

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Análisis del sistema de acarreo en mantos de carbón para la
optimización de la producción del método Soutirage en la Unidad**

Minera Pampahuay, Oyón, 2021

Para Optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Clinton Hugo VALER OSORIO

Asesor:

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

Cerro de Pasco – Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Análisis del sistema de acarreo en mantos de carbón para la
optimización de la producción del método Soutirage en la Unidad**

Minera Pampahuay, Oyón, 2021

Sustentado y aprobado ante los miembros del Jurado:

Mg. Silvestre Fabian BENAVIDES CHAGUA

PRESIDENTE

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS

MIEMBRO

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA

MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N°080-JUIFIM-2023

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bachiller: Clinton Hugo Valer Osorio

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

**ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ACARRREO EN MANTOS DE CARBÓN PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL MÉTODO SOUTIRAGE EN LA
UNIDAD MINERA PAMPAHUAY, OYÓN, 2021**

Asesor:

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

Índice de Similitud: 09%

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 07 de agosto de 2023

.....
Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

C.c.
Archivo

DEDICATORIA

La presente tesis lo dedico a mi madre Maria
por ser pilar importante, por susacrificio,
dedicación y por impulsarme siempre
alcanzar las metas más altas.

A mi padre Hugo quien me enseñó que
el mejor conocimiento es poder tener que
aprender por sí mismo. A mi hermana
Sharon por su cariño y soporte durante
el proceso. A mis dos flores, mi compañera
de vida Marcia por su muestra de amor
incondicional y nuestra futura luz Valenka
que llegará a iluminar mi vida

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Mi profundo agradecimiento a mis familiares y amigos que me ayudaron de manera desinteresada y buena voluntad.

Y por supuesto a mi querida “Universidad Daniel Alcides Carrion”, a mi asesor Mg Nieves Oswaldo Gora Tufino y a todos los docentes por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

RESUMEN

La empresa Obras Civiles y Mineras SAC (OCIMIN SAC), es una empresa de pequeña minería dedicada a la producción de Carbón, el cual es comercializado en la planta de la Unión Andina de Cementos (UNACEM). Dentro del proceso productivo en la explotación de carbón, la extracción es uno de los procesos unitarios más sensibles, para el cumplimiento de los planes de producción en la unidad minera.

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo analizar las diferentes variables operacionales asociados al sistema de acarreo en mantos de carbón para el cumplimiento del plan de producción durante el periodo 2021, en la Unidad Minera Pampahuay.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue analizar los diferentes factores operacionales asociados al sistema de acarreo de la unidad minera Pampahuay, los cuales influyen en los diferentes KPIs, durante el periodo 2021.

El tonelaje programado durante el periodo 2021 fue de 74,306 toneladas y el ejecutado fue de 51,844 toneladas, generando una recuperación solo del 70%, esta distorsión en el tonelaje producido, tiene una influencia directa en el rendimiento de las variables operacionales y económicas del sistema de acarreo.

El presente trabajo de investigación, está orientado a analizar las diferentes variables considerando el número de viajes, tonelaje por viaje, número de carros mineros, peso del convoy, peso de la locomotora, esfuerzo necesario y la potencia del motor requerido, y su influencia en el costo unitario de acarreo.

El análisis del costo unitario de acarreo durante el periodo programado fue de 0.39 US\$/ton, incrementándose a 0.51 US\$/ton para el periodo ejecutado, producto del no cumplimiento del plan de producción.

El análisis de sensibilidad al tonelaje diario, considera un óptimo de 260 ton/día, con un costo unitario optimizado de 0.32 US \$/ton, con 9 carros mineros y 9.95 ton/viaje.

Palabras Clave: Sistema de acarreo, tonelaje, etc.

ABSTRACT

The company Obras Civiles y Mineras SAC (OCIMIN SAC) is a small mining company dedicated to the production of Coal, which is marketed at the Unión Andina de Cementos (UNACEM) plant. Within the productive process in the exploitation of coal, extraction is one of the most sensitive unit processes, for the fulfillment of the production plans in the mining unit.

The objective of this research work is to analyze the different operational variables associated with the haulage system in coal seams for compliance with the production plan during the 2021 period, at the Pampahuay Mining Unit.

The objective of this research work was to analyze the different operational factors associated with the haulage system of the Pampahuay mining unit, which influence the different KPIs, during the 2021 period.

The scheduled tonnage during the 2021 period was 74,306 tons and the executed was 51,844 tons, generating a recovery of only 70%. This distortion in the produced tonnage has a direct influence on the performance of the operational and economic variables of the delivery system. haulage.

The present research work is oriented to analyze the different variables considering the number of trips, tonnage per trip, number of mining cars, weight of the convoy, weight of the locomotive, necessary effort and required engine power, and its influence on the unit freight cost.

The analysis of the unit transportation cost during the scheduled period was 0.39 US\$/ton, increasing to 0.51 US\$/ton for the executed period, due to non-compliance with the production plan.

The analysis of sensitivity to daily tonnage considers an optimum of 260 tons/day, with an optimized unit cost of 0.32 US \$/ton, with 9 mining cars and 9.95 tons/trip.

Keywords: Haulage system, tonnage, etc.

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas que se genera en labores de profundización subterránea es el incremento de distancias desde los puntos de carguío hacia los puntos de descarga, este incremento de distancia influye directamente en el número de viajes y en el tonelaje asociado, los cuales afectarán en el rendimiento y costos unitarios de acarreo.

El análisis del sistema de acarreo en la unidad minera, permitirá conocer el comportamiento de las diferentes variables operacionales y económicas, realizando el análisis de número de viajes, el tonelaje por viaje, número de carros mineros, el peso del convoy, el peso de la locomotora, el esfuerzo necesario y la potencia del motor, así mismo considerando el costo unitario de acarreo en el escenario programado y ejecutado durante el periodo 2021.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar la incidencia del sistema de acarreo en mantos de carbón para la optimización de la producción del método Soutirage en la Unidad Minera Pampahuay.

El desarrollo del trabajo de investigación se resume en cuatro capítulos. En el capítulo 1, se define el tema de forma considerando el planteamiento del problema, la justificación e importancia de la investigación.

En el capítulo 2, se describe los antecedentes y las bases teóricas utilizadas en la investigación.

En el capítulo 3, se muestra el método, el alcance y el diseño de la investigación. La presente investigación predomina lo descriptivo, describiremos el layout de acarreo y su incidencia en el cumplimiento del plan de producción.

En el capítulo 4, se analizó e interpretó los resultados obtenidos del sistema de acarreo programado y ejecutado y su incidencia en el cumplimiento del plan de producción.

El Autor

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.3.1. Problema General.	3
1.3.2. Problemas Específicos.....	3
1.4. Formulación de Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.	3
1.5. Justificación de la Investigación.	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5
1.7. Importancia y alcances de la Investigación.....	5

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudio.	6
2.2. Bases Teóricas – Científicas	8
2.3. Definición de términos básicos.....	33
2.4. Formulación de hipótesis.....	34
2.4.1. Hipótesis general.	34
2.4.2. Hipótesis específica.	34
2.5. Identificación de las variables.....	35

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	36
---	----

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación.....	37
3.2. Nivel de Investigación	37
3.3. Métodos de Investigación.	37
3.4. Diseño de Investigación.....	38
3.5. Población y Muestra.....	38
3.5.1.Población.....	38
3.5.2.Muestra.....	38
3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.	38
3.7. Selección, Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación.	39
3.8. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	41
3.9. Tratamiento Estadístico.....	41
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	41

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del Trabajo de Campo.....	42
4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados.....	43
4.3. Prueba de Hipótesis.....	57
4.4. Discusión de Resultados.	63

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.

La empresa Obras Civiles y Mineras SAC (OCIMIN SAC), es una empresa de pequeña minería dedicada a la producción de carbón, cuyos recursos de producción de carbón van a la planta de la Unión Andina de Cementos (UNACEM), que es la fusión de Cemento Andino y Cementos Lima.

El presente trabajo de investigación realizará el análisis de la producción realizada en las Concesiones Oyón 2 y 3, producto de la aplicación del método de explotación Soutirage en mantos de carbón. Uno de los grandes problemas que se genera en labores de profundización subterránea es el incremento de distancias desde los puntos de carguío hacia los puntos de descarga, con su consecuente incremento de costos operacionales y una disminución en el número de viajes, asociados al proceso unitario de extracción. El sistema de acarreo se realiza mediante locomotoras, el cual presenta los siguientes problemas: descarrilamiento, cruce de locomotoras que van en sentidos contrarios, tiempo de espera para el carguío de material, actividades diversas al inicio de las guardias antes de cargar

el material (limpieza de lama en el inclinado, acarreo de madera al inicio de cada guardia, etc.), gradiente inadecuada en las vías de acarreo y radio de curvatura inadecuado. Todos estos aspectos incidirán directamente en el cumplimiento de los planes de producción programadas y su relación con los indicadores de rendimiento operacional. Por tal motivo, en el presente trabajo de investigación se analizará el layout de acarreo y su incidencia en el cumplimiento de número de viajes y su tonelaje asociado.

1.2. Delimitación de la investigación.

1.2.1. Delimitación espacial.

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Unidad Minera Pampahuay de Obras Civiles y Mineras SAC (OCIMIN SAC). Ubicada en la Región de Lima, Provincia de Oyón y Distrito de Oyón.

1.2.2. Delimitación temporal.

Esta investigación se llevó a cabo desde enero a diciembre del 2021.

1.2.3. Delimitación social.

La presente investigación se realizó en las concesiones Oyón 2 y Oyón 3, ubicados en la Unidad Minera Pampahuay, con la finalidad de evaluar el rendimiento del sistema de acarreo y su mejora en el plan de producción

La mejora del rendimiento operacional permitirá a la empresa tener una mejor rentabilidad económica, por ende, realizar inversiones en proyectos sociales sostenibles con el tiempo.

1.3. Formulación del Problema.

1.3.1. Problema General.

¿Cómo incide el análisis del sistema de acarreo en mantos de carbón para la optimización de la producción del método Soutirage en la Unidad Minera Pampahuay – Oyón 2021?

1.3.2. Problemas Específicos.

- a. ¿Cómo influye las variables operacionales en el sistema de acarreo de locomotoras para el cumplimiento de la producción en la Unidad Minera Pampahuay – Oyón 2021?
- b. ¿Cómo influye la recuperación de mineral con la evaluación económica del plan de producción en la Unidad Minera Pampahuay – Oyón 2021?

1.4. Formulación de Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

Determinar el análisis del sistema de acarreo en mantos de carbón para la optimización de la producción del método soutirage en la Unidad Minera Pampahuay – Oyón 2021.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- a. Definir la influencia de las variables operacionales en el sistema de acarreo de locomotoras para el cumplimiento de la producción en la Unidad Minera Pampahuay – Oyón 2021.
- b. Definir la influencia de la recuperación de mineral con la evaluación económica del plan de producción en la Unidad Minera Pampahuay – Oyón 2021.

1.5. Justificación de la Investigación.

Justificación general.

La investigación se justifica por la implicancia que tienen el cumplimiento de los planes de producción en la ejecución de una operación minera. Este cumplimiento está directamente relacionado al tonelaje producido por el método de minado seleccionado y el sistema adecuado de extracción de mineral.

En el presente estudio se analizará la recuperación de mineral transportado y su implicancia económica en el cumplimiento del plan de producción programado y ejecutado.

En el presente trabajo de investigación se detallará el método de explotación por inclinados primarios, secundarios y terciarios con su variante suitirage.

El tonelaje producido en la Unidad Minera Pampahuay es de 200 toneladas diarias aproximadamente, considerando un rango de ceniza entre 37% a 43% y una humedad promedio de 2.5%, el cual es transportado a la planta de Cemento Andino.

Justificación Social.

El desarrollo del trabajo de investigación, permitirá realizar un análisis del sistema de acarreo de la producción programada y ejecutada, determinando los indicadores operacionales y económicos a ser mejorado en la Unidad Minera Pampahuay.

La mejora de la producción permitirá el incremento de la rentabilidad económica de la empresa, por ende, el cumplimiento de los compromisos sociales con las comunidades aledañas a la unidad minera.

Justificación Económica.

El cumplimiento de la producción mediante el análisis del sistema de extracción con locomotoras, considerando el radio de curvatura y la recuperación de mineral transportado, buscando la mejora de la rentabilidad económica en la Unidad Minera Pampahuay.

Importancia y alcances de la Investigación

La importancia de la presente investigación hace un gran aporte por parte de los estudiantes y profesionales de ingeniería minera e investigadores universitarios brindándoles experiencia en el desarrollo de planes mineros para lograr rendimientos óptimos a través de la valuación de características de un adecuado plan de minado de la unidad minera, lo cual genera aportes técnicos importantes.

1.6. Limitaciones de la investigación.

Durante el desarrollo del presente estudio no se presentaron limitaciones en lo que concierne a la recolección de datos, las únicas complicaciones que se observó fue la adaptación de los trabajadores a las nuevas normas y ponerlas en práctica.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudio.

a) Antecedentes internacionales.

- Ramírez (2018) presentó una tesis titulada “Estudio de viabilidad de la mina de carbón a cielo abierto "La Margarita" en Titiribí Colombia”. El objetivo fue determinar la viabilidad de la mina a cielo abierto “La Margarita” en Tiribirí (Colombia), para una producción anual de un millón de toneladas, con un ratio de 7 m³ de estéril por tonelada de carbón. Se analizó las variables geológicas, geomecánicas, diseño operacional, dimensionamiento de flota (perforación, carguío, acarreo y de servicios) plan de minado y la evaluación económica, considerando una vida operacional del proyecto de 15 años. El resultado de análisis financiero de la presente tesis considera un VAN de 85.56 MUS\$ y un TIR de 59%, lo que rentabiliza en forma positiva el proyecto minero.
- Ricaurte (2015) presentó la tesis titulada “Planeamiento minero para el Contrato de Concesión HKN - 08071, mina La Esmeralda ubicado en los

municipios de Jenesano y Tibaná departamento de Boyacá”. La investigación tiene como objetivo es elaborar el planeamiento minero para el contrato de concesión HKN - 08071, mina la Esmeralda, para lo cual se analizó las variables geológicas, geomecánicas considerando las reservas y el diseño operacional de la mina de acuerdo al método de minado seleccionado, así mismo considerando el plan de minado correspondiente y el plan de cierre, para finalmente analizar económica y financiera el proyecto minero. El resultado de análisis financiero considera un VAN de 504'123,720 pesos (\$) y un TIR de 20.22%, considerando un margen operativo de 625 \$/ton, durante un periodo de 5 años.

b) Antecedentes nacionales.

- Montes (2019) en su tesis de pregrado titulado “Métodos de explotación del carbón para optimizar la producción en la Concesión Minera Acumulación Oyón 1 - Lima 2018. La tesis tiene como objetivo determinar que métodos de explotación del carbón se aplicara para optimizar la producción en la concesión minera acumulación Oyón 1. Se realizó la selección del método de explotación, el proceso de explotación y la evaluación geológica. Como resultado se considera el método de minado como inclinados y subniveles, con una productividad óptima del 95% de recuperación de carbón, con un promedio de producción diaria de 200 Tmh, con una concentración de ceniza entre 39% a 43%, un porcentaje de humedad de 2.5% y un costo unitario de 56.40 US \$/Tmh.
- Maurtua (2012) presentó una tesis titulada “Proyecto de aplicación del método Short Wall para mejorar la producción en la concesión Oyón 2 Unidad Pampahuay, Ocimin S. A. C.”. El objetivo de la presente tesis fue

aplicar una variante de explotación para superar las deficiencias operacionales en la producción de carbón. Se consideró mejorar la recuperación del carbón producto de la aplicación del método de minado soutirage, estableciendo políticas de procesos para el control de los incidentes operacionales. Considerando las características del carbón de bituminoso a sub bituminoso, con potencias de 0.8 a 4 metros, ley promedio de 4,300 kcal/kg y buzamientos de 35° a 80°.

2.2. Bases Teóricas – Científicas

Generalidades de la mina.

Ubicación.

La Unidad Minera Pampahuay (yacimiento de Carbón) de la empresa OCIMIN S.A.C., se ubica en el distrito de Oyón, provincia de Oyón, departamento de Lima.

El centro de operaciones se encuentra a una distancia de 10 Km en línea recta por vía afirmada, al SE del pueblo más cercano, Oyón, y a 258 Km. de distancia de la ciudad de Lima.

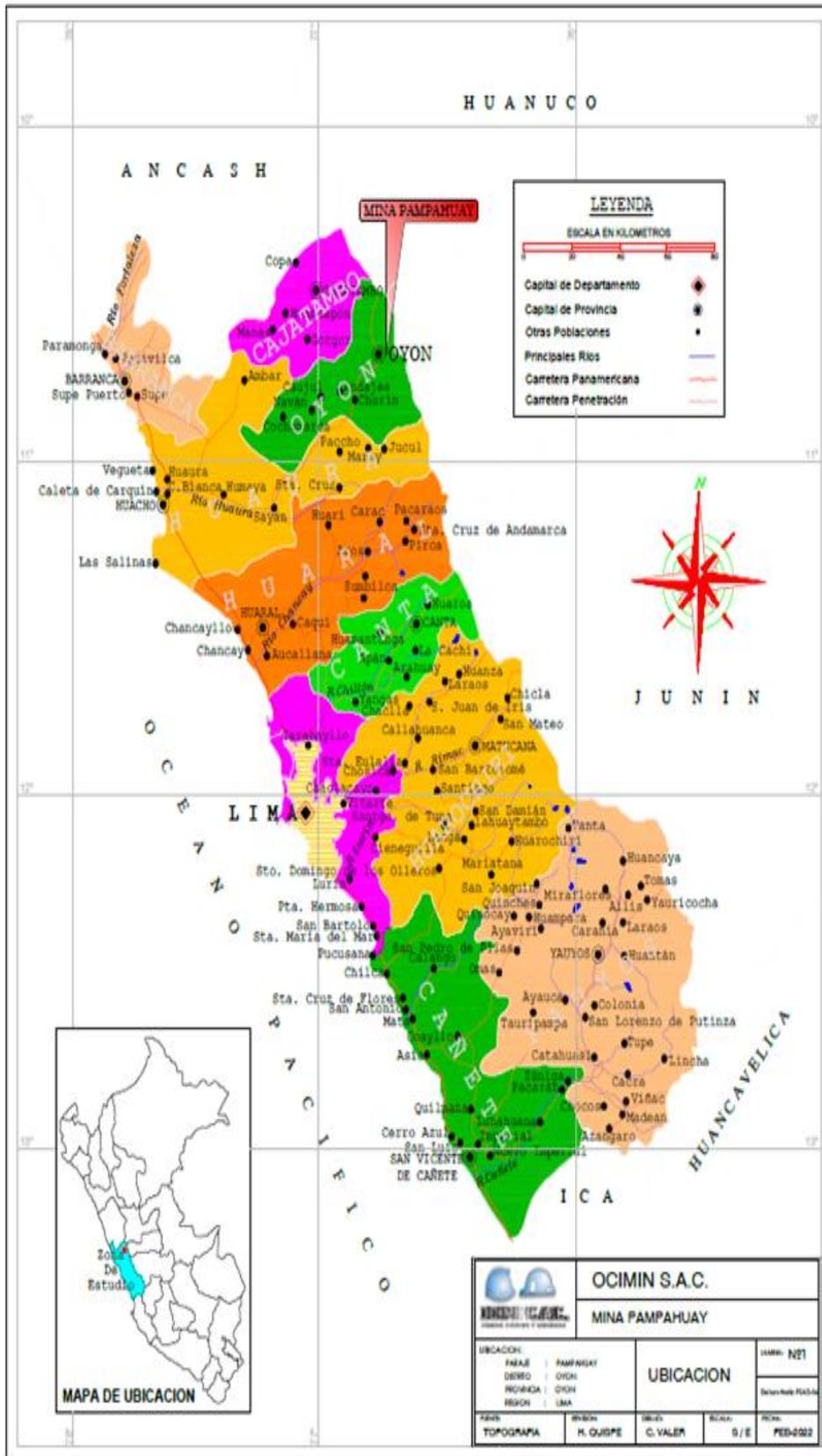
Geográficamente la mina se halla al sur del cerro Quillahuaca y al NW de un valle Glaciar por donde discurre el río Pampahuay; a una altitud comprendida entre 3840 y 4200 m.s.n.m.

Sus coordenadas UTM (campamento) son:

Este : 0311157.00

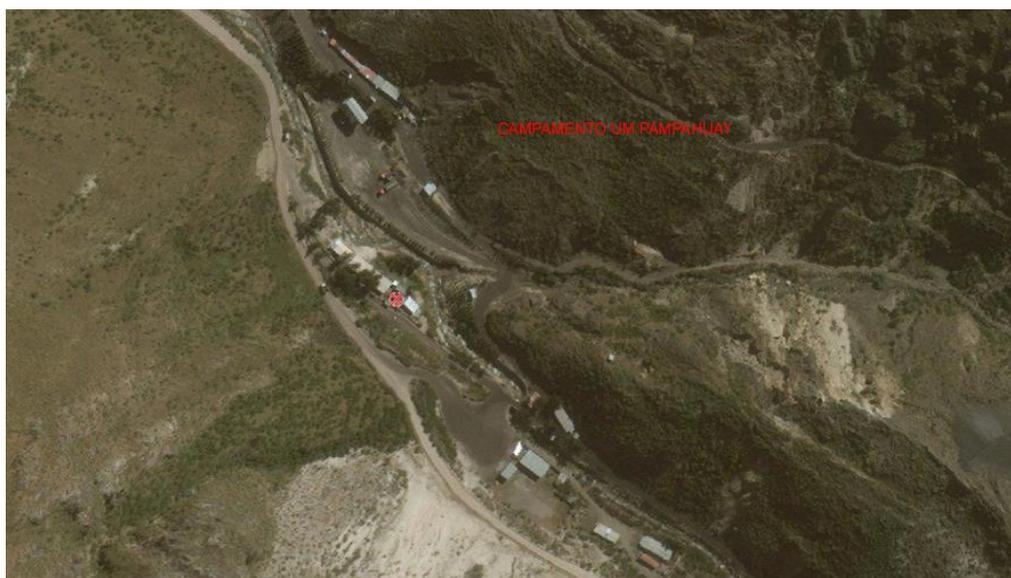
Norte : 8816176.00

Figura 1. Mapa de la Provincia de Oyón



Fuente: Ocimin SAC

Figura 2. Campamento Unidad Minera Pampahuay.



Fuente: Propia

Accesibilidad.

La localidad de PAMPAHUAY tiene como vías de acceso las siguientes rutas desde Lima:

- a) Ruta desde vía - Rio Seco

Tabla 1. Accesibilidad – Vía Rio Seco

TRAMO	DIST.	TIEMPO	TIPO DE VÍA
Lima – Rio Seco	103 Km.	3h	Asfaltado (Panamericana Norte)
Rio Seco – Sayán	52 Km.	1h	Asfaltado (Desvió Rio seco)
Sayán - Churín	61 Km.	1h	Asfaltado
Churín – Oyón	32Km.	40 min	Asfaltado
Oyón Pampahuay	10 Km.	30 min	Trocha carrozable
Total	258 Km	6h, 10min	

Fuente: Propia

- b) Ruta desde vía – Huacho (Huara)

Tabla 2. Accesibilidad – Vía Huacho

TRAMO	DIST.	TIEMPO	TIPO DE VÍA
Lima – Huacho	153 Km.	3h	Asfaltado (Panamericana Norte)
Huacho - Sayán	45 Km.	1h	Asfaltado
Sayán - Churín	61 Km.	1h	Asfaltado
Churín - Oyón	32Km.	40 min	Asfaltado
Oyón - Pampahuay	10 Km.	30 min	Trocha carrozable
Total	301 Km	6h, 10min	

Fuente: Propia

Clima.

El clima de Oyón, es frío y seco, típico de sierra con dos estaciones bien definidas, durante el año: una lluviosa (diciembre - marzo) y otra seca en el resto del año (mayo a octubre). la temperatura media anual es de 10.5 °C; lo temperatura máxima se da en los meses de enero a abril y la temperatura mínima se da entre los meses de mayo y agosto, de acuerdo a registros tomados de la estación meteorológica de Oyón.

Marco geológico.

El área del proyecto de explotación se encuentra ubicado en el paraje denominado Pampahuay. Los mantos de carbón del yacimiento, están emplazados en la formación de Oyón y Chimú, emplazados en el flanco oriental de la cuenca de Pampahuay, con buzamientos de 25° a 60°, de característica principalmente sub bituminosa, con potencias que varían de 0.80 a 4.0 metros y ley promedio de 4,500Kcal/Kg. Los mantos de interés económico se encuentran en la formación Oyón, intercalados en uno serie estratigráfico de esquistos, areniscos y lutitos, etc. En la zona de valles y quebrados se asientan los depósitos cuaternarios aluviales, coluviales y fluvioaluviales, teniendo importancia los primeros como materiales de construcción (Maurtua, 2012).

Figura 3. Estratigrafía de la cuenca de Oyón.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA DE OYÓN					
ERA	PERIODO	FORMACION	LITOEST.	DESCRIPCION	
CENOZOICO	CUAT.			Depósitos: Aluviales, glaciares, etc.	
	TERCIARIO	Calipuy (500-2000m)		Lavas andesíticas púrpura, piroclástico, tufo finamente estratificados, basaltos y dacitas con variaciones laterales	Secuencia Volcánica
MESOZOICO	CRETACEO	Jumasha (1000-1500m)		Calizas masivas de color gris claro en superficie intemperizada y azul en fracturas frescas.	Secuencia Calcárea
		Pariatambo (+- 100m)		Fina alternancia de calizas, margas y lutitas. Las calizas y margas son gris oscuras o negras.	
		Chulec (+- 200m)		Alternancia de margas, lutitas y calizas, con capas fósilíferas en la parte media.	
		Pariahuanca (50-200m)		Calizas masivas de color gris que comunmente forma prominencias.	
		Farrat: 50-120m		Areniscas hacia el techo y areniscas cuarzosas en el piso.	
		Carhuaz (500-800m)		Lutitas rojas	Secuencia Clásica Goyllarisquiza
		Santa: +- 150m		Alternancia de areniscas y lutitas. Ocasionalmente lutitas rojas.	
		Chimú (600-700m)		Alternancia de lutitas y areniscas intercalados con capas delgadas de calizas.	
Oyón (100-400m)		Areniscas cuarzosas gris oscuras y areniscas limosas.			
				Areniscas cuarzosas y/o ortocuarcitas y areniscas limosas.	
				Alternancias de areniscas de grano fino, lutitas y mantos de carbón.	
				Alternancias de areniscas gris oscuro de grano fino y lutitas pizarrosas.	

Fuente: Departamento de Planeamiento UM Pampahuay

Geología Local.

La geología de la Concesión Acumulación Oyón 2 Pampahuay está representada esencialmente por el emplazamiento de dos secuencias sedimentarias: la Formación Oyón y lo Formación Chimú. Asimismo, se observan rodados provenientes de la Formación Santa y Carhuaz que conformo el material coluvial y morrenico presente en la zona.

Estas formaciones se presentan bastante perturbadas por el tectonismo que las afecto intensamente estando follado y plegado estas secuencias, los diversos puntos elevados presentan movimientos de material coluvial y glacial debido al intenso trabajo erosivo de las aguas superficiales y los ríos (Maurtua, 2012).

a) Formación Oyón (Ki – O)

Esta formación es la más importante y aparece en el eje del anticlinal Pampahuay no se conoce la base, pero su miembro medio es el que contiene los mantos de Carbón cuyos espesores van de 0.2 a 2.0 m. Los afloramientos dispersados en desniveles, principalmente en el flanco Este del valle que fueron explotados antiguamente quedando actualmente muchas bocaminas abandonadas, algunos totalmente derrumbadas y otras mostrando como vestigio de su existencia drenaje de aguas cargadas de óxidos como las limonitas que le dan una típica coloración rojiza al lecho. Esta formación en la zona de Pampahuay supera los 50 m como afloramiento consistente principalmente de lutitas de color gris oscura con capas de arenisca con intercalación de mantos de carbón, que infrayace a la formación Chimú (Maurtua, 2012).

b) Formación Chimú (Ki – Chim)

Litológicamente constituida por rocas metamórficas como la orto cuarcita blanca a gris clara de bancos gruesos con estratificación cruzado, muy fracturada y diaclasa. Una característica peculiar es que debido a su naturaleza masiva siempre constituye las partes escarpadas de los cerros.

El tectonismo afectó a esta formación plegándola y fallándola, la cual por su naturaleza competente es la roca que mayor resistencia ofrece a la deformación, siendo la formación Oyón y la formación Santa como los lechos plásticos que han permitido la deformación considerable de la formación Chimú (Maurtua, 2012).

c) Depósitos recientes

Considera los depósitos cuaternarios, aluviales y coluviales,

emplazados en pleno valle del río Pampahuay.

Figura 4. Geología local de la U.M. Pampahuay



Fuente: Departamento de Planeamiento UM Pampahuay

Geología del yacimiento

La reserva del yacimiento no metálico lo constituyen las rocas aflorantes que son depósitos sedimentarios que van del jurásico superior al cretáceo inferior, cuarcitas, pizarras, areniscas, lutitas de la formación Oyón y la formación Chimú, así como calizas, margas y areniscas de la formación Santa del cretáceo inferior (Maurtua, 2012).

De acuerdo con sus características geológicas y de reserva, estos materiales presentan cualidades para la explotación de carbón necesario para la industria cementera.

Los materiales a extraer de la Concesión minera serán carbón de piedra de varios tamaños y será zarandeado y /o blendeado, obteniéndose como producto final de la mina carbón fino uso granulométrico según norma ASTM C33, los cuales se obtendrán de la operación final realizada en la cancha de preparación del material a despachar (Maurtua, 2012).

Método de explotación Soutirage (Inclinados y subniveles).

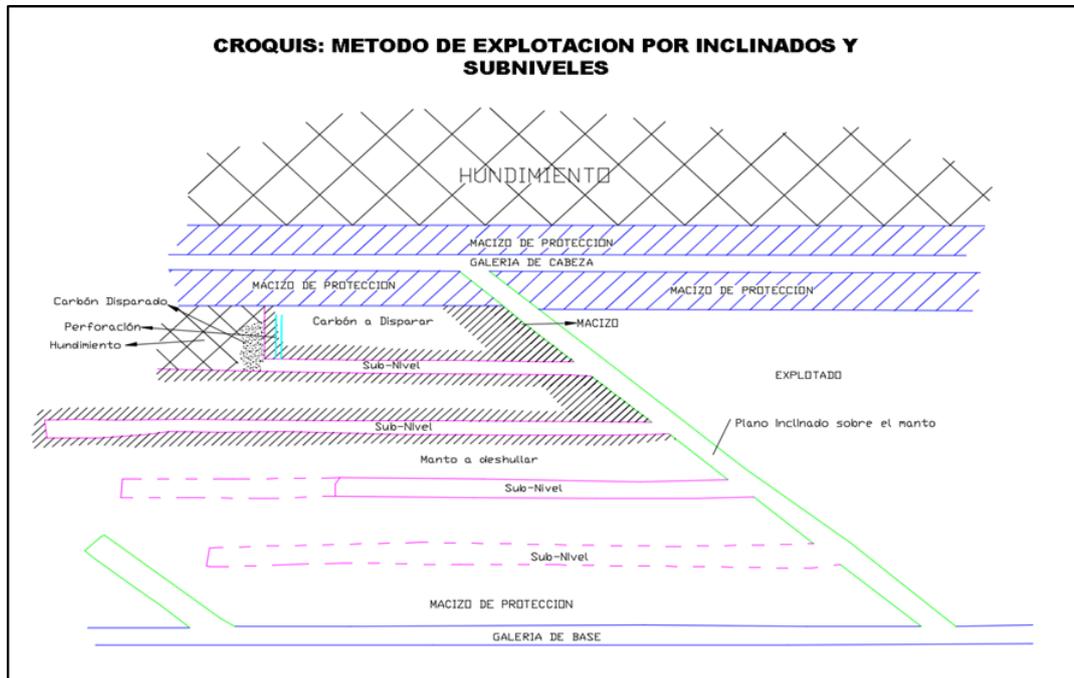
Es un método para mantos con buzamientos superiores a los 40°; En este método es fundamental dejar pilares protectores en el plano inclinado. La preparación está configurada por las galerías (superior e inferior). Labores inclinadas de 2 compartimientos con un mínimo de 35° con una separación según diseño, inclinados o subniveles intermedios (secundarios) e inclinados transversales (terciarios) a la anterior, que está en función de la potencia.

Los inclinados secundarios se construyen desde el inclinado principal cada 4 m. de altura a medida que avanza la explotación sobre el inclinado inmediato superior. El secundario y el terciario también deberán guardar el mismo criterio de inclinación, excepto cuando se trabaje con subniveles. La rotura se efectúa en retirada empezando en el inclinado superior intermedia, empleando perforadoras neumáticas para barrenos helicoidales acoplables y usando explosivos de seguridad especiales para la explotación de minas de carbón. El diseño de la malla de perforación, longitud de taladro y carga de explosivos, deberá calcularse considerando todos los parámetros técnicos y de seguridad del método. Este método es considerado de gran productividad.

El sostenimiento de operación empleado en los inclinados, generalmente es a base de cuadros de madera convencionales de 6'x7', separados no mayor de un metro. Toda voladura en interior mina sin excepción, se deberá realizar con espoletas eléctricas con detonadores adecuados, empleando retardadores para una salida (explosión) secuencial segura. En una mina de carbón, es de importancia capital la ventilación de las labores, el aire debe circular con un caudal y velocidad adecuada y normalmente hacia arriba (ascendente) para evitar acumulación del polvo de carbón, cenizas y gases que emanan y/o producidos por los disparos.

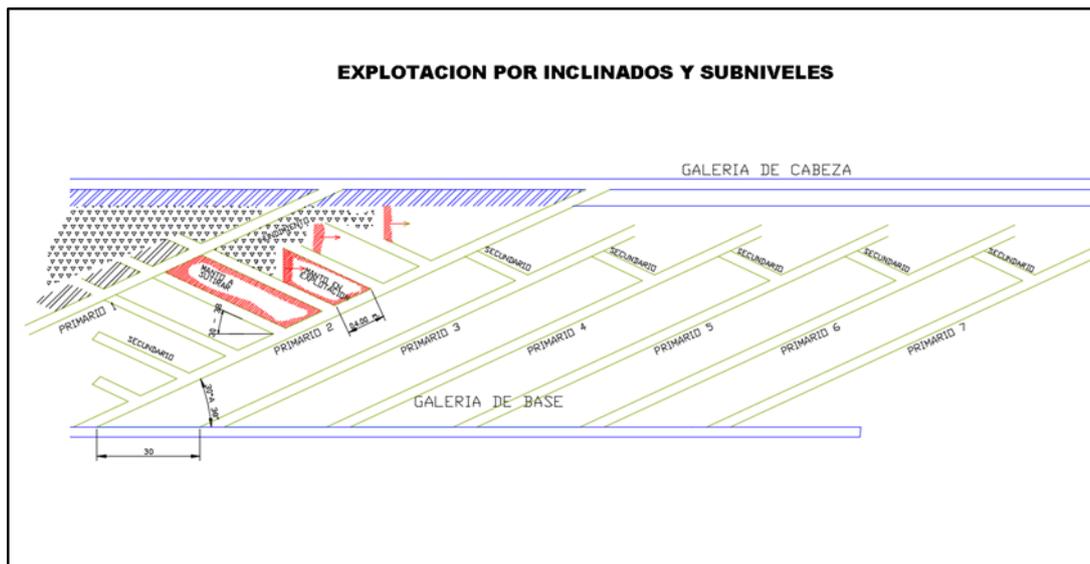
El transporte del carbón a superficie, se realiza utilizando carros mineros de 1 m³ de capacidad tirados por locomotoras a batería.

Figura 5. Esquema del método de explotación Soutirage (Inclinados y Subniveles) de la Unidad Minera Pampahuay



Fuente: Departamento de Planeamiento

Figura 6. Esquema del método de explotación Soutirage (Inclinados y Subniveles) de la Unidad Minera Pampahuay



Fuente: Departamento de Planeamiento

Ciclo de Minado en el método de minado Soutirage.

La optimización de los recursos humanos y el mejor aprovechamiento del uso de los equipos se obtienen si no hay interrupciones significativas en cada una de las etapas del minado desde la Perforación, Voladura, Limpieza-Extracción.

Para lograr este objetivo es importante implementar los controles operativos de la explotación de hundimiento por bloques, obteniendo las oportunidades de mejora. Los principales controles son: desviación, dilución, fragmentación, recuperación, factor de potencia y voladura secundaria.

Asimismo, en la secuencia de minado se detallan paso a paso las actividades a realizar en la etapa de explotación, con la finalidad de definir los procedimientos de trabajo para cada una de las actividades, donde se establece el desarrollo de los trabajos con la identificación de sus respectivos peligros y riesgos, la cantidad de recursos materiales, equipos y herramientas necesarias, personal calificado que ejecutara los trabajos, asociado a un determinado tiempo para realizar cada actividad.

Como parte de la Gestión de producción se ha estructurado un Sistema de Control Operativo, para garantizar las tendencias planificadas, el que tendría el siguiente esquema:

a) Picado de campo.

El avance en inclinados se realiza mediante el picado del carbón con ayuda de los martillos picadores, es importante, ya que el no contar con este equipo perjudica nuestro ciclo de minado.

b) Perforación

En labores de recuperación en (Primarios e Inclinados) la perforación es la base del ciclo de minado ya que con una mala perforación el resto del ciclo de minado será también defectuoso.

La actividad de perforación de avance y de tajeo se realizará con Jack leg neumáticos con barra de 6' y brocas de 36 mm de Ø.

c) Voladura

Para un buen control de la voladura, se necesita cuantificar y controlar algunas variables, permitiendo esto obtener una buena fragmentación.

Variables No Controlables:

- ✓ Características geomecánicas del macizo rocoso.
- ✓ Geología local, regional y estructural.
- ✓ Hidrología y condiciones climatológicas.

Variables Controlables:

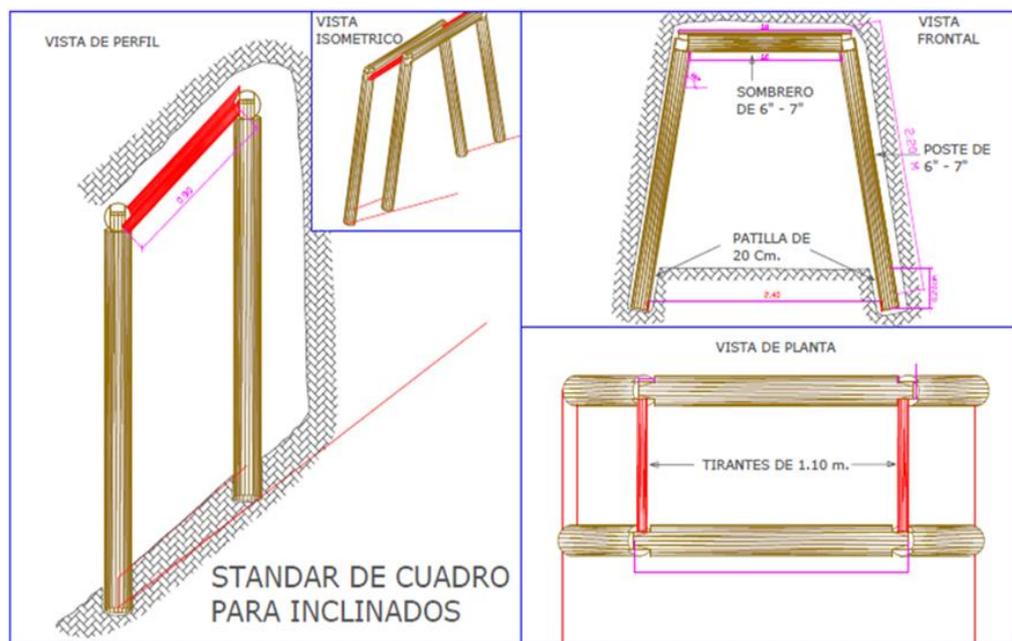
- ✓ Geométricas (burden, espaciamiento, diámetro, longitud).
- ✓ Físico-Químicas (densidad, VOD, volumen de la mezcla).
- ✓ Operativos (experiencia, fragmentación requerida).

Para la voladura de tajeos y avances se está usando DINAMITA y como accesorios de voladura fulminante de periodo largo en los avances, guías de seguridad. El carguío se realiza de forma manual.

d) Sostenimiento

Una vez verificado la ventilación se procede al sostenimiento como parte del ciclo de minado, se ha convertido en una herramienta muy importante para el control de accidentes por desprendimiento de rocas y se hace indispensable en todas sus variantes, se utilizan elementos de refuerzo tales como Cuadros de madera.

Figura 7. Diseño de cuadros de madera



Fuente: Departamento de Planeamiento

La instalación de los cuadros de madera, se realiza mediante el armado según la configuración de y potencia de los mantos de carbón debiendo preservar estas la integridad de las cajas techo como piso, es un sostenimiento que trabaja sin tensionar y únicamente funcionan por la presión de las paredes laterales y techo de la labor a lo largo de la longitud completa del elemento de refuerzo. La dimensión de las maderas a usar debe ser:

- ✓ Diámetro de Postes y sombreros:
Para inclinados, primarios y subniveles debe ser de 6" a 8" de Ø.
- ✓ La distancia entre cuadro y cuadro debe de mantener un espacio de un metro, manteniendo la perpendicularidad con el piso y tener una abertura cónica respecto del piso y techo.
- ✓ La profundidad de las patillas de cada cuadro debe de ser mínimo de 0.30 m de profundidad.
- ✓ El armado de cuadros al piso debe de tener una abertura de 3.00 m y en el techo 1.60 m.

El tipo de sostenimiento es similar en toda etapa de minado debido a la calidad de la roca y tipo de depósito.

e) Limpieza, Acarreo y transporte de Carbón

Esta actividad se realiza mediante el aprovechamiento de la gravedad donde son trasladados hacia una tolva en las galerías principales de donde son colectadas por Locomotoras (a batería) sobre rieles con carros de 1 m³ de capacidad, desde las labores de explotación hasta el echadero de superficie. El desmonte de los frentes de avance también es transportado a superficie. Así mismo, un volquete de 25 Ton, desde los echaderos hasta las canchas de zarandeo para el respectivo blending.

f) Sistema de ventilación

En la actualidad el sistema de ventilación de la Unidad Minera Pampahuay cuenta con ventilación natural (Chimenea) y ventilación forzada (aire comprimido), la mayor cantidad de ingreso de aire principal es por vía natural, llegando a alcanzar en algunos ramales principales, con ingresos de caudales máximos de 368 m³/min en el socavón Chilinka baja y de 184 m³/min en el socavón Chichahua.

La Unidad Minera Pampahuay cuenta con un total de 4 compresoras en operación.

De acuerdo a la evaluación y balance general de aire del circuito de ventilación, la ventilación que se tiene en los socavones Chilinka es buena llegando una cobertura de 110.05 % y socavón Chichahua también es buena llegando una cobertura de 109.18 %. Esto es debido que el mayor ingreso de aire limpio que tenemos es por la bocamina.

A la vez no se identificó puntos críticos donde la velocidad de aire es menor a 25 m/min, tampoco se han identificado que hay pérdida de caudal de aire limpio por accesos de labores antiguas que no están en operación.

Durante el año 2020 se trabajó con una cobertura del 110.05 % y 109.18%, como se puede observar en el siguiente balance:

Tabla 3. Análisis de cobertura de aire de la unidad minera Pampahuay

REQUERIMIENTO DE AIRE TOTAL - CHILINCA	
SOCAVON	: CHILINCA
N° Trabajadores (N)	: 40 Trabajadores
COTA	: 3842 m.s.n.m
CAUDAL MÍNIMO POR PERSONA DE ACUERDO AL REGLAMENTO :	
PARA MINERIA METALICA	PARA MINERIA DE CARBÓN.
3000-4000 M.S.N.M: 5m ³ /min	8m ³ /min
QTo= QT1 + Qfu	
QTo=	368 m³/min
Donde :	
QTo:	Caudal total para la operación (m ³ /min)
QT1:	La sumatoria del caudal requerido por el número de trabajadores (QTr) y equipos con motor petrolero.
QFu:	Caudal requerido por fugas.
POR EL NÚMERO DE TRABAJADORES	
QTr= F*N	
QTr=	320m³/min
Donde :	
QTr :	Caudal total para "N" trabajadores (m ³ /min)
F :	Caudal mínimo por persona de acuerdo a la escala establecida por el reglamento; para nuestro caso es igual a 8.
N :	Número de trabajadores.
EQUIPO CON MOTOR PETROLERO (Qeq)	
Qeq= 3*HP*Dm*Fu	
Qeq=	0
Donde :	
Qeq:	Caudal total por equipos(m ³ /min)
HP :	Capacidad efectiva de potencia (HPs)
Dm :	Disponibilidad mecánica %.
Fu :	Factor de utilización (%)
REQUERIDO POR FUGAS (Qfu)	
Qfu= 15%*QT1	
Qfu :	48m³/min
Donde :	
QT1 = QTr + Qeq	
COBERTURA DE AIRE (%)	
ENTRADA DE AIRE	= 405m³/min
REQUERIMIENTO DE AIRE	= 368m³/min
COBERTURA DE AIRE (%)	= 110.05%

Fuente: Propia

Programa de producción.

De acuerdo a la estimación de las reservas se ha proyectado el siguiente programa de Producción alineados a los objetivos estratégicos de la Unidad.

El programa de producción programada durante el periodo 2021 es de 74,306 toneladas, con un promedio mensual de 6,192 toneladas y de 200 toneladas diarias de carbón.

El plan de producción para el periodo 2021, está asociado a las reservas probadas y probables definidas en el mismo periodo los cuales son de 57,723 toneladas de reservas probadas y de 130,713 toneladas probables, con un total de 188,436 toneladas.

Layout de acarreo.

El layout de acarreo considerado en la Unidad Minera Pampahuay, sector Chilinka baja, está definido por 3 tramos los cuales son: tramo boca mina a galería Lucía Sur, con una longitud de 250 metros y un radio de curvatura de 8 metros, el segundo tramo de galería Lucía Sur a galería Esperanza, con una longitud de 250 metros y un radio de curvatura de 8 metros y el último tramo considerado en la galería Esperanza a final de labor con 565 metros, considerando en todo el layout de acarreo una gradiente de 1:1000 (0.1 %).

Tabla 5. Layout de acarreo Chilinka Baja - Unidad minera Pampahuay

LAYOUT CHILINCA BAJA			
TRAMO	DISTANCIA (m)	RADIO CURVATURA (m)	GRADIENTE (%)
Boca mina - Galería Sur	250	8	0.1
Galería Sur - Galería Esperanza	250	8	0.1
Galería Esperanza - Final Labor	565	8	0.1
TOTAL/PROMEDIO	1065	8	0.1

Fuente: Propia

Figura 8. Diseño de layout de acarreo – Unidad Minera Pampahuay



Fuente: Elaboración propia

Sistema de acarreo

El acarreo de carbón se realiza mediante locomotoras a batería sobre rieles, con carros mineros de 1 m³ (1 TM) de capacidad desde las labores de explotación hasta el echadero en superficie.

El tonelaje de extracción programado para el periodo 2021 fue de 218 TM/día o de 241 TC/día, con un tiempo de ciclo por viaje (ida y vuelta) será de 38 minutos, considerando una velocidad máxima de 6 millas/hora y un tiempo efectivo por guardia de 9 hr/gdía.

Tabla 6. Parámetros operacionales de acarreo

PARÁMETROS OPERACIONALES - ACARREO		
PERIODO 2021 - Programado		
DATOS		
Tonelaje de extracción	241	TC/día
Tiempo efectivo de trabajo gdía	9	hr/gdía
Tiempo de ciclo x viaje (ida y vuelta)	38	min
Capacidad del carro minero	1	TC
Peso del carro minero	3,400	lbs
1 TC = 2000 lbs	1.70	TC
Distancia recorrida	3,494	pies
Velocidad máxima	6	millas/hora
Gradiente de la galería	0.1	%
Número de guardias	2	

Fuente: Propia

Los parámetros operacionales de acarreo, considera el análisis de los diferentes parámetros relacionados como: cálculo de número de viajes, cálculo de tonelaje por viaje, cálculo de número de carros mineros, cálculo de peso del convoy, cálculo del peso de la locomotora, cálculo del esfuerzo necesario y cálculo de la potencia del motor.

El análisis de las variables operacionales programado y ejecutado, se realizó durante el periodo 2021 siendo estos:

a) Cálculo del número de viajes programado

$$\text{N}^\circ \text{ VIAJES} = \frac{\text{Tiempo efectivo trabajo x guardia}}{\text{Tiempo de ciclo por viaje}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ VIAJES} = 9 \times 60 \text{ min} / 38 \text{ min}$$

Nº VIAJES =	14	viajes
-------------	----	--------

b) Cálculo del Tonelaje por viaje programado

$$\text{TON POR VIAJE} = \frac{(\text{Ton extracción} / \text{Núm. Gdías})}{\text{Número de viajes}}$$

$$\text{TON POR VIAJE} = \frac{(241 / 2)}{14}$$

TON POR VIAJE =	8.60	TC/viaje
-----------------	------	----------

c) Cálculo del número de carros mineros programado

$$\text{NÚMERO CARROS} = \frac{\text{Ton por viaje}}{\text{Capacidad carro minero}}$$

$$\text{NÚMERO CARROS} = \frac{8.6}{1.1023}$$

NÚMERO CARROS =	8	Carros
-----------------	---	--------

d) Cálculo del peso del convoy programado

$$\text{PESO CONVOY} = \text{Número carros mineros} \times (\text{peso carro} + \text{capacidad carro})$$

$$\text{PESO CONVOY} = 8 \times (1.7+1)$$

PESO CONVOY =	21.85	TC
---------------	-------	----

e) Cálculo del peso de la locomotora

$$\text{PESO LOCOMOT} = \frac{\text{Peso convoy} \times (\text{Resist. Rodad} + \text{Resist. Gradiente}) \text{ convoy}}{500 - (\text{Resist. Rodad} + \text{Resist. Gradiente}) \text{ locomotora}}$$

a) Resistencia a la gradiente (Rg)

Rg : 20 lbs/TC por cada 1 % de gradiente

* Para nuestro caso es 0.5 % de gradiente

b) Resistencia a la rodadura (Rr)

Rr : varía de 15 a 20 lbs/TC

* Para nuestro caso será de 20 lbs/TC

$$\text{PESO LOCOMOT} = \frac{21.85 \times (20 + 10)}{500 - (20 + 10)}$$

PESO LOCOMOTORA =	1.4	TC
-------------------	-----	----

f) Cálculo del esfuerzo necesario

$$\text{ESFUERZO NECESARIO} = (\text{Peso locomotora} \times (\text{Resist. Rodad} + \text{Resist. Gradiente}) \text{ locom}) + (\text{Peso convoy} \times (\text{Resist. Rodad} + \text{Resist. Gradiente}) \text{ convoy})$$

$$\text{ESFUERZO NECESARIO} = (1.4 \times (20 + 10)) + (21.85 \times (20 + 10))$$

ESFUERZO NECESARIO =	697.45	TC
----------------------	--------	----

g) Cálculo de la potencia del motor

$$\text{POTENCIA DEL MOTOR} = \frac{\text{Esfuerzo necesario (lbs)} \times \text{Veloc. Máxima (millas/hr)}}{375 \times \text{Eficiencia del motor}}$$

$$\text{POTENCIA DEL MOTOR} = \frac{(697.45 \times 6)}{375 \times 0.80}$$

POTENCIA DEL MOTOR =	14	HP
----------------------	----	----

De acuerdo a los parámetros programados de producción se considerará una locomotora con 1.4 TC y una potencia de 14 HP.

Consideraciones Económicas de acarreo

Para el cálculo del costo unitario de acarreo se considera, 25 días de operación por mes, con 18 horas por día, 12 meses al año, así mismo considera 37.5 minutos o 0.625 horas por ciclo de acarreo. Los parámetros económicos a considerar son los siguientes:

Capacidad de c/carro:	1	TM
Valor de compra	38,750	US\$
Valor de rescate (15%)	5,813	US\$
Vida útil	15,000	hrs

El cálculo del valor de depreciación considera el valor de compra y la vida útil:

$$\text{Valor de depreciación} = \frac{\text{Valor de compra}}{\text{Vida útil (hrs)}}$$

Así mismo, es necesario considerar el costo unitario del carro minero U35, donde se considera la vida útil de 2.5 años o 30 meses y un tipo de cambio de 3.88 S./.\$

Para el cálculo del costo unitario de acarreo se considerará el costo unitario de locomotora más el costo unitario del carro minero U35.

Siendo el costo unitario de acarreo para el periodo 2021 de 0.39 US\$/ton:

COSTO UNITARIO DE ACARREO:	
Locomotora (US \$/Ton)	0.29
Carro U35 (US \$/ton)	<u>0.10</u>
TOTAL COSTO UNITARIO ACARREO (US \$/Ton)	0.39

Tabla 7. Precio unitario de locomotora a batería

PRECIO UNITARIO - LOCOMOTORA A BATERIA		
Estado del equipo	: REPOTENCIADA	
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cant.
Capacidad	TM	10.00
Capacidad de arrastre	carros	7.00
	Ton	7.00
1.1 COSTO DE DEPRECIACIÓN		
Valor de compra	US \$	32,937.50
Vida útil	años	2.78
Vida útil	hrs	15,000.00
Valor de depreciación	US \$/hr	2.20
1.2 COSTO DE MANTENIMIENTO		
Costo de mantenimiento (30%)	US \$/hr	0.66
COSTO HORARIO	US \$/hr	2.85
UTILIDAD (10 %)	US \$/hr	0.29
TOTAL COSTO HORARIO		
	US \$/hr	3.14
COSTO POR GUARDIA	US \$/guardia	28.26
Tiempo por ciclo	hrs	0.63
Tiempo neto disponible	hrs/guardia	9.00
Nº de viajes por guardia	viajes/guardia	14.00
Capacidad de extracción	Ton/guardia	98.00
COSTO POR Ton DE MINERAL O DESMONTE		
	US \$ / Ton	0.29
	S/. x Ton	1.12

Fuente: Propia

Tabla 8. Precio unitario de carro minero U35

PRECIO UNITARIO: CARRO MINERO U-35		
Estado del equipo	: NUEVA	
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cant.
Capacidad	TM	1.00
1.1 COSTO DE DEPRECIACIÓN		
Valor de compra	US \$	1,850.00
Vida útil	años	2.50
Vida útil	hrs	16,425.00
Valor de depreciación	US \$/hr	0.11
1.2 COSTO DE MANTENIMIENTO		
Costo de mantenimiento (30%)	US \$/hr	0.03
COSTO HORARIO	US \$/hr	0.15
UTILIDAD (10 %)	US \$/hr	0.01
TOTAL COSTO HORARIO	US \$/hr	0.16
COSTO POR GUARDIA	<u>US \$/guardia</u>	1.45
Tiempo por ciclo	hrs	0.63
Tiempo neto disponible	hrs/guardia	9.00
Nº de viajes por guardia	viajes/guardia	14.00
Capacidad de extracción	TM/guardia	14.00
COSTO POR TON DE MINERAL O DESMONTE	US \$ / ton	0.10
	S/. x Ton	0.40

Fuente: Propia

2.3. Definición de términos básicos.

Optimizar: Procesos de mejora continua donde se busca mejores resultados.

Labores subterráneas: Son excavaciones horizontales, verticales o inclinados que comunican la superficie con el cuerpo mineralizado.

Costos de voladura: O Gastos que incurren para realizar una voladura.

Costo Operativo: Es también conocidos como costes de operación o costes operacionales, son el tipo de costes en los que incurre una empresa en el desarrollo de la propia actividad del negocio. Algunos de los ejemplos de costes operativos son los salarios, alquiler de locales, compra de suministros, etc.

Carbón: El carbón se origina por la descomposición de vegetales terrestres que se acumulan en zonas pantanosas, lagunares o marinas, de poca profundidad.

Método de explotación subterránea: Se define a aquellos que consideran la extracción del mineral dejando una o varias cavidades vacías. Para ello, el tajeo explotado debe mantenerse estable en forma natural o requerir escasos elementos de refuerzo.

Valor por tonelada: Es el valor económico que representa una tonelada de mineral de cabeza, considerando el valor de las ventas de concentrados y los costos de maquila, refinación y demás

Sistema de gestión: Es una herramienta utilizada para controlar, organizar, planificar y automatizar las tareas de una organización, nos permite analizar los riesgos de una organización con el fin de reducir los riesgos al realizar una labor.

2.4. Formulación de hipótesis.

2.4.1. Hipótesis general.

El análisis del sistema de acarreo en mantos de carbón incide positivamente en la optimización de la producción del método soutirage en la Unidad Minera Pampahuay – Oyón 2021.

2.4.2. Hipótesis específica.

- a. Al definir las variables operacionales en el sistema de acarreo de locomotoras influye en el cumplimiento de la producción en la Unidad Minera Pampahuay – Oyón 2021.

- b.** Al definir la recuperación de mineral transportado influye en la evaluación económica del plan de producción en la Unidad Minera Pampahuay – Oyón 2021.

2.5. Identificación de las variables.

2.5.1. Variable Independiente.

Análisis del sistema de acarreo en mantos de carbón por el método de minado Soutirage – Unidad Minera Pampahuay.

2.5.2. Variable Dependiente.

Optimización de la Producción – Unidad Minera Pampahuay.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES				
VI: VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Análisis del sistema de acarreo en mantos de carbón por el método de minado Soutirage – Unidad Minera Pampahuay.	El análisis del sistema de acarreo en la explotación de mantos de carbón por el método de minado Soutirage optimizará la producción en la Unidad Minera Pampahuay.	Método de minado Soutirage	Perforación	m			
				Voladura	Kg/ton			
				Sostenimiento				
				Limpieza, acarreo, transporte	Ton/hr			
							Ventilación	m3/min
						Sistema de acarreo	Tonelaje transportado	Ton
							Número viajes	unidad
			Tiempo acarreo	min				
VD: VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Optimización de la producción – Unidad Minera Pampahuay.	El no cumplimiento de los planes de producción afectará el rendimiento operacional, por lo que al analizar las variables que involucra el sistema de acarreo optimizará la producción en la Unidad Minera Pampahuay.	Parámetros	Radio Curvatura	pies			
				Recuperación de mineral	%			
				Ingresos	\$/ton			
				Costos	\$/ton			

Fuente: Propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación.

El presente trabajo de investigación es aplicado, que según Vargas (2009) es “la utilización de los conocimientos en la práctica, para aplicarlos en provecho de los grupos que participan en esos procesos y en la sociedad general, además del baje de nuevos conocimientos que enriquecen la disciplina” (p. 159).

3.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación que le corresponde es el nivel descriptivo porque no habrá ninguna aplicación, experimento, solo habrá un planteamiento para su explotación del prospecto.

3.3. Métodos de Investigación.

El método a aplicar en el presente trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo, el cual permitirá describir, explicar y comprobar los resultados de manera deductiva.

3.4. Diseño de Investigación.

Es del tipo descriptivo y nivel correlativo, que según Hernández et al. (2014) “describe relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado, otras en función de la relación causa - efecto” (p. 161).

En el caso de esta investigación las variables guardan una relación, análisis del sistema de acarreo en mantos de carbón por el método de minado Soutirage - Optimización de la producción.

3.5. Población y Muestra.

3.5.1. Población.

La población se compone de las labores de producción de la Unidad Minera Pampahuay.

3.5.2. Muestra.

La muestra está determinada por el nivel principal de extracción galerías Lucía Sur y galería Esperanza del sector Chilinka Baja de la Unidad Minera Pampahuay.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

3.6.1 Técnica.

Como técnicas se tiene:

- Observación de campo.
- Recopilación de la información antes del análisis.
- Observación directa de la documentación de hechos, con resultados y conclusiones basadas en el sistema de acarreo de la unidad minera.
- Reportes diarios de producción.

- Revisión bibliográfica.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.

- Planos y hojas de registros.
- Uso de plantilla de Excel.
- Uso de laptop.

3.7. Selección, Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación.

3.7.1 Selección del instrumento de investigación.

El instrumento de investigación utilizado son las fichas (reportes) diarios de producción, considerando el tiempo de acarreo, tonelaje transportado, número de viajes asociado, etc., durante el periodo enero a diciembre del 2021, los cuales son validados por la empresa Obras Civiles y Mineras SAC (OCIMIN SAC).

El reporte diario cuenta con las siguientes categorías de observación y son descritas a continuación:

- Operador de locomotora
- Tonelaje transportado
- Número de viajes de acarreo
- Tiempo de ciclo de acarreo
- Material transportado

Figura 9. Reporte diario de producción – Unidad Minera Pampahuay

		FICHA DE INVESTIGACION (TESIS)		U.M. PAMPAHUAY	
TURNO:	DIA		SOCAVON:	CHICUNCA	
AREA:	MINA		FECHA:	20/01/2021	
LABOR:	Galería Especareza Sur - Cx3		ACTIVIDAD:	EXTRACCION DE CARBON	
DATOS DEL TRABAJADOR					
HORA	NOMBRES			CARGO	FIRMA
8:00 ^{am}	Flores Conde, Oscar			Maestro	
8:00 ^{am}	Marcos Fabian, Daniel			Ayudante	
PARAMETROS OPERACIONALES					
TONELAJE TRANSPORTADO:	3,2 tn / viaje				
PESO ESPECIFICO DEL CARBON:	1,5 gr/cm ³				
NUMERO DE VIAJES:	8 viajes				
TIEMPO DE CICLO:	60 minutos				
TIEMPO DE CARGUIO:	10 minutos				
DISTANCIA DE RECORRIDO:	1230 metros				
FACTOR DE ESPONJAMIENTO:	20%				
TIEMPO MUERTO:	40 minutos				
TIEMPO DE DESCARGUE:	7 minutos				
PENDIENTE DE LA VIA:	2%				
CAPACIDAD DE TRANSPORTE:	1tn				
 Jefe de Guardia JNE. ALEX VILCAPOMA YANCE			 SUPERINTENDENTE MINA Ing. Helard Quispe Paucar		

Fuente: Elaboración propia

3.7.2. Validación y confiabilidad del instrumento de investigación.

Las fichas (reportes) diarios de producción fue validada por la empresa Obras Civiles y Mineras SAC (OCIMIN SAC), dentro de esta ficha se describen las diferentes variables operacionales de acarreo, el cual nos permite visualizar el comportamiento de las diferentes variables y su influencia en el tonelaje transportado programado.

3.8. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.

Para el procesamiento y análisis de información se procedió con el ordenamiento y estructuración de datos, mediante la organización de toda la información recopilada, iniciando el análisis del material apoyado en el programa Excel.

3.9. Tratamiento Estadístico.

Para el tratamiento estadístico se ha aplicado las técnicas propias de la estadística descriptiva, mediante la generación tablas y gráficos. Con la finalidad de estructurar y comparar la información asociada al sistema de acarreo con la finalidad de optimizar la producción.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La ética es un elemento central a la integridad científica. Lo que se pide al investigador es una actitud mental con una consideración completa de las implicaciones de su investigación y la intención franca de evitar perjudicar a los elementos objeto de investigación, así como el resto de la sociedad.

- Curiosidad
- Trabajo en equipo
- Disciplina y compromiso
- Orden
- Honestidad

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del Trabajo de Campo.

El presente estudio se realizó durante el periodo 2021, considerando los 365 días y 12 meses al año. Durante el registro diario se consideró 2 guardias por día y 9 horas operativas por guardia.

Para el trabajo de campo, se consideró el control operacional mediante relleno de fichas (reportes) diarios de producción, siendo el instrumento de investigación utilizado.

En esta ficha se describen las diferentes variables operacionales de acarreo como: el tonelaje de carbón transportado, número de viajes, el tiempo de ciclo de acarreo y el número de carros mineros.

La información de variables operacionales de acarreo, consideraron los diferentes tramos de layout de acarreo, los que involucran la producción de la veta Lucía Sur y veta Esperanza, considerados en el sector de Chilinca baja con una distancia total de 1065 metros.

4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados.

Los resultados obtenidos del ciclo de acarreo en el sector Chilinca baja y asociados a las diferentes variables operacionales fueron analizados e interpretados, con el objetivo de optimizar la producción.

El primer ítem a ser analizado es el tonelaje de carbón transportado, se correlacionó entre lo programado y lo ejecutado, promediando para cada mes, durante el periodo 2021. Esta relación de tonelaje transportado programado y ejecutado permitirá determinar los Kpi asociados, al periodo de estudio.

El segundo ítem, analiza las diferentes variables operacionales del sistema de acarreo, considerando los cálculos asociados al acarreo con locomotoras analizando el número de viajes, el tonelaje por viaje, el número de carros mineros U35 usados, el peso del convoy, el peso de la locomotora y el esfuerzo necesario para calcular la potencia requerida, en los escenarios programado y ejecutado.

En el tercer ítem, se realiza el análisis económico del proceso de acarreo con locomotoras, determinando el costo unitario de acarreo entre los escenarios programado y ejecutado.

Finalmente, se presentan los resultados de investigación, considerando el análisis del sistema de acarreo en mantos de carbón para la optimización de la producción en la Unidad Minera Pampahuay, periodo 2021.

Análisis de la producción.

Durante el periodo enero a diciembre 2021 se programó un total de 74,306 toneladas, con una producción promedio mensual de 6,192 toneladas mensuales y de 204 toneladas diarias.

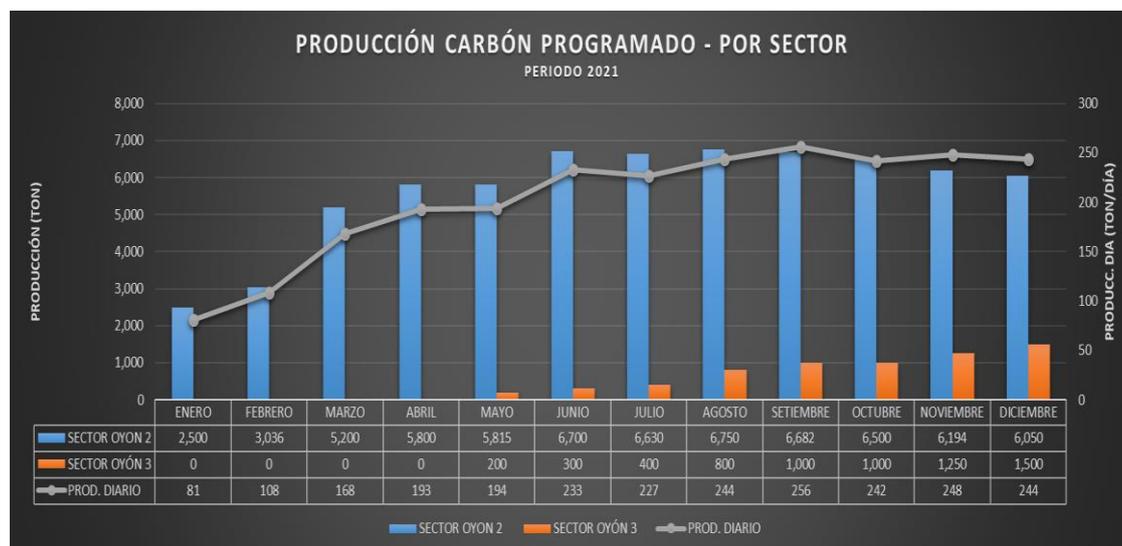
El tonelaje programado se consideró en la División Oyón 2 y División Oyón 3, de la veta Lucía Sur y veta Esperanza del sector Chilinka Baja.

Tabla 10. Producción de carbón programado, periodo 2021

DIVISIÓN	PRODUCCIÓN DE CARBÓN - PROGRAMADO												TOTAL
	AÑO 2021												
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
OYÓN 2	2,500	3,036	5,200	5,800	5,815	6,700	6,630	6,750	6,682	6,500	6,194	6,050	67,856
OYÓN 3	0	0	0	0	200	300	400	800	1,000	1,000	1,250	1,500	6,450
TOTAL	2,500	3,036	5,200	5,800	6,015	7,000	7,030	7,550	7,682	7,500	7,444	7,550	74,306
PROMEDIO DIARIO	81	108	168	193	194	233	227	244	256	242	248	244	218

Fuente: Propia

Figura 10. Producción de carbon programado, por sector.



Fuente: Elaboración propia

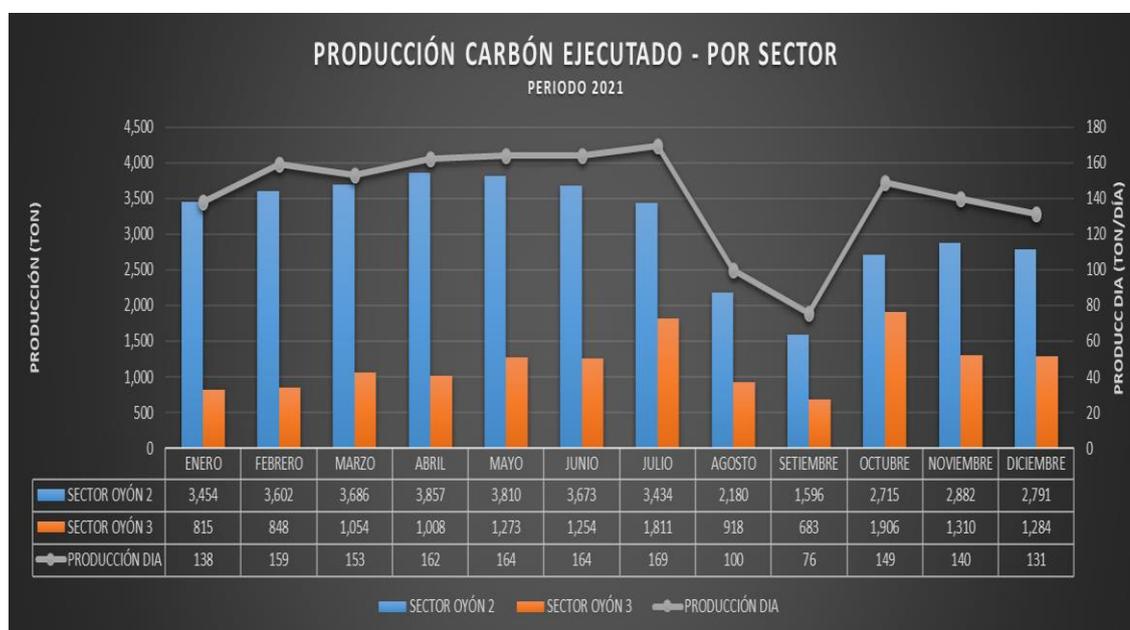
El tonelaje ejecutado durante el periodo enero a diciembre 2021 fue de 51,844 toneladas, con una producción promedio mensual de 4,320 toneladas mensuales y de 142 toneladas diarias.

Tabla 11. Producción de carbón ejecutado, periodo 2021

DIVISIÓN	PRODUCCIÓN DE CARBÓN - EJECUTADO												TOTAL
	AÑO 2021												
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DIEMBRE	
OYÓN 2	3,454	3,602	3,686	3,857	3,810	3,673	3,434	2,180	1,596	2,715	2,882	2,791	37,680
OYÓN 3	815	848	1,054	1,008	1,273	1,254	1,811	918	683	1,906	1,310	1,284	14,164
TOTAL	4,270	4,450	4,739	4,865	5,082	4,926	5,245	3,099	2,279	4,622	4,191	4,075	51,844
PROMEDIO DIARIO	138	159	153	162	164	164	169	100	76	149	140	131	147

Fuente: Propia

Figura 11. Producción de carbon ejecutada, por sector



Fuente: Elaboración propia

La relación de producción entre lo programado y el ejecutado, considera un déficit de 22,463 toneladas menos, considerando una recuperación del 70% del Budget.

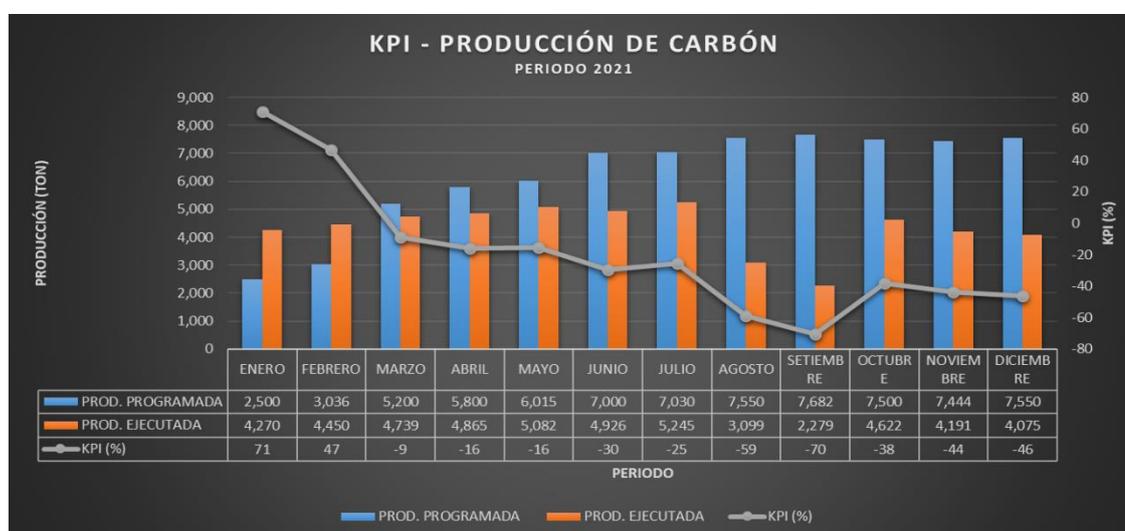
Este menor tonelaje producido, se relacionará con las variables operacionales de acarreo y así determinar los diferentes indicadores de productividad.

Tabla 12. KPi de producción de carbón, periodo 2021

DIVISIÓN	KPI - PRODUCCIÓN DE CARBÓN												TOTAL
	AÑO 2021												
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
PROGRAMADO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
PROGRAMADO	2,500	3,036	5,200	5,800	6,015	7,000	7,030	7,550	7,682	7,500	7,444	7,550	74,306
EJECUTADO	4,270	4,450	4,739	4,865	5,082	4,926	5,245	3,099	2,279	4,622	4,191	4,075	51,844
DIFERENCIA	1,770	1,415	-461	-935	-933	-2,074	-1,785	-4,451	-5,402	-2,878	-3,253	-3,475	-22,463
KPI (%)	71	47	-9	-16	-16	-30	-25	-59	-70	-38	-44	-46	-30

Fuente: Propia

Figura 12. Relación de producción programada y ejecutada, periodo 2021.



Fuente: Elaboración propia

El no cumplimiento del tonelaje programado, incrementará los costos unitarios de acarreo, por lo que el presente trabajo, permitirá realizar el análisis correspondiente y analizar la implicancia en las diferentes variables operacionales de acarreo.

Análisis del sistema de acarreo

Uno de los parámetros importantes en el ciclo de acarreo, está relacionado al cálculo de variables en locomotoras, siendo de gran importancia el cálculo del esfuerzo necesario y potencia de motor, para el cumplimiento del plan de producción programado.

Por tal motivo, se analizará las variables asociadas al sistema de acarreo con locomotoras y carros mineros U35 determinando: el número de viajes, tonelaje por viaje, número de carros mineros, peso del convoy, peso de la locomotora, esfuerzo necesario y potencia del motor requerida, considerando los escenarios programado y ejecutado.

Los parámetros operacionales considerando el uso de una locomotora a batería Mancha “Little Trammer” – tipo B y con una capacidad de arrastre de 10 toneladas, también se considera los siguientes parámetros operacionales:

Tabla 13. Parámetros operacionales de locomotoras, periodo 2021

PARÁMETROS OPERACIONALES - ACARREO
PERIODO 2021 - Programado
DATOS

Tonelaje de extracción	241	TC/día
Tiempo efectivo de trabajo gdia	9	hr/gdia
Tiempo de ciclo x viaje (ida y vuelta)	38	min
Capacidad del carro minero	1	TC
Peso del carro minero	3,400	lbs
1 TC = 2000 lbs	1.70	TC
Distancia recorrida	3,494	pies
Velocidad máxima	6	millas/hora
Gradiente de la galería	0.1	%
Número de guardias	2	

Fuente: Propia

a) Análisis del Sistema de Acarreo – Escenario Programado

- Cálculo del número de viajes programado

$$\text{N}^\circ \text{ VIAJES} = \frac{\text{Tiempo efectivo trabajo x guadia}}{\text{Tiempo de ciclo por viaje}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ VIAJES} = 9 \times 60 \text{ min} / 38 \text{ min}$$

N° VIAJES =	14	viajes
-------------	----	--------

- Cálculo del tonelaje por viaje programado

$$\text{TON POR VIAJE} = \frac{(\text{Ton extracción} / \text{Núm. Gdias})}{\text{Número de viajes}}$$

$$\text{TON POR VIAJE} = \frac{(241 / 2)}{14}$$

TON POR VIAJE =	8.60	TC/viaje
-----------------	------	----------

- Cálculo del número de carros mineros programado

$$\text{NÚMERO CARROS} = \frac{\text{Ton por viaje}}{\text{Capacidad carro minero}}$$

$$\text{NÚMERO CARROS} = \frac{8.6}{1.1023}$$

NÚMERO CARROS =	8	Carros
-----------------	---	--------

- Cálculo del peso del convoy programado

$$\text{PESO CONVOY} = \text{Número carros mineros} \times (\text{peso carro} + \text{capacidad carro})$$

$$\text{PESO CONVOY} = 8 \times (1.7+1)$$

PESO CONVOY =	21.85	TC
---------------	-------	----

- Cálculo del peso de la locomotora programado

$$\text{PESO LOCOMOT} = \frac{\text{Peso convoy} \times (\text{Resist. Rodad} + \text{Resist. Gradiente}) \text{ convoy}}{500 - (\text{Resist. Rodad} + \text{Resist. Gradiente}) \text{ locomotora}}$$

a) Resistencia a la gradiente (Rg)

Rg : 20 lbs/TC por cada 1 % de gradiente

* Para nuestro caso es 0.5 % de gradiente

b) Resistencia a la rodadura (Rr)

Rr : varía de 15 a 20 lbs/TC

* Para nuestro caso será de 20 lbs/TC

$$\text{PESO LOCOMOT} = \frac{21.85 \times (20 + 10)}{500 - (20 + 10)}$$

PESO LOCOMOTORA =	1.4	TC
-------------------	-----	----

- Cálculo del esfuerzo necesario programado

$$\text{ESFUERZO NECESARIO} = (\text{Peso locomotora} \times (\text{Resist. Rodad} + \text{Resist. Gradiente})_{\text{locom}}) + (\text{Peso convoy} \times (\text{Resist. Rodad} + \text{Resist. Gradiente})_{\text{convoy}})$$

$$\text{ESFUERZO NECESARIO} = (1.4 \times (20 + 10)) + (21.85 \times (20 + 10))$$

ESFUERZO NECESARIO =	697.45	TC
----------------------	--------	----

- Cálculo de la potencia del motor programado

$$\text{POTENCIA DEL MOTOR} = \frac{\text{Esfuerzo necesario (lbs)} \times \text{Veloc. Máxima (millas/hr)}}{375 \times \text{Eficiencia del motor}}$$

$$\text{POTENCIA DEL MOTOR} = \frac{(697.45 \times 6)}{375 \times 0.80}$$

POTENCIA DEL MOTOR =	14	HP
----------------------	----	----

b) Análisis del Sistema de Acarreo – Escenario Ejecutado

- Cálculo de número de viajes ejecutado

$$\text{N}^\circ \text{ VIAJES} = \frac{\text{Tiempo efectivo trabajo} \times \text{guadia}}{\text{Tiempo de ciclo por viaje}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ VIAJES} = 9 \times 60 \text{ min} / 38 \text{ min}$$

Nº VIAJES =	14	viajes
-------------	----	--------

- Cálculo del tonelaje por viaje ejecutado

$$\text{TON POR VIAJE} = \frac{\text{Ton extracción} / \text{Núm. Gdias}}{\text{Número de viajes}}$$

$$\text{TON POR VIAJE} = \frac{(162 / 2)}{14}$$

TON POR VIAJE =	5.80	TC/viaje
-----------------	------	----------

- Cálculo del número de carros mineros ejecutado

$$\text{NÚMERO CARROS} = \frac{\text{Ton por viaje}}{\text{Capacidad carro minero}}$$

$$\text{NÚMERO CARROS} = \frac{5.8}{1.1023}$$

NÚMERO CARROS = 6 Carros

- Cálculo del peso del convoy ejecutado

$$\text{PESO CONVOY} = \text{Número carros mineros} \times (\text{peso carro} + \text{capacidad carro})$$

$$\text{PESO CONVOY} = 6 \times (1.7+1)$$

PESO CONVOY = 16.81 TC

- Cálculo del peso de la locomotora ejecutado

$$\text{PESO LOCOMOT} = \frac{\text{Peso convoy} \times (\text{Resist. Rodad} + \text{Resist. Gradiente}) \text{ convoy}}{500 - (\text{Resist. Rodad} + \text{Resist. Gradiente}) \text{ locomotora}}$$

a) Resistencia a la gradiente (Rg)

Rg : 20 lbs/TC por cada 1 % de gradiente

* Para nuestro caso es 0.5 % de gradiente

b) Resistencia a la rodadura (Rr)

Rr : varía de 15 a 20 lbs/TC

* Para nuestro caso será de 20 lbs/TC

$$\text{PESO LOCOMOT} = \frac{16.81 \times (20 + 10)}{500 - (20 + 10)}$$

PESO LOCOMOT = 1.07 TC

- Cálculo del esfuerzo necesario ejecutado

$$\text{ESFUERZO NECESARIO} = (\text{Peso locomotora} \times (\text{Resist. Rodad} + \text{Resist. Gradiente}) \text{ locom}) + (\text{Peso convoy} \times (\text{Resist. Rodad} + \text{Resist. Gradiente}) \text{ convoy})$$

$$\text{ESFUERZO NECESARIO} = (1.07 \times (20+10)) + (14.73 \times (20+10))$$

ESFUERZO NECESARIO = 536.61 TC

- Cálculo de la potencia del motor ejecutado

$$\text{POTENCIA DEL MOTOR} = \frac{\text{Esfuerzo necesario (lbs)} \times \text{Veloc. Máxima (millas/hr)}}{375 \times \text{Eficiencia del motor}}$$

$$\text{POTENCIA DEL MOTOR} = \frac{(536.71 \times 6)}{375 \times 0.80}$$

POTENCIA DEL MOTOR =	11	HP
----------------------	----	----

- c) Análisis comparativo programado y ejecutado en sistema de acarreo

El análisis comparativo de acarreo entre el tonelaje programado y ejecutado, considera un déficit de 78 TC/día, este menor tonelaje acarreado, influye en el tonelaje acarreado por viaje siendo el programado de 8.60 TC/viaje y de 5.80 TC/viaje en el ejecutado, generando un déficit de 2.80 TC/viaje.

Así mismo, el número de carros mineros U35 por viaje programados fueron de 8 carros, y el número de carros utilizados en el escenario real fue de 6 carros, producto de un menor tonelaje de carbón acarreado.

El menor tonelaje acarreado, asociado a un menor número de carros mineros U35, condiciona a un menor peso del convoy de 21.85 TC a 16.81 TC y el peso de la locomotora de 1.39 TC a 1.07 TC entre lo programado y ejecutado.

Así mismo el menor tonelaje acarreado influyó directamente en el esfuerzo necesario de acarreo de carbón siendo el programado en 697.45 TC y el ejecutado de 536.61 TC, considerando potencias de motor de 14 HP y 11 HP.

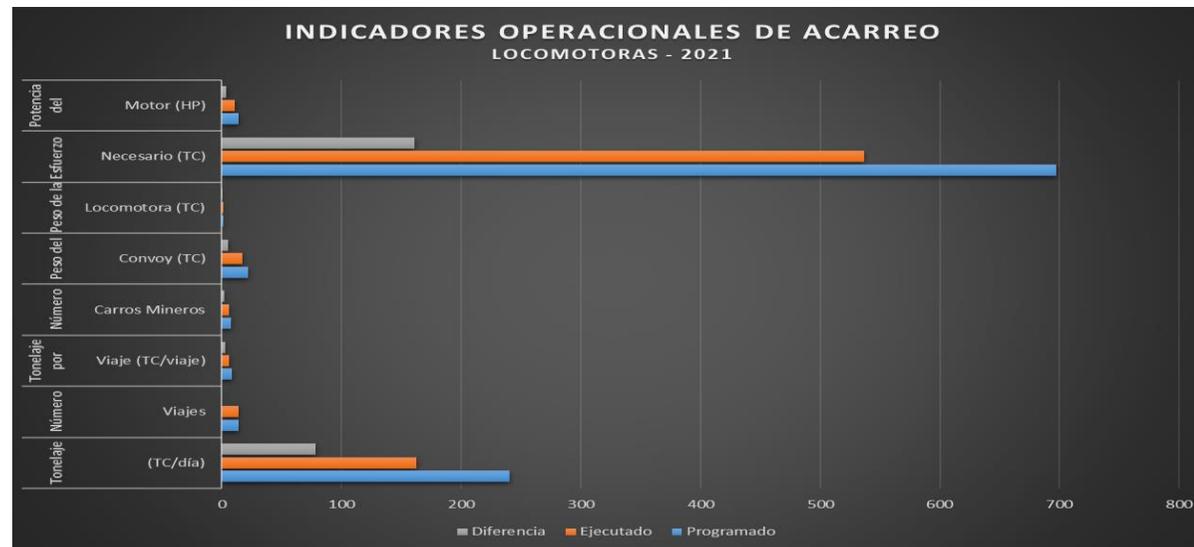
Estos menores indicadores operacionales de acarreo con locomotoras, influye directamente en un menor nivel de productividad de acarreo, incrementando el costo unitario de acarreo.

Tabla 14. Análisis Comparativo del sistema de acarreo, periodo 2021

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA DE ACARREO								
PROGRAMADO - EJECUTADO (2021)								
	Tonelaje (TC/día)	Número Viajes	Tonelaje por Viaje (TC/viaje)	Número Carros Mineros	Peso del Convoy (TC)	Peso de la Locomotora (TC)	Esfuerzo Necesario (TC)	Potencia del Motor (HP)
Programado	241	14	8.60	8	21.85	1.39	697.45	14
Ejecutado	162	14	5.80	6	16.81	1.07	536.61	11
Diferencia	78	0	2.80	2	5.04	0.32	160.83	3

Fuente: Propia

Figura 13. Indicadores operacionales de acarreo, periodo 2021.



Fuente: Elaboración propia

Análisis económico del sistema de acarreo

Las consideraciones económicas del sistema de acarreo, asociado al programa de producción y las variables operacionales de acarreo, nos permite tener una idea de la variabilidad del escenario programado y el ejecutado, y su implicancia directa en los costos operacionales. El costo unitario de acarreo considera los costos de locomotora y los costos de carro minero.

a) Costo unitario de acarreo – programado

- Costo unitario de locomotora programado

Tabla 15. Costo unitario de locomotora a batería, periodo 2021

PRECIO UNITARIO - LOCOMOTORA A BATERIA		
Estado del equipo	: REPOTENCIADA	
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cant.
Capacidad	TM	10.00
Capacidad de arrastre	carros	7.00
	Ton	7.00
1.1 COSTO DE DEPRECIACIÓN		
Valor de compra	US \$	32,937.50
Vida útil	años	2.78
Vida útil	hrs	15,000.00
Valor de depreciación	US \$/hr	2.20
1.2 COSTO DE MANTENIMIENTO		
Costo de mantenimiento (30%)	US \$/hr	0.66
COSTO HORARIO	US \$/hr	2.85
UTILIDAD (10 %)	US \$/hr	0.29
TOTAL COSTO HORARIO	US \$/hr	3.14
COSTO POR GUARDIA	US \$/guardia	28.26
Tiempo por ciclo	hrs	0.63
Tiempo neto disponible	hrs/guardia	9.00
Nº de viajes por guardia	viajes/guardia	14.00
Capacidad de extracción	Ton/guardia	98.00
COSTO POR Ton DE MINERAL O DESMONTE	US \$ / Ton	0.29
	S/. x Ton	1.12

Fuente: Propia

- Costo unitario de carro minero U35 programado

Tabla 16. Costo unitario de carro minero U35, periodo 2021

PRECIO UNITARIO: CARRO MINERO U-35		
Estado del equipo	: NUEVA	
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cant.
Capacidad	TM	1.00
1.1 COSTO DE DEPRECIACIÓN		
Valor de compra	US \$	1,850.00
Vida útil	años	2.50
Vida útil	hrs	16,425.00
Valor de depreciación	US \$/hr	0.11
1.2 COSTO DE MANTENIMIENTO		
Costo de mantenimiento (30%)	US \$/hr	0.03
COSTO HORARIO	US \$/hr	0.15
UTILIDAD (10 %)	US \$/hr	0.01
TOTAL COSTO HORARIO	US \$/hr	0.16
COSTO POR GUARDIA	<u>US \$/guardia</u>	1.45
Tiempo por ciclo	hrs	0.63
Tiempo neto disponible	hrs/guardia	9.00
Nº de viajes por guardia	viajes/guardia	14.00
Capacidad de extracción	TM/guardia	14.00
COSTO POR TON DE MINERAL O DESMONTE	US \$ / ton	0.10
	S/. x Ton	0.40

Fuente: Propia

El costo unitario de acarreo programado, considera el costo unitario de locomotora y el costo unitario de carro minero U35, siendo el costo unitario de acarreo de 0.39 US \$/ton.

b) Costo unitario de acarreo – ejecutado

Las consideraciones económicas, asociadas al proceso de acarreo, considera el tonelaje de carbón transportado desde los frentes de explotación de galería sur y galería esperanza, siendo el tonelaje transportado de 51,844 toneladas, durante el periodo enero a diciembre del 2021.

- Costo unitario de locomotora ejecutado

Tabla 17. Costo unitario ejecutado de locomotora a batería, periodo 2021

PRECIO UNITARIO EJECUTADO - LOCOMOTORA A BATERIA		
Estado del equipo	: REPOTENCIADA	
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cant.
Capacidad	TM	10.00
Capacidad de arrastre	carros	5.00
	Ton	5.00
1.1 COSTO DE DEPRECIACIÓN		
Valor de compra	US \$	32,937.50
Vida útil	años	2.50
Vida útil	hrs	15,000.00
Valor de depreciación	US \$/hr	2.20
1.2 COSTO DE MANTENIMIENTO		
Costo de mantenimiento (30%)	US \$/hr	0.66
COSTO HORARIO	US \$/hr	2.85
UTILIDAD (10 %)	US \$/hr	0.29
TOTAL COSTO HORARIO	US \$/hr	3.14
COSTO POR GUARDIA	US \$/guardia	28.26
Tiempo por ciclo	hrs	0.63
Tiempo neto disponible	hrs/guardia	9.00
Nº de viajes por guardia	viajes/guardia	14.00
Capacidad de extracción	Ton/guardia	70.00
COSTO POR Ton DE MINERAL O DESMONTE	US \$ / Ton	0.40
	S/. x Ton	1.57

Fuente: Propia

- Costo unitario de carro minero U35 ejecutado

Tabla 18. Costo unitario de carro minero U35 ejecutado, periodo 2021

PRECIO UNITARIO EJECUTADO: CARRO MINERO U-35		
Estado del equipo	: NUEVA	
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cant.
Capacidad	TM	1.00
1.1 COSTO DE DEPRECIACIÓN		
Valor de compra	US \$	1,850.00
Vida útil	años	2.50
Vida útil	hrs	16,425.00
Valor de depreciación	US \$/hr	0.11
1.2 COSTO DE MANTENIMIENTO		
Costo de mantenimiento (30%)	US \$/hr	0.03
COSTO HORARIO	US \$/hr	0.15
UTILIDAD (10 %)	US \$/hr	0.01
TOTAL COSTO HORARIO	US \$/hr	0.16
COSTO POR GUARDIA	<u>US \$/guardia</u>	1.45
Tiempo por ciclo	hrs	0.63
Tiempo neto disponible	hrs/guardia	9.00
Nº de viajes por guardia	viajes/guardia	14.00
Capacidad de extracción	TM/guardia	14.00
COSTO POR TON DE MINERAL O DESMONTE	US \$ / ton	0.10
	S/. x Ton	0.40

Fuente: Propia

El costo unitario de acarreo ejecutado, considera el costo unitario de locomotora y el costo unitario de carro minero U35, siendo el costo unitario de acarreo ejecutado de 0.51 US \$/ton.

- c) Análisis de costo unitario de acarreo

El costo unitario de acarreo programado considera un valor de 0.39 US \$/ton y el costo unitario de acarreo ejecutado tiene un valor de 0.51 US \$/ton. Este incremento en el costo unitario de acarreo en 0.12 US \$/ton, es producto de un menor tonelaje producido.

Este mayor incremento del costo unitario de acarreo, identifica la importancia del cumplimiento del plan de producción de carbón, relacionando a los diferentes frentes de producción desarrollados y preparados para dicho cumplimiento.

4.3. Prueba de Hipótesis.

Para el desarrollo de la prueba de la hipótesis, se considera los diferentes resultados, con una influencia directa en el tonelaje, variables operacionales de acarreo y consideraciones económicas asociadas.

La importancia del presente trabajo de investigación, está relacionado a entender el comportamiento de las diferentes variables operacionales en el proceso del sistema de acarreo de carbón, siendo el objetivo analizar el tonelaje acarreado y su incidencia en la optimización de la producción, mediante el método de minado Soutirage.

El resultado del tonelaje producido y su incidencia en los costos unitarios de acarreo se resumen a continuación:

- a) Costos de acarreo – periodo 2021

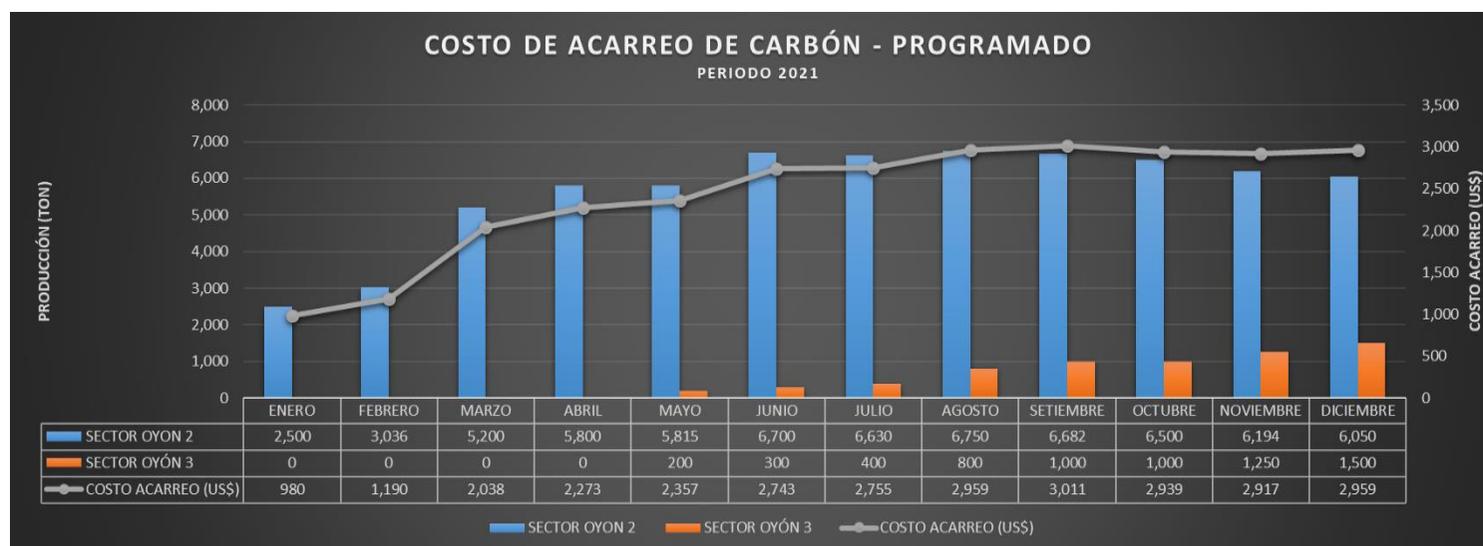
- Costos de acarreo programado 2021

Tabla 19. Costo de acarreo de carbón programado, periodo 2021

DIVISIÓN	COSTO DE ACARREO DE CARBÓN - PROGRAMADO												
	AÑO 2021												
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL/PROM	
OYÓN 2	2,500	3,036	5,200	5,800	5,815	6,700	6,630	6,750	6,682	6,500	6,194	6,050	67,856
OYÓN 3	0	0	0	0	200	300	400	800	1,000	1,000	1,250	1,500	6,450
TOTAL	2,500	3,036	5,200	5,800	6,015	7,000	7,030	7,550	7,682	7,500	7,444	7,550	74,306
COSTO ACARREO (US \$)	980	1,190	2,038	2,273	2,357	2,743	2,755	2,959	3,011	2,939	2,917	2,959	29,122

Fuente: Propia

Figura 14. Costos de acarreo de carbon programado por sector, periodo 2021.



Fuente: Elaboración propia

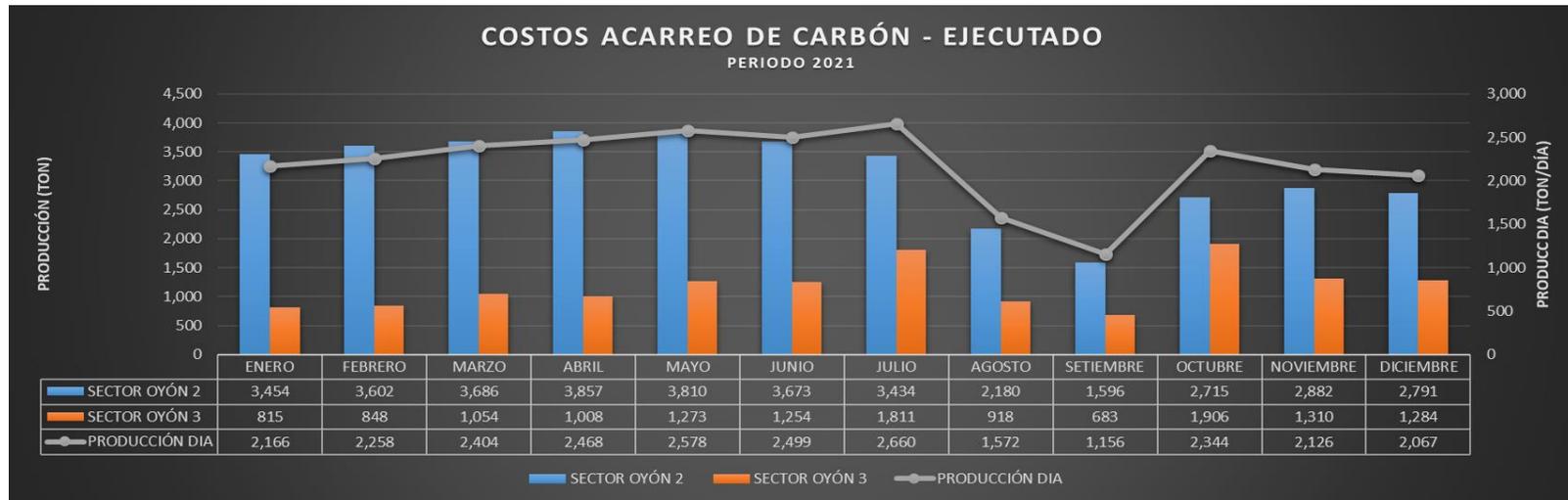
- Costos de acarreo ejecutado 2021

Tabla 20. Costo de acarreo de carbón ejecutado, periodo 2021

DIVISIÓN	COSTOS DE ACARREO DE CARBÓN - EJECUTADO												
	AÑO 2021												
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL/PROM
OYÓN 2	3,454	3,602	3,686	3,857	3,810	3,673	3,434	2,180	1,596	2,715	2,882	2,791	37,680
OYÓN 3	815	848	1,054	1,008	1,273	1,254	1,811	918	683	1,906	1,310	1,284	14,164
TOTAL	4,270	4,450	4,739	4,865	5,082	4,926	5,245	3,099	2,279	4,622	4,191	4,075	51,844
COSTOS DE ACARREO (US\$)	2,166	2,258	2,404	2,468	2,578	2,499	2,660	1,572	1,156	2,344	2,126	2,067	26,298

Fuente: Propia

Figura 15. Costos de acarreo de carbon ejecutado por sector, periodo 2021.



Fuente: Elaboración propia

b) Análisis de costos de acarreo

El total de producción de mineral de carbón programado de las divisiones Oyón 2 y Oyón 3, fueron de 74,306 toneladas durante el periodo enero a diciembre del 2021. La producción programada mensual fue de 6,192 ton/mes y la producción programada diaria fue de 204 ton/día. El costo total de acarreo programado para el periodo 2021 fue de US \$ 29,122, considerando un costo mensual de 2,613 US \$/mes y un costo diario de 86 US \$/día.

El total de producción de mineral de carbón ejecutado de las divisiones Oyón 2 y Oyón 3, fueron de 51,844 toneladas durante el periodo enero a diciembre del 2021. La producción ejecutada mensual fue de 4,320 ton/mes y una producción diaria ejecutada de 142 ton/día. El costo total de acarreo ejecutada para el periodo 2021 fue de US \$ 26,298 considerando un costo mensual de 2,271 US \$/mes y un costo diario de 75 US \$/día.

El análisis de las variables operacionales considerando el sistema de acarreo con locomotoras durante el periodo enero a diciembre del 2021 se programó un costo unitario de 0.39 US \$/ton, considerando un tonelaje programado de 74,306 toneladas de carbón. El no cumplimiento del plan de producción generó un incremento en el costo unitario de acarreo, siendo de 0.51 US \$/ton con un tonelaje de 51,844.

c) Análisis de sensibilidad – Producción

Uno de los problemas que incide en los costos operacionales en la Unidad Minera Pampahuay, es no contar con una estructura de costos detallado, y la

influencia que genera el no cumplimiento de los planes de producción programado en los costos de acarreo.

Si realizamos un análisis de la producción, entre la producción programada y ejecutada veremos una variabilidad de tonelaje en diferentes periodos, por lo que es necesario normalizar una producción diaria.

La producción mensual programada fue de 6,192 ton/mes con una producción diaria de 204 ton/día (siendo un máximo de producción de 7,682 ton) y el ejecutado de 4,320 ton/mes, con una producción diaria de 142 ton/día (siendo un máximo de 5,245 ton).

Si realizamos un análisis de sensibilidad con una producción diaria adecuada a las características de la locomotora, siendo la locomotora a batería de marca Mancha “Little Trammer”, con una capacidad de arrastre de 10 toneladas, un peso de 1.7 TC y un total de carros mineros U35 de 9 a 10 unidades, de acuerdo a la densidad de material.

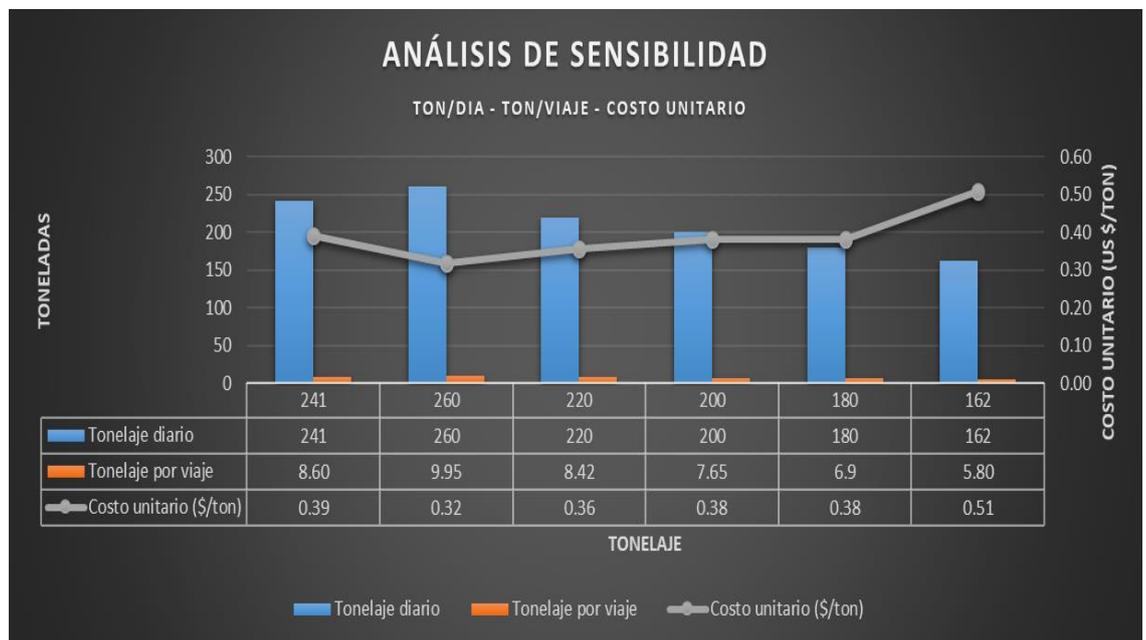
Por tal motivo, se realizó un análisis de sensibilidad del tonelaje de carbón acarreado y su costo unitario de acarreo, para determinar el óptimo y validar la hipótesis planteada

Tabla 21. Análisis de sensibilidad del tonelaje producido y el costo unitario de acarreo

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD - PRODUCCIÓN						
ITEM	PRODUCCIÓN (TONELADAS)					
	Programado	SENSIBILIDAD - ÓPTIMO				Ejecutado
	241	260	220	200	180	162
N° Viajes	14	14	14	14	14	14
Tonelaje x viaje (Ton/viaje)	8.60	9.95	8.42	7.65	6.9	5.80
Número de carros mineros	8	9	8	7	7	6
Peso del Convoy (TC)	21.85	25.30	21.41	19.62	19.62	16.81
Peso de la locomotora (TC)	1.4	1.6	1.4	1.3	1.3	1.1
Esfuerzo Necesario (TC)	697	807	683	626	626	537
Potencia del motor (HP)	14	17	14	13	13	11
Costo Unitario Acarreo (US \$/ton)	0.39	0.32	0.36	0.38	0.38	0.51

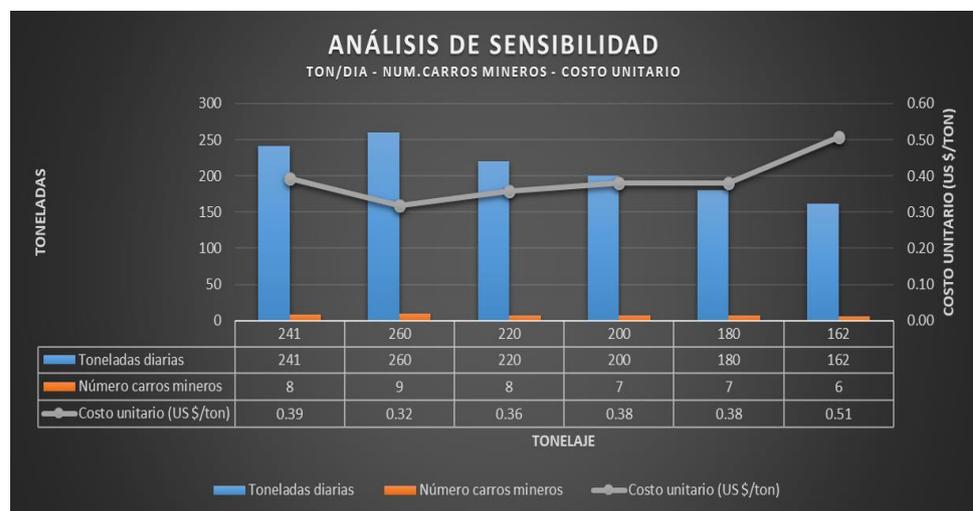
Fuente: Propia

Figura 16. Análisis de sensibilidad: ton/día – Ton/viaje – Costo unitario, periodo 2021.



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Análisis de sensibilidad: ton/día – Número carros mineros – Costo unitario, periodo 2021.



Fuente: Elaboración propia

4.4. Discusión de Resultados

De acuerdo al análisis de sensibilidad, se considera como un tonelaje óptimo de acarreo el escenario de 260 ton/día de carbón, con un costo unitario de 0.32 US \$/ton.

Así mismo, el número de carros mineros U35 óptimo de acuerdo a las características de la locomotora a batería Mancha “Little Trammer” es de 9 unidades.

El cumplimiento del tonelaje planteado dentro del análisis de sensibilidad de 260 ton/día versus el tonelaje programado de 241 ton/día y el ejecutado de 162 ton/día, incrementa el rendimiento del plan de producción, así como la reducción de costos unitarios de acarreo.

Así mismo, en el escenario programado genera un incremento de tonelaje de 19 ton/día con una reducción de costos de acarreo de 0.07 US \$/ton y en el escenario ejecutado genera un incremento de 98 ton/día con una reducción de costos de acarreo de 0.19 US \$/ton.

Finalmente, para el cumplimiento de la producción programada hay un déficit de número de carros mineros U35 de 1 unidad en el programado y de 3 unidades en el ejecutado, siendo el óptimo de 9 unidades.

CONCLUSIONES

- El análisis del sistema de acarreo de carbón en la unidad minera Pampahuay, permitió realizar un análisis comparativo de las diferentes variables técnicas y económicas de acarreo para la optimización de la producción en el sector Chilinka baja, de las vetas Lucía Sur y Esperanza, durante el periodo enero a diciembre del 2021.
- La producción programada durante el periodo enero a diciembre 2021 fue de 241 ton/día, siendo el tonelaje ejecutado de 162 ton/día, con una diferencia de 79 ton/día, producto de un deficiente control de las operaciones unitarias del ciclo de minado, generando un incremento de costos unitarios de acarreo y una recuperación del 70%.
- El costo unitario de acarreo programado fue de 0.39 US \$/ton, considerando un menor tonelaje producido se incrementó el costo unitario de acarreo en el escenario ejecutado en 0.51 US \$/ton, este incremento del costo unitario en 0.12 US \$/ton es producto de un menor tonelaje producido en 79 ton/día.
- El óptimo del tonelaje producido o acarreado de acuerdo al análisis de sensibilidad realizado, en función a las variables operacionales de acarreo es de 260 ton/día de carbón, con un costo unitario de 0.32 US \$/ton.
- El tonelaje optimizado y asociado a un menor costo unitario de acarreo en 0.32 US \$/ton, genera un mayor tonelaje por viaje en 9.95 ton/viaje y un óptimo número de carros mineros en 9 unidades, de acuerdo a la locomotora utilizado en la unidad minera Mancha “Little trammer”.

RECOMENDACIONES

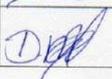
- Se recomienda continuar con estudios similares, en los procesos unitarios de perforación y voladura, considerando el grado de fragmentación, densidad de material, etc., que influyen directamente en los siguientes procesos unitarios.
- En base a lo mencionado, se recomienda continuar con estudios de mayor detalle en los diferentes dominios geomecánicos para realizar un mejor control de la voladura.
- En función a los resultados obtenidos, es necesario realizar estudios de mayor detalle en el análisis del rendimiento de los diferentes procesos unitarios del ciclo de minado, considerando las diferentes actividades asociadas a cada una de ellas y determinar el tiempo efectivo operacional y las pérdidas asociadas a cada proceso unitario.
- Finalmente, en función a lo mencionado, es de vital importancia el análisis del rendimiento en cada proceso unitario considerando la utilización y disponibilidad de los equipos utilizados en la unidad minera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Maurtua Lovaton, J. L. (2012). *Proyecto de aplicación del método Short Wall para mejorar la producción en la concesión Oyon 2 Unidad Pampahuay, Ocimin S. A. C.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2178>
- Montes Ramos, E. S. (2019). *Métodos de explotación del carbón para optimizar la producción en la Concesión Minera Acumulación Oyon 1 - Lima 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5103>
- Ramírez Medina, D. O. (2018). *Estudio de viabilidad de la mina de carbón a cielo abierto "La Margarita" en Titiribí Colombia* [Tesis de maestría, E.T.S.I. de Minas y Energía (UPM)]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://oa.upm.es/52954/>
- Ricaurte Leguizamón, D. M. (2015). *Planeamiento minero para el Contrato de Concesión HKN - 08071, mina La Esmeralda ubicado en los municipios de Jenesano y Tibaná departamento de Boyacá* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1536>

ANEXOS

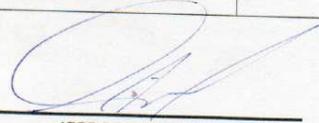
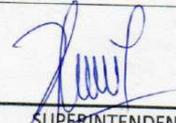
Ficha de investigación - Unidad Minera Palmahuay (tesis, enero)

		FICHA DE INVESTIGACION (TESIS)		U.M. PAMPAHUAY	
TURNO:	DIA		SOCAVON:	CHICUNCA	
AREA:	MINA		FECHA:	20/01/2021	
LABOR:	Galería Esperanza Sur - Cx3		ACTIVIDAD:	EXTRACCION DE CARBON	
DATOS DEL TRABAJADOR					
HORA	NOMBRES			CARGO	FIRMA
8:00 am	Flores Conde, Oscar			Maestro	
8:00 am	Marcos Fabian, Daniel			Ayudante	
PARAMETROS OPERACIONALES					
TONELAJE TRANSPORTADO:		3,2 tn / viaje			
PESO ESPECIFICO DEL CARBON:		1,5 g/cm ³			
NUMERO DE VIAJES:		8 viajes			
TIEMPO DE CICLO:		60 minutos			
TIEMPO DE CARGUIO:		10 minutos			
DISTANCIA DE RECORRIDO:		1230 metros			
FACTOR DE ESPONJAMIENTO:		20%			
TIEMPO MUERTO:		40 minutos			
TIEMPO DE DESCARGUE:		7 minutos			
PENDIENTE DE LA VIA:		2%			
CAPACIDAD DE TRANSPORTE:		1tn			
 Jefe de Guardia JNO. ALEX UZCARAMBA VANCE			 SUPERINTENDENTE MINA Ing Helard Quispe Paucar		

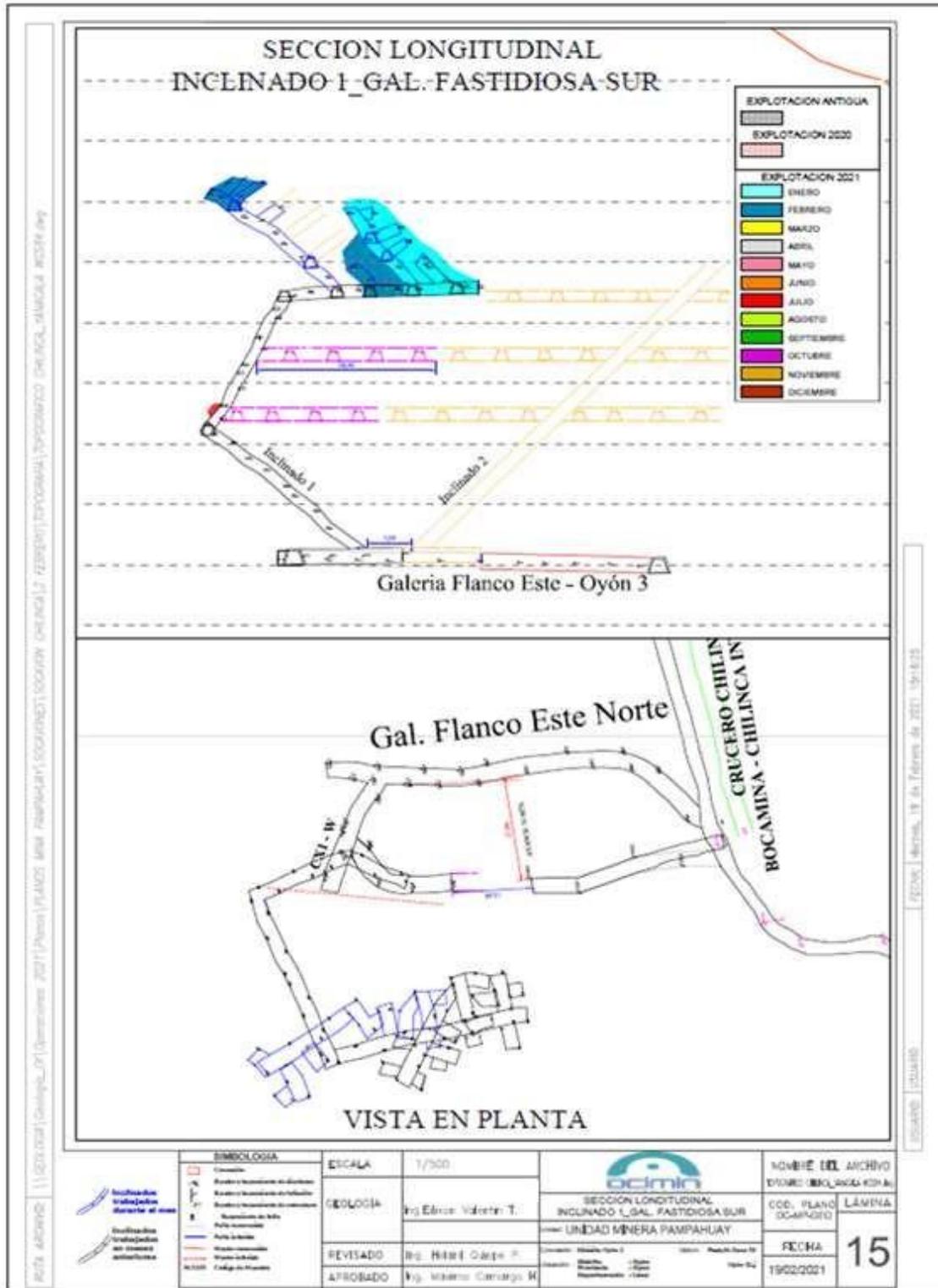
Ficha de investigación - Unidad Minera Palmahuay (tesis, mayo)

		FICHA DE INVESTIGACION (TESIS)		U.M. PAMPAHUAY	
TURNO:	DIA		SOCAVON:	CHIRUCA	
AREA:	MINA		FECHA:	11 / 05 / 2021	
LABOR:	Galena Esperanza Sur		ACTIVIDAD:	Extraccion de Carbon	
DATOS DEL TRABAJADOR					
HORA	NOMBRES			CARGO	FIRMA
8:00	HINOSTROZA PALMA, Jesus			Maestro	
8:00	Espinoza Hinostroza, Jaime			Ayudante	
PARAMETROS OPERACIONALES					
TONELAJE TRANSPORTADO:		3,2 tn / viaje			
PESO ESPECIFICO DEL CARBON:		1,5 gr / cm ³			
NUMERO DE VIAJES:		7 viajes			
TIEMPO DE CICLO:		65 minutos			
TIEMPO DE CARGUIO:		9 minutos			
DISTANCIA DE RECORRIDO:		1200 metros			
FACTOR DE ESPONJAMIENTO:		20%			
TIEMPO MUERTO:		48 minutos			
TIEMPO DE DESCARGUE:		6 minutos			
PENDIENTE DE LA VIA:		2%			
CAPACIDAD DE TRANSPORTE:		1 tn			
 JEFE DE GUARDIA INC ALEX ULLCARUNA YANCE			 SUPERINTENDENTE MINA Ing. Helord Quispe Paucar		

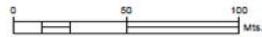
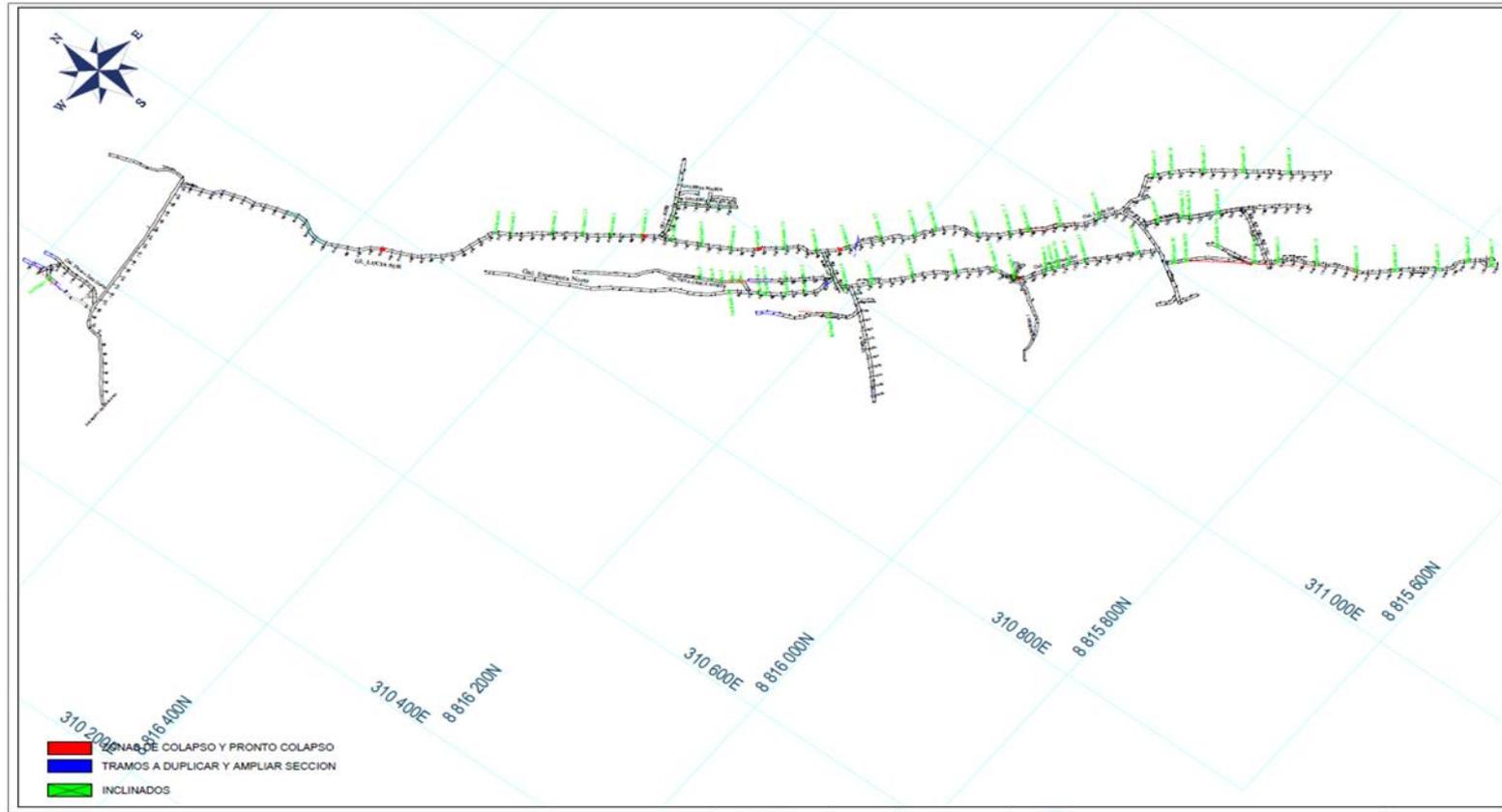
Ficha de investigación - Unidad Minera Palmahuay (tesis, diciembre)

		FICHA DE INVESTIGACION (TESIS)		U.M. PAMPAHUAY	
TURNO:	DIA		SOCAVON:	CHICINCA	
AREA:	MINA		FECHA:	07/12/2021	
LABOR:	Cabeña Esperanza SUR-CX3		ACTIVIDAD:	Extracción de Carbon	
DATOS DEL TRABAJADOR					
HORA	NOMBRES			CARGO	FIRMA
8:00 am	Venegas Curi, Jose			Maestro	
8:00 am	Rafael Mariano, Raynarson			Ayudante	
PARAMETROS OPERACIONALES					
TONELAJE TRANSPORTADO:	3,2 tn/viaje				
PESO ESPECIFICO DEL CARBON:	1,5 gr/cm ³				
NUMERO DE VIAJES:	8 viajes				
TIEMPO DE CICLO:	50 minutos				
TIEMPO DE CARGUIO:	10 minutos				
DISTANCIA DE RECORRIDO:	1220 metros				
FACTOR DE ESPONJAMIENTO:	20 %				
TIEMPO MUERTO:	38 minutos				
TIEMPO DE DESCARGUE:	7 minutos				
PENDIENTE DE LA VIA:	2 %				
CAPACIDAD DE TRANSPORTE:	1 tn				
 Jefe de Guardia Ing. Alex David Vilca Poma			 Superintendente Mina Ing. Helard Quispe Paucar		

INCLINADO DE PRODUCCIÓN – FASTIDOSA SUR



LAYOUT DE ACARREO DE CARBÓN – NIVEL PRINCIPAL (SECTOR CHILINCA)



SIMBOLOGIA 	ESCALA	1/3000		DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA	NOBRE DEL ARCHIVO	
	DISEÑO	Ing. Edwin Valverde T.		PLANO TOPOGRAFICO	REHABILITACION SOCAVON CHILINCA	COG. PLANO CO-101-GE0
	PLANTEAMIENTO	Ing. Juan José G.		UNIDAD MINERA PAMPAHUAY	LÁMINA	
	REVISADO	Ing. Roland Graupe P.		División Orden L, Orden 2 y Orden 3	WGS-84	FECHA
APROBADO	Ing. Marina Cimbrón H.	Unidad 1 y 2 Provincia 1 y 2 Departamento 1 y 2	Open 3.2	17/04/2022	12	



Galería Principal, Unidad Minera Palmahuay



Sistema de acarreo, Unidad Minera Palmahuay



Sistema de carguío de carbón, Unidad Minera Palmahuay



Mineral de Carbón en la Unidad Minera Palmahuay



Preparando la carga para el disparo, Unidad Minera Palmahuay



Preparando la carga para el disparo, Unidad Minera Palmahuay

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Análisis del sistema de acarreo en mantos de carbón para la optimización de la producción del método Soutirage en la unidad minera Pampahuay, Oyón, 2021

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VI: VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Análisis del sistema de acarreo en mantos de carbón por el método de minado Soutirage – Unidad Minera Pampahuay.	El análisis del sistema de acarreo en la explotación de mantos de carbón por el método de minado Soutirage optimizará la producción en la Unidad Minera Pampahuay.	Método de minado Soutirage	Perforación	m
				Voladura	Kg/ton
				Sostenimiento	
				Limpieza, acarreo, transporte	Ton/hr
			Ventilación	m3/min	
			Sistema de acarreo	Tonelaje transportado	Ton
Número viajes	unidad				
Tiempo acarreo	min				
VD: VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Optimización de la producción – Unidad Minera Pampahuay.	El no cumplimiento de los planes de producción afectará el rendimiento operacional, por lo que al analizar las variables que involucra el sistema de acarreo optimizará la producción en la Unidad Minera Pampahuay.	Parámetros	Radio Curvatura	pies
				Recuperación de mineral	%
				Ingresos	\$/ton
				Costos	\$/ton