

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación y optimización del circuito de transporte  
para el relleno cementado considerando el tipo  
de mezcla en U.E.A. Andaychagua, Volcán  
Compañía Minera S. A.**

Jhonny Jackson Muñoz Paredes  
David Adrian Dueñas Chumbe

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por dotarme de fuerza a través de cada una de las fases de este proyecto de investigación para lograr mis metas. También quiero expresar mi gratitud a la universidad Continental por proporcionarme todos los recursos e instrumentos que fueron importantes para completar y terminar el presente trabajo de investigación. No podría haber tenido la opción de lograr estos resultados si no fuera por su ayuda genuina.

Por último, quiero agradecer a cada uno de mis compañeros y a mi familia por apoyarme incondicionalmente a lo largo de este proceso, cuando mis ánimos estaban bajos. En particular a mis padres, quienes estuvieron siempre ahí para darme expresiones de ayuda y un abrazo alentador para recargar mi energía.

Muchas gracias a todos

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien me permitió llegar a este momento de gran importancia en mi vida. Por los éxitos y momentos duros que sirvieron de lección para valorar las cosas cada día.

A mis padres quienes han sido mis más fieles acompañantes en el camino recorrido hasta ahora velando por mí en cada momento de dificultad.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA .....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIV
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	15
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	15
1.1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.1.2 Formulación del problema general .....	16
1.1.2.1 Problemas específicos .....	16
1.2 Objetivos .....	17
1.2.1 Objetivo general .....	17
1.2.2 Objetivos específicos .....	17
1.3 Justificación e importancia .....	17
1.3.1 Justificación teórica.....	17
1.3.2 Justificación práctica .....	17
1.3.3. Justificación metodológica.....	18
1.4 Hipótesis y descripción de variables.....	18
1.4.1 Hipótesis general .....	18
1.4.2 Hipótesis específicas.....	18
1.4.3 Variables .....	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Antecedentes del problema.....	20
2.1.1 Antecedentes nacionales .....	20
2.1.2 Antecedentes internacional .....	24
2.2 Bases teóricas .....	27

2.2.1. Evaluación de las Instalación de los equipos de la planta de relleno cementado unidad minera Andaychagua .....	27
2.2.2. Procesamiento de la planta de relleno cementado unidad minera Andaychagua.....	31
2.2.3. Capacidad de rendimiento de la planta chancadora Unidad Minera Andaychagua.....	33
2.2.4. Mejora de la planta de relleno cementado FIRTH .....	33
2.2.5. Mejora de la velocidad de transporte del relleno cementado .....	35
2.2.6. Colocación e Instalación de tuberías de relleno cementado .....	36
2.2.7. Accesorios y tuberías utilizados en el relleno cementado en Unidad Minera Andaychagua .....	38
2.2.8. Evaluación y optimización del circuito de transporte .....	40
2.2.9. Relleno cementado considerando el tipo de mezcla .....	41
2.2.10. Preparación de barreras en los tajos de relleno.....	43
2.3 Definición de términos básicos .....	45
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	47
3.1 Método y alcance de la investigación .....	47
3.1.1 Método de la investigación .....	47
3.1.2 Tipo de investigación.....	47
3.1.3 Nivel de la investigación .....	48
3.2 Diseño de la investigación.....	48
3.3 Población y muestra.....	48
3.3.1 Población .....	48
3.3.2 Muestra .....	48
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	48
3.4.1 Técnicas.....	48
3.4.2 Instrumentos .....	49
3.2.2 Operacionalización de variables.....	49
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	50
4.1 Resultados y tratamiento de la información.....	50

4.1.1 Evaluación y optimización del circuito de transporte para el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en U. E. A. Andaychagua, Volcán Compañía Minera S. A. ....	50
4.1.4. Optimización del circuito de transporte según el material transportado considerando el tipo de mezcla en el relleno cementado de la U. E. A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.....	52
4.3. Producción y consumo de agregados mes de enero 2021 .....	68
4.4. Optimización del costo de relleno cementado en la unidad minera Andaychagua.....	70
4.4.1 Análisis de la producción del relleno cementado para el año 2020 .....	70
4.4.2 Evaluación de la optimización del relleno cementado en la unidad minera Andaychagua.....	74
CONCLUSIONES .....	77
RECOMENDACIONES .....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	80
ANEXOS.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Capacidad de rendimiento de la planta chancadora .....	33
Tabla 2. Sistema de carga de la planta de relleno cementado FIRTH .....	34
Tabla 3. Sistema dosificador y elaborador de la planta de relleno cementado FIRTH .....	34
Tabla 4. Cálculo de la velocidad teórica del transporte de relleno cementado .....	36
Tabla 5. Propiedades de las tuberías ESSER TWIN PIPE con doble chapa ....	38
Tabla 6. Accesorios y tuberías utilizados en el relleno cementado, unidad minera Andaychagua .....	38
Tabla 7. Tiempo de vida de las tuberías.....	39
Tabla 8. Red de las tuberías de relleno cementado .....	39
Tabla 9. Operacionalización de variables .....	49
Tabla 10. Producción del mes de enero .....	53
Tabla 11. Consumo de materiales.....	53
Tabla 12. Humedad promedio de agregados .....	54
Tabla 13. Malla 200 promedio de agregados .....	55
Tabla 14. Huso granulométrico .....	56
Tabla 15. Datos y análisis del relave .....	57
Tabla 16. Datos y análisis del confitillo Ricaldí. ....	58
Tabla 17. Datos y análisis del Confitillo 89 .....	59
Tabla 18. Datos y análisis de la piedra 67 .....	60
Tabla N 19: Diseños de lubricador de tubería .....	61
Tabla 20. Características físicas de los materiales y de la mezcla de prueba .....	61
Tabla 21. Porcentaje de resistencia (160 kg/cm <sup>2</sup> ) tajos según los días de fraguado .....	62
Tabla 22. Porcentaje de resistencia (60 kg/cm <sup>2</sup> ) cámaras según los días de fraguado .....	62
Tabla 23. Resultado del cruce entre el material transportado y el relleno cementado considerando la mezcla para el año 2020 .....	65



Tabla 24. Resultado del cruce entre el material transportado y el relleno cementado considerando la mezcla para el año 2021 .....	66
Tabla 25. Optimización de los resultados del cruce entre el material transportado y el relleno cementado considerando la mezcla para el año 2021. ....	67
Tabla 26. Consumo de promedio mensual del relleno cementado del año 2020 .....	68
Tabla 27. Consumo de promedio mensual del relleno cementado del año 2021 .....	69
Tabla 28. Costo unitario de relleno hidráulico para el año 2020 .....	71
Tabla 29. Costo unitario de relleno hidráulico para el año 2021 .....	73
Tabla 30. Comparación de la producción anual y la optimización mensual .....	74
Tabla 31. Comparación del costo por metro cubico de relleno cementa del año 2020 y 2021 .....	75
Tabla 32. Comparación del costo del relleno cementado y la optimización en función al año 2021 .....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tolva para el material de gruesos de 200 toneladas, el alimentador con placas Symons de 45" x 35" y la chancadora primaria, de denominación Granier 1070 .....	28
Figura 2. Zaranda Granier de 6"x14" y una chancadora cónica secundaria denominada Symons de 4' .....	29
Figura 3. Los dos sitios para la piedra y confitillo como las 7 fajas transportadoras .....	29
Figura 4. Cargador frontal de 5 yd <sup>3</sup> y la cámara de acumulación del relave clasificado con una capacidad de 400 t .....	30
Figura 5. Los dos sitios para la elaboración del cemento de 100 y 200 t y una bombona con capacidad de 30 t (11).....	31
Figura 6. Diseño del proceso de la planta chancadora .....	33
Figura 7. Mejora de las instalaciones de la planta de relleno FIRTH .....	35
Figura 8. Distancia longitudinal del tramo 1 optimizado y el tramo 2 actual .....	50
Figura 9. Distancia longitudinal de la chimenea CA_V644 .....	51
Figura 10. Enrejado de madera para el relleno cementado en el método de minado por taladros largos .....	52
Figura 25. Muestra de la granulometría.....	56
Figura 25. Ensayo de granulometría .....	56
Figura 26. Ensayo realizado de la prueba Slump para la trabajabilidad .....	62
Figura 27. Promedio de resultados de la prueba de Slump: 9 ½" .....	63
Figura 28. Ensayo de contenido de aire .....	64

## RESUMEN

La presente tesis titulada: "*Evaluación y optimización del circuito de transporte para el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en U.E.A Andaychagua, Volcán Compañía Minera S. A.*" es de enfoque cuantitativo, tipo explicativa, de nivel correlacional-causal y diseño no experimental de corte transversal. La población de la investigación estuvo constituida por el circuito de transporte para el relleno cementado de los tajos en a U. E. A. Andaychagua. No se realizó calculo muestral y se trabajó con el 100 % de la población. Para recolectar los datos de las variables 1 y 2, se eligió la técnica de recolección la observación y se empleó como instrumento una ficha de recolección de datos el cual estuvo constituido por 11 ítems.

El diseño del tramo 2 es el tramo actual utilizado con una longitud de 305 metros, la instalación de la red es de forma horizontal y en el tramo 1 que tiene una longitud de 181 metros, ya que tiene la chimenea CA\_ v644 con un ancho de 3.2 metros y una longitud de 16.5 metros respectivamente que ayuda a reducir el tramo del transporte del relleno cementado la red de tubería es forma vertical y horizontal.

El análisis para el año 2020 indica que el número de paradas es de 109, el material transportado es de 94 982.7 m<sup>3</sup>, el rendimiento es de 1 379.4 m<sup>3</sup>/h y el relleno cementado considerando la mezcla es de 217 836 380.1 kg, cabe señalar que estos resultados son en función al tramo 2 que es el más largo, con una distancia de 305 metros. Por otro lado, el análisis para el año 2021 indica que el número de paradas es de 73, el material transportado es de 106 982.7 m<sup>3</sup>, el rendimiento es de 1 019.4 m<sup>3</sup>/h y el relleno cementado considerando la mezcla es de 228 534 650.1 kg, cabe señalar que estos resultados son en función al tramo 1 que es el más corto y el más óptimo, ya que se tomó como atajo la chimenea CA\_ v644 y la distancia de este tramo 1 es de 181 metros.

La optimización de los resultados del cruce entre el material transportado y el relleno cementado, considerando la mezcla para el año 2021, reduce el número de paradas en 36 menos, el material transportado aumenta en 12 000 m<sup>3</sup> más, el rendimiento aumenta en 360 m<sup>3</sup>/h más. Por otro lado, el relleno cementado considerando la mezcla aumenta en 10 698 270 kg más, cabe señalar que estos resultados son en función a la comparación del año 2019 y el año 2020.

Para el año 2020 se tiene una producción mensual del relleno cementado de 8,717.23 m<sup>3</sup>, se tiene una producción baja debido a las deficiencias encontradas en el grosor de la tubería que realiza el transporte del relleno cementado. Por otro lado, para el año 2021 se tiene una producción mensual del relleno cementado de 8,915.21 m<sup>3</sup>, se tiene una producción alta debido al cambio de diámetro de la tubería que realiza el transporte del relleno cementado.

El costo unitario de relleno cementado en promedio mensual durante todo del año 2021 es de 69.65 \$/m<sup>3</sup> y para el año 2020 es de 72.18 \$/m<sup>3</sup> en promedio mensual, la optimización es de 2.23 \$/m<sup>3</sup> menos que el costo unitario de relleno cementado para el año 2020.

Para el año 2021, se tiene una producción anual del relleno cementado de 2,370 m<sup>3</sup> por encima del año 2020, se tiene una optimización anual del relleno cementado de 30,348 \$/m<sup>3</sup> en función al año 2021 y una optimización anual del costo del relleno cementado de 879,747 \$, en función al año 2021 respectivamente.

**Palabras claves:** circuito de transporte, relleno cementado, tipo de mezcla.

## ABSTRACT

The present thesis entitled: "Evaluation and optimization of the transport circuit for the cemented fill considering the type of mixture in U.E.A. Andaychagua, Volcán Compañía Minera S. A.." is of quantitative approach, explanatory type, correlational-causal level and non-experimental design of transversal cut. The research population was constituted by the transport circuit for the cemented backfill of the pits in the Andaychagua A.E.U., no sample calculation was made and 100 % of the population was worked with. To collect the data for variables 1 and 2, observation was chosen as the collection technique and a data collection form was used as an instrument, which consisted of 11 items.

The design of section 2 is the current section used with a length of 305 meters, the installation of the network is horizontal and in section 1 which has a length of 181 meters, since it has the chimney CA\_ v644 with a width of 3.2 meters and a length of 16.5 meters respectively that helps to reduce the stretch of the transport of the cemented fill the pipe network is vertical and horizontal.

The analysis for the year 2020, the number of stops is 109, the transported material is 94 982.7 m<sup>3</sup>, the yield is 1 379.4 m<sup>3</sup>/h and the cemented fill considering the mixture is 217 836 380.1 Kg, it should be noted that these results are based on section 2 which is the longest with a distance of 305 meters and the analysis for the year 2021, the number of stops is 73, the transported material is 106 982. 7 m<sup>3</sup>, the yield is 1 019.4 m<sup>3</sup>/h and the cemented backfill considering the mixture is 228 534 650.1 Kg, it should be noted that these results are based on section 1 which is the shortest and the most optimal as it was taken as a shortcut the chimney CA\_ v644 and the distance of this section 1 is 181 meters.

The optimization of the results of the crossing between the transported material and the cemented fill considering the mixture for the year 2021, the number of stops is reduced by 36 less, the transported material increases by 12 000 m<sup>3</sup> more, the yield increases by 360 m<sup>3</sup>/h more and the cemented fill

considering the mixture increases by 10 698 270 Kg more, it should be noted that these results are based on the comparison of the year 2019 and the year 2020.

For the year 2020 there is a monthly production of cemented fill of 8,717.23 m<sup>3</sup>, there is a low production due to the deficiencies found in the thickness of the pipe that transports the cemented fill and for the year 2021 there is a monthly production of cemented fill of 8,915.21 m<sup>3</sup>, there is a high production due to the change in the diameter of the pipe that transports the cemented fill.

The unit cost of cemented backfill in monthly average during the whole year 2021 is \$69.65/m<sup>3</sup> and for the year 2020 it is \$72.18/m<sup>3</sup> in monthly average, the optimization is \$2.23/m<sup>3</sup> less than the unit cost of cemented backfill for the year 2020.

For the year 2021 we have an annual production of cemented fill of 2,370 m<sup>3</sup>, above the year 2020 respectively, we have an annual optimization of cemented fill of 30,348 \$/m<sup>3</sup>, based on the year 2021 and an annual optimization of the cost of cemented fill of 879,747 \$, based on the year 2021 respectively.

**Key words:** Transportation circuit, cemented backfill, type of mix.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene por finalidad establecer la influencia entre la evaluación y optimización del circuito de transporte para el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en U. E. A. Andaychagua, Volcán Compañía Minera S. A. En cualquier ámbito que desarrolla el ser humano se vuelve ventajoso para los usuarios el contar con circuitos de transporte óptimo, reportando en los usuarios ganancias de tiempo y eficiencia. Esto se traduce, para la empresa, en ganancias a nivel económico, por lo cual esta área no debe ser subestimada en empresas en las cuales se necesita movimiento de grandes volúmenes de materiales diversos necesarios en su labor diaria.

La presente investigación consta de cinco capítulos: en el primero, se aborda y define el problema, se plantean los objetivos y señala la importancia de estudio; en el segundo, se sistematiza el marco teórico conceptual, para lo cual se recurre a los antecedentes del problema. Asimismo, se aborda en el marco general sobre circuitos de transporte y el relleno cementado considerando el tipo de mezcla, para concluir este capítulo con la definición de términos.

En el tercero, se plantea el método de investigación, se identifica las variables de estudio, se determina la población, muestra y las técnicas e instrumentos de recolección de datos. En el cuarto, se presentan los datos obtenidos del trabajo de campo efectuándose el análisis respectivo estimándose la asociación entre las variables de estudio, los análisis complementarios y la discusión de resultados. Posteriormente, se arriba a las conclusiones y recomendaciones respectivas.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

Las industrias mineras, en las últimas décadas, han enfrentado varios desafíos caracterizados por la alta volatilidad del precio de los metales provocadas por las expectativas en cuanto a las medidas de políticas monetarias en Estados Unidos, los problemas financieros de la eurozona y el plan de acuerdos para apoyar el desarrollo en China, que ha dado indicios de desaceleración últimamente. Así, el coste de la plata cerró el año en 19,6 USD/oz, un 39 % menos que los 32,0 USD/oz de finales de 2012. Entre tanto, el coste del oro cayó un 27% y el del zinc un 3 %.

La empresa Volcán Compañía S. A., ahora parte de Glencore, unidad Andaychagua, afronta en el 2021 un nuevo desafío de operaciones, tras un 2018 descenso en sus ventas y aumento de costos operativos principalmente en la preparación de paños para rellenar tajos y cámaras; también, la caída de sus leyes en cuanto a profundización y reducción en la potencia de vetas.

El método que actualmente se utiliza en Andaychagua es el corte y relleno automatizado, con sostenimiento de losas cementadas, lo que lleva un costo de minado alto con respecto a otros métodos de explotación, otra desventaja es que



no se puede minar grandes longitudes a comparación con otros, en el relleno existen deficiencias; por ejemplo, cuando el relleno se descuida para una carga mala, porcentajes inadecuados de gruesos finos, tuberías huecas; entonces, es necesario colocar doble malla, hacer soplar y destrancar los dos kilómetros y medio de tubería, lo cual eleva los costos de relleno cementado.

Asimismo, en Volcán Compañía Minera S. A. se tiene planificado para el 2021 centralizar las operaciones en la mina Andaychagua. Así, se preveé cubrir su aporte con el incremento de producción de la zona alta (Prosperidad). Por ello, se debe garantizar el sistema de relleno cementado a los tajeos a explotarse, lo que permitirá reducir los costos de relleno.

### **1.1.2 Formulación del problema general**

¿De qué manera influye la evaluación y optimización del circuito de transporte para el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en U.E.A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.?

#### **1.1.2.1 Problemas específicos**

- ¿De qué manera la evaluación y optimización del circuito de transporte según el material transportado influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U. E. A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.?
- ¿De qué manera la evaluación y optimización del circuito de transporte según el rendimiento influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U. E. A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.?
- ¿De qué manera la evaluación y optimización del circuito de transporte según las paradas influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U. E. A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Determinar de qué manera influye la evaluación y optimización del circuito de transporte para el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en U. E. A. Andaychagua, Volcán Compañía Minera S. A.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analizar de qué manera la evaluación y optimización del circuito de transporte según el material transportado influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U. E. A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.
- Analizar de qué manera la evaluación y optimización del circuito de transporte según el rendimiento influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U. E. A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.
- Analizar de qué manera la evaluación y optimización del circuito de transporte según las paradas influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U. E. A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.

## **1.3 Justificación e importancia**

### **1.3.1 Justificación teórica**

Desde el punto de vista teórico, la presente investigación se justifica porque se debatió el cumplimiento de la teoría y discusión relacionadas con evaluación y optimización del circuito de transporte para el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en UEA Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A., considerando el tipo de mezcla nace desde la necesidad de dar una solución a la pérdida operativa a través del estudio de la mezcla y así lograr una mejora en el sistema operativo.

### **1.3.2 Justificación práctica**

Los resultados de la presente investigación permitieron informar sobre el tema a futuros investigadores y estudiantes en el área de ingeniería minera, para

coadyuvar a tomar decisiones pertinentes a favor de mejorar el desarrollo de las competencias investigativas en estudios que guarden similitud con el presente trabajo.

### **1.3.3. Justificación metodológica**

Para lograr el objetivo de estudio, se realizó una recopilación de los datos en el campo, tanto del estudio geomecánico como del concreto de la zona de estudio, a través de instrumentos de registro de los mismos en tablas confeccionadas para dicho fin. Asimismo, se realiza la inspección de registros *in situ* y observación en los archivos de la UEA Andaychagua.

## **1.4 Hipótesis y descripción de variables**

### **1.4.1 Hipótesis general**

La evaluación y optimización del circuito de transporte influye el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en U.E.A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.

### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- La evaluación y optimización del circuito de transporte según el material transportado influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U. E. A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.
- La evaluación y optimización del circuito de transporte según el rendimiento influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U. E. A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.
- La evaluación y optimización del circuito de transporte según las paradas influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U. E. A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.

### **1.4.3 Variables**

#### **1.4.3.1 Variable independiente**

**X:** Evaluación y optimización del transporte de relleno.

**X<sub>1</sub>:** Material transportado.

➤ m<sup>3</sup>

**X<sub>2</sub>:** Rendimiento

➤ Rendimiento (m<sup>3</sup>/H)

**X<sub>3</sub>:** Paradas.

➤ N° de paradas.

#### **1.4.3.2 Variable dependiente**

**Y:** Mezcla de relleno a trasportar.

**Y<sub>1</sub>:** Composición de relleno cementado

➤ Piedra 67 Silo

➤ Piedra USO 89

➤ Confitillo

➤ Relave

➤ Cemento

**Y<sub>2</sub>:** Aditivos

➤ Agua

➤ EUCO 537

➤ W.O

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del problema**

##### **2.1.1 Antecedentes nacionales**

a) Tesis titulada: «*Aplicación y efectos del relleno cementado en corte y relleno descendente de la mina Andaychagua U.E.A Yauli de Volcan Compañía Minera S.A. DEL 2017*». El objetivo del estudio es investigar en qué medida la aplicación del relleno cementado influye en la resistencia mecánica del macizo mineralizado en el método de explotación corte y relleno descendente en la mina Andaychagua U. E. A. Yauli de la compañía minera Volcán S. A. A. (1). Además, la investigación tiene las siguientes características (1):

- Con respecto al objetivo general, según las estimaciones de la prueba( t) de las medias muestrales del análisis, se llegó a determinar que las resistencias a la compresión del relleno cementado están por encima de la resistencia teórica; es decir podemos tener la seguridad de un 90% de que la media verdadera se encuentra entre 175.48 kg/cm<sup>2</sup> y 186.03 kg/cm<sup>2</sup> y una seguridad de 95 % de que es mayor que 175.48 kg/cm<sup>2</sup> lo cual nos permite garantizar una explotación segura en el método corte y relleno descendente de la unidad minera Andaychagua (1).
  
- En relación a nuestro objetivo específico “A”, según las estimaciones de la prueba “t” de las muestrales para la resistencia del relleno a los 28 días,

tenemos la seguridad de un 90 % de la media verdadera se encuentra entre 470.92 kg/cm<sup>2</sup> y 483.01kg/cm<sup>2</sup>, y una seguridad del 95% de que es mayor de 470.92 kg/cm<sup>2</sup>; el cual se relaciona significativamente con la explotación de los niveles posteriores de extracción por que las losas están alcanzando su máxima resistencia y no ocurrirá fallas ni desplomes (1).

b) Tesis titulada: «*Explotación por subniveles ascendentes con relleno cementado unidad minera Pallancata CIA Minera Ares – Hochschild*». El objetivo del estudio es la aplicación el método de explotación aplicado por *cut and fill* con relleno en pasta, permite la recuperación total y segura de pilares de mineral existentes en la mina (2). Además, la investigación tiene las siguientes características (2):

- La diferencia en el costo de relleno cementado y relleno en pasta es: (12,12 - 16,21) = 4,09 \$/m<sup>3</sup>; para un volumen por rellenar de: 501 428,57 m<sup>3</sup>, se tiene un ahorro de: 2 050 842,85 \$/año, lo que representa significativamente una ganancia para la Cía. Minera Ares -Hochschild (2).
- En lo referente a tiempos de relleno de tajeos, en el tajo 2600 se requirió un total de 980 m<sup>3</sup> de relleno cementado, el tiempo en rellenarlo con volquetes fue de 21 horas aproximadamente; para el mismo tajo el mismo proceso con relleno en pasta se demoraría 14,5 horas, reduciendo el tiempo de relleno del tajeo en 6,5 horas (2).
- Los beneficios ambientales de uso de relleno en pasta son los siguientes: el uso en relleno del 82 % de los relaves totales generados en la recuperación metalúrgica de la planta concentradora, sin clasificar, incluido finos. (2) La escoria molida se incorpora a la pasta. Luego de estudios y ensayos confirman que su inclusión en la pasta contribuye a la obtención de resistencia a la compresión (2).

c) Tesis titulada «*Aplicación del relleno hidráulico en Mina Socorro – U.P. Uchucchacua de la Compañía Minera Buenaventura S. A. A.*». El objetivo del estudio es realizar una adecuada cobertura de los tajeos explotados para la aplicación de relleno hidráulico en la mina Socorro – U. P.

Uchucchacua de La Compañía Minera Buenaventura S. A. A. (3). Además, la investigación tiene las siguientes características (3):

- Con la aplicación del relleno hidráulico se considera aprovechar un 40 % a 50 % del relave producto de los avances de la mina y el tratamiento de minerales, esto se traduce en mayor vida útil de la relavera actual, reduciendo el impacto ambiental negativo y aumentando la rentabilidad del proyecto. (3)
- El consumo cimbras y de madera por tonelada de mineral roto antes de aplicar relleno hidráulico es de 28.40 kg/t, para la madera y 4 cimbras/t. Aplicando el relleno hidráulico se reduce a 4.6 kg/TM, para la madera y ya no se usarán cimbras (3).
- La estabilidad física y química están dentro de lo permisible con Factor de seguridad mayor a 1 en estabilidad física y valores de CN (cianuro) debajo de lo detectable 0.005 ppm (3).
- Promedio mensual de relaves para uso relleno hidráulico disponibles es de 8,000 m<sup>3</sup> de acuerdo con el balance de planta mensual (3).

d) Tesis titulada: «*Instalación de una nueva troncal para el mejoramiento del sistema de distribución de relleno hidráulico del tajo 370, Mina San Ignacio De Morococha - 2018*». El objetivo del estudio es proponer la incorporación de una nueva línea de suministro de relleno hidráulico para el tajo 370, que permita mejorar el rendimiento del relleno (m<sup>3</sup>/h) y optimizando el tiempo de llenado de un tajo, alcanzando los objetivos proyectados por el área de Planeamiento y Servicios de la Mina San Ignacio de Morococha (4). Además, la investigación tiene las siguientes características (4):

- La buena resistencia de la tubería de acero al carbono y el alivio de presión final de bombeo nos permite aumentar la densidad del material, yendo desde 1600 gr/l hasta los 1850 gr/l, esto quiere decir que el porcentaje de sólidos enviados al tajo es mucho mayor y se logra que el tajo se llene en un menor tiempo (4).

- El nuevo cálculo del caudal toma un nuevo sentido, al aumentar la densidad de pulpa hasta los 1600 gr/l hasta los 1850 gr/l según las estimaciones de planta, debido a que se logra una variación del caudal que según los cálculos llega a ser de 44 m<sup>3</sup>/h (4).
  - Ante el análisis realizado sobre el tendido de la línea de suministro de relleno aprovechando la línea existente de acero al carbono, aumento los metros cúbicos bombeados en un promedio mensual de 25 % por encima de lo planificado (de los 500 m<sup>3</sup>/h en ocasiones se ha logrado cubrir cantidades mayores a 700 m<sup>3</sup> /h), comparado con el déficit de 12 % que se tenía con el tendido anterior (4).
- e) Tesis titulada: «*Optimización de las losas de relleno cementado de la U.P. Andaychagua*». El objetivo del estudio es evaluar el diseño de las mezclas para las losas de relleno cementado en los tajeos de corte y relleno descendente de la U.P. Andaychagua, para su optimización (5). Además, la investigación tiene las siguientes características (5):
- Los parámetros geomecánicos son imprescindibles para el diseño de la mezcla óptima, sustentando los factores de seguridad para implementar una losa de relleno cementado con una resistencia de 8 MPa, en reemplazo de una losa con una resistencia de 16 MPa (5).
  - El diseño de mezcla óptima en tajeos de 6 m de ancho es aplicable al 25 % de la veta Andaychagua (5).
  - El valor de la resistencia a la compresión uniaxial de las losas de relleno cementado es una función de la cantidad de cemento utilizada en la mezcla, por lo que el cambio de un relleno con una resistencia de 16 MPa a otro de 8 MPa implica una diferencia en el costo del orden de 10,65 US\$/m<sup>3</sup> y considerando una programación de 12 000 m<sup>3</sup> de relleno cementado por mes, genera un ahorro de US\$ 123 000 (5).



## 2.1.2 Antecedentes internacional

a) Tesis titulada: «*Infraestructura de transporte para explotar las reservas profundas en mina El Soldado*». El objetivo del estudio es analizar el sistema de transporte de mineral a planta, determinando necesidades de equipos y costos de operación del sistema, se concluyó que la construcción de un túnel de transporte, de 5,5 x 4,5 m<sup>2</sup> de sección y 2.090 m de desarrollo, para el cual se determina un tiempo de construcción de 17 meses con una inversión total de US\$ 2,900,000. (6). Además, la investigación tiene las siguientes características (6):

- En el contexto establecido para la realización de este trabajo se cubicaron, para las reservas profundas, un total de 5,17 x 10.<sup>6</sup> t de mineral factible de recuperar, con una ley media de 1,95 % de CuT, para una ley de corte de 1,2% de CuT (6).
- Para recuperar estas reservas se ha determinado que la alternativa de construir un nivel de transporte inferior (túnel) que se ubique por debajo de las reservas más profundas, es más favorable que la alternativa de construir una rampa que nazca desde el nivel de transporte actual y que se desarrolle en profundidad pasando por las bases de todos los caserones (6).
- El análisis del sistema de transporte para la alternativa elegida establece la necesidad de contar con una flota de 8 camiones de 42 t de capacidad y 2 cargadores frontales de 5 yd<sup>3</sup>, obteniéndose un costo de operación del sistema de US\$0.926 por tonelada (6).
- Las conclusiones y valores indicados anteriormente son válidas bajo el supuesto que estas reservas son explotadas a un ritmo de 6.600 ton/día, lo cual permitirá alimentar a Planta a un ritmo de 5.500 t (6).

b) Tesis titulada: «*Diagnóstico del control subterráneo y plan de mejora en la mina de la Sociedad Minera Minervilla*». El objetivo del estudio es diagnosticar el control subterráneo y plan de mejora en la mina de la Sociedad Minera Minervilla, se concluyó que el caudal óptimo fue de

142,37 m<sup>3</sup>/min para el interior de la mina no existiendo alumbrado fijo para las galerías, niveles y vías de acceso (7). Además, la investigación tiene las siguientes características. (7) :

- En las evacuaciones de aguas no existen canales de drenaje en los niveles 1 y 2, esto afecta al transporte del mineral por lo que disminuye el número de viajes y afecta directamente a la producción (7).
- Para el transporte no existe rieles en el nivel 1, eso dificulta el traslado del material ya que se utilizará vagones montados sobre ruedas y los trabajadores los empujan manualmente, causando pérdidas de tiempo y energía (7).

c) Tesis titulada: «*Análisis del diseño de explotación mediante el sistema Long Hole Stopping para el proyecto minero Loma Larga, Azuay-Ecuador*». El objetivo del estudio es diagnosticar el control subterráneo y plan de mejora en la mina de la Sociedad Minera Minervilla, se concluyó que el caudal óptimo fue de 142,37 m<sup>3</sup>/min para el interior de la mina no existiendo alumbrado fijo para las galerías, niveles y vías de acceso. Asimismo, la evacuación de aguas está ausente de drenajes para los primeros dos niveles afectando el transporte del material, estando el primer nivel carente de rieles para el transporte (8). Además, la investigación tiene las siguientes características (8):

- Los rendimientos de trabajo son óptimos y seguros, ya que el método de Lon Hole Stopping funciona en un alto porcentaje mecanizado (8).
- Con este método se pretende extraer un total de 13 926 475 toneladas de material que contienen un total de 1 979 997 de onzas de oro que estén recuperadas durante los 12 años (8).

d) Tesis titulada: «*Estudio de sistemas de fortificación para la mina subterránea Olkusz-Pomorzany*». El objetivo del estudio es diagnosticar el control subterráneo y plan de mejora en la mina de la Sociedad Minera Minervilla, se concluyó que el caudal óptimo fue de 142,37 m<sup>3</sup>/min para el interior de la mina no existiendo alumbrado fijo para las galerías, niveles y vías de

acceso. Asimismo, la evacuación de aguas está ausente de drenajes para los primeros dos niveles afectando el transporte del material, estando el primer nivel carente de rieles para el transporte (9). Además, la investigación tiene las siguientes características (9) :

- Se procedió a evaluar alternativas en el tipo de fortificación de pernos y rellenos, los tipos de pernos considerados fueron pernos de anclaje mecánico, pernos cementados, pernos de cable plano y pernos tipo Swellex. Respecto a los tipos de relleno, se consideró el relleno hidráulico, el relleno cementado y el relleno en pasta. Los resultados obtenidos mostraron que el caso base no es la configuración que genera la mayor estabilidad para la mina “Olkusz – Pomorzany”, ya que el Strength Factor mostraba zonas de peligro en las paredes y piso de las excavaciones (9).
  - En el enfoque con pernos la mejor opción fue el uso de pernos cementados, dado a que logra estabilizar el macizo rocoso de la mejor manera (comparado a los otros tipos de pernos) al obtener un mayor Strength Factor. Además, el uso de lechada de cemento combate eficientemente el gran caudal de agua presente en la mina (evitando la corrosión del perno y la alteración de su funcionamiento) (9).
  - En la simulación de los diferentes tipos de relleno se llegó a la conclusión de que el relleno cementado es la mejor opción, ya que no genera zonas de inestabilidad en las excavaciones y ofrece una mejor cohesión para mantener el relleno uniforme con la mínima deformación (9).
  - De esta forma, en base al análisis de estabilidad y esfuerzos principales, la mejor combinación para la fortificación de la mina Olkusz – Pomorzany es el uso de pernos con lechada de cemento y relleno cementado, la cual genera una mejor estabilidad general (9).
- e) Tesis titulada: *«Planteamiento minero y diseño de explotación para materiales de construcción en el libre aprovechamiento San Gerardo de la parroquia Mariano Moreno»*. El objetivo del estudio es proponer un planteamiento minero y diseño de explotación para materiales de

construcción en el libre aprovechamiento San Gerardo de la parroquia Mariano Moreno. Se concluyó que el costo del proyecto en lo relacionado al costo por metro cúbico corresponde a 2.46 \$ siendo el costo del mercado 2.50 \$ obteniendo un ahorro correspondiente a 0.004 \$ por metro cuadrado equivalente a 4,981.78 \$. (10). Además, la metodología tiene las siguientes características (9) :

- El libre aprovechamiento temporal de materiales de construcción San Gerardo código 10000455 presenta una superficie de 6 hectáreas mineras de las cuales se ha limitado un área de manifiesto de explotación de 14500 m<sup>2</sup> y un volumen de explotación de 1245444.43 m<sup>2</sup> para una duración de 24 meses (9).
- Las reservas probadas del depósito mineral correspondiente a la calculadas en el diseño de explotación y reservas probables de las limitadas en el sólido de control, con reservas de 383 028.74 m<sup>3</sup> y 107 812 m<sup>3</sup> respectivamente, en el cual será dispuestos en estos bancos de cierre de minas conjuntamente desde el avance de la quinta fase de explotación (9).

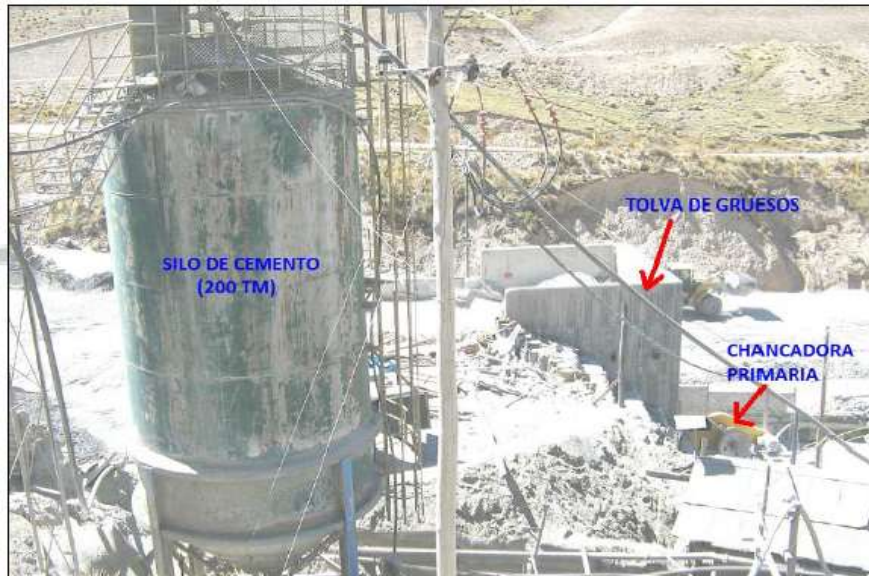
## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1. Evaluación de las Instalación de los equipos de la planta de relleno cementado unidad minera Andaychagua**

La planta chancadora se conforma de los siguientes equipos:

- Una tolva para el material de gruesos de 200 toneladas con su respectiva parrilla de 8 pulgadas (8") (11).
- Un alimentador con placas Symons de 45 pulgadas por 35 pulgadas (45" x 35") (11).
- Una chancadora primaria, de denominación Granier 1070 de 24 pulgadas por 36 pulgadas (24"X 36") y regulada de set de 4 pulgadas a 8 pulgadas (4 a 8") (11).

En la siguiente figura se muestra la tolva para el material de gruesos de 200 toneladas, el alimentador con placas Symons de 45" x 35" y la chancadora primaria, de denominación Granier 1070. (11)



**Figura 1. Tolva para el material de gruesos de 200 toneladas, el alimentador con placas Symons de 45" x 35" y la chancadora primaria, de denominación Granier 1070  
Tomada de Informe de prácticas preprofesionales - Yauli: Volcan Compañía Minera S. A.  
2010**

- La zaranda Granier tiene una dimensión de 6'x14', con tres tipos de mallas la primera de 1"x1", la segunda ½"x1/2" y la tercera para materiales finos de 3 mm (11).
- La chancadora cónica secundaria denominada Symons de 4', serie 4154 – std (11).

En la siguiente figura se muestra la Zaranda Granier de 6"x14" y una chancadora cónica secundaria denominada Symons de 4' (11).



**Figura 2. Zaranda Granier de 6"x14" y una chancadora cónica secundaria denominada Symons de 4'**  
**Tomada de Informe de prácticas preprofesionales (11)**

- Se cuenta con dos silos: la primera para las piedras y la segunda para el confitillo (11).
- Se tiene siete fajas transportadoras (11).

En la siguiente figura se muestra los dos sitios para la piedra y confitillo como las 7 fajas transportadoras. (11)



**Figura 3. Los dos sitios para la piedra y confitillo como las 7 fajas transportadoras**  
**Tomada de Informe de prácticas pre profesionales - Yauli: Volcan Compañía Minera S. A., 2010 (11)**

- Para la manipulación de material, se cuenta con un cargador frontal de 5 yd<sup>3</sup> (11).
- La cámara de acumulación del relave clasificado con una capacidad de 400 t (11).

En la siguiente figura se muestra el equipo cargador frontal de 5 yd<sup>3</sup> y la cámara de acumulación del relave clasificado con una capacidad de 400 t (11).



**Figura 4. Cargador frontal de 5 yd<sup>3</sup> y la cámara de acumulación del relave clasificado con una capacidad de 400 t**  
**Tomada de Informe de prácticas preprofesionales -Yauli: Volcan Compañía Minera S. A., 2010 (11)**

- Existen dos silos para la elaboración del cemento, de 200 y 100 t (11).
- Se cuenta con una bombona con capacidad de 30 TM, para el transporte del cemento (11).

En la siguiente figura se muestra los dos sitios para cemento de 100 y 200 toneladas como la bomba de 30 toneladas (11).



**Figura 5. Los dos sitios para la elaboración del cemento de 100 y 200 t y una bombona con capacidad de 30 t (11)**  
**Tomada de Informe de prácticas pre profesionales -Yauli: Volcan Compañía Minera S. A., 2010 (11)**

### **2.2.2. Procesamiento de la planta de relleno cementado unidad minera Andaychagua**

Hay dos elementos de la planta devastadora: la piedra (piedra HUSO 67) y el confitillo (piedra HUSO 89) que se utilizan en la planta de Firth. Durante el tiempo que dura la puesta en marcha del relleno solidificado para la producción del concreto de estos dos materiales, se realizan el siguiente proceso:

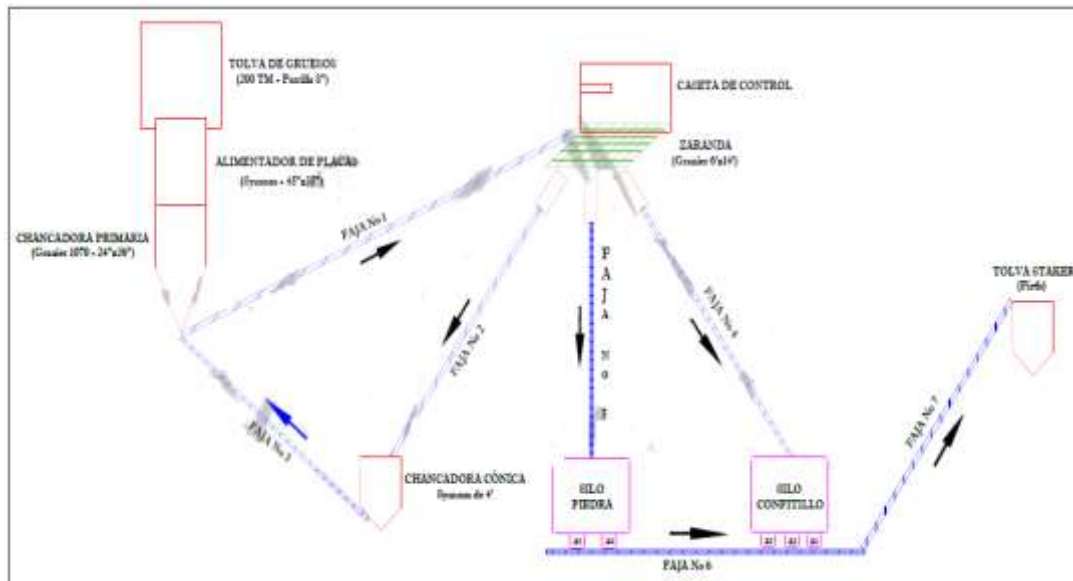
- El material estéril de la unidad minera Andaychagua proveniente de las labores subterráneas es un material volcánico, el que es depositado en la parrilla de la tolva de materiales gruesos, en seguida es transportado por el alimentador de placas a la chancadora primaria (11).
- Después de ser disminuido en el triturador o chancadora primaria, el material volcánico es transportado por la faja N 1 con dirección a la zaranda con una malla de sección de 1" x 1", el material pasante es llevado a otra malla de sección de ½"x½" y el material volcánico restante que no logre pasar por estas mallas es llevado a una chancadora cónica secundaria, transportado por una faja N°2, una vez realizado esta actividad se vuelve a zarandear con dichas



mallas mediante las fajas N°3 y N°2 con dirección a la malla 1"x1" y así se estaría cerrando el circuito de trabajo (11).

- Para los materiales finos al pasar por la zaranda de la malla de sección 1/2"x1/2", en el caso de que pase, se lleva a la malla de finos de 3 mm, en cualquier caso, se lleva al Silo de Piedra (PIEDRA HUSO 67) a través de la faja N°5 (11).
- Todo material que no pase por esta sección de la malla fina de 3 mm se traslada al silo de confitillo a través de la faja N°4, y suponiendo que pase por la malla el material se desecha (11).
- Después de esta interacción, el material es caracterizado y depositado según su tamaño de granulometría, tanto en el silo de piedra como en la cancha de acumulación de confitillo (11).
- Según las necesidades de la planta de relleno de Firth, el material ya sea piedra o confitillo se separa de los silos por medio de la vibración y es guardado por los alimentadores, se tiene 2 alimentadores en el silo de piedra y 3 en el silo de confitillo es cual es transportado por la faja N°6 (11).
- Una vez el material seleccionado transportado por la faja N°6 es transportado el material a la faja N°7, para dirigirse a la tolva Staker de la planta de Firth, donde se cierra este ciclo y comienza la producción del relleno cementado, el cual se detalla en la siguiente figura. (11)

La siguiente figura, se muestra el diseño del proceso de la planta chancadora.



**Figura 6. Diseño del proceso de la planta chancadora**  
**Tomada de Informe de prácticas pre profesionales -Yauli: Volcan Compañía Minera S. A.,**  
**2010 (11)**

### 2.2.3. Capacidad de rendimiento de la planta chancadora Unidad Minera Andaychagua

El funcionamiento de la planta chancadora cuenta con un tiempo efectivo de 13 horas por día, se pueden establecer los siguientes rendimientos:

**Tabla 1. Capacidad de rendimiento de la planta chancadora**

Materiales		
Piedra 67	Confitillo	Cantidad
12.00	10.00	m <sup>3</sup> /h
156.00	130.00	m <sup>3</sup> /día

**Tomada de Informe de prácticas preprofesionales - Yauli: Volcan Compañía Minera S. A.,**  
**2010 (11)**

En la siguiente sección se muestra la mejora de la planta de relleno del cementado FIRTH

### 2.2.4. Mejora de la planta de relleno cementado FIRTH

La instalación de los equipos e instalaciones de la planta de elaboración de relleno Firth tiene los siguientes componentes:

**Tabla 2. Sistema de carga de la planta de relleno cementado FIRTH**

<b>A. SISTEMA DE CARGA</b>
1. Tolva Staker (5 M3)
2. Faja transportadora, (L = 22.03 m)
3. Pasarela de servicio
4. Distribuidor rotativo

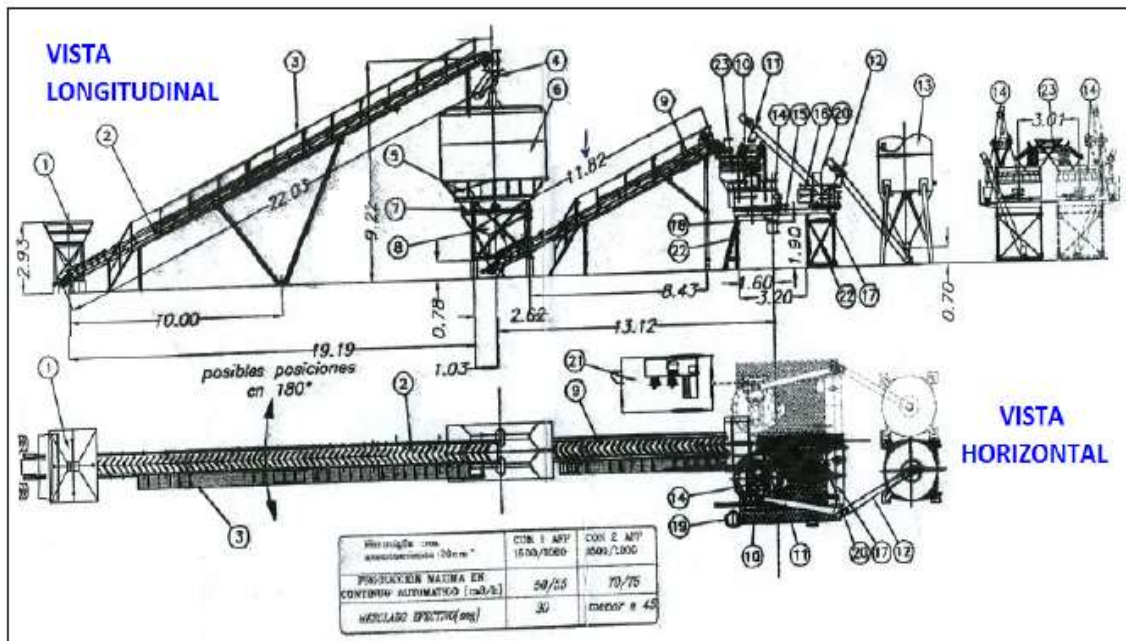
**Tomada de Informe de prácticas preprofesionales -Yauli: Volcan Compañía Minera S. A., 2010 (11)**

**Tabla 3. Sistema dosificador y elaborador de la planta de relleno cementado FIRTH**

<b>B. SISTEMA DOSIFICADOR Y ELABORADOR</b>
1. Tolva de acopio para 4 áridos, (8 M3 cada uno, total = 32 M3)
2. Postizos acopio de áridos, (Cap. 16 M3 + 15 M3)
3. Compuertas dosificadoras
4. Balanza de áridos (Vol. Geométrico = 4.5 M3)
5. Faja transportadora de áridos (L = 11.85 m)
6. Balanza de cemento (Cap. 400 Kg)
7. Tornillo dosificador de cemento NRC 274-5200-40°-MRS
8. Tornillo dosificador de cemento NRC 274-5200-40°-MRS
9. Silo acopio de cemento
10. Mezcladora AFP 1500/1000 (Cap. 1.5 M3)
11. Base pórtico
12. Tablero eléctrico de potencia y comando
13. Conducto de agua Tanque + Bomba + Caudalímetro
14. Encauzador de descarga
15. Escalera de acceso
16. Dosificador de aditivos
17. Cabina de comandos
18. Patas soporte pórtico
19. Derivador de áridos

**Tomada de Informe de prácticas preprofesionales -Yauli: Volcan Compañía Minera S. A., 2010 (11)**

De lo mencionado en las tablas, se aprecian en la siguiente figura las instalaciones de la planta de relleno cementado FIRTH.



**Figura 7. Mejora de las instalaciones de la planta de relleno FIRTH**  
 Tomada de Informe de prácticas preprofesionales -Yauli: Volcan Compañía Minera S. A.,  
 2010 (11)

### 2.2.5. Mejora de la velocidad de transporte del relleno cementado

Para mejorar la velocidad, el factor principal a evaluar es el índice del desgaste de la tubería, y está en función en promedio a 3.75 potencia y la velocidad del transporte (11).

- Al bombear con la tubería llena de material, el cual está en función al caudal (metros cúbicos por hora – m<sup>3</sup>/h) y el diámetro de la tubería, tanto si está colocada de forma uniforme como si está inclinada o en dirección ascendente (11).
- Si se tiene una tubería con un diámetro interior de 125 mm y el caudal que transporta el material es de 30 m<sup>3</sup>/h, el bombeo con la tubería llena y con una velocidad de unos 0,68 m/seg (2,45 km/hora), en promedio (11).
- Lo ideal es trabajar con la tubería llena, pero el problema se da cuando esto no se da, ya que el material bombeado se desplaza prácticamente en caída libre acelerando a lo largo de la línea ascendente a un ritmo de 9,8 m/seg<sup>2</sup>, esto ocurre sobre todo hacia el inicio (11).

Así, la velocidad hipotética, esperando una caída libre sin fricción, sería la que se muestra en la tabla adjunta (11).

Si se tiene una velocidad teórica, no se asume la fricción se asume como una caída libre del material, en la siguiente tabla se muestra el cálculo de la velocidad teórica del transporte de relleno cementado (11).

**Tabla 4. Cálculo de la velocidad teórica del transporte de relleno cementado**

<b>H (altura en m)</b>	<b>T (tiempo en seg.)</b>	<b>V ( velocidad en m/seg )</b>	<b>V ( velocidad en Km/hora)</b>
5	0.5	9.9	35
25	1	22	79
50	1.6	31	112
100	2	44	159
200	3.2	62	225
300	4	76	277

<b>Friccion de agua y aire</b>	0.7	
<b>Distancia (m)</b>	300	m
<b>Velocidad aproximada</b>	53	m/seg.
	192	km/hora
<b>Velocidad normal</b>	0.68	m/seg
	2.45	km/hora
<b>78 veces mayor que la velocidad normal de bombeo</b>		

*Tomada de Informe de prácticas preprofesionales -Yauli: Volcan Compañía Minera S. A., 2010 (11)*

Por lo tanto, se supone que, para evitar el incremento de velocidad en una línea descendente y el consiguiente mayor desgaste, se debe evitar la caída libre del material (11).

#### **2.2.6. Colocación e Instalación de tuberías de relleno cementado**

Las tuberías instaladas para el paso del relleno cementado se unen con grampas para adquirir una red ideal de tuberías (11).

El rellenado de la línea durará entre 10 y 15 horas dependiendo de los componentes de la línea. Hacia el final del sistema de llenado, se dan 3 golpes

para limpiar la línea y evitar que se fijen los segmentos de llenado dentro de la línea (11).

El tiempo de relleno en promedio es de 11 a 15 horas el cual va depender de la dimensión realizada, por estándar se tiene que realizar 3 soplos para poder limpiar la tubería de toda la red realizado y evitar que fragüe en el interior de esta. (11)

#### **2.2.6.1. Consideraciones de relleno**

- Para realizar el paño del relleno cementado, en primer lugar, se agregan 1.5 m<sup>3</sup> de mortero y enseguida se agrega 3 m<sup>3</sup> de Soft y se vierte el concreto (11).
- Una vez terminada o realizado el relleno cementado, se añaden adicionalmente 3 m<sup>3</sup> de Soft y después 1,5 m<sup>3</sup> de mortero (11).
- El concreto tiene una resistencia específica de 160 kg/cm<sup>2</sup>, al paso de 7 días el agregado el concreto tiene una resistencia del 70 % del valor especificado y al cabo de los 28 días esta alcanza el 100 % del valor. (11)

#### **2.2.6.2. Mejora al emplear dos tipos de tuberías para el relleno cementado**

El trabajo del bombeo para poner en movimiento el relleno cementado se usan dos tipos de tuberías y son:

- ✓ Las tuberías de material de acero con una sola chapa ST 52 (11).
- ✓ Las tuberías de material de acero con doble chapa ESSER Twin Pipe (11).

La unidad minera Andaychagua solo empleaba a la tubería de acero de una sola chapa ST 52, con las pruebas en campo emplear la tubería de acero de doble chapa ESSER Twin Pipe, se logró mejorar en función al transporte de relleno cementado (11).

#### **2.2.6.3. Mejora del transporte de relleno cementado con las tuberías de acero de doble chapa ESSER Twin Pipe**

Las tuberías de doble chapa cuentan con una chapa exterior de calidad ST 52 que tiene la capacidad de soportar la presión del flujo del material bombeado y la chapa del interior de acero con tratamiento térmico ideal para la resistencia a

la abrasión. Estas tuberías de doble chapa tienen un peso promedio de 210 kg por tubo (11).

El descarte de estas tuberías es mayormente por el desgaste de la primera capa es frágil al golpe con el martillo (11). Para los tubos ESSER Twin Pipe, con distancia interior transversal de 125 mm, las tensiones de funcionamiento se pueden adquirir en la tabla adjunta (11).

**Tabla 5. Propiedades de las tuberías ESSER TWIN PIPE con doble chapa**

$\Phi$ Interno = 125 mm	Presión de Prueba (bares)	Presión Máxima de Trabajo (bares)	Presión de Explosión (bares)
t = 4.5 mm	-----	80	-----
t = 8.1 mm	280	130 - 140	280
t = 11.3 mm	400	200	> 500

*Tomada de Informe de prácticas preprofesionales -Yauli: Volcan Compañía Minera S. A., 2010 (11)*

### 2.2.7. Accesorios y tuberías utilizados en el relleno cementado en Unidad Minera Andaychagua

La línea de tuberías de U. P. Andaychagua está compuesta por los siguientes tipos de tuberías:

**Tabla 6. Accesorios y tuberías utilizados en el relleno cementado, unidad minera Andaychagua**

Accesorios y tuberías utilizados para el relleno cementado
1. Tubería bicapa ESSER de 200 ba, de 3m (rojo)
2. Tubería bicapa ESSER de 140 ba, de 6m (plomo)
3. Tubería ESSER ST 52 de 8.8 mm
4. Tubería ESSER ST 52 de 7.1 mm
5. Tubería Schwing ST 52 de 8.8 mm
6. Tubería Schwing ST 52 de 7.1 mm
7. Tubería Nacional (en líneas verticales)
8. Además la línea de tuberías cuenta con los siguientes accesorios:
9. Codos de 90° ESSER
10. Codos de 45° ESSER
11. Codos de 30° ESSER
12. Codos de 15° ESSER
13. Codos de 7° ESSER
14. Acoples (Bridas) ESSERS
15. Empaquetadura Schwing

*Tomada de Informe de prácticas preprofesionales -Yauli: Volcan Compañía Minera S. A., 2010 (11)*

### 2.2.7.1. Tiempo de descarte de las tuberías

La vida útil de las tuberías que son: la tubería ST 52 con una sola chapa y la tubería ESSER con dos chapas bicapa, se estandarizo de acuerdo con los metros cúbicos transportados por ellas mismas, en la siguiente tabla se muestra la vida útil de las tuberías señaladas (11).

**Tabla 7. Tiempo de vida de las tuberías**

Orientación de la red de tuberías	Tipo de tuberías		
	ST 52 (t = 7.1 mm)	ESSER Twin Pipe	
En líneas horizontales	17500 - 24500	< 7500	m <sup>3</sup>
En líneas verticales	65000 - 145000	45000 - 95000	m <sup>3</sup>

*Tomada de Informe de prácticas preprofesionales -Yauli: Volcan Compañía Minera S. A., 2010 (11)*

### 2.2.7.2. Principal red de tuberías

En la unidad minera Andaychagua existen dos importantes redes de tuberías que ayudan a realizar los cálculos que están de acuerdo a la longitud total por cada una, para ello se tiene un estándar para la línea vertical de tubería ESSER de 200 BA, con una longitud de 3 metros y para la línea horizontal de tubería ESSER de 140 BA, con una longitud de 6 m, en la siguiente tabla se muestra la red de tuberías de relleno cementado. (11)

**Tabla 8. Red de las tuberías de relleno cementado**

LINEA 1			
<b>RED DE LINEA 1 - longitud total (m)</b>	<b>1415</b>	<b>Cantidad de tuberías</b>	
<b>Longitud horizontal (m)</b>	732.89	122	ESSER de 200 BA
<b>Longitud vertical (m)</b>	682.11	227	ESSER de 140 BA
LINEA 2			
<b>RED DE LINEA 2 - longitud total (m)</b>	<b>1165</b>	<b>Cantidad de tuberías</b>	
<b>Longitud horizontal (m)</b>	613.64	102	ESSER de 200 BA
<b>Longitud vertical (m)</b>	551.36	184	ESSER de 140 BA

*Tomada de Informe de prácticas preprofesionales -Yauli: Volcan Compañía Minera S. A., 2010 (11)*



### **2.2.8. Evaluación y optimización del circuito de transporte**

Según el diccionario de la RAE, la palabra evaluar significa, señala o estima el valor de algo, por otra parte, consiste en estimar los conocimientos, aptitudes y rendimiento de los alumnos, en ese sentido, la evaluación, es la acción y efecto de evaluar (11). Para efectos educativos la evaluación, es una acción humana intencionada y que es sistemática, cuyo propósito principal es determinar el valor de algo (12).

En tanto que la palabra optimización corresponde a un análisis profundo y sistemático de un conjunto de actividades integradas dentro de un determinado proceso con la finalidad de obtener rutas de mejoras en lo que respecta al rendimiento y la mejor utilización de los recursos asignados para lograr objetivos predeterminados. (13) . Asimismo, se fundamenta en el conjunto de acciones a tomar buscando un mayor grado tanto de eficiencia como de eficacia modificando la formula convencional de proceder reportando con ello resultados que exceden lo esperado (14).

Por otra parte, un circuito de transporte será el conjunto de recorridos pre establecidos que son utilizados a fin de movilizar materiales, estableciendo dentro de ellos puntos tanto de partidas como de llegadas (15). Además, partiendo de la etimología se entenderá como transporte a la acción de llevar de un punto a otro tanto materiales como personas, significado derivado de los vocablos latinos “trans” entendiéndose al otro lado y “porte” significando “llevar” (16).

- **Material a transportar**

Dentro del sector minero es entendida como una actividad propia del sector terciario, siendo necesaria para su desarrollo la inclusión de un vehículo haciendo las funciones de medio o sistema de transporte y una infraestructura predeterminada que se usará como red de transporte, pudiendo ser horizontal, vertical o inclinada según las necesidades que se presenten (17).

Asimismo, esta actividad es complementaria en la industria minera, en el caso de la actividad minera por método subterráneo siendo fundamental contar con

instalaciones, mecanismos, normas, personal y equipos con las preparaciones necesarias para mover el material fragmentado de una parte a otra desde las profundidades donde se encuentren hacia la superficie para optimizar las labores del sector (18). Igualmente, consiste en un proceso mediante el cual se moviliza el material tanto mineralizado como estéril que se encuentra ubicado en el yacimiento para su posterior ubicación en el PAD, a la Chancadora, al *Stock pile* o botaderos de estéril (19).

- **Rendimiento**

Es definido como un indicador de la cantidad de producción en un determinado intervalo de tiempo, dicho en términos más sencillo es la cantidad de trabajo útil ejecutado pudiendo ser calculado a nivel matemático con la división de la cantidad final entre el intervalo de tiempo en el cual se produjo (19). Asimismo, es entendido como una proporción resultado de los medios empleados para la obtención de un resultado específico y el resultado en sí mismo (20). De la misma forma, se define como el promedio de unidades de producción que son realizadas por cada unidad de tiempo que se demora la operación siendo directamente proporcional a la velocidad con la cual el equipo produce e inverso al tiempo de pérdida operacional (20).

- **Paradas**

Es entendido como un intervalo de tiempo en el cual ocurre un cese de labores con la finalidad de permitir la realización de mantenimientos que pueden ir desde reparaciones hasta preventivos, en la cual se consumen recursos importantes. (21) Además, es un parámetro en el cual no se requiere fórmula alguna para calcular, siendo dicho indicador medido con el conteo del número de eventos que ocasionan un alto en las actividades para realizar mantenimientos.(21) Asimismo, es relacionada con los tiempos muertos intercalados en la realización de un determinado proyecto (21).

### **2.2.9. Relleno cementado considerando el tipo de mezcla**

Se les denomina así a aquellos elementos utilizados dentro de la minería y compuestos principalmente por cemento siendo algunos de los más conocidos el relleno hidráulico cementado, el relleno en pasta y el compuesto (22).

Asimismo, es el elemento utilizado para brindar funciones estructurales de estabilidad en el macizo rocoso en los niveles inferiores de minado a fin de reducir los costos de explotación (22).

- **Composición de relleno cementado**

Se entiende como aquellos materiales utilizados para la elaboración de relleno, siendo característico de este tipo de relleno la adición de cemento a la mezcla obteniendo como resultados resistencias que varían de 1MPa a 5 MPa a nivel industrial y a nivel experimental de 17 MPa siendo un factor determinante la cantidad de cemento y *fly ash* que se le adiciones (22).

Asimismo, es una mezcla de elementos siendo algunos de los principales el cemento *portland*, *fly ash* o también denominado puzolana, agua y estéril chancado y deslamado, cabiendo la posibilidad en algunos casos de adicionar relaves (22). Además, es comprendida como un conjunto de materiales que se instala dentro de una labor previamente excavada, con lo que se rellena los vacíos creados por la explotación. Este relleno tiene como materia prima una mezcla de colas (relave) con cemento y agua, pudiendo utilizar otros aditivos adicionales a la mezcla con el fin de mejorar sus propiedades de la misma (22).

- **Aditivos**

Son aquellas sustancias cuyo uso se debe a lograr modificar las propiedades del cemento a fin de lograr en él una resistencia y adhesión aceptable para obtener una mezcla de concreto adecuada para el uso que le corresponda, debiendo estas sustancias pasar por una prueba de calidad que permita verificar la homogeneidad y uniformidad de las marcas fabricantes (23).

Asimismo, son aquellos productos que al ser incluidos en la mezcla del concreto logran modificar ciertas propiedades en una forma controlada. Estos aditivos son capaces de disolverse en agua y son administrados como porcentaje del peso del cemento (23). Además, es definido como una sustancia química que al ser agregada a cierto producto mejorar sus propiedades (23).

### **2.2.10. Preparación de barreras en los tajos de relleno**

- **Taller de habilitación de fierros y madera para la preparación de los paneles de relleno**

En la máquina dobladora se habilitan los fierros corrugados de 1" y  $\frac{3}{4}$ " en diferentes formatos como son: eles, zetas, omegas.

También se cuenta con la logística de madera:

- ✓ Longarinas 6"x6"x12'
- ✓ Tablas 2"x6"x7' y 2"x6"x5'
- ✓ Redondos 6"x 10'
- ✓ Malla Electrosoldada
- ✓ Cemento

El armado de barreras se realiza entre 12 m y 16 m, variando por el ancho del tajo a rellenar, formando paneles de barrera a barrera, cuya construcción se realiza solo con madera.

El armado de barreras se realiza entre 12 m y 16 m, variando por el ancho del tajo a rellenar, formando paneles de barrera a barrera, cuya construcción se realiza solo con madera.

El ángulo debe estar colocado en el CG, cuya ubicación es en el punto medio del enrejado, la altura del enrejado es la distancia que existe entre la 1º y la 14º tabla.

La inclinación del redondo debe ser de 45º, dicha inclinación hace los ángulos trabajen eficientemente.

- **Enmallado de fierros en tajo de relleno**

Para el enrejado se tiene

- ✓ Si el ancho del tajo es menor a 6 en la primera malla
- ✓ Si el ancho del tajo es mayor a 6 para la segunda malla
- ✓ La distancia de taladros de la misma malla es de 1.2 metros
- ✓ Distancia del nivel piso y la primera malla es de 0.15 metros
- ✓ Distancia de la primera malla a la segunda malla es de 0.15 metros

El tendido el piso debe estar nivelado de lodo y agua enseguida se procede al tendido de la malla electro soldada. El traslape entre las mallas es de 0.30 metros y la altura de la malla es las cajas es de 0.6 metros.

Tendida la malla electro soldada el siguiente proceso es la inyección de fierro de 1" de diámetro en los taladros perforados con 1.2 metros de separación cuya profundidad es de 3 metros o 10 pies.

La separación de fierro inyectado es de 1.2 metros y la distancia del nivel del piso a la primera malla es de 0.15 metros al igual de la primera y segunda malla. La distribución de las eles se procede al amarre de los mismos guardando distancias.

La secuencia es como lo sigue: El fierro inyectado, ele, ele y fierro inyectado, repitiendo el todo el paño el adoquín permite mantener el espacio de 0.15 metros entre la primera y segunda malla.

El adoquín va ubicado va ubicado entre el piso de la labor y la primera malla de modo que mantiene la separación de 0.15 metros.

- **Instalación de tuberías de relleno cementado**

Para el transporte y distribución del concreto enviado de superficie a mina por medio de chimeneas a accesos, se utiliza tuberías de fabricación alemana ESSER bicapa y capa simple endurecida, de DN 125 mm para presiones de 160 a 200 bares; en formatos de 6 m, 3 m, 2 m, 1 m y codos en formatos de 45°, 30°, 15° y 7° radio de curvatura de 1m, con acoplamientos tipo cuña. En Andaychagua se tiene longitudes de transporte hasta 1800m y descenso hasta 700m, NV-570 a NV-1300, con una máxima altura vertical de 100 m.

En chimeneas verticales tuberías ESSER 900 DN 125 mm bicapa (capa interna de 3 mm dureza hasta 67 RockWell C; capa exterior de 6.3 mm resiste hasta 200 bares).

En los tajos tuberías ESSER 400 DN 125 mm capa simple endurecida 7.1 mm. Acoplamiento tipo cuña Schwing de DN 125 mm, resiste 200 bares.

En el anexo 3 se muestra las tuberías utilizadas respectivamente.

- **Instalación de tuberías de relleno cementado en accesos y vías**

La instalación de las tuberías bicapa se realizan hasta llegar a la entrada del tajo a nivel de piso, seguidamente se realiza la instalación de tuberías de capa simple en toda la recta del mismo tajo hasta llegar al panel de rellenar

- **Sacado de muestra de los paños de relleno**

El sacado de muestra en los paños de relleno se realizan cuando el relleno cementado se encuentra a la mitad de altura de la barrera, para la unidad minera Andaychagua en realice las pruebas de compresión.

El relleno culmina cuando alcanza la altura de barrera que es aproximadamente 3.6 m de alto, quedando una luz de losa a losa de 1m aproximadamente.

### 2.3 Definición de términos básicos

- **Relave:** se les denomina así a los residuos de los procesos físicos y químicos a los cuales se someten rocas con contenido metálico después de un previo proceso de molienda y chancadas (23).
- **Relleno hidráulico cementado:** también conocido como “*cemented hydraulic fill*” es una variante para rellenos utilizados en la minería en el cual se le adiciona cemento portland permitiendo una mayor resistencia a la compresión del relleno (23).
- **Relleno en pasta:** también denominado “*paste fill*” es aquel tipo de relleno compuesto principalmente por la mezcla de cemento con otros agregados para generar una consistencia parecida al lodo en el cual debe existir una cantidad suficiente de finos menor a 20  $\mu\text{m}$  en los relaves para considerarse una pasta (23).

- **Rellenos compuestos:** también denominados “*Composite fills*” son los rellenos obtenidos a través de la mezcla de distintos tipos de rellenos a fin de aprovechar las ventajas que ofrecen cada uno de estos a la mezcla (23).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1 Método de la investigación**

El siguiente tema de investigación utilizó el método científico como método general, el cual se afirma que este método es:

Un proceso ordenado que permite generar el conocimiento científico de la realidad y verificarlo, empieza con la identificación de un problema continua con la revisión de la literatura existente sobre el problema identificado, en base a estos conocimientos plantea hipótesis, luego recolecta la información necesaria que permita su verificación o no, para finalmente llegar a las conclusiones que se constituyen en conocimientos científicos provisionales (24).

##### **3.1.2 Tipo de investigación**

El tipo de investigación de la siguiente tesis es aplicativo. “Una investigación de tipo aplicada se interesa en la aplicación de los conocimientos teóricos para solucionar problemas específicos de la vida cotidiana generando bienestar a la sociedad.” (24).

En ese sentido, la presente investigación es aplicada, proponiéndose profundizar de manera amplia los conocimientos teóricos para dar solución a la problemática planteada, en este caso, la evaluación y optimización del circuito de transporte para el relleno cementado según el tipo de mezcla en la U. E. A Andaychagua, volcán compañía minera S. A.



### **3.1.3 Nivel de la investigación**

El nivel de investigación de la presente investigación es explicativo, porque este nivel de investigación “establece relaciones causales entre las variables. Las hipótesis que se elaboran son causales”; es decir, explican cómo un fenómeno, hecho u ocurrencia es determinado por otro (24).

A ese respecto, la presente investigación fue explicativa, siendo la problemática planteada y su abordaje de solución las variables involucradas tienen influencia una sobre otra, por lo cual se determinará la relación causal entre las mismas, en este caso específico la evaluación y optimización del transporte de relleno y el tipo de mezcla a transportar.

### **3.2 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es experimental

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

La población es el circuito de transporte para el relleno cementado de los tajos en a U. E. A. Andaychagua.

#### **3.3.2 Muestra**

La muestra es un subconjunto que se toma de la población en estudio y que tienen características comunes (24), en ese sentido, para la presente investigación se tomó como muestra el circuito de transporte para el relleno cementado en el tajo prosperidad en la U. E. A. Andaychagua, por ser el circuito en estudio.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas**

La observación constituye el uso sistemático de nuestros sentidos, para buscar dar respuestas a las interrogantes planteadas dentro de la investigación, de forma tal que den respuestas a los propósitos planteados (34).

La recopilación de la información de campo, tanto del estudio geomecánico como del concreto de la región de investigación, se terminó de registrar en tablas

preparadas para ello. Asimismo, se realizó la evaluación de los registros (encuesta cercana) y la percepción en los documentos de la U. E. A. Andaychagua.

### 3.4.2 Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos son aquellos mediante la cual se operacionalizará la técnica de recolección de información, en el caso de la observación, los datos operativos que resulten se recolectarán a través de fichas de recolección de datos (24).

En el presente trabajo se utilizó una ficha de recolección de datos, que permitió registrar para la variable evaluación y optimización del circuito de transporte el material a transportar, rendimiento y las paradas. Asimismo, para la variable relleno cementado considerando el tipo de mezcla se registraron los datos correspondientes tanto cantidad de finos y gruesos como los aditivos presentes en el relleno.

### 3.2.2 Operacionalización de variables

**Tabla 9. Operacionalización de variables**

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
X: Evaluación y optimización del circuito de transporte	Es el proceso según el cual se hacen ajustes de ciertos parámetros con la finalidad de mejorar los procesos, en este caso específico al del transporte de relleno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Material para transportar.</li> <li>✓ Rendimiento.</li> <li>✓ Paradas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ m<sup>3</sup></li> <li>✓ Rendimiento (m<sup>3</sup>/H)</li> <li>✓ N° de paradas</li> </ul>
Y: Relleno cementado considerando el tipo de mezcla	Es el material formado por varios componentes extraídos de la mina y que serán transportados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Composición del relleno cementado</li> <li>✓ Aditivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Piedra 67 silo</li> <li>✓ Piedra USO 89</li> <li>✓ Confitillo</li> <li>✓ Relave</li> <li>✓ Cemento</li> <li>✓ Agua</li> <li>✓ EUCO 537</li> <li>✓ W.O</li> </ul>

## CAPÍTULO IV

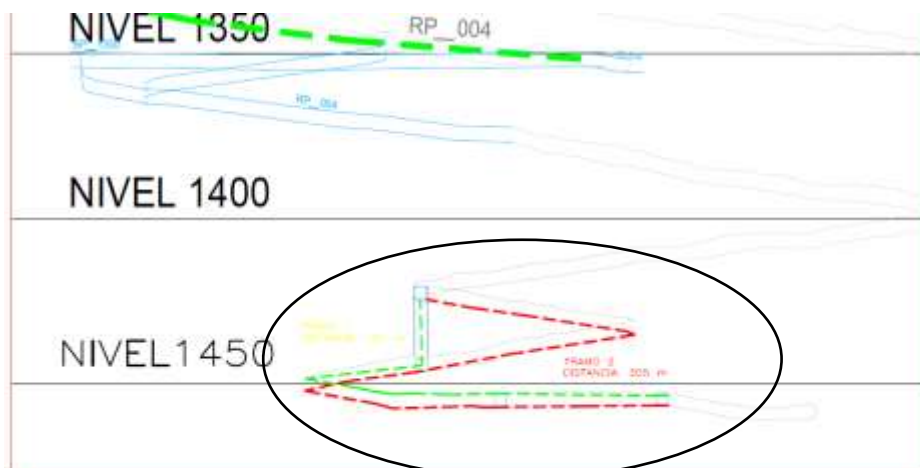
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados y tratamiento de la información

##### 4.1.1 Evaluación y optimización del circuito de transporte para el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en U. E. A. Andaychagua, Volcán Compañía Minera S. A.

Para reducir el tramo de transporte de nivel 1425 al nivel 1475 del BP 1450 en el cuerpo salvadora, se realizó la construcción de la chimenea CA\_V644 de una altura de 16.5 metros para reducir el tramo de transporte del relleno cementado utilizado en toda la zona del BP 1450.

En la siguiente figura se muestra la sección transversal y la longitud de cada tramo optimizado.

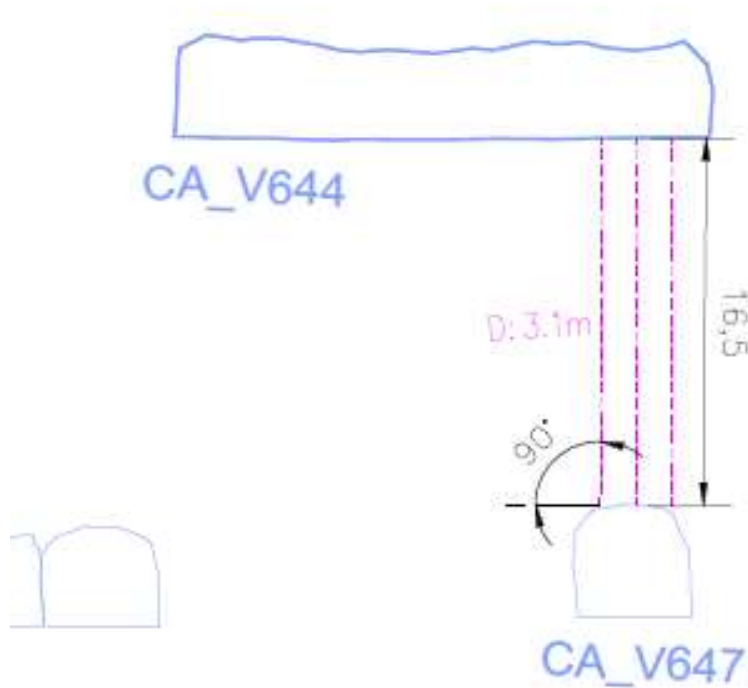


**Figura 8. Distancia longitudinal del tramo 1 optimizado y el tramo 2 actual**

**Interpretación:**

En la figura se muestra el diseño del tramo 1 que tiene una longitud de 181 metros que atraviesa la chimenea propuesta; por otro lado, el tramo 2 es el tramo actual con una longitud de 305 metros.

En la siguiente figura, se muestra el diseño de la chimenea realizada para la optimización de longitud del tramo del transporte del relleno.

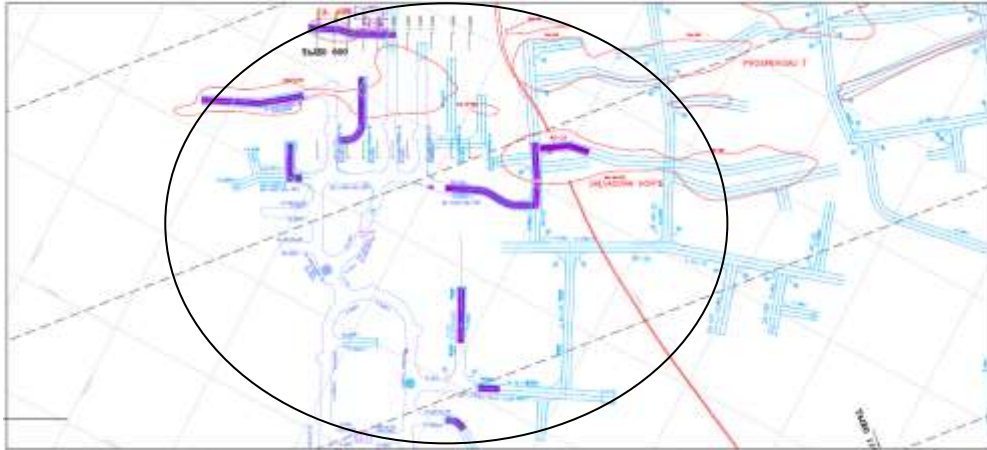


**Figura 9. Distancia longitudinal de la chimenea CA\_V644**

**Interpretación:**

En la figura se muestra la distancia que tiene la chimenea CA\_ v644 con un ancho de 3.2 metros y una longitud de 16.5 metros respectivamente para poder reducir el tramo del transporte del relleno cementado

En la siguiente figura se muestra las actividades de enrejado de madera para el relleno cementado en el método de minado por taladros largos.



**Figura 10. Enrejado de madera para el relleno cementado en el método de minado por taladros largos**  
**Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020**

**Interpretación:** en la figura se muestra los trabajos realizados en el minado por taladros largos, en función al relleno cementado del enrejado con madera para su posterior fraguado del concreto y así asegurar la eficiencia en el minado como la seguridad para seguir realizando los cortes correspondientes.

#### **4.1.4. Optimización del circuito de transporte según el material transportado considerando el tipo de mezcla en el relleno cementado de la U. E. A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.**

En la unidad minera Andaychagua, en general, se aplica los métodos de explotaciones de corte y relleno descendente con losas de concreto armado, cuya resistencia a la compresión uniaxial requerida es  $F'c = 160 \text{ kg/cm}^2$  (16 MPa) a los 28 días de fragua, siendo los cortes horizontales de 4.5 m de alto y se rellena 3.5 m a todo lo ancho de la veta Andaychagua; en la parte inferior de la loza lleva una armadura de acero de 0.6 x 0.4 m con fierro corrugado de 1" en forma transversal a la veta y fierro corrugado de  $\frac{3}{4}$ " en forma longitudinal a la veta, cuando los ancho de minado superar los 6 m de longitud, se coloca la 2da. armadura a 0.15 m de alto.

La loza contiene el empuje normal de las cajas dando estabilidad a la operación minera que continua debajo de loza a los 7 días de fragua. La armadura de acero da rigidez a la estructura y resiste los esfuerzos de flexo tracción producto de la voladura utilizada en el corte inferior y el peso propio de

la loza; conformando un techo seguro para dar continuidad a la explotación de la veta Andaychagua en forma descendente.

El método de explotación aplicado al cuerpo Salvadora es por subniveles ascendentes aplicando cortes transversales por banqueo de 10 a 12 m de alto. Las cámaras explotadas se rellenan, intercala relleno detrítico con desmonte grueso y relleno cementado tipo pasta cuya resistencia a la compresión uniaxial  $F'c = 60 \text{ kg/cm}^2$  (6 MPa) a 28 días fragua

**Tabla 10. Producción del mes de enero**

Descripción	Producción (m <sup>3</sup> )
CAM 52 - SALVADORA	3,657.20
CAM 56 - SALVADORA	5,132.11
CAM 58 - SALVADORA	449.80
TOTAL	9,239.11

**Tabla 11. Consumo de materiales**

Materiales	Cantidad (kg)	Producción (m <sup>3</sup> )
Cemento	1,650,370.00	
Arena	5,048,362.00	3,257.01
Piedra (8,9)	2,166,256.00	1,365.00
Piedra (6,7)	545,784.00	343.91
Piedra C.R	0	0
Relave	7,671,661.14	
Agua	934,040.00	
Euco Cell 1000	923.95	
Euco 537	19,531.77	
Euco W. O	2,551.48	

- **Consideraciones:** en el mes de enero 2021 se realizaron las siguientes pruebas y seguimientos al concreto de relleno cementado.
  - ✓ Ensayo y control de contenido de humedad (ASTM D-2216)
  - ✓ Ensayo malla 200 (ASTM C-117)
  - ✓ Ensayo de análisis granulométrico (ASTM C-136)
  - ✓ Ensayo de asentamiento del concreto fresco planta - slump (ASTM C-143)

- ✓ Diseños para relleno cementado.
- ✓ Ensayo de contenido de aire en mezcla de concreto por el método de presión tipo neumático (Washington) (ASTM C-231) (NTP 339.083)
- ✓ Comprobación de resistencia a la compresión simple testigos de superficie (ASTM C-39)
- ✓ Peso específico de los agregados – agregado grueso NTP 400.021 (ASTM C-127).

- **Contenido de humedad**

- a) **Determinación del porcentaje de agua**

Para determinar el porcentaje de agua del agregado por diferencia al peso seco de la muestra se utiliza el método del calentamiento directo utilizando un horno eléctrico y tener el agua que contiene el agregado de cantera y chancadora para realizar la corrección de volúmenes de agregados.

- b) **Equipos y materiales utilizados:**

- ✓ Horno eléctrico
- ✓ Balanza digital de sensibilidad de 0.01g- 6 kg
- ✓ Bandeja de aluminio
- ✓ Espátula
- ✓ Guantes de badana

- c) **Resumen de ensayos de humedad:**

**Tabla 12. Humedad promedio de agregados**

Humedad promedio de agregados	
Materiales	% Humedad
Relave	12.51
Confitillo Ricaldi	8.10
Piedra 67	2.62
Cinfitillo 89	8.35

Para la determinación del contenido de humedad para realizar la corrección del diseño de mezcla para concreto se debe identificar el contenido de humedad

para la corrección del volumen real de ingreso a stock. Se tiene que verificar los porcentajes de agua para equilibrar la relación agua/cemento.

- **Análisis malla 200**

Este ensayo se realiza para determinar las partículas más finas contenidas en los agregados. Estas partículas en cantidad considerables en los agregados son perjudiciales para el concreto, evita que la pasta se adhiera firmemente con los agregados, interfiriendo firmemente en la resistencia del concreto.

**a) Equipos y materiales utilizados:**

- ✓ Tamiz N° 200
- ✓ Horno eléctrico
- ✓ Balanza digital de sensibilidad de 0.01g- 6 kg
- ✓ Bandeja de aluminio

**b) Resumen de Ensayo malla 200:**

**Tabla 13. Malla 200 promedio de agregados**

Malla 200 promedio de agregados	
Materiales	% Fino 200
Relave	11.32
Confitillo Ricaldi	4.25
Confitillo 89	8.20

**Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020**





**Figura 11. Muestra de la granulometría**  
*Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020*

Para determinar el % malla: 200 para realizar la corrección del diseño de mezcla para concreto y 200 para la corrección de todos los agregados.

- **Análisis granulométrico del agregado**

La granulometría de los agregados (finos, gruesos) se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la norma, para un diseño de mezcla adecuado.

**Tabla 14. Huso granulométrico**

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9.5 mm (3/8 in.)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

*Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020*

**a) Resumen de ensayo de granulometría**

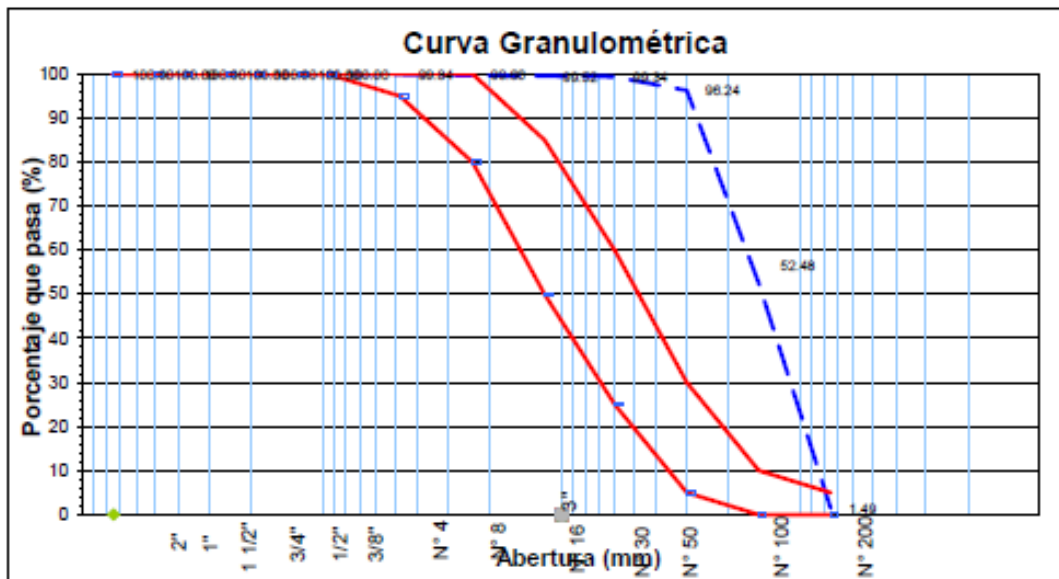


**Figura 12. Ensayo de granulometría**  
*Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020*

- Análisis de datos
- a) Análisis del relave

Tabla 15. Datos y análisis del relave

DATOS DE LA MUESTRA								
Procedencia : RELAVE			FECHA DE ENTREGA: 16/01/2022					
Planta : CONCENTRADORA			TECNICO			T.MEJIA		
Fecha: 16-01-22								
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037 Tabla N° 02		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	<b>Relave</b>
2"	50.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	
1 1/2"	37.500	0	0.00	0.00	100.00	100	100	
<b>Características Físicas</b>								
1"	25.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	Módulo de Fineza : 2.51
3/4"	19.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	Malla 200 : 18.57 %
1/2"	12.500	0	0.00	0.00	100.00	100	100	Contenido de Humedad : 11.81 %
3/8"	9.500	2	0.00	0.00	100.00	100	100	P.E.M. : 2.85
N° 4	4.750	2.20	0.16	0.16	99.84	95	100	P.E.M. SSS : 2.89
N° 8	2.360	2.50	0.18	0.34	99.66	80	100	P.E.M. Aparente : 2.96
N° 16	1.180	1.95	0.14	0.48	99.52	50	85	Absorción : 1.10
N° 30	0.600	2.45	0.18	0.66	99.34	25	60	
N° 50	0.300	42.80	3.10	3.76	96.24	5	30	
N° 100	0.150	604.10	43.76	47.52	52.48	0	10	
N° 200	0.075	703.90	50.99	98.51	1.49	0	5	
Fondo	0	20.50	1.49	100.00	0.00	0	0	
Total		1380.40						

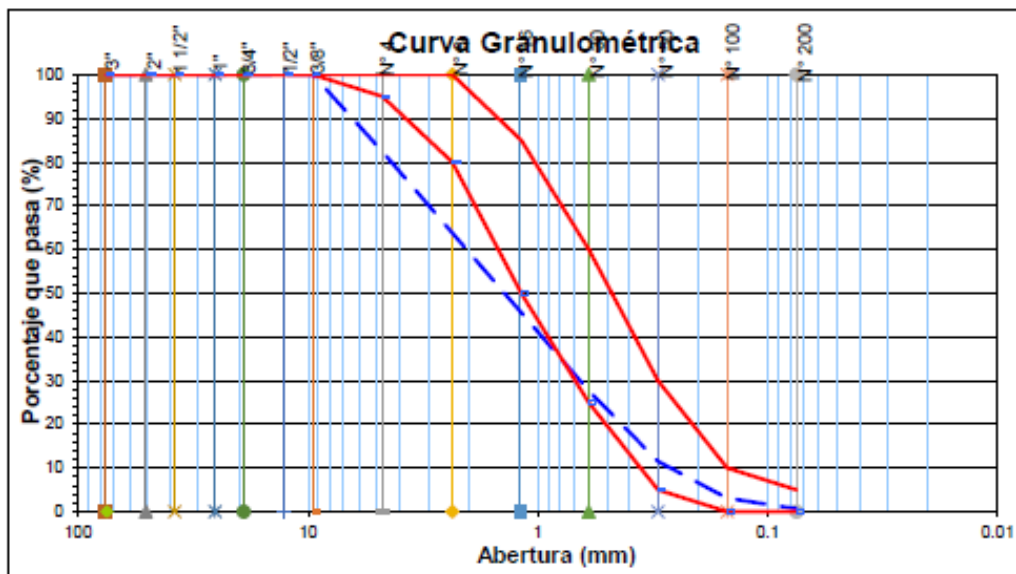


Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020

## b) Confitillo Ricaldi

Tabla 16. Datos y análisis del confitillo Ricaldi.

DATOS DE LA MUESTRA								
Procedencia : <b>CONFITILLO RICALDI</b>		FECHA DE RECEPCIÓN : 18/01/2022						
Planta : RICALDI		FECHA DE ENTREGA : 18/01/2022						
Fecha: 18-01-22		TECNICO : T MEJIA						
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037 Tabla N° 02		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	
2"	50.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	
1 1/2"	37.500	0	0.00	0.00	100.00	100	100	
1"	25.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	
3/4"	19.000	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Módulo de Fineza : 3.51
1/2"	12.500	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Malla 200 : 3.19 %
3/8"	9.500	27.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Contenido de Humedad: 12.10 %
N° 4	4.750	165.2	15.10	15.10	82.43	95	100	
N° 8	2.360	203.8	18.63	33.73	83.80	80	100	
N° 16	1.180	199.7	18.25	51.98	45.55	50	85	
N° 30	0.600	195.6	17.88	69.86	27.67	25	60	
N° 50	0.300	176.7	16.15	86.01	11.52	5	30	
N° 100	0.150	92.5	8.46	94.47	3.06	0	10	
N° 200	0.075	26.3	2.40	96.87	0.66	0	5	
Fondo	0	7.2	0.66	97.53	0.00	0	0	
Total		1094.0						

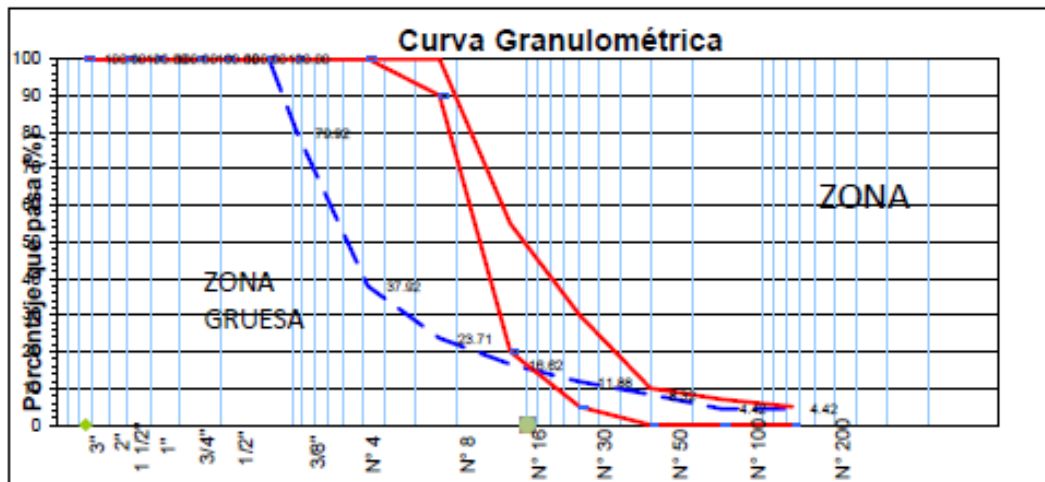


Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020

c) Chancadora planta relleno Confitillo 89

Tabla 17. Datos y análisis del Confitillo 89

DATOS DE LA MUESTRA									
Procedencia : CHANCADORA DE RELLENO					REPOSABLE : C. DELGADO				
Planta : RELLENO									
Fecha: 20-01-22									
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037 Tabla N° 02		Descripción de la Muestra	
						Mínimo	Máximo		
3"	75.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	PIEDRA 89	
2"	50.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100		
1 1/2"	37.500	0	0.00	0.00	100.00	100	100		
Características Físicas									
1"	25.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	Módulo de Fineza :	5.17
3/4"	19.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	Malla 200 :	18.20 %
1/2"	12.500	42.1	0.00	0.00	100.00	100	100	Contenido de Humedad:	1.05 %
3/8"	9.500	368.8	20.08	20.08	79.92	100	100	P.E.M.	0.00
N° 4	4.750	771.30	42.00	62.08	37.92	100	100	P.E.M. SSS	0.00
N° 8	2.360	260.90	14.21	76.29	23.71	90	100	P.E.M. Aparente	0.00
N° 16	1.180	130.10	7.08	83.38	16.62	20	55	Absorción	0.00
N° 30	0.600	87.10	4.74	88.12	11.88	5	30		
N° 50	0.300	65.40	3.56	91.68	8.32	0	10		
N° 100	0.150	71.60	3.90	95.58	4.42	0	7		
N° 200	0.075	0.00	0.00	95.58	4.42	0	5		
Fondo	0	81.20	4.42	100.00	0.00	0	0		
Total		1836.40							

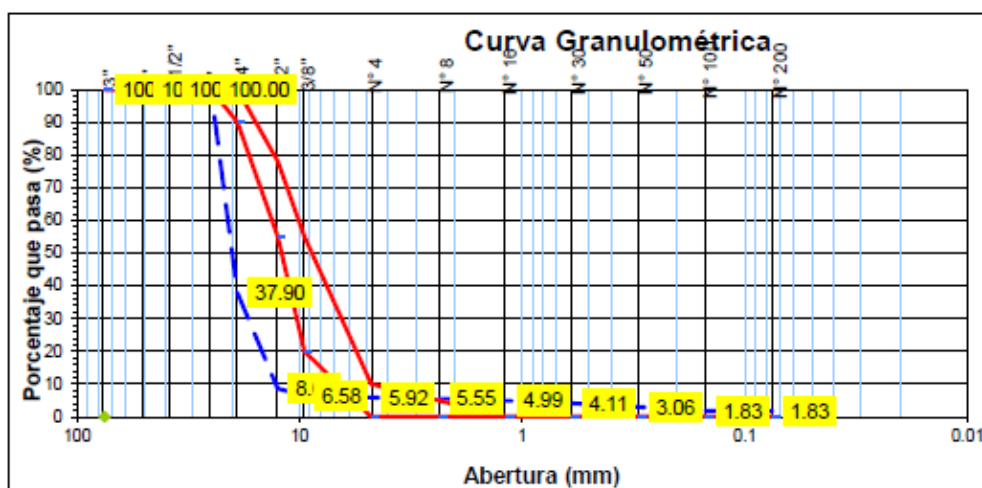


Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020

d) Chancadora planta relleno piedra 67

Tabla 18. Datos y análisis de la piedra 67

DATOS DE LA MUESTRA								
Procedencia : CHANCADORA DE RELLENO				REPOSABLE : C. DELGADO				
Planta: RELLENO								
Fecha: 20-01-22								
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037 Tabla Nº 02		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	PIEDRA 89
2"	50.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	
1 1/2"	37.500	0	0.00	0.00	100.00	100	100	
Características Físicas								
1"	25.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	Módulo de Fineza :
3/4"	19.000	0	0.00	0.00	100.00	100	100	Malla 200 :
1/2"	12.500	42.1	0.00	0.00	100.00	100	100	Contenido de Humedad:
3/8"	9.500	368.8	20.08	20.08	79.92	100	100	P.E.M.
Nº 4	4.750	771.30	42.00	62.08	37.92	100	100	P.E.M. SSS
Nº 8	2.360	260.90	14.21	76.29	23.71	90	100	P.E.M. Aparente
Nº 16	1.180	130.10	7.08	83.38	16.62	20	55	Absorción
Nº 30	0.600	87.10	4.74	88.12	11.88	5	30	
Nº 50	0.300	65.40	3.56	91.68	8.32	0	10	
Nº 100	0.150	71.60	3.90	95.58	4.42	0	7	
Nº 200	0.075	0.00	0.00	95.58	4.42	0	5	
Fondo	0	81.20	4.42	100.00	0.00	0	0	
Total		1836.40						



Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020

- Diseños de concreto y lubricadores de tubería para relleno cementado
- ✓ Los diseños están elaborados con la finalidad de un adecuado sostenimiento en la mina.
- ✓ Los diseños de lubricación utilizados al inicio y final de cada labor.

**Tabla N 19: Diseños de lubricador de tubería**

MORTERO	MATERIALES	RELAVE	CEMENTO	GUA				
	<b>PESO</b>	1,160	200	380	<b>1,740</b>			
SOFT	MATERIALES	RELAVE	CONFITILLO R	CEMENTO	AGUA	EUCO	EUCO	
	<b>PESO</b>	1176	541	200	360	2.2	0.2	<b>2,277</b>
PASTA	MATERIALES	RELAVE	CONFITILLO R	CEMENTO	AGUA	EUCO	EUCO	
	<b>PESO</b>	1100	627	220	310	2.51	0.2	<b>2,257</b>

• **Diseños de concreto en estado fresco- promedio de resistencias actuales**

En la cámara de la veta salvadora se realizó la siguiente tabla se realizó las caracterizaciones físicas de los materiales y de la mezcla.

**Tabla 20. Características físicas de los materiales y de la mezcla de prueba**

M.F. Arena	2.84	Vol. Agregados	0.62	Cementante total :	200.00	kg
M.F. Piedra # 1/2	3.46	Arena	36.00	Puzolana		%
M.F. Piedra # 3/4	6.98	Confitillo 89	28.00			
Relave	0.37	Relave	37.00			
M.F. Global		Piedra # 67	0.00	Relación a/c promedio		1.175
Dotificación			100			%
Buco 537	1.46	%	11.98	cc		
Buco Wash out	0.18	%	1.56	cc		
BUCO CELL	0.07	%	0.74	cc		
Osio	0.00	%	0.00	cc		
Fibermesh			0.00	kg/m <sup>3</sup>		

MATERIALES	PROCEDECENCIA	P. ESP 888	HUM.	ABS.	PESO 8.8.8	VOL.	CORRECCION
		kg/m <sup>3</sup>	%	%	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	POR HUMEDAD
Cemento T-1	Cemento Andino	3,160			200	0.06329	200.0
Agua	Volcan	1,000			236.00	0.23500	268.57
Arena	Volcan	2,580	8.30	1.89	558.83	0.21960	583.47
Confitillo 89	Volcan	2,680	7.00	2.75	464.39	0.17328	484.13
Piedra # 67	Volcan	2,860	2.60	2.62	0.00	0.00000	0.00
Relave	Volcan	3,020	12.60	1.48	691.51	0.22898	767.71
Buco 537		1,220			2.92	0.00240	2.923
Buco Wash out		1,156			0.36	0.00031	0.358
BUCO CELL		1,007			0.15	0.00015	0.149
Fibermesh		910			0.000	0.00000	0.000
Aire					8.00%	0.08000	
<b>TOTAL</b>					<b>2,163</b>	<b>1.00000</b>	<b>2,163</b>

Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020

**Interpretación:**

Los resultados promedio a la compresión simple: la resistencia a la compresión del concreto a una edad determinada de 03 días, 07 días, 14 días finalmente a los 28 días como resistencia final.

En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de resistencia según los días de fraguado.

**Tabla 21. Porcentaje de resistencia (160 kg/cm<sup>2</sup>) tajos según los días de fraguado**

% de resistencia (160 kg/cm <sup>2</sup> ) tajos	
Edades de muestra	Promedio (%)
28 días	100 %
14 días	85 %
7 días	65 %
3 días	40 %

**Tabla 22. Porcentaje de resistencia (60 kg/cm<sup>2</sup>) cámaras según los días de fraguado**

% De resistencia (60 Kg/cm <sup>2</sup> ) Cámaras	
Edades de muestra	Promedio (%)
28 días	100 %
14 días	85 %
7 días	65 %
3 días	40 %

- **Prueba de Slump**

Este ensayo se realiza para ver la trabajabilidad de concreto y la fluidez. En la siguiente figura se muestra el ensayo realizado de la prueba Slump para la trabajabilidad



**Figura 13. Ensayo realizado de la prueba Slump para la trabajabilidad Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020**

Los equipos y materiales utilizados son los siguientes:

- ✓ Cono de Abrams
- ✓ Varilla de acero
- ✓ Cucharón
- ✓ Flexómetro



**Figura 14. Promedio de resultados de la prueba de Slump: 9 ½"**  
**Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020**

**Interpretación:** nos permite asegurar la trabajabilidad del concreto dentro de las 2 horas desde la preparación hasta el tajo a rellenar. Resultados de ensayos dentro de la dosificación según diseño de mezcla.

- **Ensayo de contenido de aire**

Para la determinación del contenido de aire total en la mezcla de concreto fresco, superficie e interior mina.

Los equipos y herramientas utilizados son los siguientes:

- ✓ Equipo (olla) Washington equivalente a ¼ pie 3 (7072 cm<sup>3</sup>), tapa con manómetro.



- ✓ Cucharón
- ✓ Varilla de acero con punta semi esférica 5/8" diámetro x 60 cm.



*Figura 15. Ensayo de contenido de aire  
Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020*

**Interpretación:** de la figura se puede apreciar que el contenido de aire natural en el concreto es de 3 % y el contenido de aire incorporado en el aire es de 7 %.

#### **4.15 Evaluación y optimización del circuito de transporte según el rendimiento influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U. E. A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A. A.**

Como se sabe la optimización de los tramos evaluados según el diseño del tramo 1 que tiene una longitud de 181 metros es cual atraviesa la chimenea propuesta y el tramo 2 es el tramo actual con una longitud de 305 metros.

La programación planteada en gabinete, según el diseño, se muestra en la siguiente tabla de los resultados del cruce entre el material transportado y el relleno cementado considerando la mezcla para el año 2020.

**Tabla 23. Resultado del cruce entre el material transportado y el relleno cementado considerando la mezcla para el año 2020**

AÑO 2020	N° paradas	Material transportado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m <sup>3</sup> /h)	Relleno cementado considerando la mezcla (Kg)
Enero	13.0	7,836.1	63.8	19,426,546.1
Febrero	9.0	9,090.0	134.4	22,021,501.3
Marzo	8.0	6,678.9	74.8	11,445,827.1
Abril	13.0	7,865.4	100.9	18,709,460.1
Mayo	9.0	7,055.6	100.9	17,742,650.9
Junio	6.0	7,635.5	79.3	19,633,631.2
Julio	4.0	10,451.8	331.3	24,795,289.7
Agosto	10.0	7,816.4	97.5	11,858,630.6
Septiembre	9.0	7,545.0	101.4	18,093,010.5
Octubre	7.0	8,876.0	119.3	19,346,306.0
Noviembre	11.0	6,965.0	83.5	18,736,081.5
Diciembre	10.0	7,167.0	92.3	16,027,445.1
<b>TOTAL</b>	<b>109.0</b>	<b>94,982.7</b>	<b>1,379.4</b>	<b>217,836,380.1</b>

**Interpretación:**

De la tabla, se observa el análisis para el año 2020. El número de paradas es de 109, el material transportado es de 94 982.7 m<sup>3</sup>, el rendimiento es de 1 379.4 m<sup>3</sup>/h y el relleno cementado considerando la mezcla es de 217 836 380.1 kg, cabe señalar que estos resultados son en función al tramo 2 el cual es el más largo con una distancia de 305 metros.

En la siguiente tabla, se muestra los resultados del cruce entre el material transportado y el relleno cementado considerando la mezcla para el año 2021.

**Tabla 24. Resultado del cruce entre el material transportado y el relleno cementado considerando la mezcla para el año 2021**

AÑO 2021	N° paradas	Material transportado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m <sup>3</sup> /h)	Relleno cementado considerando la mezcla (Kg)
Enero	10.0	8,836.1	33.8	20,310,156.1
Febrero	6.0	10,090.0	104.4	23,030,501.3
Marzo	5.0	7,678.9	44.8	12,213,717.1
Abril	10.0	8,865.4	70.9	19,596,000.1
Mayo	6.0	8,055.6	70.9	18,548,210.9
Junio	3.0	8,635.5	49.3	20,497,181.2
Julio	1.0	11,451.8	301.3	25,940,469.7
Agosto	7.0	8,816.4	67.5	12,740,270.6
Septiembre	6.0	8,545.0	71.4	18,947,510.5
Octubre	4.0	9,876.0	89.3	20,333,906.0
Noviembre	8.0	7,965.0	53.5	19,532,581.5
Diciembre	7.0	8,167.0	62.3	16,844,145.1
<b>TOTAL</b>	<b>73.0</b>	<b>106,982.7</b>	<b>1,019.4</b>	<b>228,534,650.1</b>

**Interpretación:**

De la tabla, se observa el análisis para el año 2021. El número de paradas es de 73, el material transportado es de 106 982.7 m<sup>3</sup>, el rendimiento es de 1 019.4 m<sup>3</sup>/h y el relleno cementado considerando la mezcla es de 228 534 650.1 kg, cabe señalar que estos resultados son en función al tramo 1 el cual es el más corto y el óptimo, ya que se tomó como atajo la chimenea CA\_ v644 y la distancia de este tramo 1 es de 181 metros.

En la siguiente tabla, se muestra la optimización de los resultados del cruce entre el material transportado y el relleno cementado considerando la mezcla para el año 2021.

**Tabla 25. Optimización de los resultados del cruce entre el material transportado y el relleno cementado considerando la mezcla para el año 2021.**

	Año 2020	Año 2021	Mejora
N° paradas	73.0	109.0	36.0
Material transportado (m <sup>3</sup> )	106,982.7	94,982.7	12,000.0
Rendimiento (m <sup>3</sup> /h)	1,019.4	1,379.4	360.0
Relleno cementado considerando la mezcla (kg)	228,534,650	217,836,380.1	10,698,270.0

**Interpretación:**

De la tabla, se observa la optimización de los resultados del cruce entre el material transportado y el relleno cementado considerando la mezcla para el año 2021. El número de paradas se reduce en 36 menos, el material transportado aumenta en 12 000 m<sup>3</sup> más, el rendimiento aumenta en 360 m<sup>3</sup>/h más y el relleno cementado considerando la mezcla aumenta en 10 698 270 kg más, cabe señalar que estos resultados son en función a la comparación del año 2019 y el año 2020.

**a) Producción y consumo de agregados mes de enero 2020**

En la siguiente tabla se muestra el consumo de promedio mensual del relleno cementado del año 2020

**Tabla 26. Consumo de promedio mensual del relleno cementado del año 2020**

Año 2020		Promedio mensual				TOTAL CONSUMO
LABOR	1400	CAMARA	25	SALVADORA		
m <sup>3</sup>	8,717.23					
DISTRIBUCIÓN	MORTER	LUBRICADOR	PASTA	CONCRETO		
	O	SOFT				
	95.79	680.21	248.11	7,645.83	8,669.94	
CONSUMO DE MATERIALES	CEMENTO kg	19,104.06	134,265.96	54,040.44	1,734,809.91	1,942,220.37
	ARENA kg	0.00	377,146.62	162,803.94	5,117,010.66	5,656,961.22
	Arena m <sup>3</sup>	0.00	243.32	105.03	3,301.30	3,649.65
	PIEDRA 89 kg	0.00	0.00	0.00	1,741,252.02	0.00
	Piedra 89 m <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	1,102.06	1,102.06
	PIEDRA 67 kg	0.00	0.00	0.00	1,198,809.06	1,198,809.06
	Piedra 67 m <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	755.39	755.39
	PIEDRAC/R kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Piedra C/R m <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EUCO CELL(gr)	0.00	0.00	0.00	857.58	857.58
	EUCO 537 l	0.00	1,507.54	629.47	19,892.81	22,029.82
	EUCOWO l	0.00	237.13	63.08	2,614.31	2,914.53
	AGUA Kg	18,810.18	108,036.24	31,440.51	625,938.36	784,225.29
	RELAVE	182,881.71	960,899.25	337,263.57	5,653,791.08	7,134,835.61

**Interpretación:** Para el año 2020 se tiene una producción mensual del relleno cementado de 8,717.23 m<sup>3</sup>, se tiene una producción baja debido a las deficiencias encontradas en el grosor de la tubería que realiza el transporte del relleno cementado.

#### 4.3. Producción y consumo de agregados mes de enero 2021

En la siguiente tabla se muestra el consumo de promedio mensual del relleno cementado del año 2021

**Tabla 27. Consumo de promedio mensual del relleno cementado del año 2021**

Año 2021		Promedio mensual				TOTAL CONSUMO
LABOR	1400	CAMARA	25	SALVADORA		
m <sup>3</sup>	8,915.21					
DISTRIBUCION	MORTERO	LUBRICADOR SOFT	PASTA	CONCRETO		
	103.00	731.41	266.79	8,221.32	9,322.52	
CONSUMO DE MATERIALES	CEMENTO kg	20,542.00	144,372.00	58,108.00	1,865,387.00	2,088,409.00
	ARENA kg	0.00	405,534.00	175,058.00	5,502,162.00	6,082,754.00
	Arena m <sup>3</sup>	0.00	261.63	112.94	3,549.78	3,924.36
	PIEDRA 89 kg	0.00	0.00	0.00	1,872,314.00	
	Piedra 89 m <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	1,185.01	1,185.01
	PIEDRA 67 kg	0.00	0.00	0.00	1,289,042.00	1,289,042.00
	Piedra 67 m <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	812.25	812.25
	PIEDRAC/R kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Piedra C/R m <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EUCO CELL (gr)	0.00	0.00	0.00	922.13	922.13
	EUCO 537 l	0.00	1,621.01	676.85	21,390.12	23,687.98
	EUCOWO l	0.00	254.98	67.83	2,811.09	3,133.90
	AGUA Kg	20,226.00	116,168.00	33,807.00	673,052.00	843,253.00
	RELAVE	196,647.00	1,033,225.00	362,649.00	6,079,345.25	7,671,866.25

**Interpretación:**

Para el año 2021 se tiene una producción mensual del relleno cementado de 8,915.21 m<sup>3</sup>, se tiene una producción alta debido al cambio de diámetro de la tubería que realiza el transporte del relleno cementado.

#### **4.4. Optimización del costo de relleno cementado en la unidad minera Andaychagua**

Para tener una visión panorámica se tuvo que realizar una comparación de los costos unitarios de relleno cementado para dos escenarios.

El primero escenario actual del año 2020 y el segundo escenario el óptimo tras las mejoras realizadas para un incremento en la producción como en el transporte con la implementación de dos tuberías respectivamente.

##### **4.4.1 Análisis de la producción del relleno cementado para el año 2020**

Se evaluó el costo unitario de relleno cementado (\$/m<sup>3</sup>) para el año 2020, considerando la mano de obra, equipos y materiales utilizados.

Tras la evaluación de la producción de relleno cementado en el año 2020 antes de realizar las mejoras se obtuvo los siguientes resultados como se muestra en la tabla siguiente

**Tabla 28. Costo unitario de relleno hidráulico para el año 2020**

AÑO 2020	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
R. CEMENTADO (m <sup>3</sup> )	8,636.10	9,891.00	7,480.90	8,663.40	7,858.60	8,430.50	11,242.80	8,621.40	8,352.00	9,684.00	7,774.00	7,978.00
<b>1. MANO DE OBRA Y EQUIPOS</b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>
Preparaion de barreras	3.79	3.91	4.03	3.91	3.79	3.67	3.54	3.67	3.74	3.91	3.93	3.96
Instalacion de tuberías	4.24	4.36	4.48	4.36	4.24	4.12	4.00	4.12	4.26	4.36	4.38	4.41
Malla electrosoldada	0.77	0.90	1.02	0.90	0.77	0.65	0.53	0.65	0.78	0.90	0.92	0.94
Enmallado de Fierros	2.95	3.07	3.19	3.07	2.95	2.83	2.71	2.83	3.06	3.07	3.10	3.12
Mano de obra (empresa)	1.47	1.59	1.71	1.59	1.47	1.35	1.23	1.35	1.48	1.59	1.62	1.64
cargador frontal (SMG110)	2.98	3.10	3.22	3.10	2.98	2.85	2.73	2.85	2.97	3.10	3.12	3.14
Transporte de agregados (TMH)	0.23	0.24	0.25	0.26	0.25	0.24	0.23	0.24	0.25	0.26	0.29	0.31
Relleno FIRTH Neto (Sin IGV.)	37.01	37.14	37.26	37.14	37.01	36.89	36.77	36.89	37.08	37.14	37.16	37.18
<b>2. MATERIALES</b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>
Madera	1.26	1.27	1.28	1.27	1.26	1.25	1.26	1.27	1.28	1.27	1.26	1.25
Arena Ancapampa	0.66	0.67	0.68	0.66	0.66	0.65	0.66	0.67	0.68	0.67	0.66	0.65
Arena Ricaldi	2.08	2.09	2.10	2.08	2.07	2.07	2.08	2.09	2.10	2.09	2.08	2.07
Fierro de 1"	7.95	7.86	7.87	7.66	7.75	7.84	7.90	7.75	7.92	7.84	7.79	7.64
Fierro de 3/4"	3.39	3.39	3.40	3.39	3.38	3.37	3.38	3.39	3.40	3.39	3.38	3.37
Malla Electrosoldada	0.76	0.77	0.78	0.77	0.76	0.75	0.76	0.77	0.78	0.77	0.76	0.75
Tela Arpillera	0.19	0.20	0.21	0.20	0.19	0.18	0.19	0.20	0.21	0.20	0.19	0.18
Cemento Mina (servicios)	0.39	0.39	0.40	0.39	0.38	0.37	0.38	0.39	0.40	0.39	0.38	0.37
Cemento Granel (R.H)	1.62	1.63	1.64	1.63	1.62	1.61	1.62	1.63	1.64	1.63	1.62	1.61
Clavos	0.05	0.06	0.07	0.06	0.05	0.04	0.05	0.06	0.07	0.06	0.05	0.04
Alambres	0.22	0.23	0.24	0.23	0.22	0.21	0.22	0.23	0.24	0.23	0.22	0.21
<b>COSTO TOTAL (\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>71.99</b>	<b>72.86</b>	<b>73.82</b>	<b>72.65</b>	<b>71.78</b>	<b>70.92</b>	<b>70.22</b>	<b>71.04</b>	<b>72.34</b>	<b>72.86</b>	<b>72.89</b>	<b>72.82</b>
<b>COSTO TOTAL (\$)</b>	<b>686,086</b>	<b>794,427</b>	<b>608,140</b>	<b>693,996</b>	<b>622,656</b>	<b>660,599</b>	<b>873,192</b>	<b>676,761</b>	<b>666,537</b>	<b>777,821</b>	<b>624,558</b>	<b>640,295</b>



**Interpretación:**

De la tabla, podemos observar los dos ítems como la instalación de tuberías que lleva un costo unitario en promedio mensual de 4.28 \$/m<sup>3</sup> y el transporte de agregados (TMH) que lleva un costo unitario en promedio mensual de 0.25 \$/m<sup>3</sup>, el costo unitario es mayor respecto al tramo 2 ya que se tiene una mayor distancia recorrida de forma horizontal de toda la red de tuberías.

Se tiene un costo unitario de relleno cementado en promedio mensual para el año 2020 es de 72.18 \$/m<sup>3</sup>.

Se tiene un costo total en función a los metros cúbicos obtenidos por cada mes, que en promedio mensual tenemos \$ 693 756, este resultado es previo sin las mejoras realizadas en planta y en el empleo de dos tipos de tuberías para mejorar los trabajos de relleno cementado.

**Tabla 29. Costo unitario de relleno hidráulico para el año 2021**

AÑO 2021	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
R. CEMENTADO (m³)	8,836.10	10,090.00	7,678.90	8,865.40	8,055.60	8,635.50	11,451.80	8,816.40	8,545.00	9,876.00	7,965.00	8,167.00
<b>1. MANO DE OBRA Y EQUIPOS</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>
Preparaion de barreras	3.70	3.82	3.94	3.82	3.70	3.58	3.45	3.58	3.65	3.82	3.84	3.87
Instalacion de tuberias	4.08	4.20	4.32	4.20	4.08	3.96	3.84	3.96	4.10	4.20	4.22	4.25
Malla electrosoldada	0.58	0.71	0.83	0.71	0.58	0.46	0.34	0.46	0.59	0.71	0.73	0.75
Enmallado de Fierros	2.76	2.88	3.00	2.88	2.76	2.64	2.52	2.64	2.87	2.88	2.91	2.93
Mano de obra (empresa)	1.28	1.40	1.52	1.40	1.28	1.16	1.04	1.16	1.29	1.40	1.43	1.45
cargador frontal (SMG110)	2.79	2.91	3.03	2.91	2.79	2.66	2.54	2.66	2.78	2.91	2.93	2.95
Transporte de agregados (TMH)	0.18	0.19	0.20	0.21	0.20	0.19	0.18	0.19	0.20	0.21	0.24	0.26
Relleno FIRTH Neto (Sin IGV.)	36.82	36.95	37.07	36.95	36.82	36.70	36.58	36.70	36.89	36.95	36.97	36.99
<b>2. MATERIALES</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>	<b>\$/m³</b>
Madera	1.17	1.18	1.19	1.18	1.17	1.16	1.17	1.18	1.19	1.18	1.17	1.16
Arena Ancapampa	0.57	0.58	0.59	0.57	0.57	0.56	0.57	0.58	0.59	0.58	0.57	0.56
Arena Ricaldi	1.99	2.00	2.01	1.99	1.98	1.98	1.99	2.00	2.01	2.00	1.99	1.98
Fierro de 1"	7.36	7.37	7.38	7.37	7.36	7.35	7.36	7.37	7.38	7.37	7.36	7.35
Fierro de 3/4"	3.30	3.30	3.31	3.30	3.29	3.28	3.29	3.30	3.31	3.30	3.29	3.28
Malla Electrosoldada	0.67	0.68	0.69	0.68	0.67	0.66	0.67	0.68	0.69	0.68	0.67	0.66
Tela Arpillera	0.10	0.11	0.12	0.11	0.10	0.09	0.10	0.11	0.12	0.11	0.10	0.09
Cemento Mina (servicios)	0.30	0.30	0.31	0.30	0.29	0.28	0.29	0.30	0.31	0.30	0.29	0.28
Cemento Granel (R.H)	1.53	1.54	1.55	1.54	1.53	1.52	1.53	1.54	1.55	1.54	1.53	1.52
Clavos	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03	0.02
Alambres	0.13	0.14	0.15	0.14	0.13	0.12	0.13	0.14	0.15	0.14	0.13	0.12
<b>COSTO TOTAL (\$/m³)</b>	<b>69.32</b>	<b>70.29</b>	<b>71.25</b>	<b>70.28</b>	<b>69.31</b>	<b>68.35</b>	<b>67.60</b>	<b>68.58</b>	<b>69.72</b>	<b>70.31</b>	<b>70.38</b>	<b>70.45</b>
<b>COSTO TOTAL (\$)</b>	<b>612,545</b>	<b>709,208</b>	<b>547,148</b>	<b>623,057</b>	<b>558,369</b>	<b>590,230</b>	<b>774,112</b>	<b>604,611</b>	<b>595,719</b>	<b>694,386</b>	<b>560,577</b>	<b>575,362</b>

### Interpretación:

De la tabla podemos observar los dos ítems como la instalación de tuberías que lleva un costo unitario en promedio mensual de 4.12 \$/m<sup>3</sup> y el transporte de agregados (TMH) que lleva un costo unitario en promedio mensual de 0.20 \$/m<sup>3</sup>, el costo unitario es menor respecto al tramo 1, ya que se tiene una menor distancia de recorrido gracias a que la red viene instalada por la chimenea de forma vertical y horizontal.

El costo unitario de relleno cementado en promedio mensual durante todo del año 2021 es de 69.65 \$/m<sup>3</sup>. Teniendo una optimización de 2.23 \$/m<sup>3</sup> menos que el costo unitario de relleno cementado para el año 2020.

Se tiene un costo total en función a los metros cúbicos obtenidos por cada mes, que en promedio mensual tenemos \$620 444, este resultado es optimizando las mejoras realizadas en planta y en el empleo de dos tipos de tuberías para mejorar los trabajos de transporte del relleno cementado, se optimizo \$73 312 menos que el costo total de relleno cementado del año 2021.

#### 4.4.2 Evaluación de la optimización del relleno cementado en la unidad minera Andaychagua

En la siguiente tabla se muestra la comparación de la producción anual y la optimización mensual

**Tabla 30. Comparación de la producción anual y la optimización mensual**

Mes	Año 2020 (m <sup>3</sup> )	Año 2021 (m <sup>3</sup> )	Optimización (m <sup>3</sup> )
Enero	8,636	8,836	200
Febrero	9,891	10,090	199
Marzo	7,481	7,679	198
Abril	8,663	8,865	202
Mayo	7,859	8,056	197
Junio	8,431	8,636	205
Julio	11,243	11,452	209
Agosto	8,621	8,816	195
Setiembre	8,352	8,545	193
Octubre	9,684	9,876	192
Noviembre	7,774	7,965	191
Diciembre	7,978	8,167	189

**Interpretación:**

Para el año 2021, se tiene una producción anual del relleno cementado de 2,370 m<sup>3</sup>, por encima del año 2020 respectivamente.

En la siguiente tabla, se muestra la comparación del costo por metro cubico de relleno cementado y la optimización en función al año 2021

**Tabla 31. Comparación del costo por metro cubico de relleno cementa del año 2020 y 2021**

Mes	Año 2020 (\$/m <sup>3</sup> )	Año 2021 (\$/m <sup>3</sup> )	Optimización costo total (\$/m <sup>3</sup> )
Enero	71.993	69.323	2.670
Febrero	72.858	70.289	2.569
Marzo	73.823	71.253	2.570
Abril	72.650	70.280	2.370
Mayo	71.784	69.314	2.470
Junio	70.919	68.350	2.569
Julio	70.217	67.597	2.620
Agosto	71.038	68.578	2.460
Setiembre	72.336	69.716	2.620
Octubre	72.860	70.310	2.550
Noviembre	72.890	70.380	2.510
Diciembre	72.819	70.450	2.369

**Interpretación:**

Para el año 2021, se tiene una optimización anual del relleno cementado de 30,348 \$/m<sup>3</sup> en función al año 2020, respectivamente.

En la siguiente tabla se muestra la comparación del costo del relleno cementado y la optimización en función al año 2021

**Tabla 32. Comparación del costo del relleno cementado y la optimización en función al año 2021**

Mes	Año 2020 (\$)	Año 2021 (\$)	Optimización costo total (\$)
Enero	686,086	612,545	73,541
Febrero	794,427	709,208	85,219
Marzo	608,140	547,148	60,993
Abril	693,996	623,057	70,939
Mayo	622,656	558,369	64,287
Junio	660,599	590,230	70,369
Julio	873,192	774,112	99,080
Agosto	676,761	604,611	72,150
Setiembre	666,537	595,719	70,818
Octubre	777,821	694,386	83,435
Noviembre	624,558	560,577	63,982
Diciembre	640,295	575,362	64,933

**Interpretación:**

Para el año 2021, se tiene una optimización anual del costo del relleno cementado de \$879,747, en función al año 2020 respectivamente.

## CONCLUSIONES

1. El tramo actual es el diseño del tramo 2, utilizado con una longitud de 305 metros, la instalación de la red es de forma horizontal. El tramo 1 presenta una longitud de 181 metros, ya que tiene la chimenea CA\_ v644 con un ancho de 3.2 metros y una longitud de 16.5 metros respectivamente que ayuda a reducir el tramo del transporte del relleno cementado la red de tubería es forma vertical y horizontal.
2. En el análisis para el año 2020, el número de paradas es de 109, el material transportado es de 94 982.7 m<sup>3</sup>, el rendimiento es de 1 379.4 m<sup>3</sup>/h y el relleno cementado considerando la mezcla es de 217 836 380.1 kg, cabe señalar que estos resultados son en función al tramo 2 que es el más largo con una distancia de 305 metros. En el análisis para el año 2021, el número de paradas es de 73, el material transportado es de 106 982.7 m<sup>3</sup>, el rendimiento es de 1 019.4 m<sup>3</sup>/h y el relleno cementado considerando la mezcla es de 228 534 650.1 kg, cabe señalar que estos resultados son en función al tramo 1 el cual es el más corto y el más óptimo ya que se tomó como atajo la chimenea CA\_ v644 y la distancia de este tramo 1 es de 181 metros.
3. La optimización de los resultados del cruce entre el material transportado y el relleno cementado considerando la mezcla para el año 2021, el número de paradas se reduce en 36 menos, el material transportado aumenta en 12 000 m<sup>3</sup> más, el rendimiento aumenta en 360 m<sup>3</sup>/h más y el relleno cementado considerando la mezcla aumenta en 10 698 270 kg más, cabe señalar que estos resultados son en función a la comparación del año 2019 y el año 2020.
4. Para el año 2020, se tiene una producción mensual del relleno cementado de 8,717.23 m<sup>3</sup>, se tiene una producción baja debido a las deficiencias encontradas en el grosor de la tubería que realiza el transporte del relleno cementado y para el año 2021 se tiene una producción mensual del relleno cementado de 8,915.21 m<sup>3</sup>, se tiene una producción alta debido al cambio de diámetro de la tubería que realiza el transporte del relleno cementado.

5. Para el año 2020, juega un papel importante la instalación de tuberías que lleva un costo unitario en promedio mensual de 4.28  $\$/m^3$  y el transporte de agregados (TMH) que lleva un costo unitario en promedio mensual de 0.25  $\$/m^3$ . El costo unitario es mayor respecto al tramo 2, ya que se tiene una mayor distancia recorrida de forma horizontal de toda la red de tuberías. Se tiene un costo unitario de relleno cementado en promedio mensual para el año 2020 de 72.18  $\$/m^3$ . Se tiene un costo total en función a los metros cúbicos obtenidos por cada mes, que en promedio mensual tenemos \$ 693 756, este resultado es previo sin las mejoras realizadas en planta y en el empleo de dos tipos de tuberías para mejorar los trabajos de relleno cementado.
  
6. Para el año 2021, se tuvo una reducción del costo en la instalación de tuberías, el costo unitario en promedio mensual de 4.12  $\$/m^3$  y el transporte de agregados (TMH) que lleva un costo unitario en promedio mensual de 0.20  $\$/m^3$ . El costo unitario es menor respecto al tramo 1, ya que se tiene una menor distancia de recorrido gracias a que la red viene instalada por la chimenea de forma vertical y horizontal.
  
7. El costo unitario de relleno cementado en promedio mensual durante todo del año 2021 es de 69.65  $\$/m^3$  teniendo una optimización de 2.23  $\$/m^3$  menos que el costo unitario de relleno cementado para el año 2020. Se tiene un costo total en función a los metros cúbicos obtenidos por cada mes, que en promedio mensual tenemos \$ 620 444, este resultado es optimizando las mejoras realizadas en planta y en el empleo de dos tipos de tuberías para mejorar los trabajos de transporte del relleno cementado, se optimizo \$ 73 312 menos que el costo total de relleno cementado del año 2021.

## RECOMENDACIONES

1. En el minado por taladros largos, en función al relleno cementado del enrejado con madera para su posterior fraguado del concreto es recomendable asegurar la eficiencia en el minado para evitar accidentes por ruptura de la barrera y poder seguir realizando los cortes correspondientes en el tajo.
2. Realizar evaluaciones periódicas al circuito de transporte con la finalidad de mantener una influencia positiva en el relleno cementado a fin de minimizar retrasos y cualquier contratiempo en la planta.
3. Uniformizar el transporte de materiales a fin de poder generar un impacto positivo en el relleno cementado generando mezclas que garanticen un avance oportuno en la mina.
4. Establecer controles de rendimiento en intervalos de tiempo regulares a fin de poder garantizar un desempeño y empleo de recursos óptimo que beneficie el trabajo en la mina.
5. Diseñar un plan de paradas que garantice el funcionamiento de los elementos empleados para evitar el exceso de estas y los gastos que pueden acarrear a la planta.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASTOQUILCA, Jorge y LLAMCCAYA , Felipe. Aplicación y efectos del relleno cementado en corte y relleno descendente de la mina Andaychagua U.E.A Yauli de Volcan Compañía Minera S. A. del 2017. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Apurímac : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 2019, 144 pp.
2. RAMOS, Wilson. Explotación por sub niveles ascendentes con relleno cementado unidad minera Pallancata CIA Minera Ares – Hochschild. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2019.
3. FLORES, Víctor. Aplicación del relleno hidráulico en Mina socorro – U.P. Uchucchacua de la Compañía Minera Buenaventura S. A. A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019, 113 pp.
4. DÁVILA, Luis. Instalación de una nueva troncal para el mejoramiento del sistema de distribución de relleno hidráulico del Tajo 370, Mina San Ignacio De Morococha - 2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2018, 110 pp.
5. HUERTA, Jorge. Optimización de las losas de relleno cementado de la U.P. Andaychagua. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Tacna : Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2018, 231 pp.
6. SCOBAR, Jaime . Infraestructura de transporte para explotar las reservas profundas en mina El Soldado. Memoria (Título de Ingeniero de Minas).Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2016, 139 pp.
7. AMOROSO, Degsi y ORELLANA, Maria. Diagnóstico del control subterráneo y plan de mejora en la mina de la Sociedad Minera Minervilla. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cuenca : Universidad del Azuay en Ecuador, 2019, 120 pp.

8. CARDENAS, Héctor y VELEZ, Esteban. Análisis del diseño de explotación mediante el sistema Long Hole Stopping para el proyecto minero Loma Larga, Azuay-Ecuador. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Ecuador : Universidad del Azuay, 2017, 120 pp.
9. RAMÍREZ, Cesar y FERNÁNDEZ, Crystian. Estudio de sistemas de fortificación para la mina subterránea "Olkusz-Pomorzany. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Santiago de Chile : Universidad de Concepción en Chile, 2017.
10. ALMEIDA., Xavier. Planteamiento Minero y Diseño de Explotación para Materiales de Construcción en el Libre Aprovechamiento San Gerardo de la parroquia Mariano Moreno. Ecuador : Universidad del Azuay, 2017, 156 pp.
11. SEVERINO, Victor. *Informe de practicas pre profesionales*. Yauli : Volcan Compañía Minera S.A.A., 2010.
12. COMPAÑIA MINERA VOLCAN S.A.A. *Preparacion de barreras en los tajos de relleno*. Yauli : unidad minera Andaychagua, 2020.
13. CUYO, Gustavo. Propuesta de un aplicativo móvil interno para optimizar los procesos operativos del servicio integral de sepelio en un camposanto de Lima Metropolitana, 2017. Tesis (Título de Administrador).Lima : Universidad Privada del Norte, 2017, 82 pp.
14. MONTIEL, Ricardo. Optimización de los costos administrativos, operativos en la compañía industria panificadora Europa S. A. Tesis (Título de Contador Público).Guayaquil : Universidad De Guayaquil, 2018, 89 pp.
15. CÁRDENAS, Carlos y VERA, Michael. Estudio y diseño del circuito de transporte público fluvial entre Samborondón y Durán, 2019. Tesis (Título de Arquitecto).Guayaquil : Universidad de Guayaquil, 2019, 150 pp.

16. ALVAREZ, Virgilio. Calculo de la productividad de equipos de acarreo y transporte - Unidad Minera de Arcata. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín, 2014, 144 pp.
17. MARTOS, James y YOPIA, Wilson. Influencia del tiempo real del ciclo de carguio y acarreo de mineral en los ingresos desde el banco 3300 hasta la fase 4, en el proyecto minero El Toro, Huamachuco 2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2018, 78 pp.
18. RIVEROS, Jose. Calculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la Unidad Minera Arcata 2016. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2016.
19. PEÑA, Diego. Análisis para la selección y remplazo de volquetes de 25 m<sup>3</sup> de capacidad para la optimización del acarreo y transporte en la operación minera - Mina Los andes Perú Gold - Huamachuco. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2019, 100 pp.
20. ESCARCENA, Renzo;. Evaluación de las operaciones de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad en la Unidad Minera Tacaza - CIEMSA. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2019.
21. ZANONI, Felipe. Modelo de gestión operativa para mejorar la calidad del servicio de movimiento de tierras en la empresas mineras clintes de Compañía DID S.A.C. Tesis (Grado Académico de maestro en Ingeniería Industrial).Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2019, 67 pp.
22. RICSE, Dennis. Rediseño del sistema de izaje para la mejora del rendimiento de extracción - Unidad Minera San Juan de Chorunga - 2019. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del centro del Perú., 2019, 86 pp.

23. RONDAN, Elizabeth. Eficiencia del uso del aditivo sintético TPx en la reducción del gas de monóxido de carbono emitido por los equipos de interior mina de la Unidad Minera Santander, Huaral - Lima. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Huaraz : Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2017, 79 pp.
  
24. FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, L. Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill/Interamericana editores S.A. 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Matriz de consistencia

Título: Evaluación y optimización del circuito de transporte para el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en U.E.A. Andaychagua, Volcán Compañía Minera S.A.A.				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿De qué manera influye la evaluación y optimización del circuito de transporte para el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en U.E.A. Andaychagua, Volcán Compañía Minera S. A.?	Determinar de qué manera influye la evaluación y optimización del circuito de transporte para el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en U.E.A. Andaychagua, Volcán Compañía Minera S.A..	La evaluación y optimización del circuito de transporte influye el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en U.E.A. Andaychagua, Volcán Compañía Minera S.A..	VARIABLES INDEPENDIENTE X: Evaluación y optimización del transporte de relleno.  X1: Material transportado.	<b>Metodología:</b> Enfoque cuantitativo.  <b>Tipo de Investigación:</b> Aplicativa.  <b>Nivel de investigación:</b> Explicativa.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA		
¿De qué manera la evaluación y optimización del circuito de transporte según el material transportado influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U.E.A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.?	Analizar de qué manera la evaluación y optimización del circuito de transporte según el material transportado influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U.E.A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.	La evaluación y optimización del circuito de transporte según el material transportado influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U.E.A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.	X2: Rendimiento. X3: Paradas  VARIABLE DEPENDIENTE	<b>Diseño:</b> No experimental, transversal. Correlacional causal.  <b>Población:</b> Circuito de transporte para el relleno cementado de los tajos en la U.E.A. Andaychagua.
¿De qué manera la evaluación y optimización del circuito de transporte según el rendimiento influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la UEA Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.?	Analizar de qué manera la evaluación y optimización del circuito de transporte según el rendimiento influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U.E.A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.	La evaluación y optimización del circuito de transporte según el rendimiento influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U.E.A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.	Y: Mezcla de relleno a transportar. Y1: Composición de relleno cementado. Y2: Aditivos.	<b>Muestra:</b> Circuito de transporte para el relleno cementado de los tajos en la U.E.A. Andaychagua.
¿De qué manera la evaluación y optimización del circuito de transporte según las paradas influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U.E.A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.?	Analizar de qué manera la evaluación y optimización del circuito de transporte según las paradas influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U.E.A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S.A..	La evaluación y optimización del circuito de transporte según las paradas influye en el relleno cementado considerando el tipo de mezcla en la U.E.A. Andaychagua Volcán Compañía Minera S. A.		<b>Técnicas de investigación:</b> Observación. Revisión documental.  <b>Instrumentos:</b> Archivos de registros de información. Libreta de notas.

## Anexo 2

### Instrumento de recolección de datos

Variable:	Evaluación y optimización del circuito de transporte			Relleno cementado considerando la mezcla							
Dimensión:	Material transportado	Rendimiento	Paradas	Composición del relleno					Aditivos		
Indicador:	m3 (m3)	Rendimiento (m3/h)	N° paradas	Piedra 67 SILO (kg)	Piedra USO 89 (Kg)	Confitillo	Relave	Cemento	Agua kg	EUCO 537 Its	W.O Its
Enero											
Febrero											
Marzo											
Abril											
Mayo											
Junio											
Julio											
Agosto											
Septiembre											
Octubre											
Noviembre											
Diciembre											

**Anexo 3**  
**Tuberías utilizadas en la Unidad Minera Andaychagua**





## Anexo 4

### Barrera de madera del tajo y relleno de concreto



*Tomada de Área de Servicios Mina - Yauli: unidad minera Andaychagua, 2020*