje delantero.

MEDIDAS

Cabina FMX: Cabina extendida techo normal, con parapapeles de acero y mayor grado de ataque especialmente diseñado para trabajo pesado. Suspensión mecánica. Opcional cabina dormitorio (techo normal o alto).



A: Distancia entre ejes. De 3.400 a 6.000 mm (consultar otras medidas).
B: Voladizo baseo (en función del entre ejes)



*A: Para techo normal chasis X-High (altura dependiendo del tipo de chasis y sus maticos utilizados).

Tomada de Volvo FMX Camión para Construcción y Minería.