

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación técnico-económica de los equipos de
transporte de mineral de la veta Pablo, nivel 4328-4402,
Unidad Minera Pallancata a fin de optimizar dicho
sistema de transporte**

Yeferson Marcelino Maita Barzola
Albert Andree Quispe Torres

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Oscar Canchucaya Gutarra

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo y a todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito.

DEDICATORIA

A mi padre, Nilo Zenobio, que me enseñó la importancia de estar preparado para cualquier circunstancia y que ahora desde el cielo guía mis pasos para poder alcanzar mis objetivos, a mi mamá Cesarina que me sigue enseñando muchas lecciones de vida, mucho amor para ellos porque son mi motor de vida.

ÍNDICE

Dedicatoria	IV
Índice.....	V
Lista de tablas	VIII
Lista de figuras	X
Resumen	XII
Introducción.....	XVI
CAPÍTULO I	18
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	18
1.1.1. Planteamiento del problema.....	18
1.1.2. Formulación del problema.....	20
1.2. Objetivos.....	20
1.2.1. Objetivo general.....	20
1.2.2. Objetivos específicos	20
1.3. Justificación e importancia	20
1.3.1. Justificación social - práctica.....	20
1.3.2. Justificación académica	21
1.3.3. Justificación económica	21
1.4. Hipótesis de la investigación.....	22
1.4.1. Hipótesis general	22
1.4.2. Hipótesis específicas	22
1.5. Identificación de variables.....	22
1.5.1. Variable independiente	22
1.5.2. Variable dependiente	22
1.6. Matriz de operacionalización de variables.....	22
CAPÍTULO II	24
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Antecedentes del problema	24
2.2. Generalidades de la mina <i>Pallancata</i>	26
2.2.1. Ubicación, accesibilidad y generalidades	26

2.3. Geología	27
2.3.1. Geología regional.....	27
2.3.2. Geología local	30
2.3.3. Geología estructural.....	32
2.3.4. Tipo de depósito	34
2.4. Diseño del método de explotación	35
2.4.1. Método de minado	36
2.4.2. Minado longitudinal	36
2.4.3. Minado transversal.....	41
2.4.4. Minado corte y relleno ascendente.....	44
2.5. Bases teóricas del estudio	45
2.5.1. Reservas minerales	45
2.5.2. Transporte	47
2.5.3. Flota de volquete <i>Pallancata</i>	49
2.5.4. Parámetros actuales de transporte	51
2.5.5. Área de carguío actual	51
2.5.6. Proyecto simulación <i>Pocket</i>	57
2.5.7. Esquema de rutas.....	57
2.5.8. Flota requerida total – sistema <i>Pocket</i>	60
2.5.9. Metodología de pruebas de reducción de ciclo de transporte – Sistema <i>Pocket</i>	61
2.5.10. Costeo de ejecución de <i>Pocket</i> e instalación de tolvas	61
2.5.11. Evaluación de tarifas de transporte	63
2.5.12. Evaluación de consumo de combustible	65
2.5.13. Evaluación de la demanda de ventilación principal	59
2.5.14. Resumen de evaluación económica de transporte de la UM <i>Pallancata</i>	61
CAPÍTULO III	62
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	62
3.1. Método y alcances de la investigación	62
3.1.1. Método de la investigación.....	62

3.1.2. Alcances de la investigación	63
3.2. Diseño de la investigación	64
3.3. Población y muestra	64
3.3.1. Población	64
3.3.2. Muestra.....	64
CAPÍTULO IV	65
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1.Resultados del tratamiento y análisis de la información	65
4.1.1. Análisis del sistema de puntos de carga y descarga en el sistema de transporte en la UM <i>Pallancata</i>	65
4.1.2. Análisis de las unidades de transporte en la unidad minera <i>Pallancata</i>	67
4.1.3. Parámetros actuales de transporte en la unidad minera <i>Pallancata</i>	69
4.1.4. Evaluación de tarifas en el sistema de gestión de transporte en la unidad minera <i>Pallancata</i>	70
4.1.5. Evaluación de combustible en el sistema de gestión de transporte en la unidad minera <i>Pallancata</i>	73
4.1.6. Evaluación de la demanda de ventilación en el sistema de gestión de transporte en la unidad minera <i>Pallancata</i>	75
4.1.7. Resumen de evaluación económica de transporte de la UM <i>Pallancata</i>	77
Conclusiones	78
Recomendaciones	80
Referencias bibliográficas	81
Anexos	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de variables	22
Tabla 2. Accesibilidad.....	26
Tabla 3. Reservas minerales de la unidad minera Pallancata	46
Tabla 4. Cuadro de distancias entre puntos de carguío y puntos de descarga – unidad minera Pallancata	48
Tabla 5. Cuadro de velocidades de volquete – unidad minera Pallancata	49
Tabla 6. Flota de volquete – unidad minera Pallancata	50
Tabla 7. Distancia de carguío actual a bocamina	52
Tabla 8. Total de flota requerida (Pocket) – unidad minera Pallancata	60
Tabla 9. Total de flota en interior de mina – unidad minera Pallancata	61
Tabla 10. Costo de ejecución de Pocket e instalación de tolvas – unidad minera Pallancata.....	62
Tabla 11. Ahorro en transporte (US \$/t) – Capacidad 35 toneladas – unidad minera Pallancata.....	63
Tabla 12. Evaluación económica de proyección de producción 2019 – 2020 de la unidad minera Pallancata.	64
Tabla 13. Proyección de producción LOM 2019 - 2020 – unidad minera Pallancata.....	65
Tabla 14. Ciclos de t/viaje en interior mina y superficie - unidad minera Pallancata	65
Tabla 15. Consumo de combustible escenario actual y propuesto - unidad minera Pallancata.....	66
Tabla 16. Variación de galones por mes de escenario actual y propuesto y su evaluación económica - unidad minera Pallancata.....	66
Tabla 17. Cálculo de reducción de CFM de ventilación principal - unidad minera Pallancata.....	60
Tabla 18. Resumen de evaluación económica transporte Pallancata	61
Tabla 19. Distribución de distancias entre los puntos de carguío y de descarga en la unidad minera Pallancata	66
Tabla 20. Unidades de transporte en la unidad minera Pallancata.	68
Tabla 21. Evaluación de tarifas de transporte de labor a planta concentradora (tolva de Selene) - unidad minera Pallancata	71

Tabla 22. Evaluación de tarifas de combustible desde labor a planta concentradora (tolva de Selene) - unidad minera Pallancata	74
Tabla 23. Evaluación de reducción de demanda de ventilación - unidad minera Pallancata.....	76
Tabla 24. Resumen Escenarios Transporte de mineral – unidad minera Pallancata.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina	27
Figura 2. Geología regional de la unidad minera Pallancata.	29
Figura 3. Geología local del área de Pallancata.	31
Figura 4. Subdivisión de las formaciones Alfabamba y Saycata	32
Figura 5. Plano estructural Pallancata.....	33
Figura 6. Modelo de Riedel Sinextral - Pallancata.....	34
Figura 7. Esquema de simulación identificando la caja techo, piso y veta con las diferentes etapas de simulación.	36
Figura 8. Primera etapa de simulación donde aún, los macizos rocosos, no están alterados sus esfuerzos.....	37
Figura 9. Segunda etapa es la abertura de los bypass para acceder a la zona mineralizada viendo que no hay inestabilidades que pudieran alterar el diseño.....	37
Figura 10. Tercera etapa, se inician los trabajos los trabajos de preparación de los niveles de explotación en el Nv. 4290 con el minado BF y un FS menor a 1 en la corona.....	38
Figura 11. Cuarta etapa, se requiere un sostenimiento de perno split set de 10' espaciados a 1.5 m con malla electrosoldada de 10 cm de cocada elevándose el FS mayor 1	38
Figura 12. Quinta etapa, el mismo sostenimiento es recomendado para el nivel superior, estabilizando la preparación, luego se realiza la explotación con taladros largos generando una abertura de 20 m de alto y 12 m de ancho viendo que las paredes no presentan altas deformaciones o inestabilidades, dándonos tiempo para poder realizar el relleno detrítico.....	39
Figura 13. Sexta etapa, se puede ver que el relleno detrítico estabiliza las zonas de las paredes de la excavación del tajeo permitiendo continuar con el minado de las zonas superiores	39
Figura 14. Séptima etapa, después de culminar el minado en forma transversal y terminado el relleno cementado, se procede de nuevo a realizar el minado BF en retirada de los accesos	40

Figura 15. Octava etapa, al realizar la etapa de minado de los accesos se nota una evidente inestabilidad en la exposición del relleno cementado, teniendo altas probabilidades de contaminación del mineral por el buzamiento del mismo.....	41
Figura 16. Esquema de simulación identificando las grillas que van a delimitar los paneles de explotación.....	42
Figura 17. Se presenta en la etapa de preparación de los paneles siendo estables al realizar la excavación	42
Figura 18. En las siguientes etapas se modela con diferentes aberturas siendo estable la secuencia de minado	43
Figura 19. Se simula la secuencia de minado sin tener novedades de inestabilidades relevantes	43
Figura 20. Se aprecia la altura máxima de corte que se debe de hacer para que continúe estable	44
Figura 21. Luego de rellenar y realizar el sostenimiento se vuelve a estabilizar	45
Figura 22. Parámetros actuales de transporte	51
Figura 23. Plano unifamiliar de carguío niveles 4328 - 4402 – unidad minera Pallancata.....	53
Figura 24. Área de carguío zona Pablo – Yurika techo de la unidad minera Pallancata.....	54
Figura 25. Área de carguío veta Yurika – veta Luisa de la unidad minera Pallancata.....	55
Figura 26. Área de carguío veta Virgen del Carmen de la unidad minera Pallancata.....	56
Figura 27. Diseño del Pocket en la unidad minera Pallancata	57
Figura 28. Esquema de ruta hacia la planta de relleno - desmontera – unidad minera Pallancata.....	58
Figura 29. Esquema de ruta Pocket a tolva de gruesos Selene - unidad minera Pallancata.....	60
Figura 30. Parámetros actuales de transporte	69

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo evaluar técnica y económicamente el sistema de gestión de equipos de transporte de mineral de la veta Pablo, nivel 4328 y 4402 de la unidad minera *Pallancata* de *Hochschild Mining S.A.*

Para desarrollar el trabajo de investigación se empleó el método analítico, siendo la investigación de un alcance descriptivo-explicativo. La investigación fue preexperimental, observándose los resultados de la evaluación técnica y económica del sistema de gestión de equipos de transporte de mineral en la veta Pablo nivel 4328 – 4402 y un sistema simulado *Pocket* durante el periodo 2019. La metodología para la recolección de datos fue la revisión documental y el acopio de datos correspondientes en la unidad minera. Finalmente, se concluye que la evaluación del sistema de gestión de transporte de mineral permite definir variables operacionales y de mantenimiento (utilización y disponibilidad) que mejoren el ritmo de producción en el tiempo programado en el plan de minado.

Actualmente, la unidad minera *Pallancata* cuenta con 37 unidades 8x4, de los cuales 25 pertenecen a la empresa QUICKSA, con 3 unidades en *standby* y 12 pertenecen a la empresa IESA con 2 unidades sin operadores.

La distancia entre el nivel 4354 explorador Pablo y la bocamina *Ranichico* es de 4.355 km, a la planta concentradora Selene es de 20.055 km, a la desmontera 11.010 km y a la planta de relleno cementado 11.255 km.

Las velocidades en el escenario actual son de 9 km/h con carga y 7 km/h sin carga en interior mina. Las velocidades en el escenario actual son de 20 km/h con carga y de 23 km/h sin carga en superficie. Las velocidades en el escenario propuesto (*Pocket*) son de 10 km/h con carga y 10 km/h sin carga en interior de mina. Las velocidades en el escenario propuesto (*Pocket*) son de 20 km/h con carga y de 23 km/h sin carga en superficie.

El ciclo de transporte en el escenario actual en interior de mina es de 1.20 h y en superficie es de 1.99 h, con un ciclo total de transporte de 3.19 h. El ciclo de transporte en el escenario propuesto en interior de mina es 1.06 h y en superficie es de 2 h, con un ciclo de transporte de 3.06 h.

El costo horario para ambos escenarios es de 47.70 US\$/h y el tonelaje transportado por viaje es de 29.2 t/viaje en el escenario actual y de 35 t/viaje en el escenario propuesto (superficie). El costo total de transporte de labor a tolva de la planta concentradora (Selene) en el escenario actual es de US \$ 5.21/t, y el costo total de transporte de labor a tolva de la planta concentradora (Selene) en el escenario propuesto es de US \$ 4.46/t.

El ahorro por tarifa de transporte de mineral en el escenario propuesto es de US \$ 680,881. La evaluación económica en el costo total de transporte en el plan minero de diciembre 2019 a diciembre 2020, en el escenario propuesto genera un VAN de US \$ 439,577.

El total de galones consumidos en el escenario actual es de 390,618 galones y en el escenario propuesto es de 340,809 galones. El ahorro de combustible en el escenario actual y propuesto es de 49,810 galones, considerando un costo por galón de US \$ 3.20, se genera un ahorro de US \$ 127,512 para el periodo de producción proyectado. La evaluación económica en el costo total de combustibles en el plan minero 2019-2020, en el escenario propuesto genera un VAN de US \$ 120,899.

Finalmente, la reducción de la demanda de ventilación principal en la unidad minera *Pallancata*, se redujo en un 18%, lo que representa una necesidad de 80,094 CFM.

Palabras clave: plan de minado, transporte, velocidad, tiempo, producción, optimización.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to evaluate the management system of ore transport equipment of the vein Pablo, level 4328 and 4402 of the *Pallancata* Mining Unit of Hochschild Mining S.A.

The analytical method was used to develop the research work, being the investigation of a descriptive-explanatory scope. The research was pre-experimental, which observed the results of the technical and economic evaluation of the ore transport equipment management system in the Pablo vein level 4328-4402 and a simulated Pocket system during the 2019 periods. The methodology for Data collection was the documentary review and the corresponding data collection in the Mining Unit. Finally, it is concluded that the evaluation of the ore transport management system will allow the definition of operational and maintenance variables (utilization and availability) that improve the production rate in the time programmed in the mining plan.

Currently in the *Pallancata* mining unit it has 37 8x4 units, of which 25 belong to the QUICKSA company, with 3 units in standby and 12 belong to the IESA company with 2 units without operators.

The distance between the level 4354 Pablo explorer and the *Ranichico* ridge is 4,355 km, the Selene concentrator plant is 20,055 km, the 11,010 km dismount and the 11,255 km cemented filling plant.

The speeds in the current scenario are 9 km/h with load and 7 km/h without load inside the mine. The speeds in the current scenario are 20 km / h with load and 23 km/h without surface loading. The speeds in the proposed scenario (Pocket) are 10 km/h with load and 10 km/h without load inside mine. The speeds in the proposed scenario (Pocket) are 20 km/h with load and 23 km/h without surface loading.

The transport cycle in the current indoor mine scenario is 1.20 h and on the surface it is 1.99 h, with a total transport cycle of 3.19 h. The transport cycle in

the proposed scenario in the interior mine is 1.06 h and on the surface it is 2 h, with a transport cycle of 3.06 h.

The hourly cost for both scenarios is US \$ 47.70 /h and the tonnage transported per trip is 29.2 t/trip in the current scenario and 35 t/trip in the proposed scenario (surface). The total cost of transporting work to hopper concentrator plant (Selene) in the current scenario is US \$ 5.21 /t, And the total cost of transport of work to hopper concentrator plant (Selene) in the proposed scenario is US \$ 4.46 /t.

The savings for ore transportation fee in the proposed scenario is US \$ 680,881. The economic evaluation of the total cost of transportation in the mining plan December 2019 - December 2020, in the proposed scenario generates a NPV of US \$ 439,577.

The total gallons consumed in the current scenario is 390,618 gallons and in the proposed scenario it is 340,809 gallons. The fuel savings in the current and proposed scenario is 49,810 gallons, considering a cost per gallon of US \$ 3.20, a saving of US \$ 127,512 is generated for the projected production period. The economic evaluation of the total cost of fuels in the 2019-2020 mining plan, in the proposed scenario generates a NPV of US \$ 120,899.

Finally, the reduction in the demand for main ventilation in the *Pallancata* mining unit was reduced by 18%, which represents a need of 80,094 CFM.

Keywords: mining plan, transport, speed, time, production, optimization.

INTRODUCCIÓN

El sistema de gestión de transporte de mineral en la unidad minera *Pallancata*, es de vital importancia en la estructura de costos, siendo las variables de utilización y disponibilidad de mayor incidencia en el rendimiento de los equipos de transporte.

Una de las variables que incrementa los costos operacionales en la unidad minera *Pallancata*, son los costos de minado en niveles profundos, por lo que la distancia en el sistema de transporte desde los niveles 4328 y 4402 se incrementa.

La presente tesis busca realizar un análisis técnico económico del sistema de gestión de transporte, mediante los indicadores *forecast* y ejecutado unitariamente en el transporte de mineral, expuesto en el plan de minado 2018-2019 y generar una simulación mediante un sistema de acumulación de mineral tipo *Pocket*.

Esta evaluación permitirá realizar un análisis unitario del sistema de transporte en los niveles 4328 y 4402 como puntos base de carguío y el área de planta concentradora como punto de descarga y generar comparaciones técnicas económicas en los niveles 4569-4525 donde se diseñará el *Pocket* de almacenamiento de mineral.

Las variables de distancia, gradiente y resistencia a la rodadura serán las variables que influirán en los rendimientos de transporte en estos dos puntos diseñados por el *layout* de transporte en la unidad minera *Pallancata*. Estas variables de diseño operacional, permitirán controlar el incremento de los costos de transporte.

Este análisis de variables operacionales asociados al tonelaje de mineral extraído durante los periodos 2018 y 2019 permitirán generar variables técnicas

económicas definiendo los KPI de cada área unitaria del ciclo de minado y su influencia directa e indirecta en el sistema de transporte.

Así mismo, el presente estudio permitirá ver el incremento o descenso de niveles de rentabilidad del valor presente neto del sistema de transporte, asociado al plan de producción 2018 y 2019. Los cuales, a partir del análisis de estos resultados, permitirán a la gerencia de operaciones de la unidad minera *Pallancata* generar programas de optimización y reducción de costos.

Los Autores.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Las empresas mineras en el Perú desarrollan sus actividades operacionales de acuerdo al plan de minado, de corto, mediano y largo plazo, durante el cual se establecen programas operacionales que se tiene que cumplir durante el tiempo establecido.

Este plan de minado contempla el desarrollo unitario de las distintas áreas del ciclo de minado, desde la perforación y voladura, carguío, acarreo y transporte de mineral y desmonte hacia las distintas zonas de descarga como desmontera, zona de acopio, chancadora, etc.

Siendo el costo de transporte de mineral una de las áreas más sensibles en la evaluación económica del plan de minado.

La distribución típica de costos de acarreo y transporte en la industria minera representa aproximadamente el 40%, siendo la perforación, voladura, carguío y soporte el 60%. Los equipos de acarreo y transporte contribuyen en gran medida

al incremento de costo de operación de las minas a medida que se van profundizando las operaciones. Saber cómo seleccionar, operar y mantener los camiones ayuda mucho al control de costo en minería. (1)

Este incremento de costos de transporte producto de la profundización de las labores mineras subterráneas o a tajo abierto, generan un alto grado de incertidumbre en la disminución de la productividad, por lo que se hace necesario generar programas de optimización y reducción de costos en los distintos procesos unitarios de los proyectos mineros. Poder mejorar y controlar las variables principales de operación en equipos de transporte y acarreo como la utilización, disponibilidad y vida útil operacional, permitirá identificar y gestionar programas de optimización y reducción de costos en diversas áreas unitarias operativas, para así mantener niveles de rentabilidad económica en las inversiones mineras.

Para ello, los ingenieros especializados en planificación minera, se encargan de diseñar la mejor estrategia productiva, que define los métodos de extracción, mineros, metalúrgicos y las toneladas de mineral que se va a comercializar en el tiempo, resumidas en un programa de producción minera. Su finalidad es crear conocimiento, obtener rentabilidad operativa, desarrollo sostenible y seguridad en el trabajo, a través del modelamiento y simulación numérica.

Estableciendo un conjunto de estrategias en la empresa, va a existir un comportamiento empresarial, los cuales nos van a permitir tomar decisiones eficientes durante toda la actividad productiva que se desarrolla dentro de la unidad. Además, se busca una cultura empresarial en función al diseño estratégico para que sucedan cambios en la dirección a nivel operacional, organizacional y gerencial, que nos conlleven al éxito en términos de rentabilidad.

1.1.2. Formulación del problema

Problema general

¿Cuál es el resultado de optimizar las variables técnicas y económicas en los equipos de transporte de mineral en la veta Pablo, nivel 4328-4402 de la unidad minera *Pallancata*?

Problemas específicos

- a) ¿Cómo aplicar los criterios técnicos y económicos en el uso y disponibilidad de los equipos de transporte de mineral en la veta Pablo, nivel 4328-4402 de la unidad minera *Pallancata*?
- b) ¿Cómo mejorar la productividad en el uso de equipos de acarreo y transporte de mineral en la veta Pablo, nivel 4328-4402 de la unidad minera *Pallancata*?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar una metodología para incorporar variables técnicas y económicas, para mejorar la productividad en la gestión operacional de equipos transporte de mineral en la veta Pablo, nivel 4328-4402, unidad minera *Pallancata*.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar criterios técnicos y económicos en el uso y disponibilidad de los equipos de transporte de mineral en la veta Pablo, nivel 4328-4402 de la unidad minera *Pallancata*.
- b) Determinar la mejora de la productividad en el uso de equipos de transporte de mineral en la veta Pablo, nivel 4328-4402 de la unidad minera *Pallancata*.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social - práctica

La investigación proporcionará grandes beneficios en el sector minero, como sustentar la inversión de proyectos mineros y establecer un ambiente favorable para el incremento de utilidades bajo parámetros operacionales. Otro objetivo

para desarrollar la investigación es mejorar la productividad en la gestión de las operaciones de equipos de transporte de mineral en la veta Pablo, nivel 4328-4402, unidad minera *Pallancata*.

En la actualidad, la mejora en la productividad en áreas de extracción de mineral se ha convertido en un eje fundamental dentro de la gestión de costos, ya que garantiza la estabilidad de una empresa y permite que logre sus objetivos de lineamiento corporativo en base a condiciones de mejora continua.

1.3.2. Justificación académica

La investigación generará con su desarrollo; un nuevo modelo de establecer la mejora de la productividad y de parámetros de optimización y reducción de costos en la gestión de las operaciones de transporte y acarreo, mejorando y controlando variables operacionales que inciden en el incremento de costos de transporte.

Así mismo, se buscará cumplir normas del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional, tipificado en el Decreto Supremo N.º 024-2016 E.M. y su modificatoria D.S. N.º 023-2017 EM.

Las variables a trabajar serán evaluadas para determinar su comportamiento y su relación con la otra variable a estudiar (consecuencia de logros).

1.3.3. Justificación económica

La presente investigación pretende optimizar la productividad incorporando parámetros operacionales de explotación modernas, lo cual, en términos económicos generará mayor rentabilidad con una mejora en la gestión de las operaciones de transporte de mineral y desmonte, mejorando la productividad en el área de operación mina.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Al incorporar nuevas variables técnicas y económicas en la gestión de operaciones de equipos de acarreo y transporte, de mineral y desmonte, aumenta significativamente la productividad en la veta Pablo del nivel 4328-4402 de la unidad minera *Pallancata*.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) La realización eficiente de los planes de producción en el movimiento de mineral en la veta 4328-4402, permitirá controlar las variables de productividad y eficiencia de equipos de transporte.
- b) El cumplimiento seguro y eficiente de los planes preventivos de mantenimiento en equipos de transporte de mineral en la veta Pablo del nivel 4328-4402 de la unidad minera *Pallancata*, permitirá la mejora de la productividad en equipos de transporte.

1.5. Identificación de variables

1.5.1. Variable independiente

Equipos de acarreo y transporte de mineral

1.5.2 Variable dependiente

Evaluación técnico-económica

1.6 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. *Tabla de variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Subdimensión	Indicadores
Evaluación Técnico-económica en equipos de acarreo y transporte de mineral de la veta Pablo,	Conjunto de actividades que desarrollan una metodología que permita evaluar técnica y económicamente el sistema de gestión de transporte de	Modelo operacional	Evaluación operacional	Rendimiento - utilización <i>Layout</i> transporte
		Modelo mecánico	Evaluación mecánica	Rendimiento - disponibilidad vida útil

nivel 4328-4402, unidad minera <i>Pallancata</i> a fin de optimizar dicho sistema de transporte.	mineral, para mejorar la productividad en la veta Pablo, nivel 4328-4402 bajo criterios: operacionales de utilización y disponibilidad mecánica, y diseño operacional.	Modelo económico	Evaluación plan de minado	Plan producción Opex Capex
		Modelo financiero	Evaluación financiera	NSR NPV

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

- En la tesis de pregrado *“Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C.”*. (2) El investigador tiene como objetivo general determinar los mecanismos para optimizar las operaciones unitarias de carguío y acarreo de mineral en la unidad minera *Chuco II* concluye que los indicadores de desempeño vienen a ser estrategias operativas para poder buscar los principales defectos operativos que se muestran en el desarrollo de las operaciones de minado y así estos puedan ser medidos en condiciones posteriores a la modificación del proceso.

- En la tesis de pregrado *“Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cía. minera Condestable S.A.”*. (3) El investigador tiene como objetivo general de la tesis proponer la “Guía para la optimización de flotas de acarreo en minas subterráneas”, de tal manera que esté disponible como un método práctico y rápido para adaptarse a las condiciones cambiantes de la operación y lograr el incremento de la productividad, la disminución de costos del proceso de carga y acarreo, que conlleven a obtener la mejor ratio de costo por TM – Km, concluyendo que el carguío y acarreo constituyen los componentes más gravitantes en el costo de minado de una operación minera.

- En la tesis de pregrado *“Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde,*

Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay y Pucamarca". (4) El investigador tiene como objetivo general utilizar los tipos de yacimiento que existe en Perú en lo que se refiere en la producción de metales en las minas, se va a analizar e implementar algunos ítems para optimizar y reducir el tiempo de espera de camiones de acarreo en zona de carguío y descarga en mina a tajo abierto, esta tesis sirve para cualquier mina superficial.

- En la tesis de pregrado *"Diseño y evaluación técnico-económica de un nuevo sistema de carguío y transporte para la minería de hundimiento"*. (5) El investigador tiene como objetivo general proponer una metodología para diseñar un sistema de manejo de minerales compuesta por LHD y *Panzer*, y hacer una evaluación de la productividad del equipo LHD y de la velocidad de extracción alcanzable; concluye que es posible aumentar el rendimiento medio de las palas LHD, acortando la distancia media de acarreo entre punto de extracción y punto de vaciado; lo que sugiere mediante este trabajo es traspasar, en parte, la labor de acarreo de mineral a equipos fabricados para tales fines como el *Panzer*, aprovechando así las capacidades productivas de los equipos LHD.
- En la tesis de pregrado *"Implementación de sistema de gestión para reducción de costos optimizando el desempeño por componente en equipos mineros"*. (6) El investigador tiene como objetivo general el desarrollar e implementar un sistema de gestión para mejorar el desempeño, que se encuentra bajo lo esperado, que presentan los componentes de los equipos de carguío y transporte en la minera Escondida; específicamente se busca aumentar la seguridad del operador, reducir el costo asociado al bajo desempeño por componente y mantener la continuidad de la operación, concluye que la metodología utilizada para implementar un sistema de gestión que logre reducir los costos mediante la optimización del desempeño por componente en lo equipos mineros, correspondió a la metodología Six Sigma, la cual busca

la reducción de la variabilidad del evento o falla en el sistema, en este caso en las operaciones de carguío y transporte.

- En la tesis de pregrado “*Modelo evaluativo para el cálculo de flota de equipos de carguío y transporte en compañía minera Doña Inés de Collahuasi*”. El investigador tiene como objetivo general del presente trabajo proponer un modelo de cálculo de flota de equipos mineros de carguío y transporte (palas, cargadores frontales y camiones, respectivamente) con tal de asegurar el cumplimiento del Plan de Producción Mensual generado por la Superintendencia de Planificación de Corto Plazo en la compañía minera Doña Inés de Collahuasi, concluye que la principal fortaleza del modelo de cálculo de equipos de transporte es que permite determinar la cantidad de camiones necesaria para cumplir un determinado tonelaje modelado, el cual debiera poseer una buena adherencia al planificado.

2.2. Generalidades de la mina *Pallancata*

2.2.1. Ubicación, accesibilidad y generalidades

El yacimiento de *Pallancata* se ubica aproximadamente a 520 km al sureste de Lima, en el distrito de Coronel Castañeda, provincia de Parinacochas, departamento de Ayacucho, sobre los 4200 m s.n.m. La mina Selene-Explorador, del grupo *Hochschild*, es la operación más cercana y se encuentra a 10 km al noreste.

Se accede al proyecto, vía Lima-Nazca-Puquio-Izcahuaca a través de 770 km de carretera asfaltada y de allí 45 km de trocha carrozable hasta la propiedad. El viaje dura aproximadamente 15 horas.

Tabla 2. Accesibilidad

Ruta	Kilómetros	Tiempo aproximado	Tipo de vía
Lima – Nazca – Puquio - Izcahuaca	770	13 horas	Asfaltada
Izcahuaca - Mina	45	2 horas	Trocha
Total	815	15 horas	

Fuente: elaboración propia

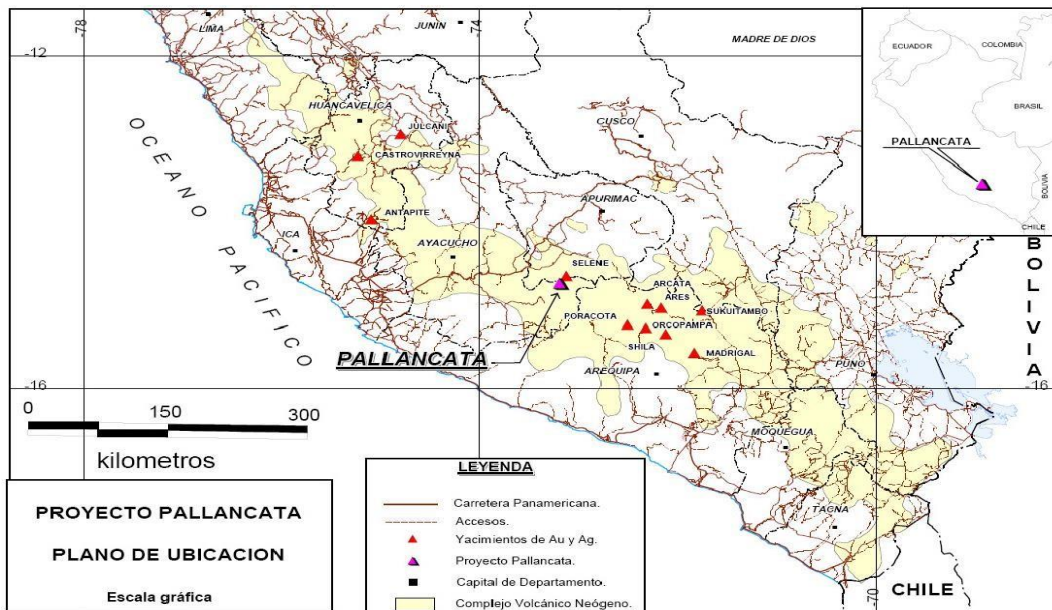


Figura 1. Ubicación de la mina
Fuente: Departamento de Geología de Hochschild Mining S.A.

2.3. Geología

La mina *Pallancata* se encuentra dentro de un distrito minero ubicado en el arco magmático miocénico del sur de los andes peruanos. Este arco se desarrolló en un margen activo (Benavides-Cáceres, 1999) como respuesta a la subducción de la placa oceánica de Nazca debajo del margen occidental de la placa continental sudamericana. La orientación de la convergencia durante el Mioceno fue en promedio de N78°E, aproximadamente, oblicua al margen andino, y la tasa de convergencia fue en promedio de 10.8 cm/año (Minster y Jordan, 1978). Este movimiento de placas ha variado en velocidad y azimut a lo largo del tiempo, dando como resultado una variación en los esfuerzos compresivos que controla la actividad magmática (Pilger, 1984). En la Figura 2 se muestra la ubicación de la mina *Pallancata* en el contexto del arco volcánico y su relación espacial con otros yacimientos similares de Ag y Au.

2.3.1. Geología regional

La unidad minera *Pallancata* se encuentra en un área de relieve topográfico constituido por colinas y lomadas redondeadas y eventuales riscos con paredes

de rocas subverticales con un extenso y llano valle, así como dispersas lagunas y restos de depósitos morrénicos que caracterizan el valle con una altura entre los 4,000 y 4,600 m s.n.m. La laguna de mayor dimensión es la laguna *Chucchurani*, siguiendo en dimensión las lagunas *Puca*, *Uchuy Puca*. La laguna de mayor influencia en el área de emplazamiento de la veta Pablo es la laguna *Pataccochoa*. Todas las lagunas pertenecen a la cuenca del río *Pallancata*.

El rasgo morfológico-estructural más importante corresponde a macizos rocosos de origen volcánico y volcanoclásticos, controlados por diversas etapas de erupción y por la fuerte erosión glaciaria que les ha afectado, traduciéndose en grandes artesas y valles glaciares.

Las unidades litoestratigráficas más representativas en el área de la mina *Pallancata* corresponden a la formación *Aniso* y a la formación *Saycata*. La formación *Aniso* está conformada por secuencias tobáceas areniscas conglomeradas de fragmentos subredondeados a subangulares de tobas y lavas andesíticas. La formación *Saycata* se caracteriza por ser una secuencia lávica de composición andesítica con coloraciones claras a oscuras con textura fluidal.

Así mismo, se localizan en forma aislada cuerpos subvolcánicos de composición dacítica de textura porfirítica con mayor contenido de cuarzo. Los subvolcánicos cortan a la formación *Aniso* y *Saycata* y probablemente en esta litología se encuentre emplazada la veta Pablo.

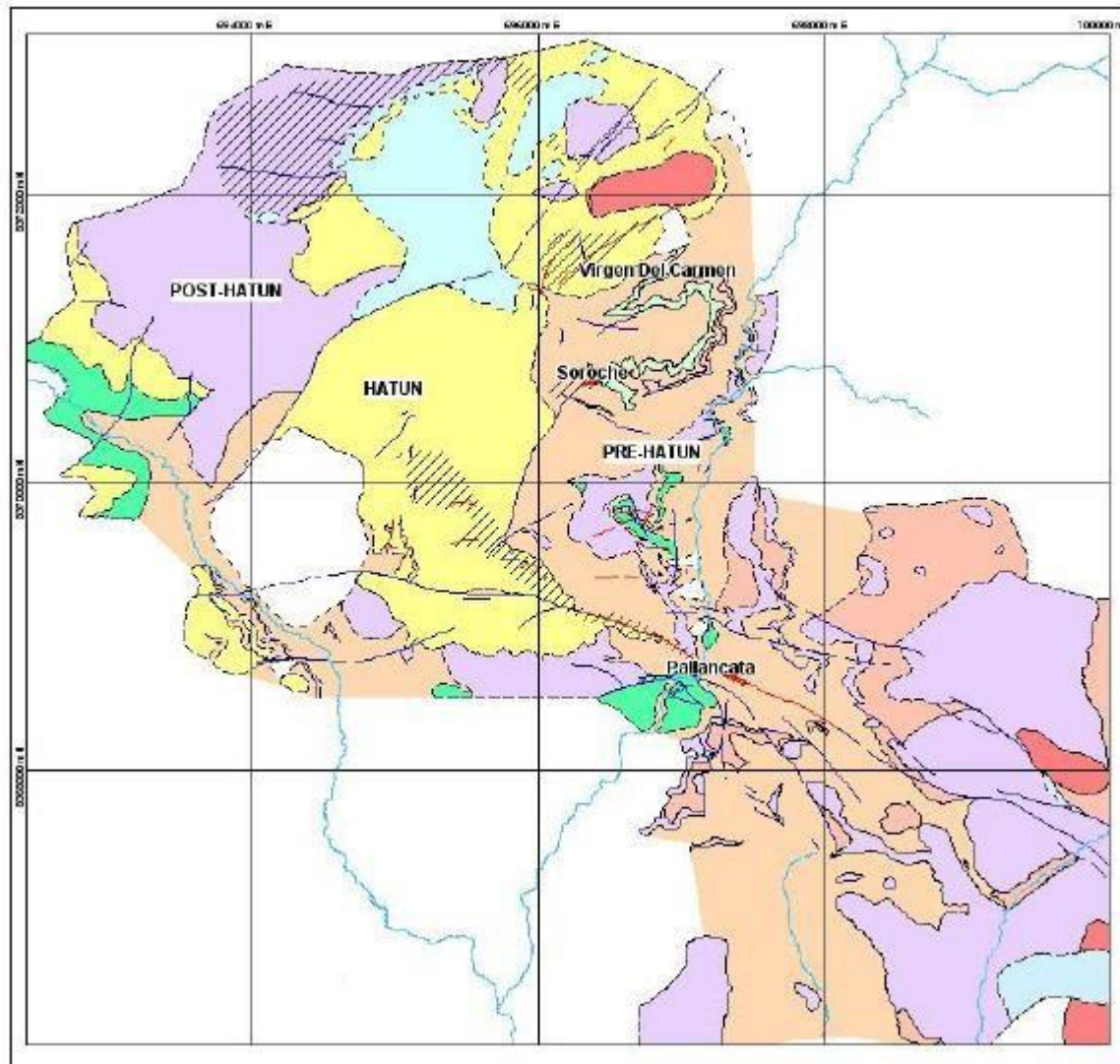


Figura 2. Geología regional de la unidad minera Pallancata.
Fuente: Departamento de Geología de Hochschild Mining S.A.

Las formaciones *Aniso* y *Saycata* y cuerpos subvolcánicos han sido afectados por las fases *Quechua 3* y *Quechua 4* (D. Dávila, 1983). La fase *Quechua 3* fue de carácter compresivo y la fase *Quechua 4* fue de carácter distensivo.

El clima del área de emplazamiento de mina *Pallancata* es frígido y desértico, el mismo que no permite el desarrollo de la vegetación y ganadería, existiendo pequeños caseríos y chozas aisladas donde se crían auquénidos y algunas ovejas.

El drenaje presenta un control litológico-estructural, ya que la dirección de los principales cursos de aguas superficiales, están controlados por los sistemas preferenciales de fractura y los cambios bruscos de orientación de estos cursos están asociados a la presencia de fallas que cortan en forma transversal el curso de los cauces.

2.3.2. Geología local

Unidades Litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas predominantes en el área de estudio de la zona Pablo Sur y alrededores se describen a continuación.

En el área afloran rocas volcánicas del mioceno, pertenecientes al grupo Tacaza.

A. Formación *Saycata*: se caracteriza por ser una secuencia lávica de andesitas gris verduscas de tonalidades oscuras a claras, con textura fluida, porfiríticas con fenocristales de feldespatos y máficos. Los análisis petrográficos indican lavas andesíticas basálticas a andesitas anfibolíticas. La pseudoestratificación tiene un azimut de 70°-90°/65°80° SE, la geomorfología de la zona muestra las secuencias eruptivas y la fuerte acción glacial, dejando como evidencia las artesas y valles glaciares.

La base de la formación *Saycata* cubre en discordancia angular a erosional a la formación *Alpabamba* en el sector de estudio y está cortada por diques de composición dacítica a andesítica.

B. Formación *Alpabamba*: constituyen afloramientos piroclástico-lapillis de composición dacítica, color gris verduzco, textura fragmental y porfítica conformada por cristaloclastos de cuarzo y plagioclasas, localmente presenta líticos y diseminación de magnética en algunos sectores.

Hacia el sur de la zona de estudio presenta intercalación de toba-ceniza de composición andesítica. La pseudoestratificación tiene dirección 120°-170°/5°20° SW.

Aparentemente, las estructuras se encuentran emplazadas en la formación *Alpabamba*.

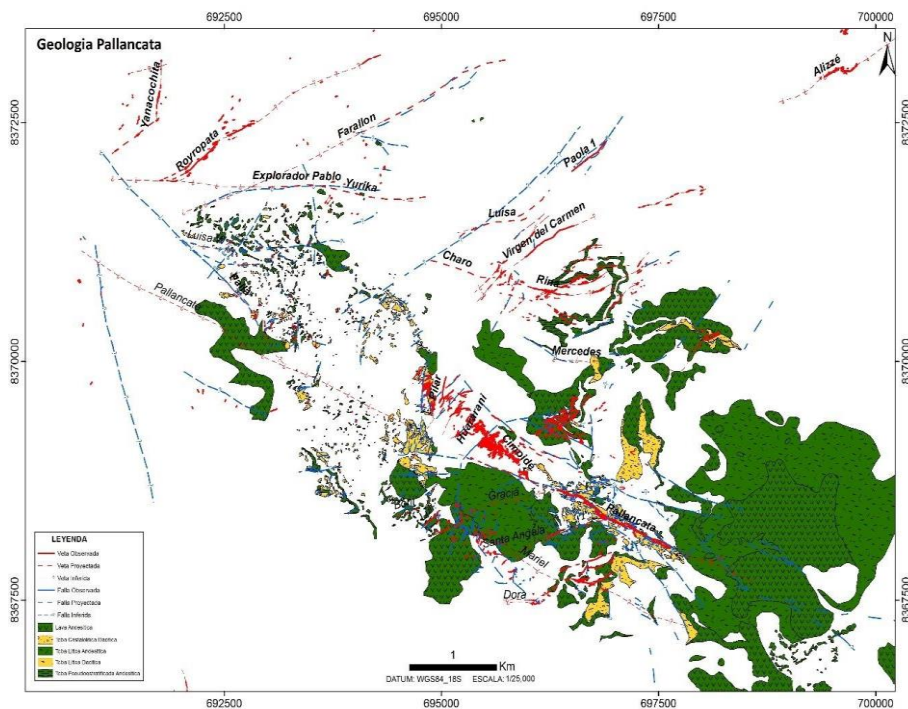


Figura 3. Geología local del área de Pallancata.
Fuente: Departamento de Geología de Hochschild Mining S.A.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	DESCRIPCION
CENOZOICO	TERCARIO	HOLOCENO	Fluvio Aluvial		Depósitos arcillas y arenas
			Fluvio Glaciar		Depósitos arcillas y limos plásticos
			Bofedal		Fango-Arcilloso, con materia orgánica
			Coluvio Glaciar		Depósitos heterogéneos con clastos.
			Morrenas		Depósitos heterogéneos con clastos y finos.
		MIO-PLIOCENO	Saycata	Flujos Andesíticos afaníticos, porfíticos con auto brecha local, color gris a gris oscuro.	
		MIOCENO MEDIO A SUPERIOR	Alpabamba	Toba-ceniza, composición andesítica, color gris-rojizo	
				Lapilli dacítica, gris verdusco, textura fragmental presenta líticos y fragmentos.	
				Lapilli Riodacítico, gris claro text. Porfíritica y fragmental.	
				Flujos andesíticos, color verdusco, textura porfíritica.	
		UNIDAD INTRUSIVA			Riolita con bandeamiento flujo
			Andesita Porfíritica, sills cuerpo sub volcánico.		

Figura 4. Subdivisión de las formaciones Alpabamba y Saycata
Fuente: Departamento de Geología de Hochschild Mining S.A.

2.3.3. Geología estructural

Se reconoce un importante control estructural en el emplazamiento de yacimientos epitermales, debido al incremento de permeabilidad causado por las fracturas cercanas a la superficie. Muchos depósitos epitermales están regionalmente asociados con estructuras volcánicas. Además, las fallas regionales comúnmente ejercen un importante control en los depósitos epitermales, posiblemente debido a que guían el emplazamiento de la fuente del calor magmático, influenciando la subsecuente actividad hidrotermal.

El yacimiento de *Pallancata* se encuentra controlado por el sistema Nor-Oeste (rumbo andino) corredor *Pallancata-Paca* estructuras de primer orden, las vetas identificadas en este sistema son las vetas *Pallancata* y *Rina-Charo* ambas de alto ángulo en buzamiento (subverticales) de cinemática sinextral-inversa.

El sistema Nor-Este (antiandino) sistema de segundo orden, pero que alberga estructuras de relleno de cuarzo tales como *Royropata*, *Yanacochita*, *Bolsa*, *Makarena* que podrían tener relación estructural con las vetas NE de la zona de Selene al norte. Se han identificado lineamientos estructurales y fallas importantes tales como la falla *Farallón*, y la prolongación *Alizzé-Virgen del Carmen*.

El sistema Este-Oeste vendría a ser de tercer orden y cronológicamente posterior al sistema NE, aunque no menos importante ya que alberga estructuras mineralizadas tales como el sistema Explorador Pablo, *Yurika*, *Yurika Piso*, *Luisa* y *Pacapausa*, este sistema habría aperturado otro sistema NE de orden inferior en donde se han emplazado estructuras menores tales como en la zona *Ranichico* se tienen a las vetas San Javier, Milagros, Rosmeri, Rina1, Luisa1.

En las figuras siguientes se muestra las principales vetas y lineamientos estructurales y un esquema estructural que explicaría la paragénesis y relación de las mismas en la zona de *Pallancata*.

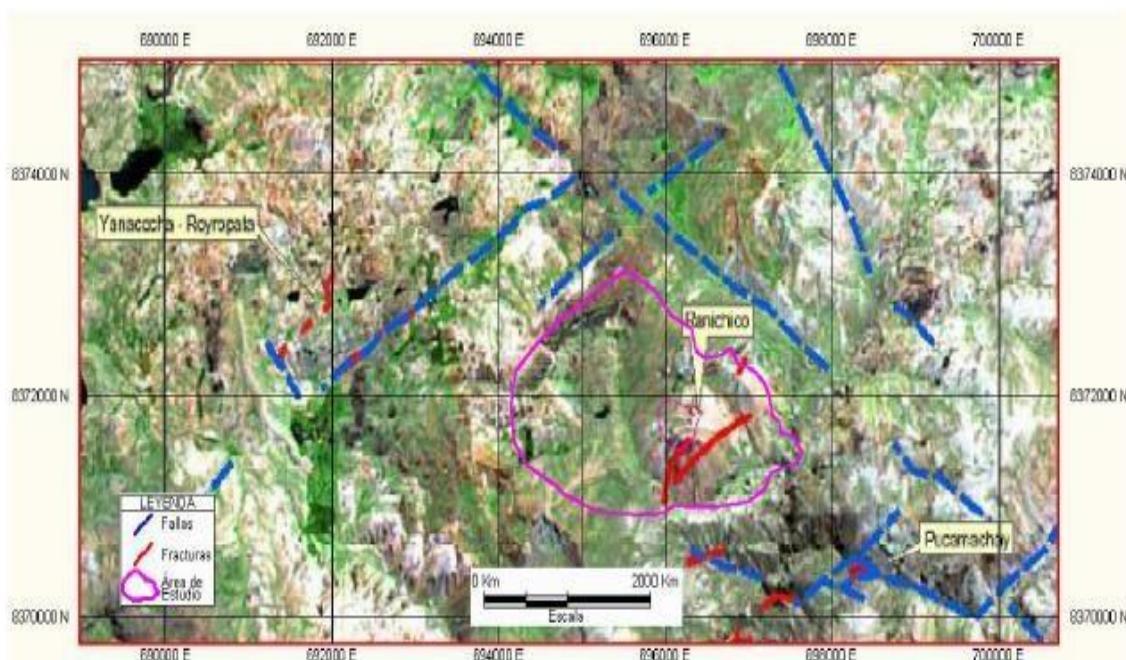


Figura 5. Plano estructural Pallancata
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

Modelo de Riedel

Estructuralmente el yacimiento de *Pallancata* puede explicarse mediante el modelo de “*Riedel Sinextral*” (Riedel, 1929). En congruencia a este modelo se tienen dos corredores principales de rumbo nor-oeste: *Pallancata* y *Paca*. Producto de la acción de los esfuerzos σ_1 y σ_3 se produce una deformación rotacional levógiro con el correspondiente desarrollo de un conjunto de estructuras características para este modelo (R, R', P y T), los cuales se interpretan de acuerdo al elipsoide de deformación infinitesimal de Cox (Cox et al, 1973).

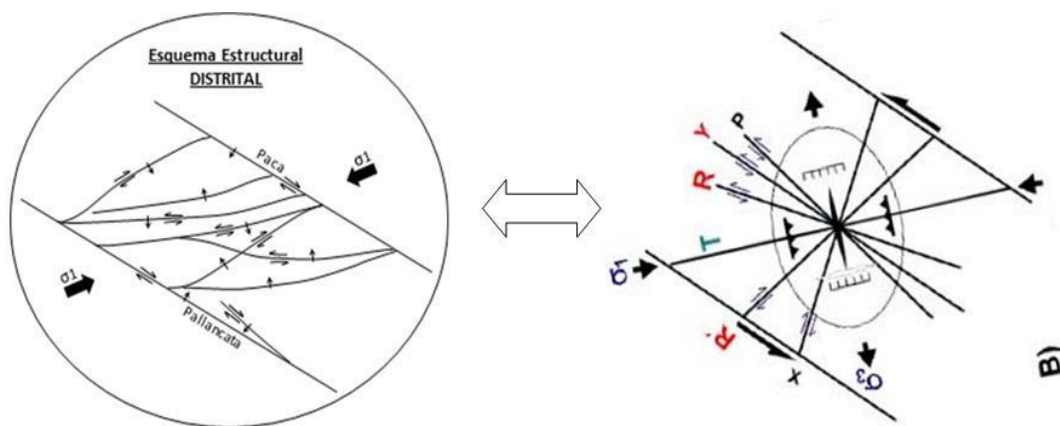


Figura 6. Modelo de Riedel Sinextral - Pallancata
Fuente: Departamento de Geología de Hochschild Mining S.A.

2.3.4. Tipo de depósito

A. Depósitos antrópicos: estos depósitos se encuentran en dos áreas: una en la parte norte de la cabecera de cuenca y la segunda en el flanco derecho del vaso, ambas al lado y debajo de la carretera que va hacia *Pallancata*. Proviene de la remoción y apilado de materiales morrénicos, probablemente con el propósito de utilizarlos en el mantenimiento de la carretera. Están constituidos por grava y cantos de naturaleza volcánica en una matriz limo-arcillosa con algo de arena, en conjunto con baja compacidad.

B. Depósitos fluvioglaciares recientes: están conformados por arcillas plásticas con algo de arena, grava fina y abundante materia orgánica. Se encuentran en los cauces de máxima inundación de los drenajes.

C. Depósitos fluvioglaciares antiguos: estos depósitos se encuentran adyacentes a los anteriores, formando terrazas más amplias, aunque discontinuas. Se caracterizan por poseer suelos orgánicos, que llegan a los 0.5 m de espesor, muy compresibles, que sobreyacen una grava fina subangulosa con arena y escasos finos, poco densos.

D. Depósitos coluviales: estos depósitos se encuentran al pie de las escarpas que forman los afloramientos de riolita. Están constituidos por clastos angulosos de riolita, entre gravas y cantos con escasa arena, en conjunto poco denso. En el extremo sureste tienen poco espesor y dejan ver pequeños afloramientos riolíticos. En la cabecera de cuenca, estos depósitos llegan a formar escombros de pie de ladera bien desarrollados, con espesores significativos.

E. Depósitos morrénicos recientes: esta unidad se encuentra en los alrededores de la laguna *Patococha*. Se caracteriza por su coloración beige blanquecina y una rala vegetación dentro de su ámbito. Da lugar a relieves suaves y laderas con baja pendiente. Sus constituyentes son principalmente grava y cantos de tobas y raramente de otro tipo litológico. La matriz es arenarcillosa. El conjunto forma un suelo compacto.

F. Depósitos morrénicos antiguos: con esta designación se ha identificado a remanentes de morrenas laterales; debido a la erosión, solamente quedan cuerpos discontinuos. Además, parte de estas morrenas estarían cubiertas por la anterior, en el fondo del valle. Están constituidos por grava y bloques de composición heterogénea de rocas volcánicas, en una matriz limoarcillosa. El conjunto es compacto y sustenta abundante vegetación de puna (*ichu*).

2.4. Diseño del método de explotación

Mediante procesos de jerarquización (convencional y numérica), de los diferentes factores que definen las condiciones naturales del yacimiento, se

definió el método o métodos de minado que podrían aplicarse a este yacimiento. Se dimensionaron desde el punto de vista geomecánico las diferentes variables mineras involucradas con los métodos de minado propuestos.

2.4.1. Método de minado

Para seleccionar el método de minado, es importante definir claramente las condiciones naturales del yacimiento, es decir factores de selección:

2.4.2. Minado longitudinal

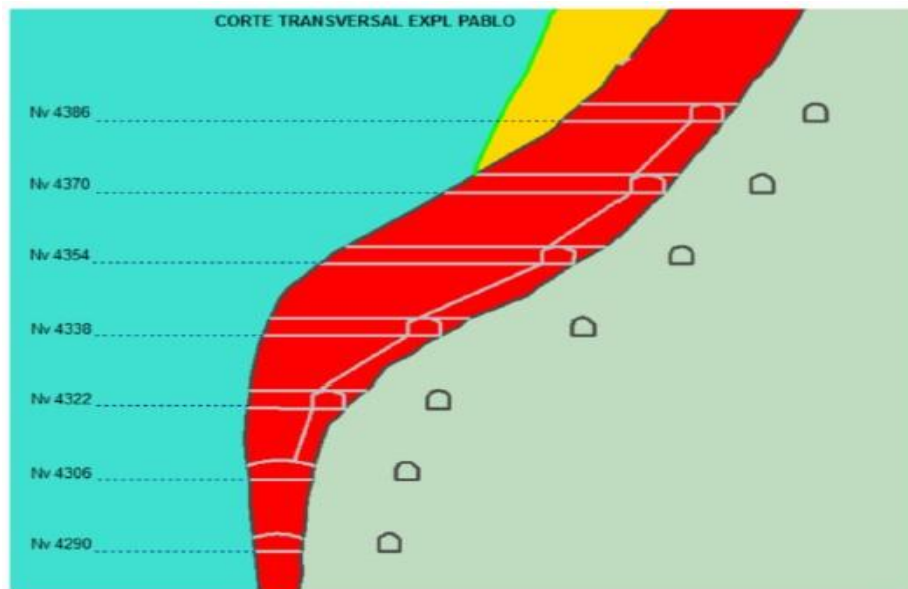


Figura 7. Esquema de simulación identificando la caja techo, piso y veta con las diferentes etapas de simulación.

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

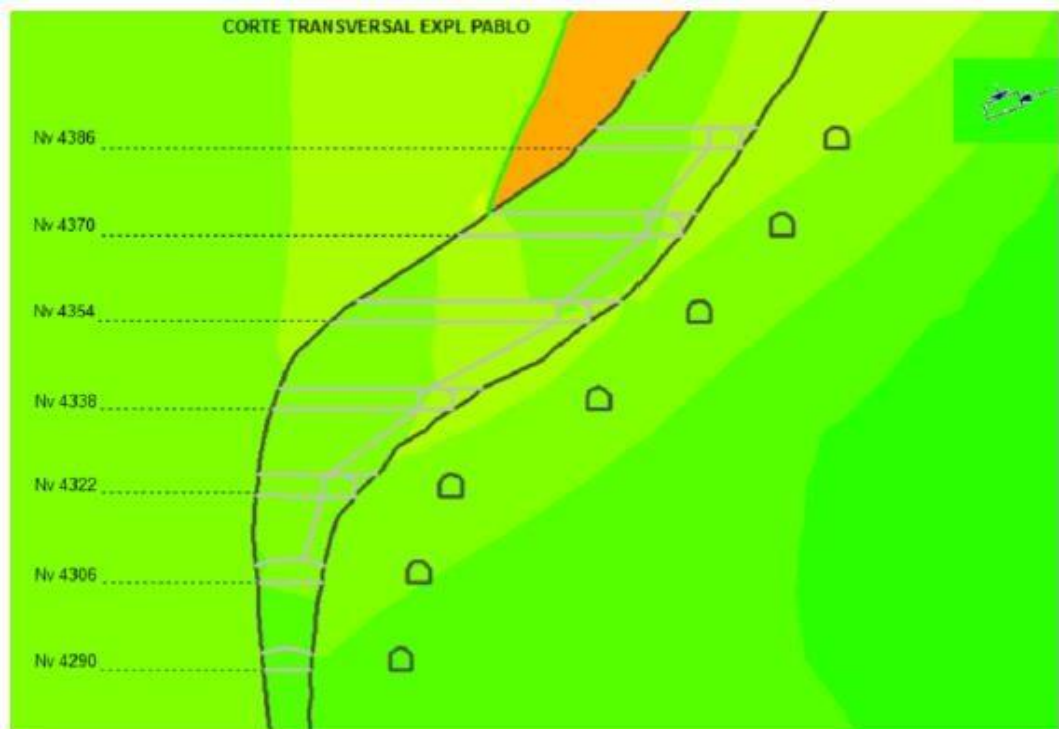


Figura 8. Primera etapa de simulación donde aún, los macizos rocosos, no están alterados sus esfuerzos
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

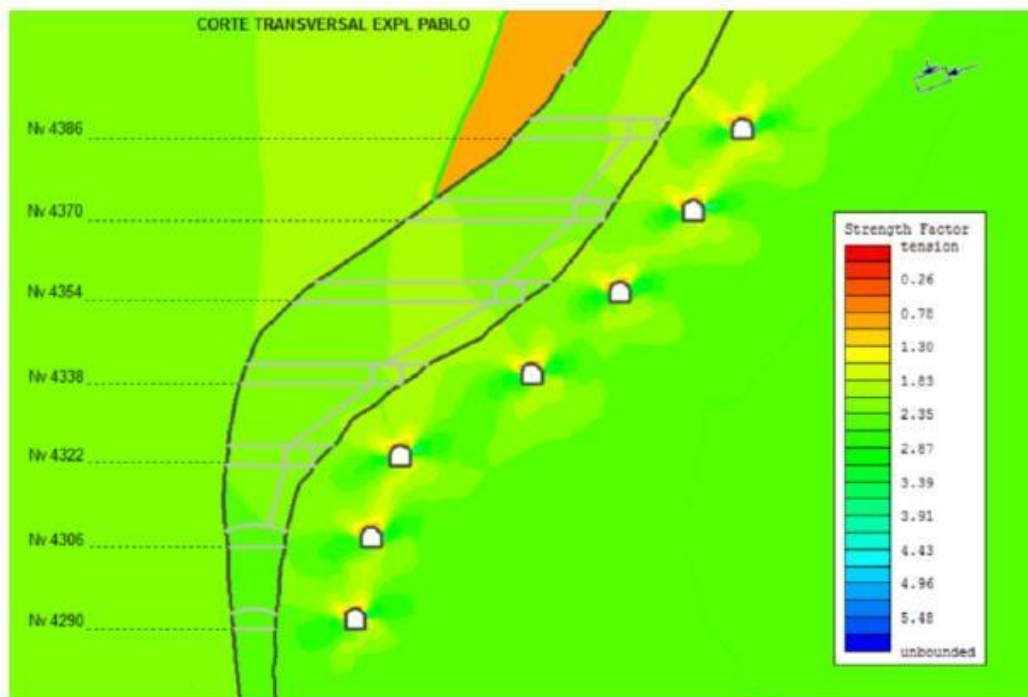


Figura 9. Segunda etapa es la apertura de los bypass para acceder a la zona mineralizada viendo que no hay inestabilidades que pudieran alterar el diseño
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

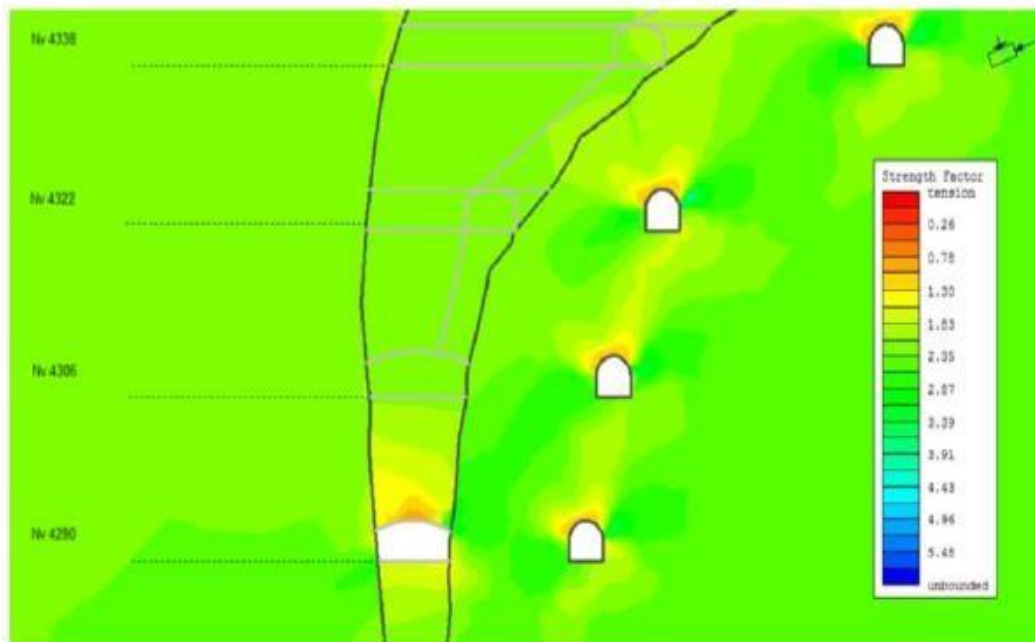


Figura 10. Tercera etapa, se inician los trabajos los trabajos de preparación de los niveles de explotación en el Nv. 4290 con el minado BF y un FS menor a 1 en la corona
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

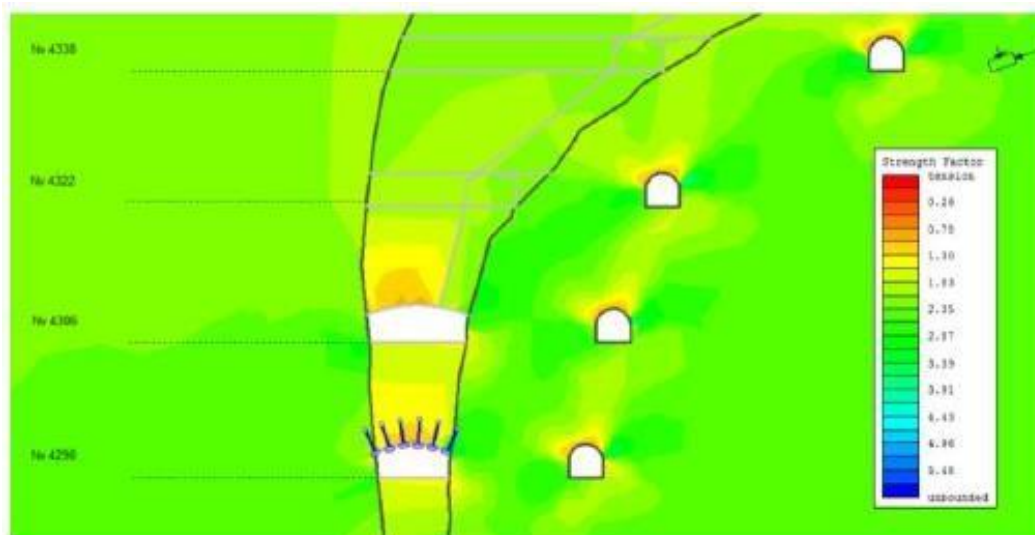


Figura 11. Cuarta etapa, se requiere un sostenimiento de perno split set de 10' espaciados a 1.5 m con malla electrosoldada de 10 cm de cocada elevándose el FS mayor 1
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

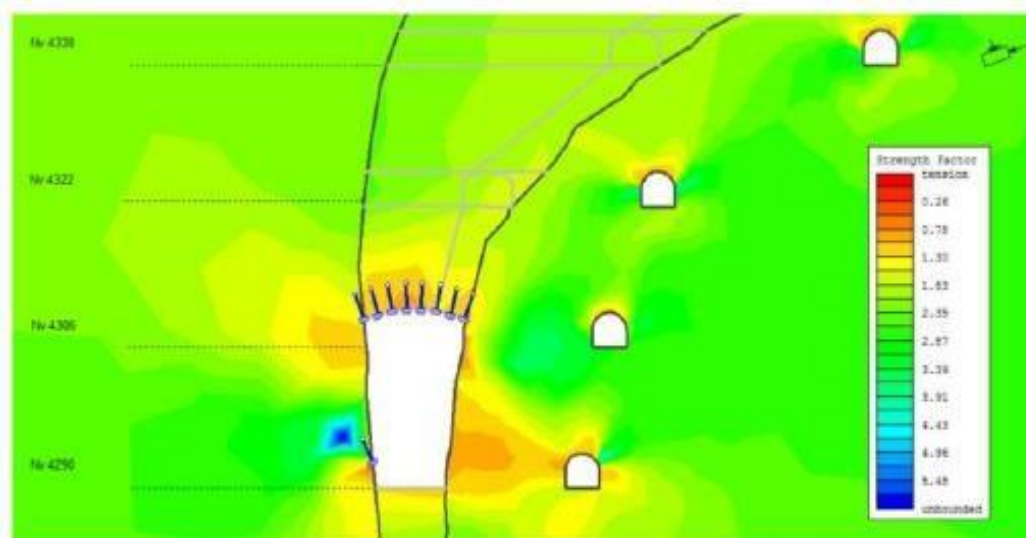


Figura 12. Quinta etapa, el mismo sostenimiento es recomendado para el nivel superior, estabilizando la preparación, luego se realiza la explotación con taladros largos generando una abertura de 20 m de alto y 12 m de ancho viendo que las paredes no presentan altas deformaciones o inestabilidades, dándonos tiempo para poder realizar el relleno detrítico

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

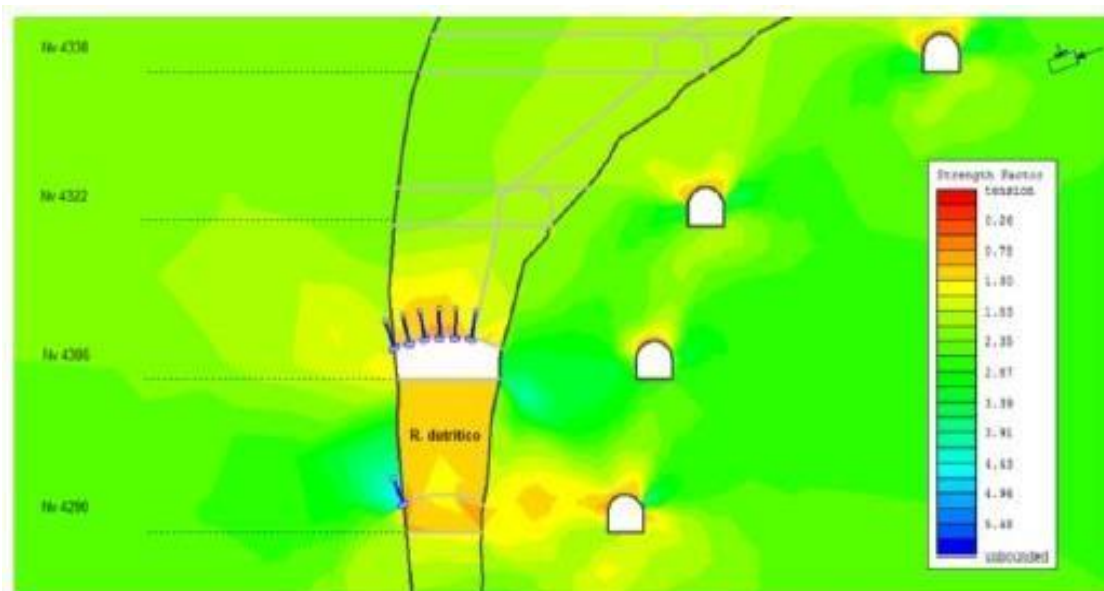


Figura 13. Sexta etapa, se puede ver que el relleno detrítico estabiliza las zonas de las paredes de la excavación del tajeo permitiendo continuar con el minado de las zonas superiores

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

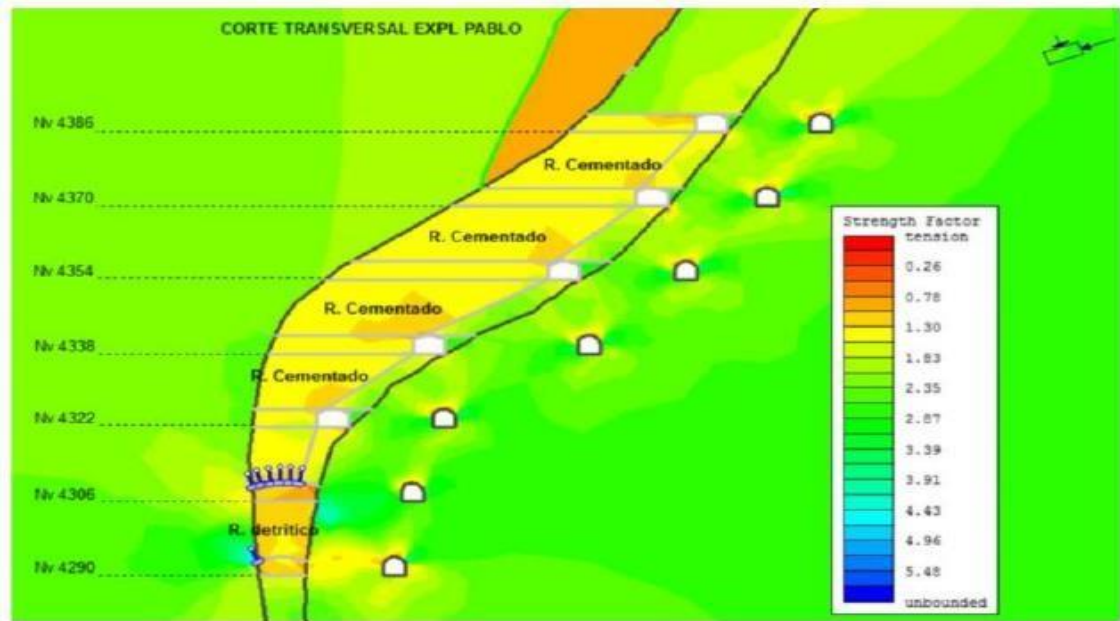


Figura 14. Séptima etapa, después de culminar el minado en forma transversal y terminado el relleno cementado, se procede de nuevo a realizar el minado BF en retirada de los accesos

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

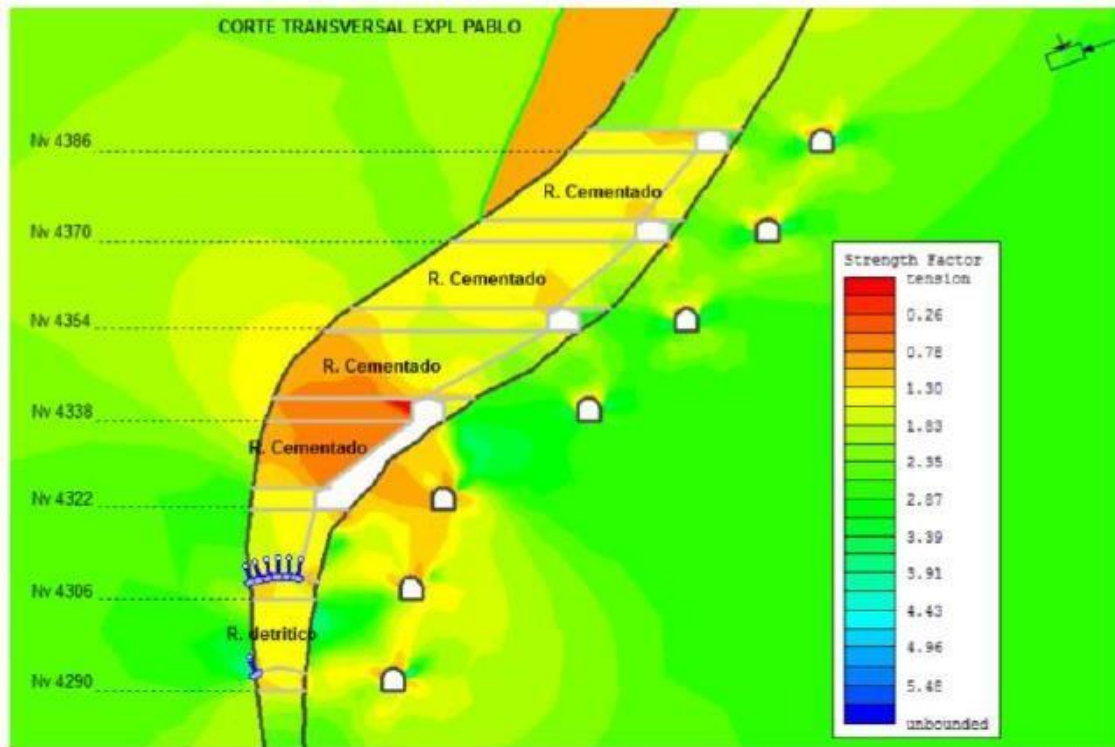


Figura 15. Octava etapa, al realizar la etapa de minado de los accesos se nota una evidente inestabilidad en la exposición del relleno cementado, teniendo altas probabilidades de contaminación del mineral por el buzamiento del mismo
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

2.4.3. Minado transversal

El minado en forma trasversal se hace en estructuras que pasen los 12 metros de ancho ya que no es recomendable realizar excavaciones mayores, puesto que podrían desestabilizar las zonas de minado, se hizo una secuencia de minado el cual favorece a la estabilidad del yacimiento, este será en forma de paneles transversales de 6 metros de ancho, y estos cruzarán todo el ancho de la veta.

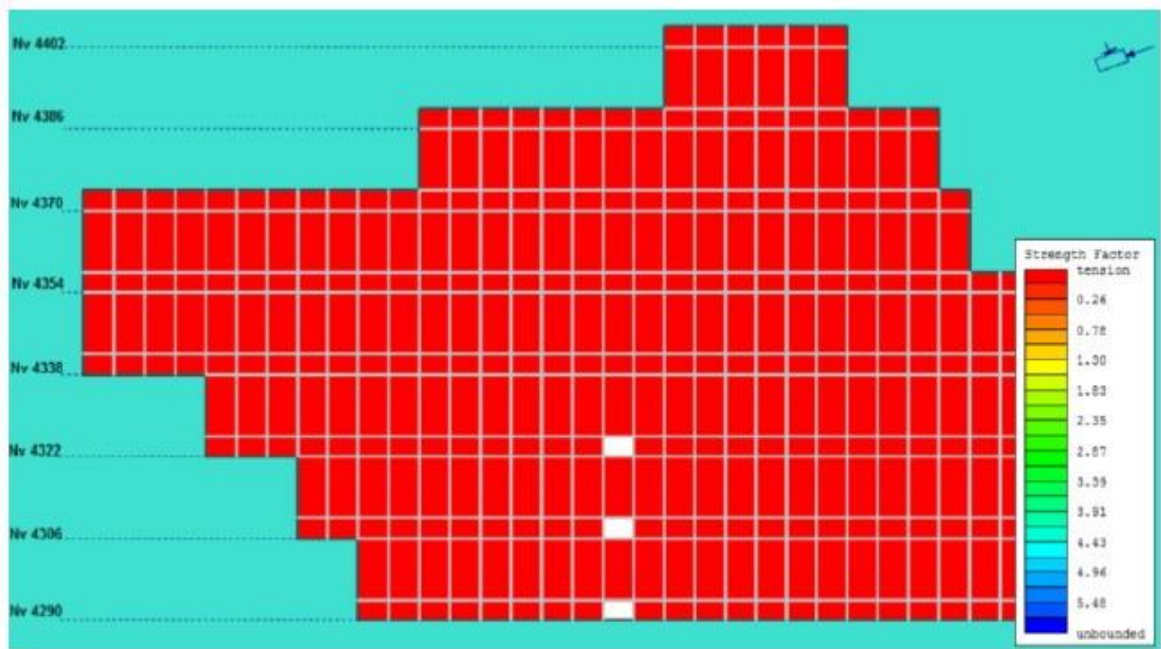


Figura 16. Esquema de simulación identificando las grillas que van a delimitar los paneles de explotación

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

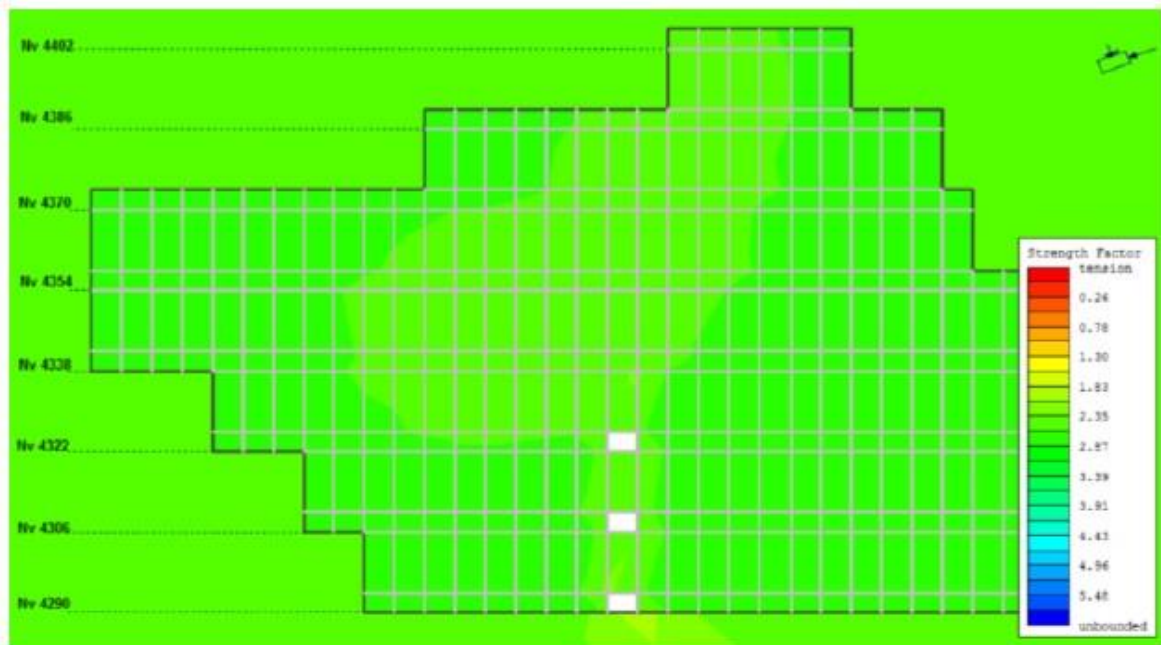


Figura 17. Se presenta en la etapa de preparación de los paneles siendo estables al realizar la excavación

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

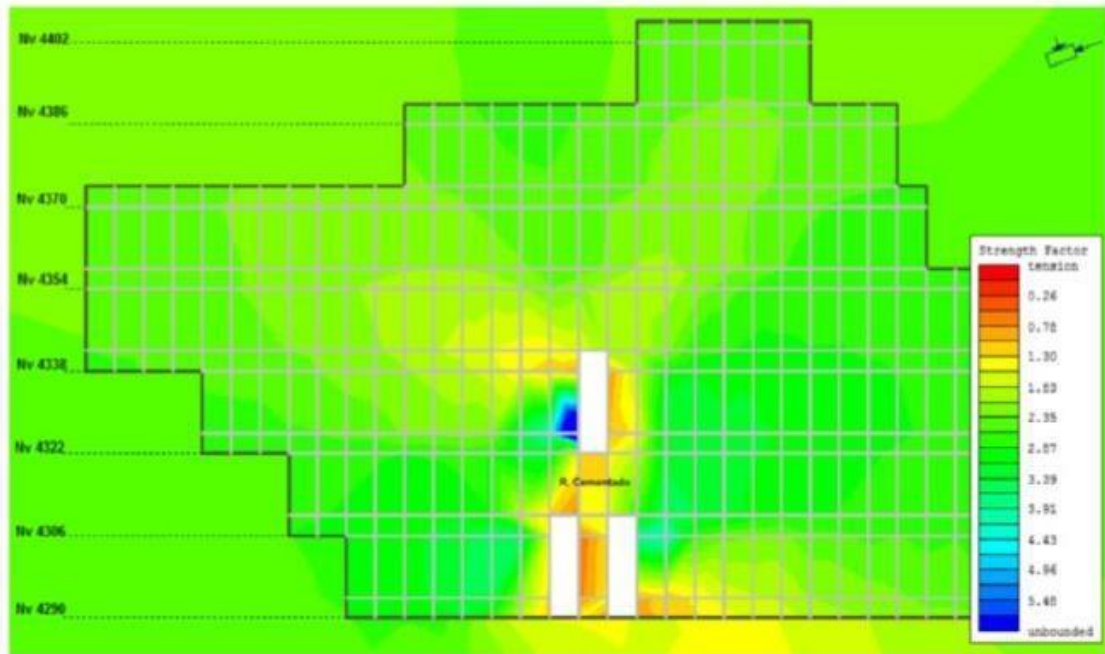


Figura 18. En las siguientes etapas se modela con diferentes aberturas siendo estable la secuencia de minado

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

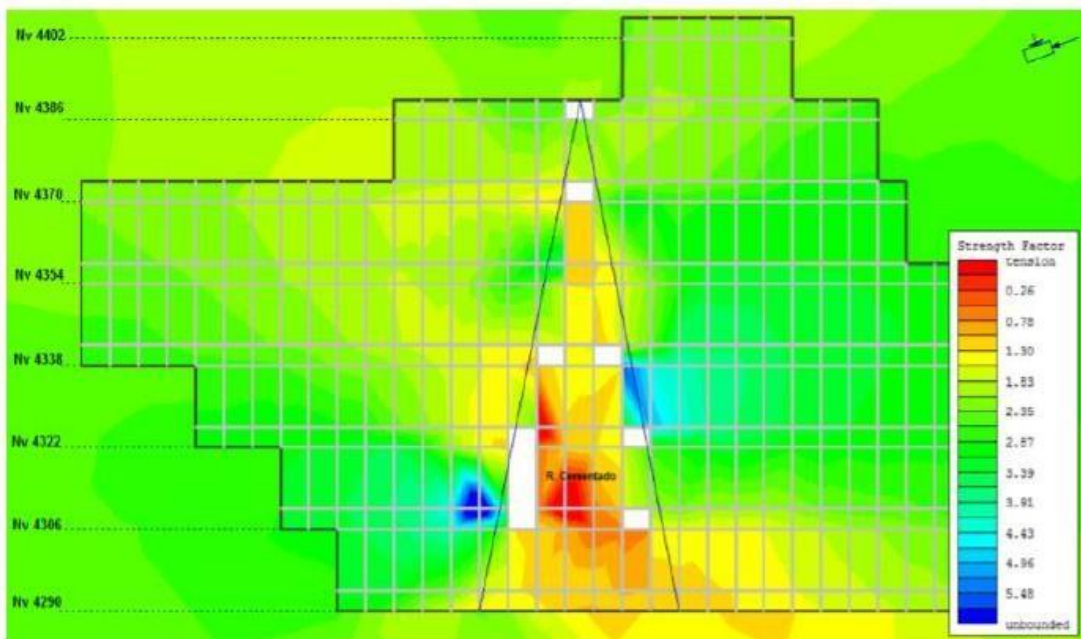


Figura 19. Se simula la secuencia de minado sin tener novedades de inestabilidades relevantes

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

2.4.4. Minado corte y relleno ascendente

Es el minado más tradicional que todos conocemos, que se va a considerar una altura de corte máximo de 5 m por el buzamiento pronunciado, y el sostenimiento va a ser con perno *splits set* de 5' con malla, el perno tendrá un espaciamiento de 1.2 m hacia la caja techo, y a la caja piso un espaciamiento de 1.5 m.

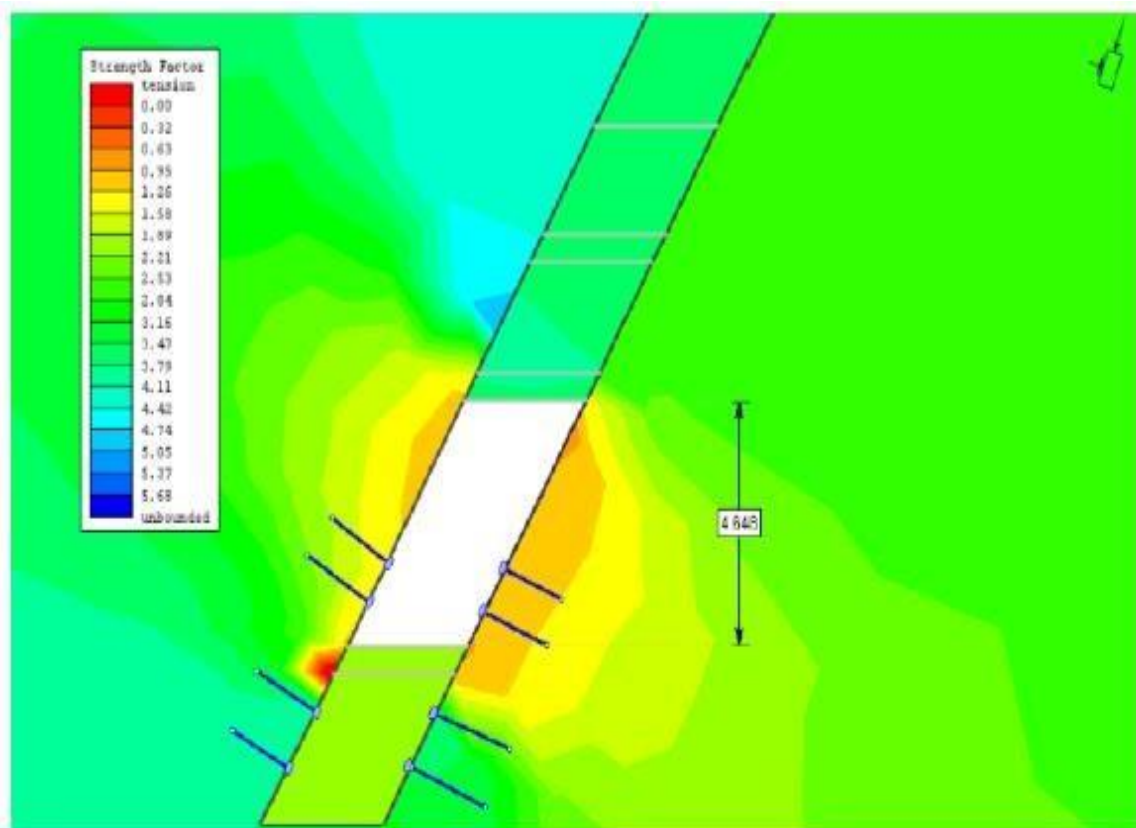


Figura 20. Se aprecia la altura máxima de corte que se debe de hacer para que continúe estable

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

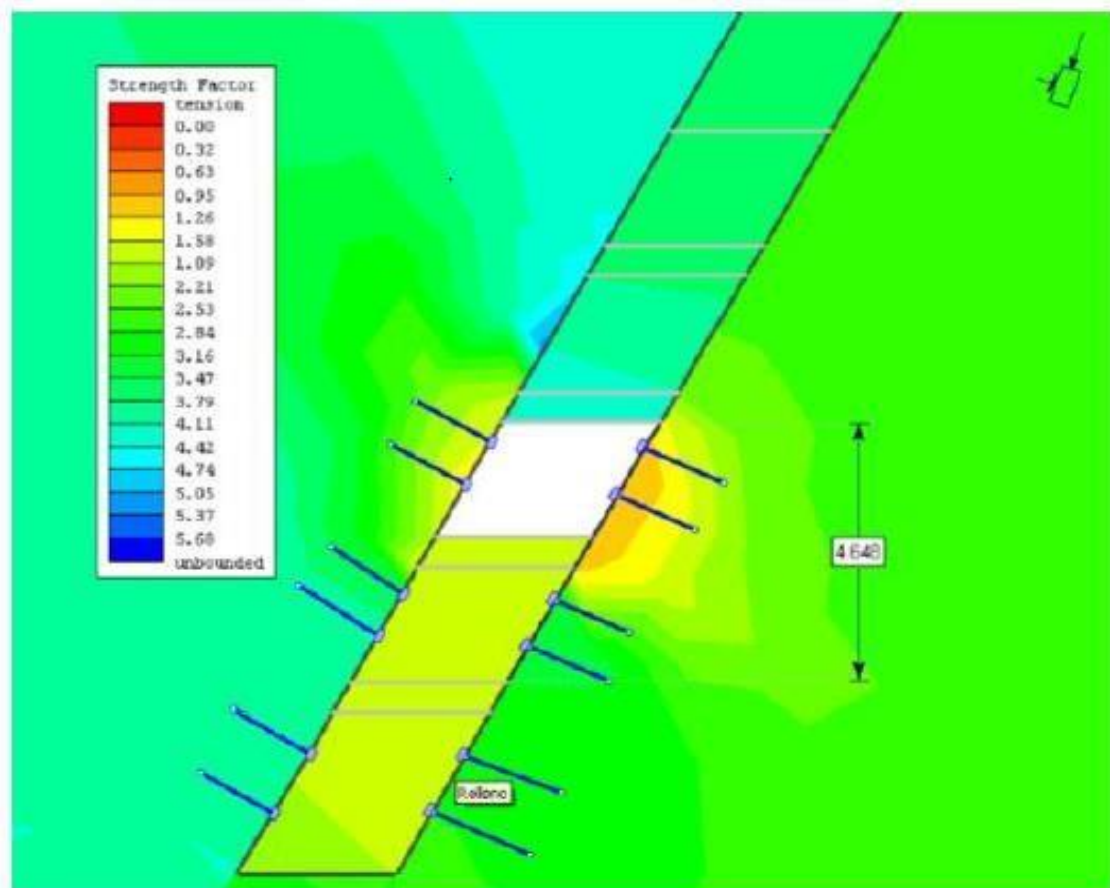


Figura 21. Luego de rellenar y realizar el sostenimiento se vuelve a estabilizar
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

2.5. Bases teóricas del estudio

La presente tesis propone realizar una evaluación técnica económica del sistema de gestión actual de transporte de mineral entre los niveles 4328-4402 y un nuevo sistema de carguío denominado *Pocket* entre los niveles 4569-4525, definiendo distancias, tiempos y número de flota requerida.

2.5.1. Reservas minerales

Las reservas minerales de la unidad operativa *Pallancata* están basadas en cálculos semestrales a partir de los recursos geológicos reportados producto de las nuevas exploraciones, clasificados principalmente en minerales y precios, obteniéndose como producto final concentrados de Ag.

Tabla 3. Reservas minerales de la unidad minera Pallancata

RESUMEN CALCULO RESERVAS AL 25.06.2018 : "UNIDAD PALLANCATA"									
Descripción	Tonn (t)	Valor_Min US\$/t	Leyes			Potencia Ore (m)	Finos Onzas AgEq.	Dilución (%)	Inc. (%)
			Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag Eq.(g/t)				
RECURSOS (ERM)									
Recursos Medidos	1,642,856	243	432	1.76	563	5.8	29,722,070		72.7%
Recursos Indicados	615,405	205	362	1.52	475	3.5	9,402,436		27.3%
Total Recursos	2,258,261	233	413	1.70	539	5.2	39,124,506		100.0%
Total Recursos Delimitados	2,515,987	201	357	1.47	465	7.0	37,634,305		111.4%
Recursos (Med.+Ind.)	2,515,987	201	357	1.47	465	7.0	37,634,305		100.0%
Recursos (Inf.)	0	0	0	0.00	0	0.0	0		0.0%
Recursos Eval. Reservas	2,515,987	201	357	1.47	465	7.0	37,634,305		111.4%
(-) Inaccesibles (Eva_Econ)	800,076	183	316	1.45	423	1.7	10,890,376		31.8%
(-) Poligonos_Rec(Ind)	26,904	341	637	2.05	789	1.3	682,433		1.1%
(-) Puentes, Costra (diseño)	147,626	234	389	2.08	543	1.7	2,576,202		5.9%
(-) Pérdida (operación)	64,208	203	369	1.36	469	10.4	968,921		2.6%
(-) No económicos	16,804	77	131	0.62	177	5.4	95,775		0.7%
Recursos en Reservas	1,460,369	206	373	1.42	478	10.4	22,420,599		58.0%
TOTAL RESERVAS	1,784,081	169	304.94	1.16	391	10.4	22,420,599	22.2%	100.0%
Reservas: Valor Económico									
Económicas	1,281,504	209	379	1.43	485	9.3	19,966,613	21.2%	71.8%
Marginales	502,577	66	117	0.47	152	13.5	2,453,986	24.7%	28.2%
Reservas: Por Certeza									
Probadas	1,389,493	170	308	1.17	394	11.0	17,623,536	20.7%	77.9%
Probables	394,589	163	293	1.15	378	8.3	4,797,063	27.6%	22.1%
Reservas: Por Extracción									
Explotación	1,487,285	177	320	1.22	410	10.0	19,628,142	21.5%	83.4%
Desquiches (TL_L)									
Subniveles / Galerías	45,773	330	330	0.84	393	6.2	578,250	28.1%	2.6%
Cruceros (TL_T)	251,024	117	212	0.79	270	14.1	2,178,824	25.0%	14.1%

Fuente: Departamento de Geología de Hochschild Mining S.A.

2.5.2. Transporte

El transporte se realiza por medio de volquetes desde el interior de mina hacia la planta concentradora en las canchas de almacenamiento de mineral y, si es desmonte, en la desmontera acumulados previa indicación del controlador para que luego de depositado se realice la conformación de taludes, conforme a lo establecido por el área de geomecánica.

Para los controles, en el transporte se usan tolvas de protección a fin de evitar polución producto del viento. Así mismo, el uso de cisternas constantemente permite controlar el polvo de las vías.

Para mayor seguridad los conductores constantemente están haciendo uso de radio comunicación y las vías están completamente señalizadas, ubicándose rompemuelleres en ciertas zonas estratégicas para que los vehículos reduzcan la velocidad.

Tabla 4. Cuadro de distancias entre puntos de carguío y puntos de descarga – unidad minera Pallancata

ORIGEN	Nv.4354 EXP. PABLO (m)	BOCAMINA RANICHICO (m)	SELENE (m)	DESMONTERA (m)	PLANTA RELLENO CEMENTADO (m)	RB 02 EXPLORADOR
Nv.4354 EXP. PABLO (KM)	0	4,355	20,055	11,010	11,255	9,125
BOCAMINA RANICHICO (KM)	4,355	0	15,700	6,655	6,900	4,770
SELENE (KM)	20,055	15,700	0	22,355	22,600	17,770
DESMONTERA (KM)	11,010	6,655	22,355	0	2,780	7,815
PLANTA RELLENO CEMENTADO (KM)	11,255	6,900	22,600	2,780	0	8,050
RB 02 EXPLORADOR PABLO	9,125	4,770	17,770	7,815	8,050	0

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

Para un mejor control del descenso de la productividad producto del incremento de las distancias de transporte y su consecuente incremento de costo de transporte, se definieron las velocidades mínimas y máximas con carga y sin carga en la unidad minera *Pallancata*.

Tabla 5. Cuadro de velocidades de volquete – unidad minera *Pallancata*

Cargado	Velocidad Volquete Interior Mina (km/h)	10 a 15
	Velocidad Volquete Superficie (km/h)	25 a 30
Vacío	Velocidad Volquete Interior Mina (km/h)	15 a 20
	Velocidad Volquete Superficie (km/h)	30 a 45

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

2.5.3. Flota de volquete *Pallancata*

El total de volquetes en operación de la unidad minera *Pallancata* es de 37 unidades, de los cuales 25 pertenecen a la empresa Quicksa, con 3 unidades en *standby* y 12 pertenecen a la empresa IESA con 2 unidades sin operadores.

Actualmente contamos con una flota de 37 volquetes de 8x4 de una capacidad de transporte de 29.2 t/viaje. La presente tesis propone generar la evaluación técnica económica del sistema de gestión de transporte actual entre los niveles 4328-4402, con una propuesta de diseño de *Pocket*, como parte de la mejora de optimización y reducción de costos entre los puntos de carguío y de descarga.

Tabla 6. Flota de volquete – unidad minera Pallancata

EMPRESA	SUB CONT.	VOLQUETE	PLACA	MODELO	SITUACION
QUICKSA		Q-54	ANE-921	8x4	STANBY
QUICKSA		Q-55	ANF-844	8x4	STANBY
QUICKSA		Q-56	ANF- 825	8x4	STANBY
QUICKSA		Q-57	AST- 830	8x4	OP.
QUICKSA		Q-58	AST- 793	8x4	OP.
QUICKSA		Q-59	ASU-932	8x4	OP.
QUICKSA		Q-60	AST-768	8x4	OP.
QUICKSA		Q-61	ASU-820	8x4	OP.
QUICKSA		Q-62	ASU-854	8x4	OP.
QUICKSA		Q-63	AST-808	8x4	OP.
QUICKSA		Q-64	AST-856	8x4	OP.
QUICKSA		Q-65	ASU824	8x4	OP.
QUICKSA		Q-66	ASU834	8x4	OP.
QUICKSA		Q-67	ASY- 875	8x4	OP.
QUICKSA		Q-68	ASZ- 770	8x4	OP.
QUICKSA		Q-73	AXK- 872	8x4	OP.
QUICKSA		Q-74	AXK- 832	8x4	OP.
QUICKSA		Q-75	AXL- 729	8x4	OP.
QUICKSA		Q-76	AXK- 948	8x4	OP.
QUICKSA		Q-77	AXK- 843	8x4	OP.
QUICKSA		Q-78	AXY- 700	8x4	OP.
QUICKSA		Q-79	AXX- 775	8x4	OP.
QUICKSA		Q-80	AYQ- 927	8x4	OP.
QUICKSA		Q-81	AYQ- 881	8x4	OP.
QUICKSA		Q-82	AYQ- 769	8x4	OP.
QUICKSA		Q-83	AYQ- 801	8x4	OP.
QUICKSA		Q-84	AYQ- 819	8x4	OP.
QUICKSA		Q-85	AYR- 791	8x4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV- 080	F4D- 893	6X4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV- 081	ALM- 906	6X4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV- 082	AXS- 814	6X4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV- 083	F9E- 792	6X4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV- 084	F4C- 944	6X4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV- 085	AUP- 728	6X4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV- 087	AYY- 771	6X4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV- 089	AYH- 810	6X4	OP.
IESA	Transportes y Construccio	ICV- 088	AVE- 715	6X4	OP.
IESA	Multiservicios YACU	ICV- 090	AYB- 889	6X4	OP.
IESA	Multiservicios YACU	ICV- 091	V7J- 835	6X4	OP.
IESA	Multiservicios YACU	ICV- 092	V9G- 778	6X4	OP.
IESA	HP SANTA ROSA	ICV- 93	AHG- 895	6X4	OP.
IESA	HP SANTA ROSA	ICV- 94	AYX- 809	6X4	OP.

Total de volquetes en operación

Quicksa	25
IESA	12

Total **37**

*** IESA no tiene destinado Stand by, pero cuenta con dos volquetes sin operadores**

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

2.5.4. Parámetros actuales de transporte

El plan de minado propone ampliar la capacidad de volquetes de 8x4 a su capacidad nominal de 35 t para el transporte de mineral en la ruta de superficie (bocamina a planta de tratamiento Selene), con la utilización de un *Pocket* en interior de mina como zona de transferencia, entre los niveles 4328-4402.

Este plan de minado propone:

Reducción de costos en transporte de Mineral por optimización de parámetros operativos en transporte y reducción de flota.

Reducción en la demanda de ventilación principal.



Figura 22. Parámetros actuales de transporte
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

2.5.5. Área de carguío actual

Las características actuales de la ubicación de carguío en la unidad minera *Pallancata* se detalla en el siguiente perfil, considerando las distancias de transporte en la zona Pablo, Yurika Techo, veta Yurika, veta Luisa y veta Virgen del Carmen, entre los niveles 4328-4402.

Tabla 7. Distancia de carguío actual a bocamina

ZONA	PTO DE CARGUIO	TRAMO	DISTANCIA (m)	GRADIENTE (%)	OBSERVACIONES
Zona Pablo	19	19 - 18	250	1	Labor Horizontal
Yurika Techo	18	18 - 17	450	-12	Rampa
Yurika Techo	17	17 - 15	330	-12	Rampa
Veta Yurika	15	15 - 16	250	1	Labor Horizontal
Veta Yurika	16	16-Nov	297	-12	Rampa
Veta Yurika	11	11-Oct	250	-12	Rampa
Charo	10	10-Ago	288	1	Labor Horizontal
Veta Julisa	8	08-Mar	350	-12	Rampa
Veta Julisa	3	03-Feb	300	-12	Rampa
Veta Virgen del Carmen	2	02-Ene	250	1	Labor Horizontal
Veta Virgen del Carmen	1	1 - BM	250	1	Labor Horizontal
Total		BM - 19	3265		

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

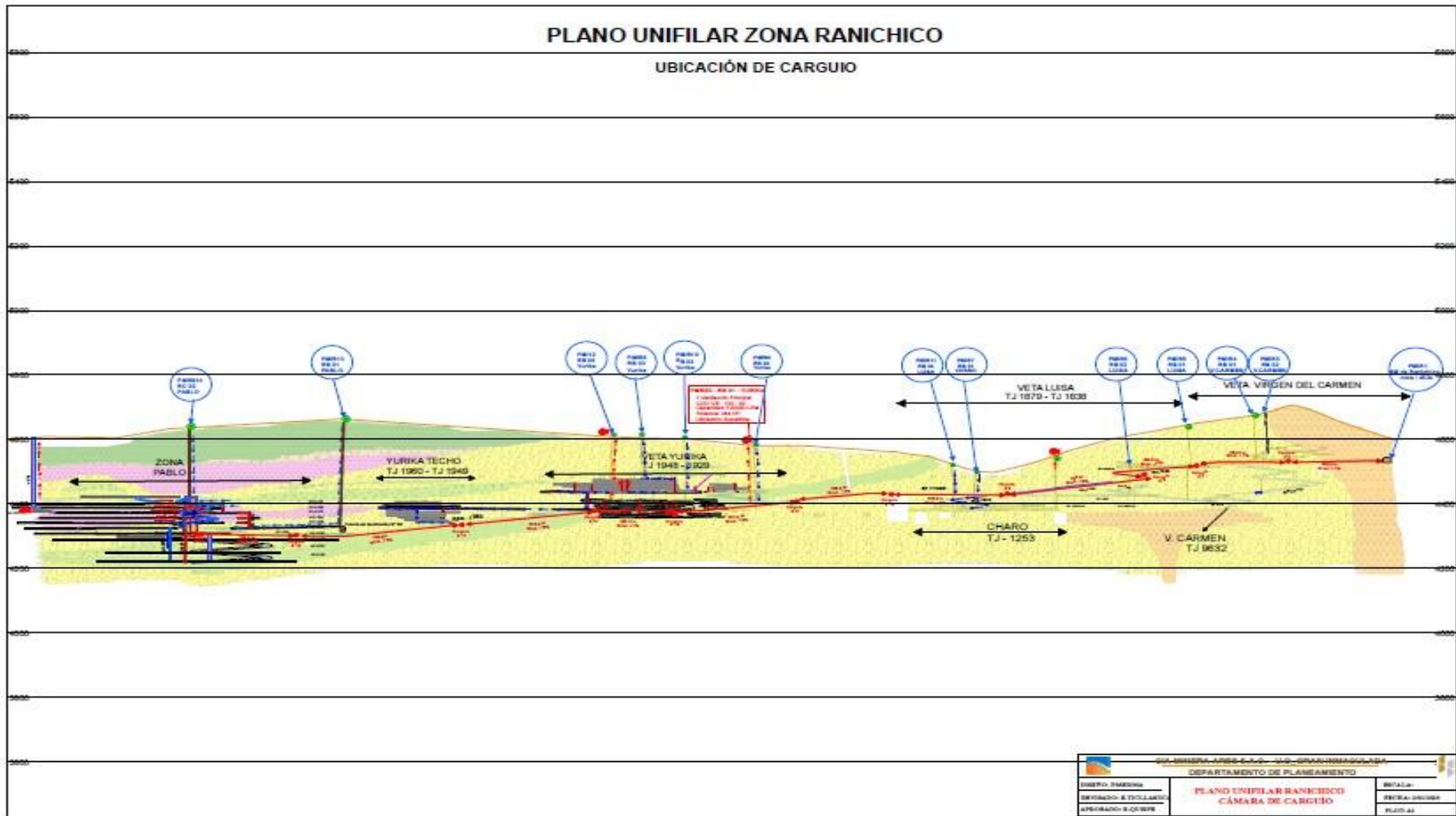


Figura 23. Plano unifamiliar de carguío niveles 4328 - 4402 – unidad minera Pallancata
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

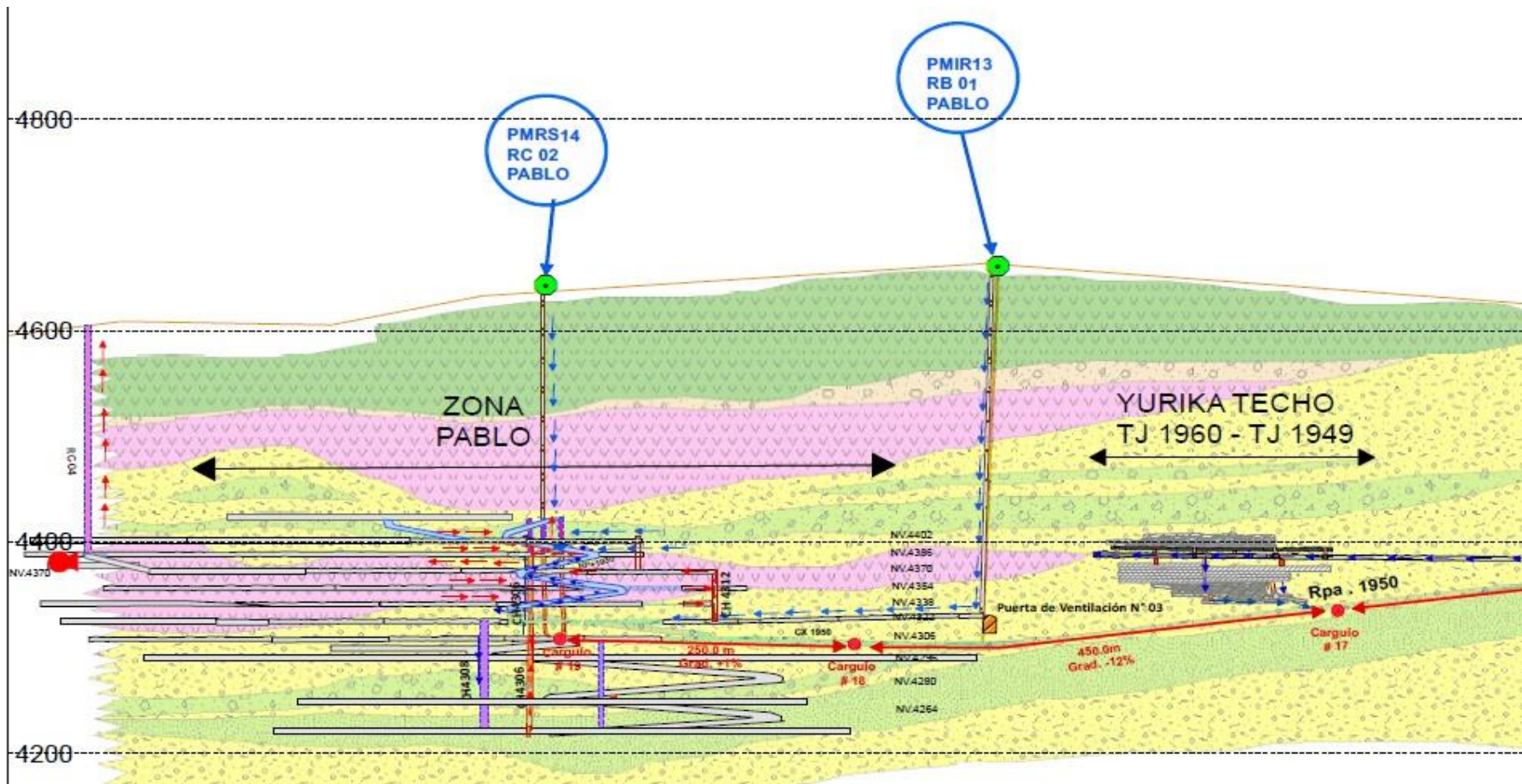


Figura 24. Área de carguío zona Pablo – Yurika techo de la unidad minera Pallancata
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

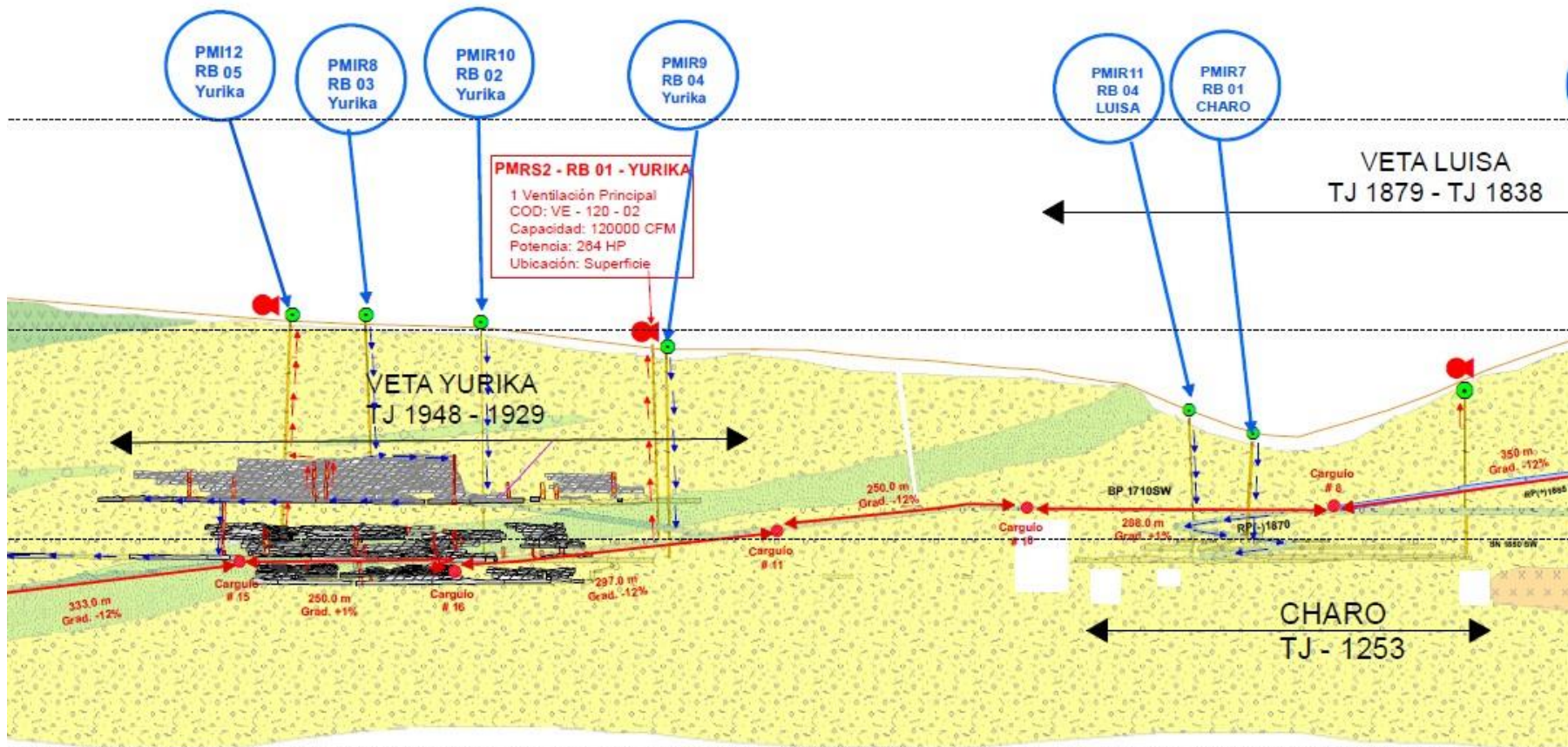


Figura 25. Área de carguío veta Yurika – veta Luisa de la unidad minera Pallancata
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

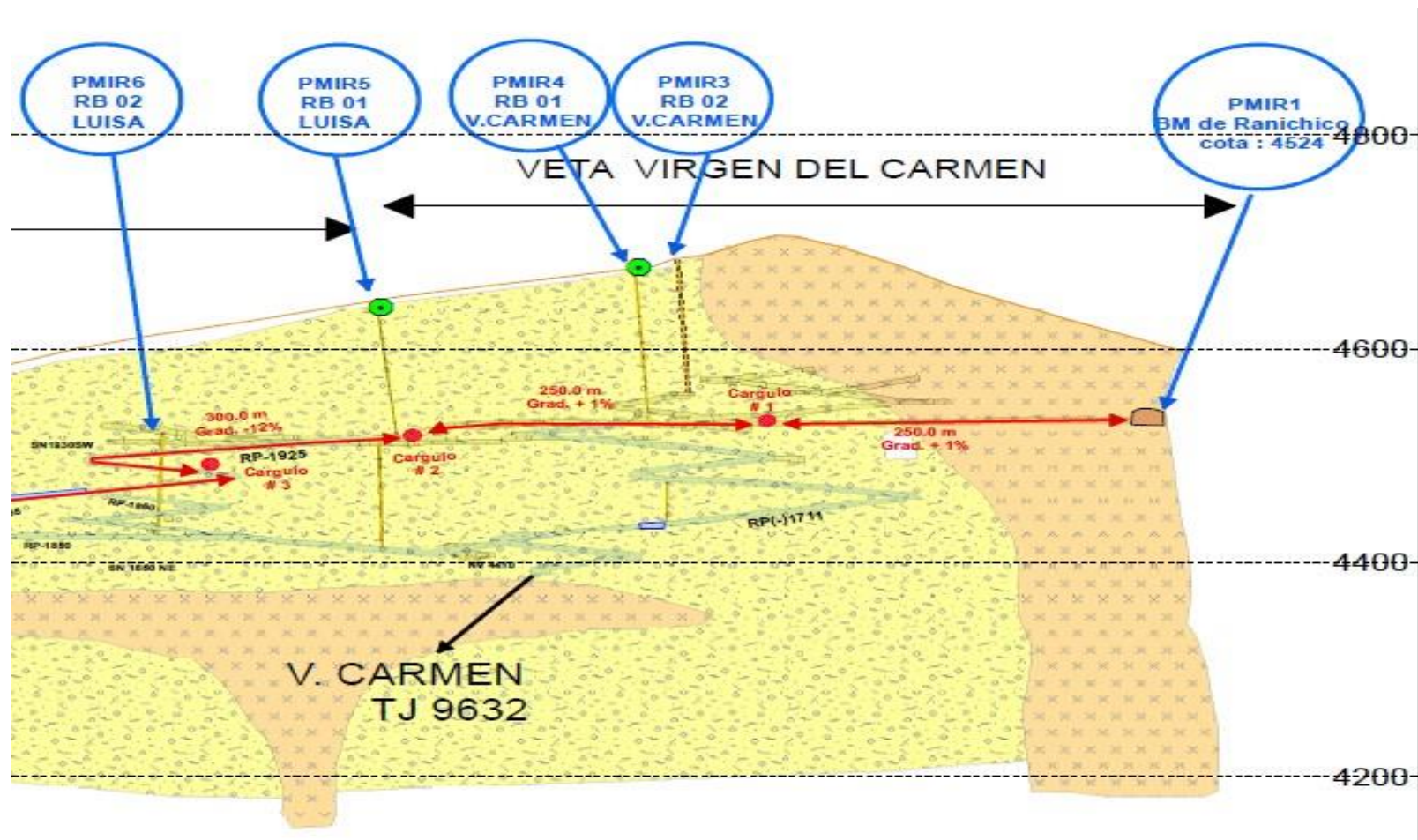


Figura 26. Área de carguío veta Virgen del Carmen de la unidad minera Pallancata
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

2.5.6. Proyecto simulación *Pocket*

En base a las características de transporte actual queda por implementar un sistema de almacenamiento de mineral mediante el diseño de un *Pocket* entre el nivel de descarga Nv. 4569 y el nivel de extracción Nv. 4525, con el objetivo de reducir los costos de transporte y reducción de flota y reducción en la demanda de ventilación principal, el cual remplazaría el sistema de gestión de transporte actual entre los niveles 4328-4402.

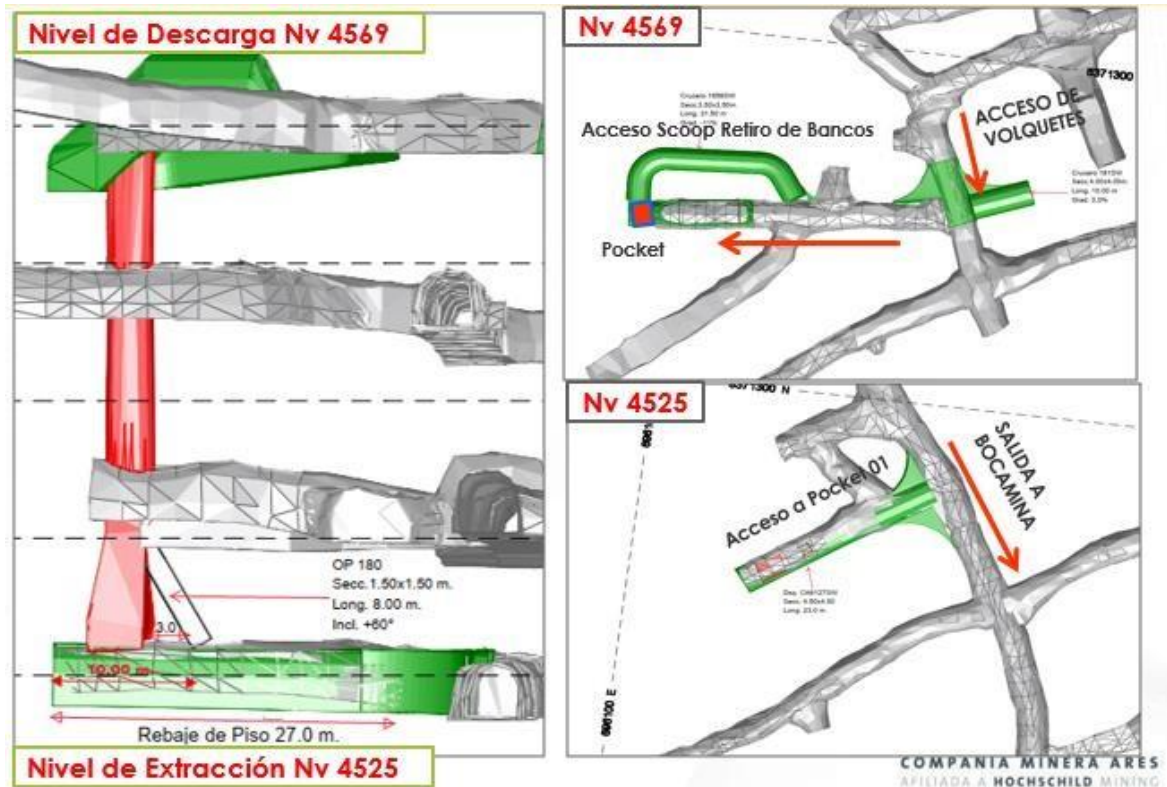


Figura 27. Diseño del Pocket en la unidad minera Pallancata
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

2.5.7. Esquema de rutas

La simulación en el sistema de rutas considera el punto de carga y descarga, considerando las variables de distancia, velocidad y tiempo de los equipos de transporte de mineral y desmante.

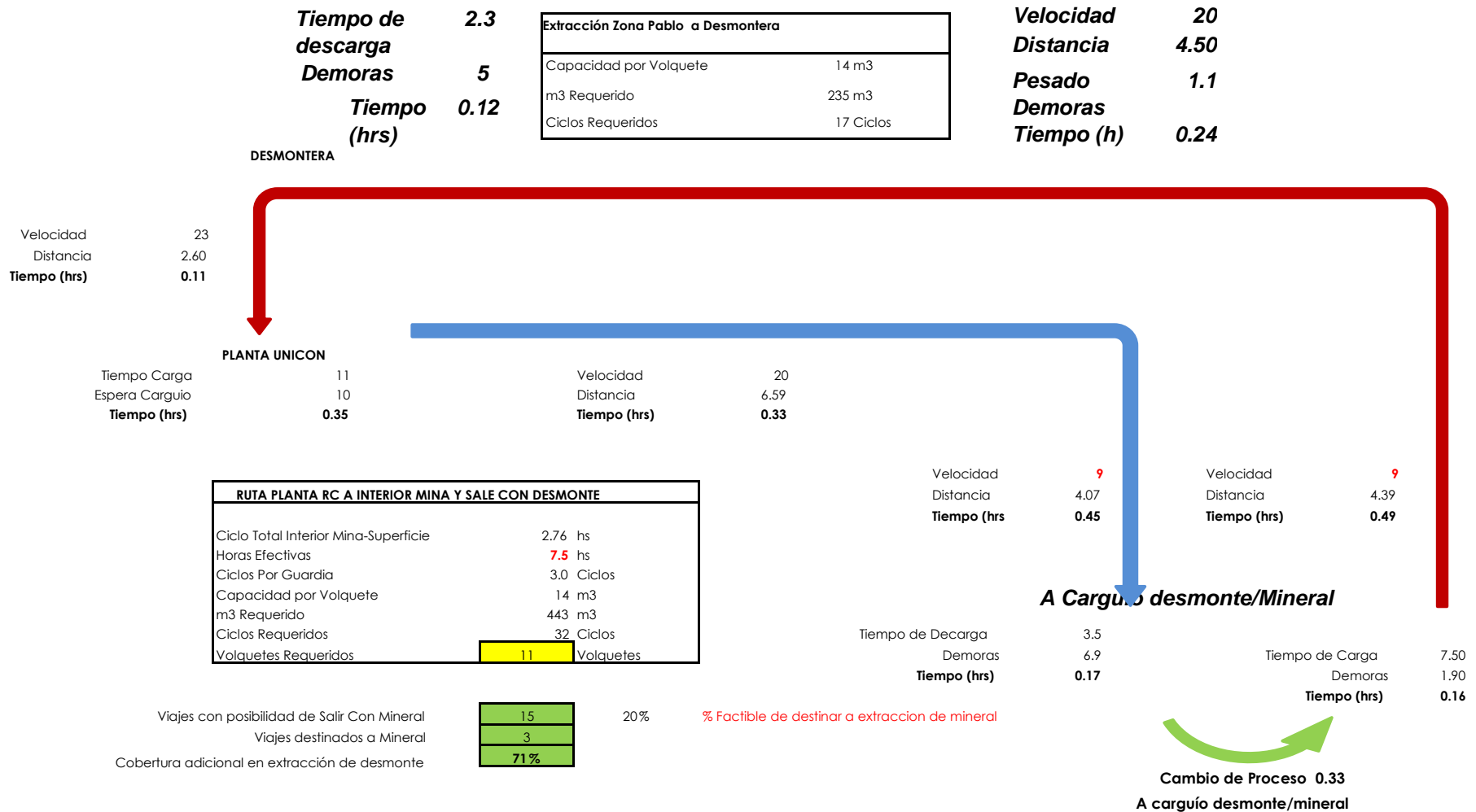


Figura 28. Esquema de ruta hacia la planta de relleno - desmontera – unidad minera Pallancata
 Fuente: elaboración propia

RUTA POQUET A TOLVA DE GRUESOS SELENE	
Tolva de Grueso Tiempo de Descarga 2.3 Demoras 1.1 * Espera Descarga Tiempo (hrs) 0.22	
Velocidad 23 Tiempo (hrs)	Velocidad 20 Tiempo (hrs)
Distancia 17.80 Tiempo (hrs) 0.77	
Distancia 17.80 Tiempo (hrs) 0.89	
Tiempo de Carga 5.00 Demoras 1.90 Tiempo (hrs) 0.12	
Ciclo Total Superficie 2.00 hs Horas Efectivas 7.5 hs Ciclos Por Guardia 3.7 Ciclos Capacidad por Volquete 35 TMH Tonelaje Requerido 1,389 TMH Ciclos Requeridos 40 Ciclos	
Volquetes Requeridos	11 Volquetes
RUTA DE PUNTOS DE CARGUIO A POQUET	
Poquet Tiempo de Descarga 2.3 Demoras 0 * Espera Descarga Tiempo (hrs) 0.04	
Velocidad 10 Tiempo (hrs)	Velocidad 10 Tiempo (hrs)
Distancia 4.07 Tiempo (hrs) 0.41	
Distancia 4.56 Tiempo (hrs) 0.46	
PUNTO CARGA CA20 Tiempo de Carga 7.50 Demoras 1.90 Tiempo (hrs) 0.16	
Ciclo Total Interior Mina 1.06 hs Horas Efectivas 7.5 hs Ciclos Por Guardia 7.0 Ciclos Capacidad por Volquete 29 TMH Tonelaje Requerido 1,389 TMH Ciclos Requeridos 48 Ciclos Efectivos 45 Ciclos	
Volquetes Requeridos	6 Volquetes

170

Como hacemos con el tema de relave Solo se considera 07 horas de Produccion en mineral por desplazamiento desde Selene

Se amplía 8 horas, no depende de liberación.



Distancia Adicional a Tolva

*Se considera todo el aporte de la zona de Pablo debido a que en el Ejecutado el aporte de Ranichico asciende al 5%.

Figura 29. Esquema de ruta Pocket a tolva de gruesos Selene - unidad minera Pallancata
Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

2.5.8. Flota requerida total – sistema *Pocket*

La flota actual requerida en la unidad es de 37 unidades, si se modifica el sistema de gestión de transporte mediante la simulación del sistema *Pocket*, permitirá una disminución de unidades de acuerdo al diseño propuesto en el esquema de ruta de mineral y desmorte desde ruta *Pocket* a tolva de gruesos y de punto de carga CA20 hacia planta de relleno cementado (RC).

Tabla 8. Total de flota requerida (*Pocket*) – unidad minera Pallancata

Total flota		N.º volq
Flota actual	Quicksa	25
	IESA	12
Flota requerida		N.º volq
Mineral de puntos de carguío a <i>Pocket</i> (29 t)		6
Relleno cementado y desmorte (29 tm)		11
Mineral de <i>Pocket</i> a tolva Selene (55 t)		11
Reducción de volquetes en interior de mina		20
Reducción de volquetes general de 8x4		9
Variación de flota		-46%

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Costo de ejecución de Pocket e instalación de tolvas – unidad minera Pallancata

ITEM	NIVEL	LABOR	SECC.	LONG.(m)	Desq.(m3)	PU (\$/und)	Total	Observación
1. POCKET N°1 (400tn)								
1.1	4524	CX6143SW			55	100	5,500	Acceso a tolva
1.2	4524	CX6143SW			60	100	6,000	Radio curvatura
1.3	4524	CX6143SW			50	100	5,000	Desquinche para tolva
1.4	4524	OP180	3.5X1.5	8		1,545	12,360	Ore Pass de Descarga de Mineral a Tolva
1.5	4524	CH180	RC	90		36	3,240	Relleno Cementado
1.6	4560	CX180SW	4.5x4.5	10		1,858	18,580	Labor Para maniobra de giro de Volquete
1.7	4560	CX180SW			90	100	9,000	Radio curvatura
1.8	4560	CX180SW			150	100	15,000	Realce Para Descarga Volquete
1.9	4560	CA1659SW	3.5x3.5	32		1,457	46,624	Acceso a Parrillas para Rerito de Bancos
1.1	4560	CA409			100	100	10,000	Desquinche pata rompe banco
1.11	4524	Construccion e Instalacion de Tolva Hidraulica					85,000	
1.12	4560	Obras civiles en Parrilla					5,000	
1.13	4560	Fabricacion e Instalacion de Parrilla (4X6m)					10,000	
1.14	4524	Obras Civiles para montaje de tolva					10,000	
1.15		Otros (10%)						
TOTAL				140	505		241,304	

Fuente: Departamento de planeamiento de Hochschild Mining S.A.

2.5.11. Evaluación de tarifas de transporte

Según la evaluación de tarifas de transporte con una capacidad de volquete de 35 toneladas se genera un ahorro de 0.76 US\$/t. Así mismo de acuerdo a la proyección de producción 2019-2020 tipo LOM, se genera un ahorro por reducción de tarifa, por implementación del *Pocket* y uso de volquetes de mayor capacidad, con una evaluación económica de un VAN igual a US \$ 439,577.00, entre los niveles 4328-4402.

Tabla 11. Ahorro en transporte (US \$/t) – Capacidad 35 toneladas – unidad minera Pallancata

TARIFA ACTUAL

Transporte Interior Mina		Transporte Superficie	
Con Carga	Sin Carga	Con Carga	Sin Carga
Labor-Bocamina	Bocamina-Labor	Bocamina-Cancha	Cancha-Bocamina
4.388	3.902	17.6	17.6

	Tiempos Variables		Tiempos Fijos			Ciclo (hr)	Toneladas /Viaje	Costo Horario	Subtotal (\$/TM)
	Velocidad con carga Km/Hr	Velocidad sin carga Km/Hr	Carguio (min)	Demoras (min)	Descarga (min)				
Interior Mina	9	7	7.5	1.9		1.20	29.20	47.70	1.96
Superficie	20	23		18.3	2.3	1.99	29.20	47.70	3.25
	Ciclo Total de Transporte					3.19			

Costo Total Transporte de Labor a Tolva Selene **5.21** \$/TM

TARIFA PROPUESTA

Transporte Interior Mina		Transporte Superficie	
Con Carga	Sin Carga	Con Carga	Sin Carga
Labor-Pocket	Pocket-Labor	Pocket-Tolva Sel.	Tolva Sel.-
4.558	4.072	17.8	17.8

* 170m adicionales por ascenso de rampa

* 200 m adicionales por Ingreso a Pocket

	Tiempos Variables		Tiempos Fijos			Ciclo (hr)	Toneladas	Costo	Subtotal
	Velocidad	Velocidad	Carguío	Demoras	Descarga				
Interior Mina	10	10	7.5	1.9	2.3	1.06	29.20	47.70	1.73
Superficie	20	23	5.0	12.96	2.3	2.00	35.00	47.70	2.73
	Ciclo Total de Transporte					3.06			

*Mismo

Costo Total Transporte de Labor a Tolva Selene **4.46** \$/TM

Ahorro en Tarifa 0.76 \$/TM

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Evaluación económica de proyección de producción 2019 – 2020 de la unidad minera Pallancata.

	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Aporte TMH	85,330	86,610	87,108	89,932	80,803	74,543	75,725	75,154	71,694	67,450	69,337	70,470	71,010	70,504	66,316	67,952

Per. de Ejecución 

Costo de Inversión y beneficios USD	-241,304	67,918	61,023	56,296	57,189	56,757	54,144	50,939	52,365	53,220	53,628	53,246	50,083	51,318
Ahorro por menor tarifa USD	680,881													

0.80% VAN **439,577** USD

Fuente: Elaboración propia

2.5.12. Evaluación de consumo de combustible

De acuerdo a la evaluación de ahorro en tarifas de transporte y un menor consumo de combustible por generar menores horas de transporte mediante la instalación del *Pocket*, se realiza un comparativo del consumo de combustible en el escenario actual y en el propuesto mediante la instalación del *Pocket*, niveles 4328-4402.

La proyección de producción tipo LOM para el periodo 2019-2020, se considera transportar 950,988 toneladas.

Tabla 13. Proyección de producción LOM 2019 - 2020 – unidad minera Pallancata

	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Aporte TMH	89,932	80,803	74,543	75,725	75,154	71,694	67,450	69,337	70,470	71,010	70,504	66,316	67,952

FUENTE: Departamento de planeamiento

Así mismo, los ciclos de interior de mina a superficie en los escenarios actuales y propuesto fueron asociados a toneladas por viaje.

Tabla 14. Ciclos de t/viaje en interior mina y superficie - unidad minera Pallancata

Actual	Ciclos	Interior Mina	1.20	h	t/viaje	h	Ton/Viaje	29.20
		Superficie	1.99					29.20
Propuesta	Ciclos	Interior Mina	1.06	h	t/viaje	h	Ton/Viaje	29.20
		Superficie	2.00					35.00

Fuente: elaboración propia

Se consideraron las horas de operación de los volquetes 8x4, en el escenario actual y el propuesto, niveles 4328-4402, tanto en interior de mina como en superficie, observándose un ahorro por menor consumo de combustible en el escenario propuesto.

Tabla 15. Consumo de combustible escenario actual y propuesto - unidad minera Pallancata
CONDICION ACTUAL

Interior Mina + Superficie	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Horas de Operación Volquetes 8x4	9,825	8,828	8,144	8,273	8,211	7,833	7,369	7,575	7,699	7,758	7,703	7,245	7,424
Ratio de Consumo de Combustible	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76
Galones	36,943	33,193	30,622	31,107	30,873	29,451	27,708	28,483	28,948	29,170	28,963	27,242	27,914

Propuesta

Interior Mina	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Horas de Operación Volquetes 8X4	3,258	2,928	2,701	2,744	2,723	2,598	2,444	2,512	2,553	2,573	2,555	2,403	2,462
Ratio de Consumo de Combustible	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76

Superficie

Horas de Operación Volquetes 8X4	5,143	4,621	4,263	4,331	4,298	4,100	3,857	3,965	4,030	4,061	4,032	3,792	3,886
Ratio de Consumo de Combustible	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89

Galones	32,233	28,961	26,717	27,141	26,936	25,696	24,175	24,851	25,257	25,451	25,269	23,768	24,355
----------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Variación de galones por mes de escenario actual y propuesto y su evaluación económica - unidad minera Pallancata.

Variación de Galones /mes (80%)	3,769	3,386	3,124	3,173	3,149	3,004	2,827	2,906	2,953	2,976	2,955	2,779	2,848
Costo \$/Galón Ppto	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20

Ahorro por menor Consumo USD

12,060	10,835	9,996	10,155	10,078	9,614	9,045	9,298	9,450	9,522	9,454	8,893	9,112
--------	--------	-------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Interés: 0.80%

VAN 120,899 USD

Fuente: elaboración propia

2.5.13. Evaluación de la demanda de ventilación principal

Para determinar el caudal requerido por equipo con motor petrolero (Qeq) se utilizará la siguiente fórmula:

$$Qeq = 3 \times HP \times Dm \times Fu \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

Qeq = Volumen de aire necesario para la ventilación (m³/min)

HP = Capacidad efectiva de potencia (HP)

Dm = Disponibilidad mecánica promedio de los equipos (%)

Fu = Factor de utilización promedio de los equipos (%)

Para el cálculo de demanda de ventilación principal se basa en los siguientes parámetros calculados.

Flota Actual Volquetes

Factor de simultaneidad

Cantidad de Volquetes en zona Pablo Volquetes

Flota propuesta

Factor de simultaneidad

Cantidad de Volquetes en zona Pablo

37	
30%	
11	17
	40%
Volquetes	7

El requerimiento de demanda de ventilación en el escenario actual y propuesto, genera una reducción de 19%, niveles 4328-4402.

Tabla 17. Cálculo de reducción de CFM de ventilación principal - unidad minera Pallancata

Cálculo de reducción de CFM

Equipo	Cantidad	Potencia Nominal (HP)	Potencia efectiva (HP)	Disponibilidad mecánica (Dm) (%)	Factor de utilización (Fu)(%)	Factor por Altura (%)	Requerimiento (m ³ /min)	F.S	CAUDAL (m ³ /min)	CFM
Volquete	4	480	400	90%	70%	75%	3	100%	2,268	80,094

Requerimiento actual según el área de ventilación CFM

446,929

Reducción de requerimiento CFM

80,094

Reducción de requerimiento %

18%

* Los 11 volquetes actualmente representa el 51% de requerimiento

Fuente: Elaboración propia

2.5.14. Resumen de evaluación económica de transporte de la unidad minera *Pallancata*

De acuerdo a la evaluación de las distintas alternativas propuestas con volquetes de 35, 32 y 29.2 toneladas, siendo el escenario 1 el que genera mejor reducción de costos en los niveles 4328-4402.

Tabla 18. Resumen de evaluación económica transporte *Pallancata*

Escenario 1. Uso de volquetes de 35.0 t	
Costo de inversión por construcción de Pocket USD	-241,304
Ahorro por menor tarifa (Volquete de mayor capacidad) USD	680,881
Ahorro por menor consumo de combustible (Menor Cantidad de Ciclos) USD	120,899
Ahorro actual en un periodo de 13 meses USD	560,476
Escenario 2. Uso de volquetes de 32.0 t	
Costo de inversión por construcción de Pocket USD	-241,304
Ahorro por menor tarifa (Volquete de mayor Capacidad) USD	450,315
Ahorro por menor consumo de combustible (Menor Cantidad de Ciclos)USD	90,871
Ahorro actual en un periodo de 13 meses USD	299,882
Escenario 3. Uso de volquetes de 29.2 t	
Costo de inversión por construcción de Pocket USD	-41,304
Ahorro por menor tarifa USD	192,376
Ahorro por menor consumo de combustible USD	38,820
Ahorro actual en un periodo de 13 meses USD	-10,107

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

Se desarrollará una investigación aplicada a un nivel explicativo, logrando la mejora de la productividad en la gestión en las operaciones de equipos de transporte de mineral de la operación minera en la veta Pablo – nivel 4328-4402, unidad minera *Pallancata*. El método que se desarrolla es inductivo-deductivo, ya que se inicia de casos particulares a generales para luego interpretarlas. Siendo el resultado un método que mejore la productividad.

A. Método general

El método empleado en la investigación es el método inductivo-deductivo. Este método está orientado a observar e investigar a fondo los parámetros técnico-económicos y aplicar criterios para ver los resultados que se producen en la producción. Las evaluaciones de los parámetros técnico-económicos, servirán para llegar a determinar de qué manera mejorar la productividad en la gestión en las operaciones de equipos de transporte de mineral en la veta Pablo – niveles 4328-4402, unidad minera *Pallancata*.

B. Métodos específicos

A continuación, se detalla el procedimiento de recolección y procesamiento de datos, donde determinamos el control de los KPI, haciendo uso del método general. Se realizó el análisis de los datos que se obtuvieron en la observación directa de las variables.

Recopilación de informes anteriores. Con la finalidad de poder entender el desarrollo de las actividades en la unidad minera, se recopiló toda la data de las áreas de geología, mina, planta, planeamiento y geomecánica. Para lo cual se interpretaron los resultados de los informes de los meses anteriores.

Trabajo de campo. Se realizó el trabajo de campo con las observaciones pertinentes de mapeo, monitoreo de convergencia/divergencia, análisis de tiempo y costeo de las variables de gestión en equipos de transporte de mineral de la veta Pablo, niveles 4328-4402, unidad minera *Pallancata*.

Trabajo de gabinete. Se realizaron los estudios operacionales, modelamientos, controles de mineralización y costos.

Resultados. Se realizaron la evaluación de los resultados en términos de rentabilidad de la mejora de la productividad en equipos de transporte de mineral en la veta Pablo, niveles 4328-4402, unidad minera *Pallancata*.

3.1.2. Alcances de la investigación

A. Tipo de investigación

De acuerdo a los diversos criterios de investigación, es considerada de tipo aplicada. La investigación hace utilización y aplicación de los conocimientos y teorías que ya se han desarrollado en las investigaciones básicas, porque de su uso dependen los resultados y conclusiones que se van a obtener. Se fundamenta en las ciencias básicas, como geología, operación de mina, metalurgia, mecánica, economía y tecnología. La investigación como ciencia aplicada se interesa en los estudios geológicos, operacionales, metalúrgicos y económicos.

B. Nivel

El nivel de la investigación que se desarrolló es de tipo explicativo, porque se busca conocer un método que ayude a mejorar la productividad bajo criterios técnicos económicos. Los estudios explicativos buscan nuevas respuestas que ayuden a mejorar ciertas deficiencias. Esto se sustentará porque la hipótesis será sometida a pruebas. La principal utilidad del nivel o alcance explicativo es saber cuál es el método que ayude a mejorar la productividad.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación consistirá en realizar el control técnico económico de las variables operacionales que influyen en la gestión en operaciones de equipos de transporte de mineral de la veta Pablo – niveles 4328-4402, unidad minera *Pallancata*. Se desarrolló en un periodo de tres meses y luego se analizaron para la obtención de resultados.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población pertenece a la unidad minera *Pallancata* de la compañía minera Ares en las diferentes labores de exploración, desarrollo, preparación y producción.

3.3.2. Muestra

Se realizó un muestreo no probabilístico, intencionado y por conveniencia, el que representa la veta Pablo en los niveles 4328-4402 y los niveles en la alternativa propuesta en los niveles 4569-4525.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

A continuación, se presentan los resultados de investigación, mostrando la evaluación técnica económica del sistema de gestión de transporte de la veta Pablo entre los niveles 4328 y 4402 y una nueva propuesta de mejorar la productividad y reducción de costos, como es la simulación de un sistema de carguío *Pocket* entre los niveles 4569 y 4525.

4.1.1. Análisis del sistema de puntos de carga y descarga en el sistema de transporte en la UM *Pallancata*

Las condiciones actuales del sistema de gestión de transporte en la unidad minera *Pallancata*, cuenta con los puntos de carga de mineral y desmonte hacia la planta concentradora, desmontera y planta de relleno cementado. Para el análisis de los puntos de carguío y descarga, se definieron sus distancias, velocidades de transporte y los tiempos de recorrido con material cargado y descargado.

Para mejorar los niveles de productividad producto del incremento de distancias de transporte se definieron las velocidades mínimas y máximas con carga y sin carga en la unidad minera *Pallancata*.

Tabla 19. Distribución de distancias entre los puntos de carguío y de descarga en la unidad minera Pallancata

ORIGEN	Nv.4354 EXP. PABLO (m)	BOCAMINA RANICHICO (m)	SELENE (m)	DESMONTERA (m)	PLANTA RELLENO CEMENTADO (m)	RB 02 EXPLORADOR
Nv.4354 EXP. PABLO (KM)	0	4,355	20,055	11,010	11,255	9,125
BOCAMINA RANICHICO (KM)	4,355	0	15,700	6,655	6,900	4,770
SELENE (KM)	20,055	15,700	0	22,355	22,600	17,770
DESMONTERA (KM)	11,010	6,655	22,355	0	2,780	7,815
PLANTA RELLENO CEMENTADO (KM)	11,255	6,900	22,600	2,780	0	8,050
RB 02 EXPLORADOR PABLO	9,125	4,770	17,770	7,815	8,050	0

CARGADO	Velocidad Volquete Interior Mina (km/h)	10 a 15
	Velocidad Volquete Superficie (km/h)	25 a 30
VACIO	Velocidad Volquete Interior Mina (km/h)	15 a 20
	Velocidad Volquete Superficie (km/h)	30 a 45

Fuente: elaboración propia

a) Análisis e interpretación de resultados

La distancia entre el nivel 4354 explorador Pablo y la bocamina *Ranichico* es de 4.355 km, a la planta concentradora Selene es de 20.055 km, a la desmontera 11.010 km, a la planta de relleno cementado 11.255 km.

La distancia total de transporte desde el nivel 4354 hasta la planta concentradora es de 20.055 km, esta distancia se viene incrementando producto del desarrollo y explotación de niveles más profundos en la unidad minera.

Las velocidades mínimas y máximas de volquetes en interior de mina y superficie se han parametrado para un mejor control de índices de productividad en la unidad minera.

Las velocidades en interior de mina de volquetes cargados están en el rango de 10 a 15 km/h y en superficie entre 25 a 30 km/h.

Las velocidades en interior de mina de volquetes vacíos están en el rango de 15 a 20 km/h y en superficie entre 30 a 45 km/h.

4.1.2. Análisis de las unidades de transporte en la unidad minera *Pallancata*

Actualmente, la unidad minera *Pallancata* cuenta con 37 unidades, de los cuales 25 pertenecen a la empresa Quicksa, con 3 unidades en *stand by* y 12 pertenecen a la empresa IESA con 2 unidades sin operadores.

La flota es de 8x4 con una capacidad de transporte de 29.2 t/viaje. La presente tesis propone generar la evaluación técnica económica del sistema de gestión de transporte actual entre los niveles 4328-4402, con una propuesta de diseño tipo *Pocket*, como parte de la mejora de optimización y reducción de costos entre los puntos de carguío y de descarga.

Tabla 20. Unidades de transporte en la unidad minera Pallancata.

Empresa	Subcont.	Volquete	Placa	Modelo	Situación
Quicksa		Q-54	ANE-921	8x4	Stand by
Quicksa		Q-55	ANF-844	8x4	Stand by
Quicksa		Q-56	ANF-825	8x4	Stand by
Quicksa		Q-57	AST- 830	8x4	OP.
Quicksa		Q-58	AST- 793	8x4	OP.
Quicksa		Q-59	ASU-932	8x4	OP.
Quicksa		Q-60	AST-768	8x4	OP.
Quicksa		Q-61	ASU-820	8x4	OP.
Quicksa		Q-62	ASU-854	8x4	OP.
Quicksa		Q-63	AST-808	8x4	OP.
Quicksa		Q-64	AST-856	8x4	OP.
Quicksa		Q-65	ASU824	8x4	OP.
Quicksa		Q-66	ASU834	8x4	OP.
Quicksa		Q-67	ASY-875	8x4	OP.
Quicksa		Q-68	ASZ-770	8x4	OP.
Quicksa		Q-73	AXK-872	8x4	OP.
Quicksa		Q-74	AXK-832	8x4	OP.
Quicksa		Q-75	AXL-729	8x4	OP.
Quicksa		Q-76	AXK-948	8x4	OP.
Quicksa		Q-77	AXK-843	8x4	OP.
Quicksa		Q-78	AXY-700	8x4	OP.
Quicksa		Q-79	AXX-775	8x4	OP.
Quicksa		Q-80	AYQ-927	8x4	OP.
Quicksa		Q-81	AYQ-881	8x4	OP.
Quicksa		Q-82	AYQ-769	8x4	OP.
Quicksa		Q-83	AYQ-801	8x4	OP.
Quicksa		Q-84	AYQ-819	8x4	OP.
Quicksa		Q-85	AYR-791	8x4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV-080	F4D-893	6x4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV-081	ALM-906	6x4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV-082	AXS-814	6x4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV-083	F9E-792	6x4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV-084	F4C-944	6x4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV-085	AUP-728	6x4	OP.
IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV-087	AYY-771	6x4	OP.

IESA	Inversiones Roder y Aurora	ICV-089	AYH-810	6x4	OP.
IESA	Transportes y construcción	ICV-088	AVE-715	6x4	OP.
IESA	Multiservicios YACU	ICV-090	AYB-889	6x4	OP.
IESA	Multiservicios YACU	ICV-091	V7J-835	6x4	OP.
IESA	Multiservicios YACU	ICV-092	V9G-778	6x4	OP.
IESA	HP Santa Rosa	ICV-93	AHG-895	6x4	OP.
IESA	HP Santa Rosa	ICV-94	AYX-809	6x4	OP.

FUENTE: Departamento de planeamiento

a) Análisis e interpretación de resultados

El total de unidades de transporte es de 37 volquetes de 8x4 con capacidades de transporte de 29.2 t/viaje.

Existen 27 unidades en operación, 3 unidades en *stand by* y 2 sin operadores.

4.1.3. Parámetros actuales de transporte en la unidad minera *Pallancata*

El plan de minado tipo LOM, propone ampliar la capacidad de volquetes 8x4 de capacidad de 29.2 toneladas a otras unidades de capacidad nominal de 35 toneladas, para el transporte de mineral, desmote y relleno en la ruta de transporte (puntos de carga y puntos de descarga). Para lo cual se realiza una evaluación técnica económica mediante la instalación de un *Pocket* de carga de mineral en interior mina.

Los parámetros actuales de transporte son:



Figura 30. Parámetros actuales de transporte
Fuente: Departamento de planeamiento

a) Análisis e interpretación de resultados

El plan de minado tipo LOM propone ampliar capacidad de transporte de mineral, desmonte y relleno con unidades de 35 toneladas.

Uno de los objetivos es la reducción de costos en transporte de mineral por optimización de parámetros operativos en transporte y reducción de flota.

Asimismo, la reducción en la demanda de ventilación principal.

4.1.4. Evaluación de tarifas en el sistema de gestión de transporte en la unidad minera *Pallancata*

En base a las características de transporte actual, está implementar un sistema de almacenamiento de mineral mediante el diseño de un *Pocket* entre el nivel de descarga Nv. 4569 y el nivel de extracción Nv. 4525, con el objetivo de reducir los costos de transporte y reducción de flota y reducción en la demanda de ventilación principal, el cual reemplazaría el sistema de gestión de transporte actual entre los niveles 4328-4402.

La evaluación de tarifas de transporte de mineral entre labor y tolva de Selene, asumieron la tarifa actual y la propuesta (*Pocket*). Esta evaluación asume el tramo interior de mina y superficial.

Se asumen las variables de distancias, velocidades (con carga y sin carga), ciclo de tiempo, toneladas transportadas, y el costo horario de transporte, con los escenarios actual y propuesto (*Pocket*).

Tabla 21. Evaluación de tarifas de transporte de labor a planta concentradora (tolva de Selene) - unidad minera Pallancata

Tarifa actual

Transporte Interior Mina		Transporte Superficie	
Con Carga	Sin Carga	Con Carga	Sin Carga
Labor-Bocamina	Bocamina-Labor	Bocamina-Cancha	Cancha-Bocamina
4.388	3.902	17.6	17.6

Tiempos Variables		Tiempos Fijos			Ciclo (hr)	Toneladas /Viaje	Costo Horario	Subtotal (\$/TM)
Velocidad con carga Km/Hr	Velocidad sin carga Km/Hr	Carguío (min)	Demoras (min)	Descarga (min)				
9	7	7.5	1.9		1.20	29.20	47.70	1.96
20	23		18.3	2.3	1.99	29.20	47.70	3.25
Ciclo Total de Transporte					3.19			

Costo Total Transporte de Labor a Tolva Selene **5.21** \$/TM

Costo

Transporte Interior Mina		Transporte Superficie	
Con Carga	Sin Carga	Con Carga	Sin Carga
Labor-Pocket	Pocket-Labor	Pocket-Tolva Sel.	Tolva Sel.-
4.558	4.072	17.8	17.8

Tiempos Variables		Tiempos Fijos			Ciclo (hr)	Toneladas	Costo	Subtotal
Velocidad	Velocidad	Carguío	Demoras	Descarga				
10	10	7.5	1.9	2.3	1.06	29.20	47.70	1.73
20	23	5.0	12.96	2.3	2.00	35.00	47.70	2.73
Ciclo Total de Transporte					3.06			

* 170m adicionales por ascenso de rampa

* 200 m adicionales por Ingreso a Pocket

Interior Mina Superficie

*Mismo PU Flota

Costo Total Transporte de Labor a Tolva Selene **4.46** \$/TM

Ahorro en Tarifa **0.76** \$/TM

PU Flota actual **Proyeccion LOM 2019**

PU Flota actual

	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Aporte TMH	85,330	86,610	87,108	89,932	80,803	74,543	75,725	75,154	71,694	67,450	69,337	70,470	71,010	70,504	66,316	67,952

Per. de Ejecución

Costo de Inversión y beneficios USD	-241,304	44,919	40,359	37,232	37,823	37,538	35,809	33,690	34,632	35,198	35,468	35,215	33,123	33,940
Ahorro por menor tarifa USD	450,315													

0.80% VAN **209,011** USD

Fuente: elaboración propia

a) Análisis e interpretación de resultados

Las toneladas transportadas de mineral actuales en interior de mina y superficie son de 29.2 toneladas.

En el escenario propuesto (*Pocket*) y volquetes de 35 toneladas, las toneladas transportadas en interior mina son de 29.2 toneladas y en superficie es de 35 toneladas.

Las velocidades en el escenario actual son de 9 km/h con carga y 7 km/h sin carga en interior mina.

Las velocidades en el escenario actual son de 20 km/h con carga y de 23 km/h sin carga en superficie.

Las velocidades en el escenario propuesto (*Pocket*) son de 10 km/h con carga y 10 km/h sin carga en interior mina.

Las velocidades en el escenario propuesto (*Pocket*) son de 20 km/h con carga y de 23 km/h sin carga en superficie.

El ciclo de transporte en el escenario actual en interior mina es de 1.20 h y en superficie es de 1.99 h, con un ciclo total de transporte de 3.19 horas.

El ciclo de transporte en el escenario propuesto en interior mina es 1.06 h y en superficie es de 2 h, con un ciclo de transporte de 3.06 horas.

El costo horario para ambos escenarios es de 47.70 US\$/h y el tonelaje transportado por viaje es de 29.2 t/viaje en el escenario actual y de 35 t/viaje en el escenario propuesto (superficie).

El costo total de transporte de labor a tolva planta concentradora (Selene) en el escenario actual es de US \$ 5.21/t.

El costo total de transporte de labor a tolva planta concentradora (Selene) en el escenario propuesto es de US \$ 4.46/t.

El costo total de transporte entre ambos escenarios genera un ahorro de tarifa de US \$ 0.76/ton, en el escenario de volquetes de 35 toneladas.

El ahorro por tarifa de transporte de mineral en el escenario propuesto es de US \$ 680,881.

La evaluación económica en el costo total de transporte en el plan minero 2019 – 2020 en el escenario propuesto genera un VAN de US \$ 439,577.

4.1.5. Evaluación de combustible en el sistema de gestión de transporte en la unidad minera *Pallancata*

De acuerdo a la evaluación de ahorro en tarifas de transporte y un menor consumo de combustible por generar menores horas de transporte mediante la instalación del *Pocket*, se realiza un comparativo del consumo de combustible en el escenario actual y en el propuesto mediante la instalación del *Pocket*, niveles 4328 – 4402.

La proyección de producción tipo LOM para el periodo 2019-2020, se considera transportar 950,988 toneladas.

	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Aporte TMH	89,932	80,803	74,543	75,725	75,154	71,694	67,450	69,337	70,470	71,010	70,504	66,316	67,952

Así mismo los ciclos de interior mina a superficie en los escenarios actual y propuesto fueron asociados a toneladas por viaje.

ACTUAL	Ciclos	Interior Mina	1.20	hr	Ton/Viaje	29.20
		Superficie	1.99	hr	Ton/Viaje	29.20
PROPUESTA	Ciclos	Interior Mina	1.06	hr	Ton/Viaje	29.20
		Superficie	2.00	hr	Ton/Viaje	35.00

Para determinar el ahorro de combustible en el escenario actual versus el escenario propuesto (*Pocket*).

Tabla 22. Evaluación de tarifas de combustible desde labor a planta concentradora (tolva de Selene) - unidad minera Pallancata

Condición actual

CONDICION ACTUAL

Interior Mina +Superficie	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Horas de Operación Volquetes 8X4	9,825	8,828	8,144	8,273	8,211	7,833	7,369	7,575	7,699	7,758	7,703	7,245	7,424
Ratio de Consumo de Combustible	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76
Galones	36,943	33,193	30,622	31,107	30,873	29,451	27,708	28,483	28,948	29,170	28,963	27,242	27,914

PROPUESTA

Interior Mina	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Horas de Operación Volquetes 8X4	3,258	2,928	2,701	2,744	2,723	2,598	2,444	2,512	2,553	2,573	2,555	2,403	2,462
Ratio de Consumo de Combustible	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76
Superficie													
Horas de Operación Volquetes 8X4	5,625	5,054	4,663	4,737	4,701	4,484	4,219	4,337	4,408	4,442	4,410	4,148	4,250
Ratio de Consumo de Combustible	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76
Galones	33,403	30,012	27,687	28,126	27,914	26,628	25,052	25,753	26,174	26,375	26,187	24,631	25,239
Variación de Galones /mes (90%)	2,833	2,545	2,348	2,385	2,367	2,258	2,125	2,184	2,220	2,237	2,221	2,089	2,140
Costo \$/Galon Ppto	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20

Ahorro por menor Consumo USD	9,064	8,144	7,513	7,632	7,575	7,226	6,798	6,989	7,103	7,157	7,106	6,684	6,849
-------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Interes: 0.80% **VAN** 90,871 USD

FUENTE: Elaboración propia

a) Análisis e interpretación de resultados

La proyección de producción tipo LOM para el periodo diciembre 2019 a diciembre 2020, se considera transportar 950,988 toneladas.

El total de galones consumidos en el escenario actual durante la proyección de producción tipo LOM es de 390,618 galones.

El total de galones consumidos en el escenario propuesto durante la proyección de producción tipo LOM es de 340,809 galones.

El ahorro de combustible en el escenario actual y propuesto es de 49,810 galones, considerando un costo por galón de US \$ 3.20, se genera un ahorro de US \$ 127,512 por el periodo de producción proyectado.

La evaluación económica en el costo total de combustibles en el plan minero 2019-2020, en el escenario propuesto genera un VAN de US \$ 120,899.

4.1.6. Evaluación de la demanda de ventilación en el sistema de gestión de transporte en la unidad minera *Pallancata*

Actualmente se cuenta con una flota de 37 unidades. Para el cálculo de demanda de ventilación principal se basa en los siguientes parámetros calculados.

Flota Actual <i>Volquetes</i>	37	
Factor de simultaneidad	30%	
Cantidad de Volquetes en Zona	11	Pablo <i>Volquetes</i>
Flota propuesta		17
Factor de simultaneidad		40%
Cantidad de Volquetes en Zona Pablo <i>Volquetes</i>		7

El requerimiento de demanda de ventilación en el escenario actual y propuesto, genera una reducción de 19%, niveles 4328 - 4402.

Tabla 23. Evaluación de reducción de demanda de ventilación - unidad minera Pallancata

446,929
80,094

Equipo	Cantidad	Potencia Nominal (HP)	Potencia efectiva (HP)	Disponibilidad mecánica (Dm) (%)	Factor de utilización (Fu)(%)	Factor por Altura (%)	Requerimiento (m ³ /min)	F.S	CAUDAL (m3/min)	CFM
Volquete	4	480	400	90%	70%	75%	3	100%	2,268	80,094

Requerimiento Actual Según el Área de Ventilación CFM

Reducción de Requerimiento

Reducción de Requerimiento % **18%** CFM

Fuente: Elaboración propia

a) Análisis e interpretación de resultados

En base a la cantidad de equipos de transporte entre el escenario actual y el propuesto, genera una disminución de 20 unidades.

La cantidad de equipos en la zona Pablo en el escenario actual es de 11 unidades y en el escenario propuesto es de 7 unidades, generando una disminución de 4 unidades.

La reducción de la demanda de ventilación principal en la unidad minera *Pallancata*, se redujo en un 18%, lo que representa una necesidad de 80,094 CFM.

4.1.7. Resumen de evaluación económica de transporte de la unidad minera *Pallancata*

En base a los estudios realizados y los comparativos entre la flota actual y la propuesta se generó programas de optimización y reducción de costos en el sistema de gestión de transporte, realizando distintos escenarios, siendo el escenario 1, con capacidad de volquete de 35 toneladas en transporte.

Tabla 24. Resumen Escenarios Transporte de mineral – unidad minera *Pallancata*

ESCENARIO 1.-Uso Volquetes de 35.0 Ton		
Costo de Inversión por Construcción de Pocket USD	Ahorro por menor tarifa	-241,304
(Volquete de mayor Capacidad) USD		680,881
Ahorro por menor consumo de combustible (Menor Cantidad de Ciclos) USD		120,899
	560,476	
Ahorro actual en un periodo de 13 meses USD		
ESCENARIO 2.-Uso Volquetes de 32.0 Ton		
Costo de Inversión por Construcción de Pocket USD	Ahorro por menor tarifa	-241,304
(Volquete de mayor Capacidad) USD		450,315
Ahorro por menor consumo de combustible (Menor Cantidad de Ciclos) USD		90,871
	299,882	
Ahorro actual en un periodo de 13 meses USD		
ESCENARIO 3.-Uso Volquetes de 29.2 Ton		
Costo de Inversión por Construcción de Pocket USD		-241,304
Ahorro por menor tarifa USD		192,376
Ahorro por menor consumo de combustible USD		38,820
Ahorro actual en un periodo de 13 meses USD	-10,107	

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Actualmente, la unidad minera *Pallancata* cuenta con 37 unidades 8x4, de los cuales 25 pertenecen a la empresa Quicksa, con 3 unidades en *stand by* y 12 pertenecen a la empresa IESA con 2 unidades sin operadores.
2. La distancia entre el nivel 4354 explorador Pablo y la bocamina *Ranichico* es de 4.355 km, a la planta concentradora Selene es de 20.055 km, a la desmontera 11.010 km, a la planta de relleno cementado 11.255 km.
3. La distancia total de transporte desde el nivel 4354 hasta la planta concentradora es de 20.055 km, esta distancia se viene incrementando producto del desarrollo y explotación de niveles más profundos en la unidad minera.
4. Las velocidades en interior de mina de volquetes cargados están en el rango de 10 a 15 km/h y en superficie entre 25 a 30 km/h.
5. Las velocidades en interior de mina de volquetes vacíos están en el rango de 15 a 20 km/h y en superficie entre 30 a 45 km/h.
6. Las velocidades en el escenario actual son de 9 km/h con carga y 7 km/h sin carga en interior de mina. Las velocidades en el escenario actual son de 20 km/h con carga y de 23 km/h sin carga en superficie.
7. Las velocidades en el escenario propuesto (*Pocket*) son de 10 km/h con carga y 10 km/h sin carga en interior de mina. Las velocidades en el escenario propuesto (*Pocket*) son de 20 km/h con carga y de 23 km/h sin carga en superficie.
8. El ciclo de transporte en el escenario actual en interior mina es de 1.20 h y en superficie es de 1.99 h, con un ciclo total de transporte de 3.19 horas.
9. El ciclo de transporte en el escenario propuesto en interior mina es 1.06 h y en superficie es de 2 h, con un ciclo de transporte de 3.06 horas.
10. El costo horario para ambos escenarios es de 47.70 US\$/h y el tonelaje transportado por viaje es de 29.2 t/viaje en el escenario actual y de 35 t/viaje en el escenario propuesto (superficie). El costo total de transporte de labor a tolva planta concentradora (Selene) en el escenario actual es de US \$ 5.21/t, y el costo total de transporte de labor a tolva planta concentradora (Selene) en el escenario propuesto es de US \$ 4.46/t.

11. El costo total de transporte entre ambos escenarios genera un ahorro de tarifa de US \$ 0.76/t, en el escenario de volquetes de 35 toneladas. El ahorro por tarifa de transporte de mineral en el escenario propuesto es de US \$ 680,881.
12. La evaluación económica en el costo total de transporte en el plan minero 2019-2020, en el escenario propuesto genera un VAN de US \$ 439,577.
13. El total de galones consumidos en el escenario actual durante la proyección de producción tipo LOM es de 390,618 galones.
14. El total de galones consumidos en el escenario propuesto durante la proyección de producción tipo LOM es de 340,809 galones.
15. El ahorro de combustible en el escenario actual y propuesto es de 49,810 galones, considerando un costo por galón de US \$ 3.20, se genera un ahorro de US \$ 127,512 por el periodo de producción proyectado.
16. La evaluación económica en el costo total de combustibles en el plan minero 2019-2020, en el escenario propuesto genera un VAN de US \$ 120,899.
17. La reducción de la demanda de ventilación principal en la unidad minera *Pallancata*, se redujo en un 18%, lo que representa una necesidad de 80,094 CFM.

RECOMENDACIONES

1. Propone ampliar capacidad de transporte de mineral, desmonte y relleno con unidades de 35 toneladas en el tramo de *Pocket* a los diferentes destinos de descarga de la unidad minera *Pallancata*.
2. Continuar con las evaluaciones de distancias, velocidades y tiempo en la gestión de transporte de material (mineral, desmonte, relleno).
3. Realizar análisis de sensibilidad en el sistema de gestión de transporte en la variable costo de combustible y vida útil de las unidades de transporte.
4. Realizar simulaciones con diferentes softwares para la evaluación técnica y económica de planes mineros y su implicancia en el sistema de transporte de la operación minera.
5. Realizar simulaciones con distintas disponibilidades mecánicas en equipos de transporte de mineral, desmonte y relleno.
6. Realizar análisis de las velocidades de transporte mediante modelos matemáticos, que permitan controlar las diferentes variables de diseño minero como, gradiente, resistencia a la rodadura, etc.

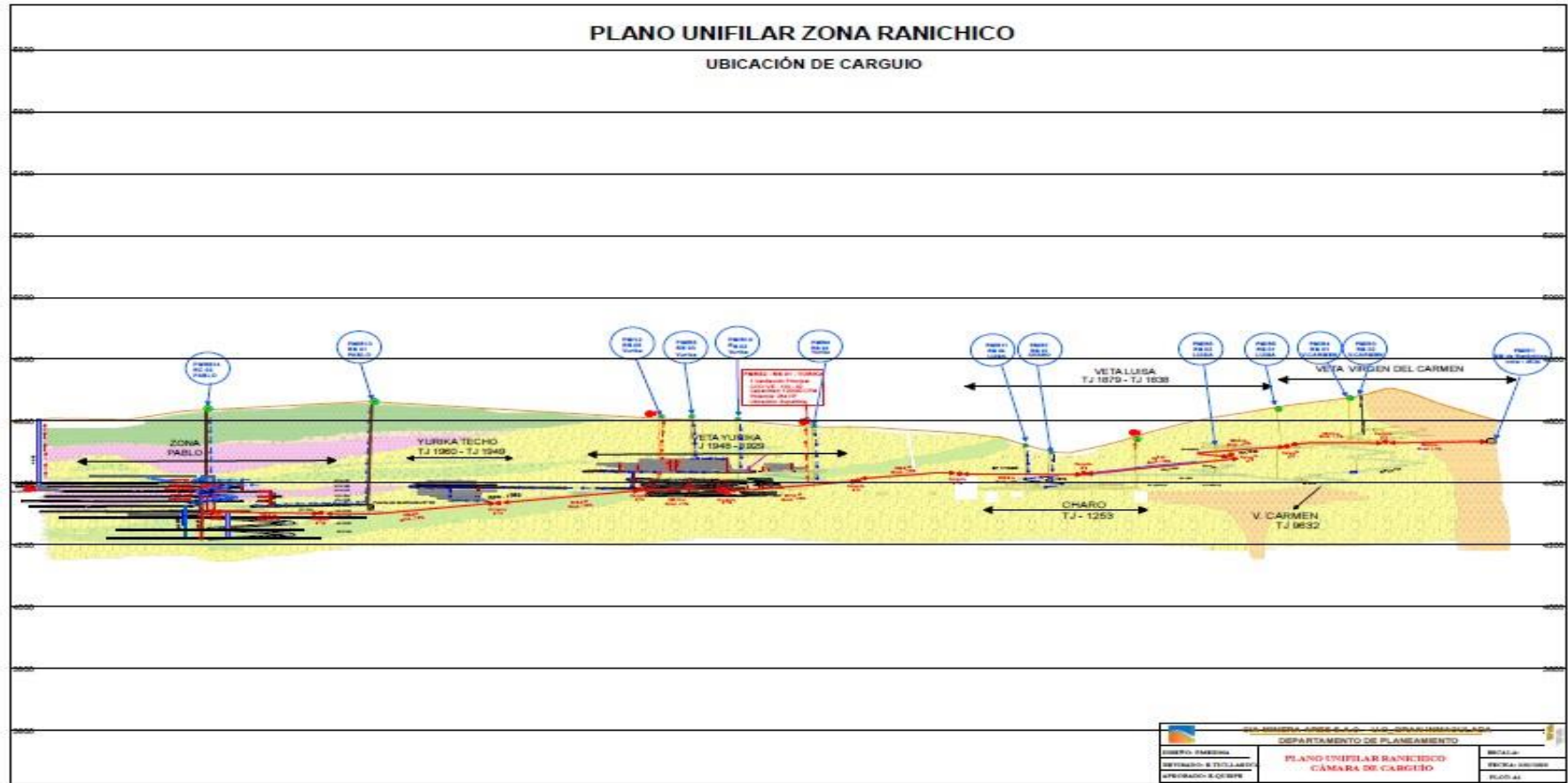
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **INTERCADE.** Intercade Consultancy and Training. 2005
2. **HUAROCC, Pabel.** *Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C.* 2014. Tesis.
3. **BALDEON, Zoila.** *Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en cía. minera condestable S.A.* 2011. Tesis.
4. **MAURICIO QUIQUIA, G.** *Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay y Pucamarca.* 2015. Tesis.
5. **CHANG Ja, K.** *Diseño y evaluación técnico-económica de un nuevo sistema de carguío y transporte para la minería de hundimiento.* 2009. Tesis.
6. **BAHAMONDEZ, María.** *Implementación de sistema de gestión para reducción de costos optimizando el desempeño por componente en equipos mineros.* 2017. Tesis.
7. **GONZALEZ, Valeria.** *Modelo evaluativo para el cálculo de flota de equipos de carguío y transporte en compañía minera Doña Inés de Collahuasi.* 2018. Tesis.
8. **STURGAL John.** Optimización y simulación de operaciones mineras. UNI 2000 - II. Ciclo de Charlas de Planeamiento Minero. Lima: s.n. 2000.
9. **ROJAS, Edgar, RIVERA, Florencio.** Método de minado *sublevel stoping* en corporación minera Castrovirreyna. UNI. Lima : s.n., 2015. pág. 103, Tesis.
10. **RIVERO, Víctor.** Evaluación geomecánica de estrategias de socavación en minería subterránea. Universidad de Chile. Santiago de Chile : s.n., 2008. pág. 127, Tesis.
11. **COREMBERG, Ariel.** *La medición de la productividad y los factores productivos.* Escuela de Postgrado, Universidad Nacional de La Plata. La Plata : s.n., 2004. pág. 140, Tesis.

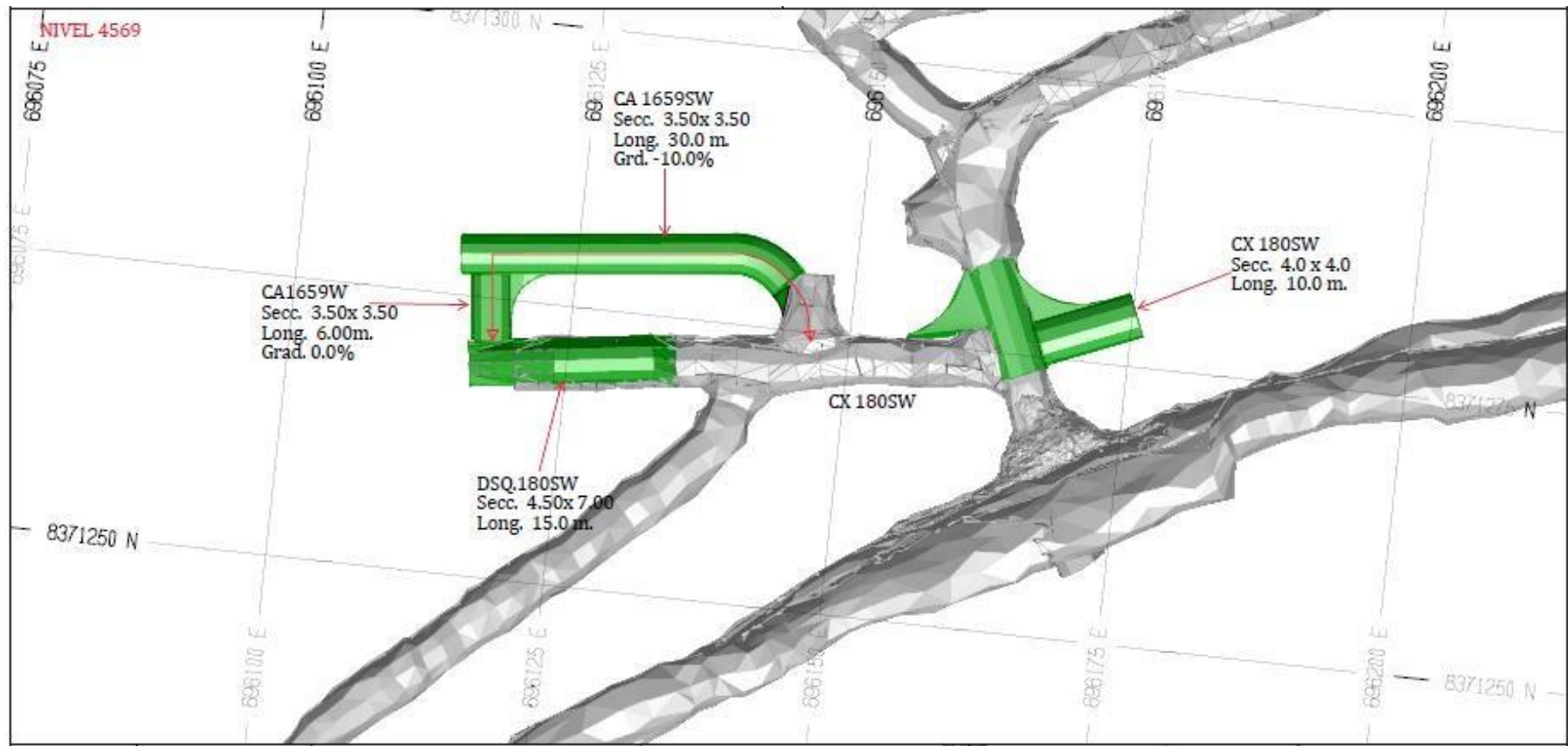
12. **ESCAMILLA, Miguel, MEZA, Jorge y LLAMAS, Jorge.** *Estudio de la productividad del equipo de carga en una mina de mineral de fierro a cielo abierto.* Conciencia tecnológica. 2011. pág. 5, Artículo Científico.
13. **EVERETT, Adam y EBERT, Ronald.** *Administración de la producción y las operaciones.* 4ª ed. México : Prentice Hall, 1991.
14. **GANGA, Francisco, TORO, Iván y SANHUELA, Horacio.** *La tercerización de funciones en la división el teniente de Codelco - Chile.* Universidad Icesi. Chile : s.n., 2010. pág. 26, Artículo Científico.

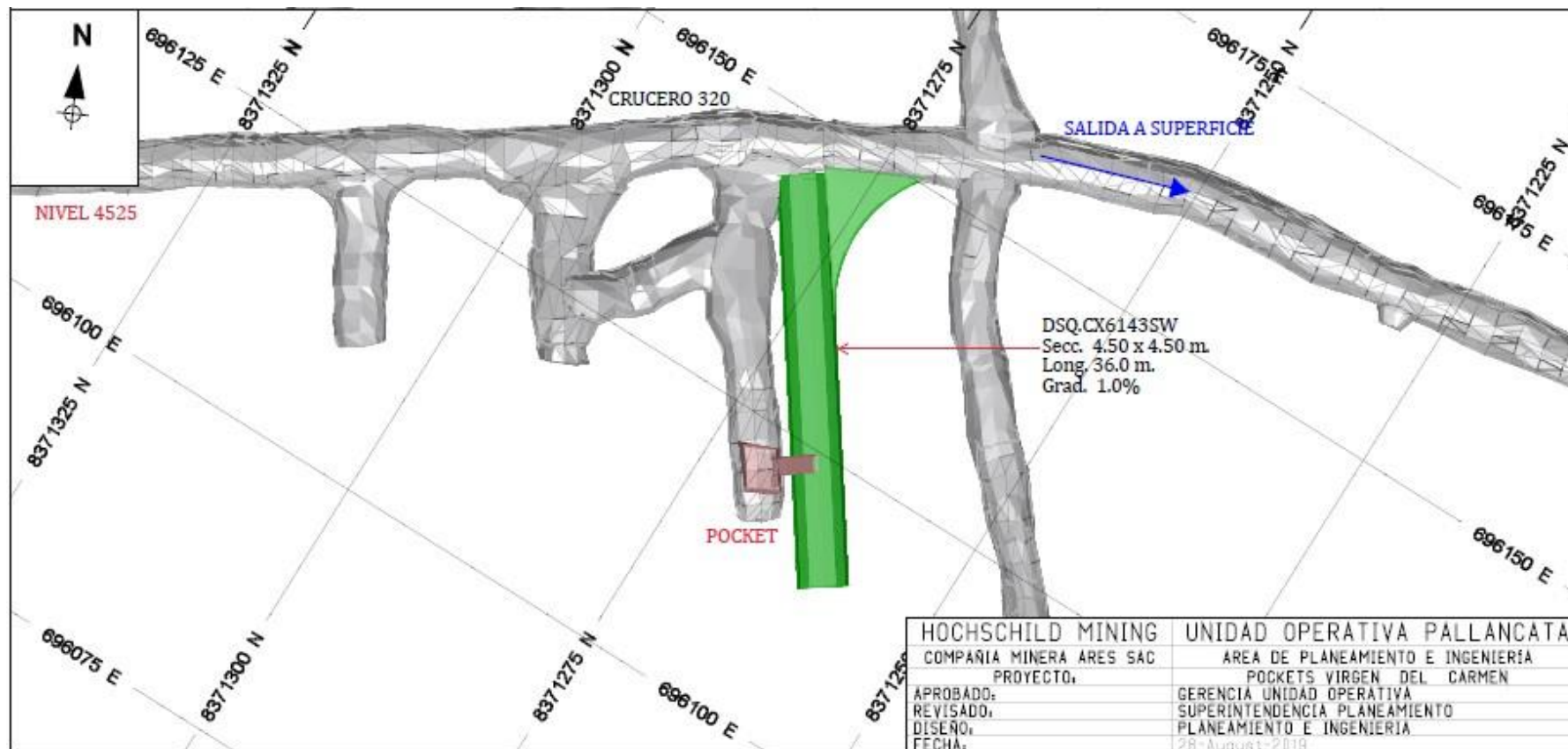
ANEXOS

**ANEXOS A
PLANOS SISTEMAS DE PUNTO DE CARGUIO ACTUAL Y SIMULADO**









**ANEXO B
EVALUACIÓN DE ESCENARIOS PROPUESTOS**

AHORRO EN TRANSPORTE EN \$/Ton ESCENARIO 01-
CAPACIDAD DE 35 TON

TARIFA ACTUAL

Interior Mina

Transporte Interior Mina		Transporte Superficie	
Con Carga	Sin Carga	Con Carga	Sin Carga
Labor-Bocamina	Bocamina-Labor	Bocamina-Cancha	Cancha-Bocamina
4.388	3.902	17.6	17.6

Superficie
TARIFA PROPUESTA

Transporte Interior Mina		Transporte Superficie	
Con Carga	Sin Carga	Con Carga	Sin Carga
Labor-Pocket	Pocket-Labor	Pocket-Tolva Sel.	Tolva Sel.-
4.558	4.072	17.8	17.8

Interior Mina
*** 170m**
adicionales *
200 m

adicionales **Superficie** por ascenso de rampa por Ingreso a Pocket

Costo Total Transporte de Labor a Tolva Selene **4.46**

Tiempos Variables		Tiempos Fijos			Ciclo (hr)	Toneladas /Viaje	Costo Horario	Subtotal (\$/TM)
Velocidad con carga Km/Hr	Velocidad sin carga Km/Hr	Carguío (min)	Demoras (min)	Descarga (min)				
9	7	7.5	1.9		1.20	29.20	47.70	1.96
20	23		18.3	2.3	1.99	29.20	47.70	3.25

Ciclo Total de Transporte

3.19

transporte de

5.21

Tiempos Variables		Tiempos Fijos			Ciclo (hr)	Toneladas	Costo	Subtotal
Velocidad	Velocidad	Carguío	Demoras	Descarga				
10	10	7.5	1.9	2.3	1.06	29.20	47.70	1.73
20	23	5.0	12.96	2.3	2.00	35.00	47.70	2.73

Ciclo Total de Transporte

3.06

Ahorro en Tarifa **0.76**

AHORRO EN TRANSPORTE EN \$/Ton ESCENARIO 02-CAPACIDAD DE 32 TON

Transporte Ir		Transporte Suç	
Con Carga	Sin Carga	Con Carga	Sin Carga
Labor-Pocket	Pocket-Labor	Pocket-Tolva Sel.	Tolva Sel.-Pocket
4.558	4.072	17.8	17.8

Interior Mina
* 170m

adicionales * 200 m adicionales **Superficie** por ascenso de rampa por Ingreso a Pocket

Costo Total Transporte de Labor a Tolva Selene **4.71**

Tiempos Variables					Tiempos Fijos			
Velocidad con carga Km/Hr	Velocidad sin carga Km/Hr	Carguío (min)	Demoras (min)	Descarga (min)	Ciclo (hr)	Toneladas /Viaje	Costo Horario	Subtotal (\$/TM)
10	10	7.5	1.9	2.3	1.06	29.20	47.70	1.73
20	23	5.0	12.96	2.3	2.00	32.00	47.70	2.98
Ciclo Total de Transporte					3.06			

Ahorro en Tarifa **0.50**

AHORRO EN TRANSPORTE EN \$/Ton ESCENARIO 03-CAPACIDAD DE 29.2 TON

Transporte Ir		Transporte Suç	
Con Carga	Sin Carga	Con Carga	Sin Carga
Labor-Pocket	Pocket-Labor	Pocket-Tolva Sel.	Tolva Sel.-Pocket
4.558	4.072	17.8	17.8

Interior Mina
* 170m

adicionales * 200 m adicionales **Superficie** por ascenso de rampa por Ingreso a Pocket

Costo Total Transporte de Labor a Tolva Selene **5.00**

Tiempos Variables					Tiempos Fijos			
Velocidad con carga Km/Hr	Velocidad sin carga Km/Hr	Carguío (min)	Demoras (min)	Descarga (min)	Ciclo (hr)	Toneladas /Viaje	Costo Horario	Subtotal (\$/TM)
10	10	7.5	1.9	2.3	1.06	29.20	47.70	1.73
20	23	5.0	12.96	2.3	2.00	29.20	47.70	3.27
Ciclo Total de Transporte					3.06			

Ahorro en Tarifa **0.21**

AHORRO POR MENOR CONSUMO DE COMBUSTIBLE , MENOR HORAS DE TRANSPORTE-ESCENARIO 01- VOLQUETES DE 35 TON

Proyeccion LOM 2019

	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Aporte TMH	89,932	80,803	74,543	75,725	75,154	71,694	67,450	69,337	70,470	71,010	70,504	66,316	67,952

ACTUAL	Ciclos	Interior Mina	1.20	hr	Ton/Viaje	29.20
		Superficie	1.99	hr		29.20
PROPUESTA	Ciclos	Interior Mina	1.06	hr	Ton/Viaje	29.20
		Superficie	2.00	hr		35.00

CONDICION ACTUAL

Interior Mina +Superficie

	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Horas de Operación Volquetes 8X4	9,825	8,828	8,144	8,273	8,211	7,833	7,369	7,575	7,699	7,758	7,703	7,245	7,424
Ratio de Consumo de Combustible	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76
Galones	36,943	33,193	30,622	31,107	30,873	29,451	27,708	28,483	28,948	29,170	28,963	27,242	27,914

PROPUESTA

Interior Mina

	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Horas de Operación Volquetes 8X4	3,258	2,928	2,701	2,744	2,723	2,598	2,444	2,512	2,553	2,573	2,555	2,403	2,462
Ratio de Consumo de Combustible	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76

Superficie

Horas de Operación Volquetes 8X4	5,143	4,621	4,263	4,331	4,298	4,100	3,857	3,965	4,030	4,061	4,032	3,792	3,886
Ratio de Consumo de Combustible	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89
Galones	32,233	28,961	26,717	27,141	26,936	25,696	24,175	24,851	25,257	25,451	25,269	23,768	24,355

Variación de Galones /mes (80%)	3,769	3,386	3,124	3,173	3,149	3,004	2,827	2,906	2,953	2,976	2,955	2,779	2,848
Costo \$/Galon Ppto	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20

Ahorro por menor Consumo USD	12,060	10,835	9,996	10,155	10,078	9,614	9,045	9,298	9,450	9,522	9,454	8,893	9,112
-------------------------------------	--------	--------	-------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Interes: 0.80% VAN 120,899 USD

AHORRO POR MENOR CONSUMO DE COMBUSTIBLE , MENOR HORAS DE TRANSPORTE-ESCENARIO 02- VOLQUETES DE 32 TON

Proyeccion LOM 2019

	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Aporte TMH	89,932	80,803	74,543	75,725	75,154	71,694	67,450	69,337	70,470	71,010	70,504	66,316	67,952

ACTUAL	Ciclos	Interior Mina	1.20	hr	Ton/Viaje	29.20
		Superficie	1.99	hr	Ton/Viaje	29.20
0						
PROPUESTA	Ciclos	Interior Mina	1.06	hr	Ton/Viaje	29.20
		Superficie	2.00	hr	Ton/Viaje	32.00

CONDICION ACTUAL

Interior Mina +Superficie

	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Horas de Operación Volquetes 8X4	9,825	8,828	8,144	8,273	8,211	7,833	7,369	7,575	7,699	7,758	7,703	7,245	7,424
Ratio de Consumo de Combustible	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76
Galones	36,943	33,193	30,622	31,107	30,873	29,451	27,708	28,483	28,948	29,170	28,963	27,242	27,914

PROPUESTA

Interior Mina

	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Horas de Operación Volquetes 8X4	3,258	2,928	2,701	2,744	2,723	2,598	2,444	2,512	2,553	2,573	2,555	2,403	2,462
Ratio de Consumo de Combustible	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76

Superficie

Horas de Operación Volquetes 8X4	5,625	5,054	4,663	4,737	4,701	4,484	4,219	4,337	4,408	4,442	4,410	4,148	4,250
Ratio de Consumo de Combustible	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76

Galones	33,403	30,012	27,687	28,126	27,914	26,628	25,052	25,753	26,174	26,375	26,187	24,631	25,239
----------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Variacion de Galones /mes (90%)	2,833	2,545	2,348	2,385	2,367	2,258	2,125	2,184	2,220	2,237	2,221	2,089	2,140
Costo \$/Galon Ppto	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20

Ahorro por menor Consumo USD	9,064	8,144	7,513	7,632	7,575	7,226	6,798	6,989	7,103	7,157	7,106	6,684	6,849
-------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Interes: 0.80% VAN 90,871 USD

Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipotesis
Problema Principal	Objetivos Principal	Hipotesis Principal
<p>¿Cuál es el resultado de optimizar las variables técnicas económicas en los equipos de transporte de mineral en la veta Pablo, Nivel 4328 – 4402 de la unidad minera <i>Pallancata</i> ?</p>	<p>Desarrollar una metodología para incorporar variables técnicas económicas, para mejorar la productividad en la gestión operacional de equipos transporte de mineral en la veta Pablo, Nivel 4328 - 4402, unidad minera <i>Pallancata</i>.</p>	<p>Al incorporar nuevas variables técnicas económicas en la gestión de operaciones de equipos de acarreo y transporte, de mineral y desmonte, aumenta significativamente la productividad en la veta Pablo del Nivel 4328 - 4402 de la unidad minera <i>Pallancata</i>.</p>
Problemas Secundarios	Objetivos Específicos	Hipotesis Secundarios
<p>1. ¿Cómo aplicar los criterios técnicos y económicos en el uso y disponibilidad de los equipos de transporte de mineral en la veta Pablo, Nivel 4328 – 4402 de la unidad minera <i>Pallancata</i> ?</p>	<p>1. Determinar criterios técnicos y económicos en el uso y disponibilidad de los equipos de transporte de mineral en la veta Pablo, Nivel 4328 - 4402 de la unidad minera <i>Pallancata</i>.</p>	<p>1. La realización eficiente de los planes de producción en el movimiento de mineral en la veta 4328 - 4402, permitirá controlar las variables de productividad y eficiencia de equipos de transporte.</p>
<p>2. ¿Cómo mejorar la productividad en el uso de equipos de acarreo y transporte de mineral en la veta Pablo, Nivel 4328 – 4402 de la unidad minera <i>Pallancata</i> ?</p>	<p>2. Determinar la mejora de la productividad en el uso de equipos de transporte de mineral en la veta Pablo, Nivel 4328 – 4402 de la unidad minera <i>Pallancata</i>.</p>	<p>2. El cumplimiento seguro y eficiente de los planes preventivos de mantenimiento en equipos de transporte de mineral en la veta Pablo del Nivel 4328 - 4402 de la unidad minera <i>Pallancata</i>, permitirá la mejora de la productividad en equipos de transporte</p>

VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	METODO
VARIABLE INDEPENDIENTE	<p>Para desarrollar el trabajo de investigación se empleó el método analítico, siendo la investigación de un alcance descriptivo-explicativo. La investigación fue pre experimental, el cual se observó los resultados de la evaluación técnica y económica del sistema de gestión de equipos de transporte de mineral en la veta Pablo nivel 4328 – 4402 y un sistema simulado Pocket durante los periodos 2019. La metodología para la recolección de datos fue la revisión documental y el acopio de datos correspondientes en la unidad minera. Finalmente se concluye que la evaluación del sistema de gestión de transporte de mineral, permitirá definir variables operacionales y de mantenimiento (utilización y disponibilidad) que mejoren el ritmo de producción en el tiempo programado en el plan de minado.</p>
X= Equipos de acarreo y transporte de mineral.	
Dimensiones:	
X1= Modelo Operacional	
X2= Modelo Mecánico	
Indicadores:	
x1.1= Plan de producción	
x2.1= Rendimiento de los equipos de transporte carguío.	
X2.2= Disponibilidad Mecánica y utilización.	
X2.3= Horas máquina.	
VARIABLE DEPENDIENTE	
Y= Evaluación técnico económica.	
Dimensiones:	
Y1= Modelo Económico	
Y2= Modelo Financiero	
Indicadores:	
X1.1= Valor neto de fundición (NSR)Costos operacionales (OPEX) y Costos de Capital (CAPEX).	
X2.1= Evaluación Económica VAN y TIR	
X2.2= Análisis VAN y TIR	