

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO**

**ABAD DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA, MINAS Y  
METALURGICA.

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS.



**TESIS:**

---

**“INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE FLOTA DE  
CAMIONES MINEROS MEDIANTE IMPLEMENTACIÓN DE  
BAHÍAS DE CAMBIO EN CALIENTE EN LA MINA  
CONSTANCIA - CUSCO”**

---

Presentado por:

**Bachiller YURI CHRISTHIAN HINOJOSA GALVEZ**

Para optar al Título Profesional de:

**INGENIERO DE MINAS**

Asesor:

**Ing. RAIMUNDO MOLINA DELGADO**

**Cusco – Perú**

**2022**

## **DEDICATORIA**

A mi madre Rosa Gálvez Baca a todo mis tíos hermana y primos, porque sin su apoyo incondicional nada de esto hubiera sido posible.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero agradecer a dios, a mis docentes de la escuela profesional de ingeniería de minas por trasmitirme sus conocimientos y experiencias.

a la unidad minera hudsonbay por permitir ser parte de la empresa.

a mis compañeros de la unidad minera hudsonbay por contribuir en mi formación profesional y por su amistad.

## RESUMEN

El trabajo de investigación realizado tiene como objetivo evaluar el incremento de productividad de la flota de camiones mineros, con la implementación de bahías de cambio en caliente en la Mina Constancia HUDBAY – Cusco, cuya finalidad es mejorar los tiempos de cambio de guardia y el relevo de los operadores de los camiones mineros, para lograr el incremento de la productividad de estos.

Para el desarrollo de la presente investigación se ha determinado la metodología de un estudio de alcance descriptivo y aplicativo, ya que el propósito de la presente investigación es evaluar los tiempos de cambio de guardia, el relevo de los operadores, la disponibilidad mecánica, la utilización y la productividad de los camiones mineros en el tajo de Constancia.

Con la implementación de las bahías de cambio en caliente, se incrementa la productividad de transporte mineral con los camiones mineros en un 7.78%, del mismo modo se evidencia un incremento de la productividad del transporte de desmonte en un 5.06%, haciendo una mejora de la productividad total diaria del transporte de los camiones mineros.

Finalmente con la implementación de las bahías de cambio en caliente de la flota de camiones mineros la productividad se incrementó para mineral en 7,295.62 Tn/día y para desmonte 4,460.73 Tn/día, haciendo un total de incremento de 11,756.35 Tn/día.

## **ABSTRACT**

The objective of the research work carried out is to evaluate the increase in productivity of the fleet of mining trucks, with the implementation of hot change bays in the Constancia HUDBAY Mine - Cusco, whose purpose is to improve the times of changing the guard and the relief of the operators of the mining trucks, to achieve an increase in their productivity.

For the development of this research, the methodology of a study with a descriptive and applicative scope has been determined, since the purpose of this research is to evaluate the times of changing the guard, the changeover of operators, the mechanical availability, the use of and the productivity of mining trucks in the Constancia pit.

With the implementation of the hot change bays, the productivity of mineral transport with mining trucks is increased by 7.78%, in the same way there is evidence of an increase in the productivity of waste transport by 5.06%, making a total of the total daily productivity of mining truck transport.

Finally, with the implementation of the hot change bays for the mining truck fleet, productivity increased by 7,295.62 Tn/day for ore and 4,460.73 Tn/day for stripping, for a total increase of 11,756.35 Tn/day.

## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
INDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	ix
ÍNDICE DE IMAGENES.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPITULO I.....	13
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.2. Formulación del problema.....	15
1.2.1. Problema general.....	15
1.2.2. Problemas específicos.....	15
1.3. Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos.....	16
1.4. Justificación de la investigación.....	16
1.5. Delimitación de la investigación.....	16
1.5.1. Delimitación temporal.....	16
1.5.2. Delimitación espacial.....	16
1.6. Hipótesis de la investigación.....	17
1.6.1. Hipótesis general.....	17
1.6.2. Hipótesis específicas.....	17
1.7. Variables e indicadores.....	17
1.7.1. Variables.....	17

1.7.2. Matriz de operacionalización.....	18
1.8. Metodología de la investigación.....	18
1.8.1. Tipo de investigación .....	18
1.8.2. Nivel de investigación .....	18
1.8.3. Población y muestra.....	19
1.9. Técnicas de recolección de datos.....	19
1.10. Técnicas de procesamiento de información.....	19
1.11. Técnicas de análisis de datos .....	20
CAPITULO II:.....	21
II. MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	21
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	22
2.2. BASES TEÓRICAS .....	23
2.2.1. Conceptualización de la productividad.....	23
2.3. MARCO CONCEPTUAL .....	28
2.3.1. Teoría de colas.....	28
2.3.2. Factores que Influencian la Selección del Equipo.....	29
2.3.3. Flota de equipos de acarreo .....	30
2.3.4. Descripción de operaciones y detenciones .....	31
2.3.5. Cambio de guardia.....	35
2.3.6. Confiabilidad humana .....	35
CAPITULO III:.....	37
III. ÁMBITO DEL ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
3.1. ASPECTOS GENERALES DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO .....	37
3.1.1. Ubicación política.....	37
3.1.2. Coordenadas UTM .....	38

3.1.3. Ubicación geográfica.....	38
3.1.4. Acceso .....	39
3.1.5. Topografía general.....	39
3.2. GEOLOGÍA DE LA UNIDAD MINERA CONSTANCIA .....	40
3.2.1. Geología regional .....	40
3.2.2. Geología local.....	40
3.2.3. Geología económica .....	43
3.3. RESERVAS MINERALES .....	46
3.4. OPERACIONES MINA .....	47
CAPITULO IV: .....	55
IV. EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE GUARDIA DE LA FLOTA DE CAMIONES MINEROS .....	55
4.1. Evaluación situacional de la flota de camiones mineros antes. ....	55
4.1.1. Área de acarreo – parqueo 4215 .....	55
4.1.2. Área de cambio de guardia – parqueo 4215 .....	56
4.1.3. Procedimiento de cambio de guardia de camión minero – parqueo 4215	57
4.1.4. Tiempo de cambio de guardia de operador de camión minero – parqueo 4215 .....	58
4.2. Evaluación con implementación de bahías de cambio en caliente. ....	60
4.2.1. Área de acarreo con bahías de cambio en caliente .....	60
4.2.2. Área de cambio de guardia – bahías de cambio en caliente .....	60
4.2.3. Procedimiento de cambio de guardia en bahías de cambio en caliente....	63
4.2.4. Tiempo de cambio de guardia de operador de camión minero – en bahía de cambio en caliente .....	70
CAPITULO V: .....	72
V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	72
5.1. Resultados y análisis de los índices de productividad de los camiones mineros .....	72



5.1.1. Disponibilidad mecánica .....	72
5.1.2. Utilización .....	73
5.2. Resultado del tiempo de cambio de guardia total.....	75
5.3. Resultado del tiempo de relevo de operadores de camión minero. ....	76
5.4. Resultados de productividad de la flota de camiones mineros.....	77
5.4.1. Productividad sin implementación de bahía de cambio en caliente .....	77
5.4.2. Productividad con implementación de bahía de cambio en caliente .....	78
5.5. Análisis de los resultados de la productividad.....	80
5.5.1. Análisis de resultados de la productividad sin implementación.....	80
5.5.2. Análisis de resultados de la productividad con implementación.....	81
5.6. Análisis comparativo del sistema actual con el sistema de bahías de cambio en caliente en la productividad de los camiones mineros. ....	83
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES .....	86
BIBLIOGRAFÍA .....	87
ANEXOS.....	89

## ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1: Evaluación de disponibilidad mecánica sin implementación de bahías de cambio en caliente .....	72
Grafico 2: Evaluación de disponibilidad mecánica con bahías de cambio en caliente ..	73
Grafico 3: Evaluación de la utilización sin implementación de bahías de cambio en caliente.....	74
Grafico 4: Evaluación de la utilización con bahías de cambio en caliente.....	75
Grafico 5: Diferencia de cambio de guardia en caliente vs cambio normal.....	76
Grafico 6: Diferencia de relevo de operadores en caliente vs cambio normal .....	77
Grafico 7: Productividad de mineral sin cambio en caliente.....	80
Grafico 8: Productividad de desmonte sin cambio en caliente.....	81
Grafico 9; Productividad de mineral con cambio en caliente.....	82
Grafico 10: Productividad de desmonte con cambio en caliente.....	83

## ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1: Camión Minero CAT 793F .....	30
Imagen 2: Ubicación de la UM Constancia.....	38
Imagen 3: Geología Regional del proyecto minero Constancia.....	40
Imagen 4: Geología Local del proyecto Constancia.....	42
Imagen 5: Mineralización en el Tajo Constancia .....	46
Imagen 6: Operación Minera de Constancia .....	48
Imagen 7: Perforadora PV-271 .....	49
Imagen 8: Taladros perforados .....	50
Imagen 9: Carguío con explosivo los taladros .....	51
Imagen 10: Pala realizando carguío a los equipos de acarreo .....	52
Imagen 11: Camión Minero Cat 793F .....	53
Imagen 12: Bulldozer CAT Aperturando accesos.....	54
Imagen 13: Área de parqueo de los camiones mineros .....	56
Imagen 14: Área de parque para relevo de operadores de la flota .....	56
Imagen 15: Plataforma de parque 4215, para relevo de operadores.....	58
Imagen 16: Ubicación de bahía de cambio en caliente 1 .....	61
Imagen 17: Ubicación de bahía de cambio en caliente 2 .....	61
Imagen 18: Vista de planta de la bahía de cambio en caliente 1 .....	62
Imagen 19: Vista de perfil de la bahía de cambio en caliente 1 .....	62
Imagen 20: Vista de planta de la bahía de cambio en caliente 2 .....	63
Imagen 21: Vista de perfil de la bahía de cambio en caliente 2 .....	63
Imagen 22: Charlas de seguridad en cabina de espera de la bahía de cambio en caliente .....	65
Imagen 23: Zona de espera de la bahía de cambio en caliente.....	66
Imagen 24: Espera del operador en la plataforma de la bahía de cambio en caliente....	66
Imagen 25: Operador empujando plataforma de bahía de cambio en caliente.....	67
Imagen 26: Descenso de operador e intercambio de información en la bahía de cambio en caliente.....	68
Imagen 27: Operador saliente retrotrayendo la plataforma .....	68
Imagen 28: Operador de relevo en cabina del equipo .....	69
Imagen 29: Área del despachador, verificando el logueo de los operadores de la flota	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Productividad total de factores Modelo KLEMS .....	24
Tabla 2: La vía de acceso, por carretera es:.....	39
Tabla 3: Estimaciones de recursos minerales de constancia exclusivo de reservas minerales.....	46
Tabla 4: Estimaciones de recursos minerales de Pampacancha exclusivo de reservas minerales.....	47
Tabla 5: Características para perforación con Pit Viper 271 .....	50
Tabla 6: Detalle de carga de proyecto de voladura 4245-071 .....	51
Tabla 7: Flota de camiones mineros .....	52
Tabla 8: Procedimiento de cambio de guardia de operadores de camión minero .....	57
Tabla 9: Parámetros de tiempos muertos por guardia .....	59
Tabla 10: Parámetros de relevo de operador por guardia.....	59
Tabla 11: Tiempo muerto en cambio de guardia normal.....	59
Tabla 12: Tiempo de relevo de operador en cambio de guardia normal .....	59
Tabla 13. Procedimiento de cambio de guardia de operadores de camión minero en bahías de cambio en caliente .....	64
Tabla 14: Parámetros de tiempos muertos por guardia en bahía de cambio en caliente	70
Tabla 15: Parámetros de relevo de operador por guardia en bahía de cambio en caliente .....	71
Tabla 16: Tiempo muerto en cambio de guardia en bahía de cambio en caliente.....	71
Tabla 17: Tiempo de relevo de operador en cambio de guardia en bahía de cambio en caliente.....	71
Tabla 18: Productividad de camiones mineros de mineral.....	78
Tabla 19: Productividad de camiones mineros de desmonte.....	78
Tabla 20: Productividad de camiones mineros de mineral.....	79
Tabla 21: Productividad de camiones mineros de desmonte.....	79
Tabla 22: Variación de la productividad de los camiones mineros con y sin implementación de bahías de cambio en caliente.....	83

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación es desarrollado para el incremento de la productividad de la flota de camiones mineros con la implementación de bahías de cambio en caliente, en la Mina Constancia Hudbay – Cusco.

Para esta investigación se ha determinado la evaluación de 30 días de cambio de guardia y relevo de operadores de los camiones mineros, en condiciones normales con el parqueo 4215 y con la implementación de las bahías de cambio en caliente, para la disminución del tiempo de este cambio de guardia

En el primer capítulo, se ha identificado los problemas, objetivos, las hipótesis, para luego plantear las variables intervinientes en el proceso de la investigación, desarrollando la ingeniería apropiada utilizando los indicadores necesarios.

En segundo capítulo, se han definido las bases teóricas con las que se desarrollaron el proceso de investigación, definiendo claramente las variables que intervienen en el estudio.

En tercer capítulo, se realizó el diagnóstico del ámbito del estudio, como son los aspectos generales de la mina, la geología y las operaciones mineras principales de la Mina Constancia.

En cuarto capítulo, se realiza la evaluación de los tiempos de cambio de guardia y relevo de los operadores en el parqueo 4215 y con la implementación de las bahías de cambio en caliente, así como la implementación de los procedimientos específicos de trabajo de estos, del mismo modo que la evaluación del diseño de la bahía de cambio en caliente.

En quinto lugar, se desarrolló la evaluación y análisis de los resultados obtenidos, de los tiempos como de la productividad final de la flota de camiones mineros.

Finalmente, se arribó con las conclusiones y recomendaciones en concordancia con los objetivos planteados en la investigación.

## **CAPITULO I**

### **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

En el ámbito de la minería, específicamente en la optimización diaria dentro de las operaciones mineras, uno de los aspectos más importantes es incrementar la productividad en los distintos procesos mineros, y resultan mucho más valiosos aquellas mejoras de los procesos, especialmente en el aumento de la producción para la satisfacción del crecimiento de la demanda internacional en un momento de rápido aumento de los precios en el mercado externo.

Desde los inicios de la civilización, la minería ocupó un papel importante. En la prehistoria, el hombre necesitó y utilizó materiales como la piedra, arcilla y posteriormente los metales. La mina más antigua que se tenga evidencia es la de Cueva de León en Suazilandia, África, y cuya edad es de aproximadamente de 43000 años, donde se extraía en el Paleolítico, hematita.

La actividad minera como actividad primaria, ocupa un rol importante en la economía desde tiempos antiguos en las grandes civilizaciones como Egipto, donde, el oro tuvo un papel determinante. En Grecia y Roma esta actividad tuvo una relevancia sin precedentes, en Europa para la época. La importancia de minerales como el oro y otros metales para adornos, utensilios, joyas y armas. Los minerales, sobre todo la plata, ayudaron al auge económico de las ciudades. En Roma la explotación de los minerales se realizó a gran escala, en parte a la mano de obra esclava y las nuevas tecnologías. Ellos utilizaron la energía hidráulica para la extracción de mineral de vetas. En la Edad Media se extrajo sobre todo cobre, hierro y minerales preciosos. En esta Edad se trabajó bastante en minas a cielo abierto. Ya en el siglo XIX la fiebre del oro como en Sudáfrica y Estados Unidos

y Australia, se empezó a utilizar otras tecnologías y el empleo de dinamita. En el siglo XX es donde empieza el verdadero auge e impulso, sobre todo como países de EEUU.

Desde los años 50 esta actividad empezó a globalizarse, ya sea con empresas estatales o privadas. La minería actual es una actividad sistemática que compone de varias etapas. La minería a tajo abierto es la que predomina y estas buscan ser más competitivas, estas utilizan lo último en tecnología con software que son de exclusividad de esta actividad.

En el Perú la minería se da desde la época pre colombina. Muchas culturas como las de Mochica y Vicus, fueron grandes orfebres. En la época virreinal alcanzo tanta fama que sigue en la actualidad la mina de plata más grande de la historia ubicada en el cerro rico de Potosí. Dentro de los procesos que acarrea esta actividad, están, las actividades de carga y acarreo. Estas actividades son consideradas muy importantes dentro del proceso de explotación. En la extracción a tajo abierto, la extracción misma representa un 29% aproximadamente de los gastos, y de este porcentaje el 50% aproximadamente equivale al costo de acarreo.

Lo que se busca en la minería moderna es la optimización con el menor costo, por tanto, creo que se debe priorizar un plan de control de utilización de flotas de acarreo, en ese sentido, se estaría optimizando la producción con bajo costo de tiempo y energía, por lo tanto, es importante describir el panorama actual y definir qué sistema de control se adecúa mejor al tipo de trabajo.

Las demoras y pérdida operacional se definen como aquellos tiempos y actividad, en los que no se realiza un trabajo útil, como cuando ciertas tareas no pueden iniciarse hasta que se terminen otras, generando que los recursos humanos o equipos estén inactivos hasta que finalicen las tareas precedentes y finalmente esto supone una ineficacia del proceso productivo. En las grandes operaciones mineras, la flota de equipos se encuentra siempre en constante movimiento, realizar algún cambio de personal o una parada en los equipos suele ser difícil en los períodos de actividad intensa, llegando a perjudicar no solo, el tiempo efectivo en las operaciones y utilización efectiva de los equipos, sino también, las metas de productividad. Los problemas más críticos que se presentan en las operaciones, es el relevo de operadores, que estos influyen directamente en el rendimiento de la productividad de la flota de camiones mineros, el cambio de guardia actual es

influenciado directamente por el tiempo que se desarrolla este en el parqueo 4215, ya que el llevarlo a cabo toma mucho tiempo en algunas ocasiones, provocando paradas prolongadas de equipos y personal, lo cual afecta directamente en la productividad horaria.

El proceso de Cambio de Guardia también tiene un impacto en la disponibilidad de los equipos, es por ello que si éste se realizara en el menor tiempo posible tendríamos una disponibilidad más alta para todos los equipos.

Los camiones mineros al terminar su guardia o a media guardia (hora de los alimentos) tienen que ir a parquear su respectivo camión al “parqueo 4215” la empresa minera cuenta con 25 camiones mineros.

En el cual teníamos bastantes tiempos muertos que no era favorable para la empresa. La empresa minera Constancia tiene objetivos de referencia estrictos establecidos para lograr incrementar la productividad. Actualmente, el equipo elegido tiene un rendimiento inferior en tres áreas clave:

- Disponibilidad
- Utilización
- Tasas de productividad.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Cuál es el incremento en la productividad de mineral y desmonte en el acarreo de la flota de camiones mineros mediante implementación de bahías de cambio en caliente - Mina Constancia HUBBAY – Cusco?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo es la disponibilidad mecánica de la flota de los camiones mineros con implementación de bahías de cambio en caliente?
- ¿Cuál es el tiempo promedio de guardia con bahías de cambio en caliente en el acarreo de mineral y desmonte de la flota de camiones en la minera Constancia?
- ¿Cuál es la productividad de mineral y desmonte con la implementación de bahías de cambio en caliente de la flota de camiones en la minera Constancia?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar el incremento en la productividad de mineral y desmonte en el acarreo de la flota de camiones mediante implementación de bahías de cambio en caliente - Mina Constancia HUDBAY – Cusco.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la disponibilidad mecánica de la flota de los camiones mineros con implementación de bahías de cambio en caliente en el acarreo de mineral y desmonte en la minera Constancia.
- Determinar el tiempo promedio de guardia con bahías de cambio en caliente en el acarreo de mineral y desmonte en la minera Constancia.
- Determinar el incremento de la productividad de mineral y desmonte con la implementación de bahías de cambio en caliente de la flota de camiones en la minera constancia

### **1.4. Justificación de la investigación**

La importancia de este proyecto radica en que el tiempo perdido en la Unidad Minera Hudbay. Mina se traduce en tonelaje no producido, en otras palabras, se podría lograr una mejor producción con menos demoras en la operación, para ello se debe optimizar toda actividad que demande que equipos e incluso personal se encuentren inactivos por tiempos prolongados, tratando de lograr la continuidad de las operaciones.

### **1.5. Delimitación de la investigación**

#### **1.5.1. Delimitación temporal**

El periodo de la investigación corresponde al año 2021.

#### **1.5.2. Delimitación espacial**

La investigación está comprendida en el parqueo 4215 y la bahía de cambio en caliente de la Mina Constancia.



## **1.6. Hipótesis de la investigación**

### **1.6.1. Hipótesis general**

- La implementación de bahías de cambio en caliente influye en el incremento de la productividad de mineral y desmonte en el acarreo de la flota de camiones en la Mina Constancia HUDBAY – Cusco.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

- H1: La disponibilidad mecánica de la flota de los camiones mineros con implementación de bahías de cambio en caliente influye en el incremento de la productividad de mineral y desmonte.
- H2: El tiempo promedio de guardia con bahías de cambio en caliente influye en el acarreo de mineral y desmonte de la flota de camiones en la minera Constancia.
- H3: La implementación de bahías de cambio en caliente de la flota de camiones contribuye en la productividad de mineral y desmonte en la minera Constancia.

## **1.7. Variables e indicadores**

### **1.7.1. Variables**

#### ***1.7.1.1. Variable dependiente (X)***

- Incremento de la productividad de la flota de camiones mineros

#### ***1.7.1.2. Variable independiente (Y)***

- Implementación de bahías de cambio en caliente

## 1.7.2. Matriz de operacionalización

Variable	Descripción	Dimensión	Indicadores
<b>Dependiente</b>	Incremento de la productividad de la flota de camiones mineros	Acarreo de Camiones Mineros Incremento de número de viajes	Tm/guardia de mineral movido de toda la flota. Tm/guardia de desmonte movido de toda la flota.
<b>Independientes</b>	Implementación de bahías de cambio en caliente	<b>Línea de Cambio en Caliente:</b> Es el punto de cambio de turno entre el grupo entrante y saliente. <b>Hora cero:</b> Se conoce como la hora inicial de turno. <b>Dupla:</b> término utilizado para conocer el grupo entrante y saliente.	Disponibilidad Mecánica (%) Utilización Efectiva (%) Reservas (%)

## 1.8. Metodología de la investigación

### 1.8.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es de enfoque cuantitativo no experimental, ya que la investigación se realizará sin manipular deliberadamente las variables. Es decir, se trata de estudios que no hacen variar la forma intencional de las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables (Hernandez, 2016).

### 1.8.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación responde al proyecto de investigación basándose en el análisis descriptivo, el cual tiene la finalidad de plantear propiedades y características de conceptos, fenómenos, variables o hechos en un contexto determinado. Es útil para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación. (Hernandez, 2016).

### **1.8.3. Población y muestra**

#### ***1.8.3.1. Población***

La población objetiva de este proyecto de investigación es la Unidad Minera Constancia – HUDBAY.

#### ***1.8.3.2. Muestra***

Para la determinación de la muestra tomaremos el parqueo de la flota de camiones mineros para el cambio de operadores de la Unidad Minera Constancia - HUDBAY.

(Hernandez Sampieri & Mendoza Torres, 2016)

#### ***1.8.3.3. Tipo de muestra***

El tipo de muestra a utilizarse es en base a un muestreo no probabilístico porque los datos obtenidos de la investigación son generados en base al criterio del investigador, al momento de aplicar los instrumentos de recolección de datos; que suponen un procedimiento de selección orientado por las características y contexto de la investigación. (Hernandez, 2016).

El tipo de muestra estará constituida en el parqueo de la flota de camiones mineros para el cambio de operadores de la Unidad Minera Constancia - HUDBAY.

### **1.9. Técnicas de recolección de datos**

La recolección de datos se realizará de acuerdo a la naturaleza del estudio, según las posibilidades de acceso a esta data, teniendo en cuenta el tamaño de la población, los recursos con los que se cuente y la oportunidad para la obtención de los datos.

Estos pueden ser recolectados según el análisis de datos y la observación no experimental.

**Análisis datos:** Esta técnica de la obtención de datos se realiza de la fuente primaria del cual se recolectará las variables de interés para la presente investigación.

**Observación no experimental:** Sera para profundizar en el conocimiento del comportamiento de la exploración.

### **1.10. Técnicas de procesamiento de información.**

- Recopilación de información de tiempo de cambio de operadores de camiones antes de la implementación de bahías de cambio en caliente.

- Recopilación de información de tiempo de cambio de operadores de camiones después de la implementación de bahías de cambio en caliente.
- Determinación de reducción de tiempos debido a la implementación de bahías de cambio en caliente
- Determinación de reducción de costos debido a la implementación de bahías de cambio en caliente.

### **1.11. Técnicas de análisis de datos**

Para el análisis de los datos, se evaluará los datos, tanto estos serán desarrollados gráficamente para identificar las tendencias y los patrones que de algún modo no estaría claros. Para el caso de la investigación se utilizará hojas de cálculos Excel, diseño de planos en Autocad, para analizar los datos recolectados.

## **CAPITULO II:**

### **II. MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Según Rodríguez E. (2013), en la tesis titulada “Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: Análisis de prioridades de atención según rendimiento” con el objetivo de estudiar los beneficios que podría traer la utilización de prioridades de atención en el proceso de carga de camiones en minería a cielo abierto, cuando la flota de transporte disponible es heterogénea en términos de capacidad, y por consecuencia, en costos operacionales y el desarrollo de un modelo analítico de dimensionamiento de flota de camiones que represente las características del proceso de carguío y transporte en minería cielo abierto bajo condiciones operacionales en estado de régimen. Concluyendo que para una determinada flota homogénea, al momento de comparar los rendimientos obtenidos a través del modelo analítico y el modelo MFA, se observan diferencias que pueden diferir entre un 4,8% y un 8,7% en el valor de las toneladas por hora transportadas estimadas. Es evidente, que los menores rendimientos se obtienen con el modelo analítico producto de los efectos de la congestión. Así como, para el caso de flotas heterogéneas, para una muestra de 100 tamaños de flotas diferentes, se observa que la inclusión de aleatoriedad en la tasa de llegada, como en el proceso de carga, reduce la capacidad teórica de la flota en un promedio de un 11,6% con un intervalo de confianza del 3,6% con un 95% de confiabilidad.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Gómez Gómez (2017), en la tesis titulada “Disponibilidad de equipos auxiliares para optimizar la productividad en el carguío y acarreo de las fases 01,03 y 07 del tajo constancia empresa especializada STRACON GYM S.A”, con el objetivo de presentar la metodología usada para lograr que la disponibilidad de los equipos auxiliares optimicen la productividad del carguío y acarreo en los tajos de la mina Constancia bajo condiciones severas de operación, tomando en cuenta los factores de seguridad. Concluyendo que se realizó la metodología necesaria para lograr la disponibilidad de los equipos auxiliares optimizando las operaciones de carguío y acarreo en los tajos de mina Constancia en las condiciones de climas severos de 61 846 267 Toneladas/año a 70 279 849,00 toneladas por año. Así como, la productividad alcanzada durante la temporada crítica siempre fue menor a lo planeado; aunque superior en comparación a la temporada crítica del año anterior (2015) donde no se aplicó el monitoreo remoto MINE SENSE y además no existía la flota óptima de acarreo. Del mismo modo, con los equipos de carguío, palas hidráulicas, se tiene una producción de material para movimiento de tierras hacia el TMF la presa de relaves de 650 TM/h, un costo unitario de 0,305 US\$/TM (acarreo) y una eficiencia operativa potencial de 97.00 %. El costo unitario óptimo del carguío y acarreo bajó de 0,7666 US\$/TM (con 22 camiones) a 0,6746 US\$/TM (con un óptimo de 25 camiones).

Según Bravo Quispe (2018), en la tesis titulada “Ampliación de producción de 570 tmd a 1200 tmd de minerales mediante evaluación de operaciones unitarias y reservas minerales en Unidad Minera TACAZA – CIEMSA, con el objetivo de Evaluar las operaciones unitarias y reservas minerales para determinar la producción de 570 TM/día e incrementar a 1200 TM/día de minerales en Unidad Minera Tacaza – CIEMSA. Concluyendo que considerando el objetivo 1 con un procesamiento de mineral de 432 000 TM/año, para un ritmo de procesamiento de 432 000 TM/año de la planta concentradora, para las reservas globales ascienden a los 5’653,986.3 TM de Mineral las dimensiones estimadas son 13.8 m de largo, 17.5 m de ancho con longitud de taladro de 3.21 m con 72 taladros, se ha logrado obtener un volumen de 774 m<sup>3</sup> de mineral multiplicado por la densidad de 2.44 se logra 1889 TMS de mineral cobre el resultado final es que tenemos exceso de producción de 374 TMS de mineral de cobre, existe dimensiones muy variadas en perforación y voladura se ha estimado una producción aproximado de 800 TM/día considerando el requerimiento de la planta de recuperación

metalúrgica de 570 TM diarias (570 TM/día), en esta realidad hay una producción en exceso de 230 TM/día, para el transporte de minerales la empresa cuenta con volquetes de 15 cubos, la voladura para el requerimiento de la planta de recuperación se realiza 3 veces a la semana.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Conceptualización de la productividad**

Las organizaciones son entes sociales únicos e irrepetibles, conformadas por individuos, creadas intencionalmente para la obtención de determinados objetivos o metas, mediante el trabajo humano y del usufructo de los recursos materiales (Díez, Redondo, Barriero & López, 2002; Delgadillo, 2003), que se caracterizan por una serie de relaciones entre sus componentes y es productiva cuando alcanza sus metas, utilizando los recursos a un mínimo costo (Robbins & Judge, 2009; Dávila, 2001; Grandas, 2000).

#### **2.2.1.1. Productividad**

El Banco de Boston (Reserva Federal), describe en uno de sus documentos educacionales el concepto del "Multifactor Productivity" (o en español: Productividad total de factores), de la siguiente manera: "Al igual como la productividad sobre el trabajo mide la cantidad del producto de salida por unidad de trabajo producido, la productividad total de factores, mira hacia una combinación de factores de producción: Trabajo, materiales y capital". En otras palabras, mide la cantidad de producto de salida, por la cantidad total de factores: Trabajo, materiales y capital.

Este sistema, propone una forma de medición más completa que la manera de medir la productividad ya conocida, enfocada a la cantidad de productos fabricados por hora trabajada.

En la siguiente tabla, se presenta la forma de calcular la Productividad total de factores, en función de las distintas variables que inciden en la producción.

Tabla 1: Productividad total de factores Modelo KLEMS

<b>Productividad total de factores = Output / (KLEMS)</b>	
Output:	Cantidad de producción.
K	Capital
L	Trabajo
E	Energía.
M	Materiales
S	Servicios

### **2.2.1.2. Importancia de la productividad**

Según Rivero, (2010), el único camino para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad (o sus utilidades) es aumentando su productividad. Y el instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la utilización de métodos, el estudio de tiempos y un sistema de pago de salarios.

Se debe comprender claramente que todos los aspectos de un negocio o industria como son, ventas, finanzas, producción, ingeniería, costos, mantenimiento y administración, son áreas fértiles para la aplicación de métodos, estudio de tiempos y sistemas adecuados de pago de salarios. En general, dichos métodos son aplicables a cualquier tipo de negocio, ya sea servicios, gobierno etc. Siempre que hombres, materiales e instalaciones se conjugan para lograr un cierto objetivo, la Productividad se puede mejorar mediante la aplicación inteligente de los principios de métodos, estudios de tiempos y sistema de pago de salarios.

### **2.2.1.3. Medición de la productividad**

#### **2.2.1.3.1. Por volumen físico**

Según Luis Campos (2016) Utilizando como unidad de medida la cantidad de bienes producidos. Es la que considera la cantidad de unidades físicas producidas (salida) y la cantidad de unidades físicas ingresadas al proceso de producción (entradas).

Una consecuencia de la división técnica del trabajo en tareas es la fragmentación en múltiples actividades que convergen en la producción de un producto. Esto dificulta que individualmente se pueda identificar cuánto se ha producido. Recordemos que la



productividad es la cantidad de trabajo que fue puesto en acción para alcanzar esa producción. “Esta distinción es muy importante, ya que puede suceder que la productividad horaria no se modifique, pero la productividad por obrero esté aumentando”

#### *2.2.1.3.2. Por valor agregado*

Según Luis Campos (2016) la producción valorizada en moneda local. Este índice, muy utilizado por Organismos Internacionales como medida de la productividad comparada entre países, suele ser criticado ya que no considera las modificaciones en los mismos producto de los procesos inflacionarios.

Al recurrir a la expresión en dinero de los productos, es decir a su valoración en el mercado según sus precios de venta, podemos obtener magnitudes agrupables. De esta forma a la cantidad de unidades producidas así valuadas se las llama Valor Bruto de Producción (VBP). La productividad, tanto horaria como por trabajador ocupado, puede calcularse mediante su valuación a precio de venta.

La posibilidad de medir la productividad dependerá, por un lado, del nivel de análisis que estemos realizando para determinar una medición según volumen físico o valor agregado (un sector de fábrica o toda una fábrica o industria) y, por el otro, de las posibilidades de obtener información sobre la cantidad total de horas trabajadas o de trabajadores ocupados.

#### *2.2.1.4. Factores que incrementan la productividad*

##### *2.2.1.4.1. Cambio organizacional*

Reorganiza el espacio y/o el modo de trabajo para hacerlo más productivo. Estos cambios impactan en las calificaciones de los trabajadores a través de la división social o técnica o bien por el desarrollo de múltiples habilidades o polivalencia/polifuncionalidad. Los cambios espaciales disminuyen los llamados “tiempos muertos” o bien pueden analizarse en relación a los procesos de tercerización, subcontratación, etc. Estos últimos cambios pueden tener como objetivo fortalecer el individualismo, incrementar el control sobre los trabajadores y debilitar la acción sindical más que la búsqueda de incrementos de productividad. El cambio organizacional, introduce el tema de la capacitación de los

directivos en la generación de las condiciones para garantizar la calidad del producto, de los insumos, del proceso y del trabajo. Es necesario contar con una gestión que tome conciencia de la importancia de vincular la satisfacción del cliente con la satisfacción del trabajador para alcanzar las metas de productividad (De La Garza Toledo, E.: 2017).

#### 2.2.1.4.2. Cambio de ritmo de trabajo

Aumenta la velocidad de la tarea. La jornada de trabajo no se modifica, se intensifica, produciendo un mayor desgaste físico y/o mental del trabajador (nivel de concentración para evitar errores). A veces las definiciones de polivalencia, polifuncionalidad implican mayor aceleración de los ritmos de trabajo al favorecer la rotación entre puestos. Aquí “se trata de averiguar la forma de trabajar de manera más inteligente, no más dura”. La intensificación de los ritmos de trabajo como único factor, es el preámbulo para la automatización de las tareas e involucran los requerimientos de reconversión profesional. (Prokopenko, J.: 1989).

#### 2.2.1.4.3. Cambio a nuevas tecnologías

(maquinas, herramientas, insumos). Debemos recordar el conjunto de ajustes, mantenimiento, control, adaptación de maquinarias, herramientas e insumos al contexto productivo que se realiza a través de las habilidades de quienes trabajan. La innovación es una fuente de incremento de la productividad. “Las ideas son como las materias primas de las innovaciones, por esa razón sin ideas la innovación no sería posible. Se necesitan buenas ideas para resolver problemas, para generar productos, para tomar decisiones. La creatividad es un proceso mental que ayuda a generar ideas y se la define como “un conjunto de técnicas y metodologías susceptibles de estimular y de incrementar nuestra innata capacidad de crear, desarrollándola y canalizándola”. Las empresas han aprendido a seleccionar y aprovechar las ideas creativas, ya sean internas o externas, para gestionar la innovación, que es la explotación con éxito de nuevas ideas. Una empresa sin capacidad de innovar difícilmente pueda adaptarse exitosamente a un sistema de desarrollo de tareas basado en la productividad”. La introducción de nuevas tecnologías es el factor más fácilmente observable para analizar los requerimientos de educación y formación de quienes trabajan. La temática de las actitudes (autonomía, aprender a aprender, responsabilidad) y las motivaciones para el perfeccionamiento profesional son críticos al

analizar el vínculo entre tecnologías y productividad o innovación y productividad. (Aldao Zapiola, C.M.: 2013).

### **2.2.1.5. Índice de la productividad operativa**

#### **2.2.1.5.1. Productividad Instantánea (TM/h)**

Es aquella producción máxima (u óptima), en el cual no son considerados los tiempos de espera y demoras.

$$\text{Product. Instantánea (TM/h)} = \frac{\text{Toneladas cargadas}}{\text{Tiempo cargando}}$$

#### **2.2.1.5.2. Productividad Efectiva (TM/h)**

Es la producción en donde se incluyen los tiempos de espera que se consideran normal, pero no el que se pierde en demoras.

$$\text{Product. Efectiva (TM/h)} = \frac{\text{Toneladas cargadas}}{\text{Tiemp. Cargando} + \text{Tiemp. Acomodo}}$$

#### **2.2.1.5.3. Productividad Operativa (TM/h)**

Esta productividad incluye todos los tiempos de espera y demoras.

$$\text{Product. Operativa (TM/h)} = \frac{\text{Toneladas cargadas}}{\text{T. Cargando} + \text{T. Acomodo} + \text{T. Espera}}$$

#### **2.2.1.5.4. Tiempo de Espera.**

$$\text{Tiempo espera (min)} = \frac{\text{Esperando}}{n^{\circ} \text{cargas}}$$

#### **2.2.1.5.5. Disponibilidad mecánica:**

$$Dfm = \frac{\text{Tiempo Disponible}}{\text{Tiempo Nominal}} \times 100\%$$

#### **2.2.1.5.6. Utilización efectiva:**

$$UtEf = \frac{\text{Tiempo Efectivo}}{\text{Tiempo Disponible}} \times 100\%$$

#### 2.2.1.5.7. %Pérdidas operacionales:

$$\%PO = \frac{\text{Tiempo Perdidas Operacionales}}{\text{Tiempo Disponible}} \times 100\%$$

#### 2.2.1.5.8. %Reserva:

$$\%Res = \frac{\text{Tiempo Reserva}}{\text{Tiempo Disponible}} \times 100\%$$

**Disponibilidad mecánica:** Fracción porcentual del tiempo nominal en que el equipo se encuentra en condiciones mecánicas para operar.

**Utilización efectiva:** Corresponde a la fracción porcentual del tiempo disponible en donde el equipo se encuentra en producción pura (sin PO).

**% PO:** Fracción porcentual del tiempo disponible en que el equipo genera Pérdidas Operacionales (colas).

**%Reserva:** Fracción Porcentual del tiempo disponible en que el equipo se encuentra en estatus de Reserva.

#### **KPIs de productividad.**

**Disponibilidad mecánica:** es el porcentaje del tiempo total que el equipo está libre para operaciones, es una medida de la eficiencia de mantenimiento, por lo que es controlada por ellos.

**Utilización:** el porcentaje de tiempo en que el equipo está produciendo, respecto del total del tiempo disponible mecánicamente, es una medida de la eficiencia del aprovechamiento de los recursos por parte de operaciones.

**Taza de producción:** es uno de los parámetros más importantes en la evaluación de un depósito mineral. En esto influye el diseño y el éxito económico de un proyecto, gracias a esto también se puede determinar la vida útil de la mina. Ya que la vida útil se determina dividiendo la taza de producción con las reservas de mineral estimadas.

### **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.3.1. Teoría de colas**

Las demoras asociadas a cualquier tipo de servicio (oferta) son inevitables en caso de que estos respondan a demandas no predecibles. Adicionalmente, tanto los procesos de llegada de aquellas entidades que requieren de servicio, como el proceso de atención del sistema al cual pertenecen están gobernados por leyes probabilísticas que pueden ser conocidas o desconocidas.

Dado el carácter estocástico del sistema, el costo de proveer la suficiente capacidad para evitar todo tipo de demoras es infinito. Por lo tanto, el desafío está en diseñar un sistema de servicio tal, que logre el balance requerido entre los costos operacionales y las demoras sufridas por los demandantes del servicio.

La Teoría de Colas, o teoría de la congestión, es la rama de la investigación de operaciones que estudia las relaciones entre las demandas asociadas a un determinado sistema y las demoras asociadas a los usuarios de este mismo (Larson y Odoni, 1983).

Según Larson y Odoni (1983) el estado del arte se resume en los siguientes cuatro puntos:

- La mayoría de los importantes resultados existentes en la teoría de colas se han obtenido para condiciones de equilibrio del sistema o comúnmente llamado estado estacionario o de régimen.
- Es usual que el investigador se deba enfrentar a la decisión de escoger entre modelos matemáticos realistas para los cuales en la mayoría de los casos no es posible obtener resultados, o la utilización de modelos simplificados cuya validez de los resultados es cuestionable.
- Los resultados más exactos se obtienen cuando los tiempos entre llegadas o los tiempos de atención, o ambos tiempos, distribuyen exponencial negativa.
- La modelación de teoría de colas es precisa en estimar el valor esperado de los tiempos de espera o el número de usuarios de un determinado sistema, pero sus resultados no son lo suficientemente acertados al momento de calcular las distribuciones de probabilidad.

Es importante mencionar que los estudios de teoría de colas se basan en modelos matemáticos que buscan representar un determinado sistema del mundo real a través de simplificaciones y aproximaciones de las diferentes variables que lo conforman. Los resultados del análisis deben ser considerados como referencia para la toma de decisiones sobre el sistema real.

### **2.3.2. Factores que Influencian la Selección del Equipo.**

Los factores que influyen la selección de equipo pueden resumirse en lo siguiente:

- Conocimiento previo del tonelaje de mineral estéril y otros.

- Consideraciones relativas a topografía y límites de propiedad.
- Necesidades de control de ley de mineral y ganga.
- Características físicas del mineral, estéril y otros
- Consideraciones climáticas y de altitud.
- Características de las vías de acarreo.
- Condiciones de carguío.
- Condiciones de volteo o descarte del material
- Garantía de que el equipo sea probadamente adecuado para el tipo de trabajo.
- Objetivo final, obtener la mayor producción al menor costo de manera segura.

### **2.3.3. Flota de equipos de acarreo**

El camión corresponde a la unidad de transporte utilizada en explotación de minas a tajo abierto, Los camiones mineros están especialmente diseñados para acarrear tonelajes mayores, hasta 260 Ton. Los equipos de transporte trasladan el material a su destino final, ya sea a botaderos, planta o pad (Ríos, 2013).

#### ***2.3.3.1. Camiones mineros CAT 793F***

El camión minero CAT 793F es utilizado ya sea que acarree cobre, carbón, oro, mineral de hierro o escombros, el 793F proporciona el costo óptimo en su clase por unidad de producción. Incluidos los mejoramientos en seguridad, productividad, capacidad de servicio y comodidad, podrá ver la razón por la cual el modelo 793F es líder de la industria en su clase. Combine estas características con el servicio inigualable de respaldo del distribuidor y descubrirá la razón por la cual más sitios mineros eligen los camiones mineros Cat para sus necesidades de producción. (CATERPILLAR, 2018)

*Imagen 1: Camión Minero CAT 793F*



Fuente: Caterpillar

#### **2.3.4. Descripción de operaciones y detenciones**

Cada una de las operaciones y sus ciclos productivos, están compuestas por una serie de actividades y/o maniobras que utilizan una fracción de tiempo operativo y tal como fue mencionado en el punto anterior, serán estos tiempos los utilizados para realizar las evaluaciones de gestión correspondientes ya sea a cada operación unitaria o bien a la global mina.

Por esta razón y como una forma de homogeneizar la terminología que se utiliza en el estudio, es que se deben definir cada uno de los tiempos de maniobras realizadas en el ciclo de transporte, además como parámetro de la evaluación técnica se describe brevemente la forma óptima en la que estas deben ejecutarse.

##### **2.3.4.1. Transporte**

Transportar el material desde la frente de carguío hacia los distintos puntos de descarga (chancado, botadero, stock), de manera eficiente y segura, para cumplir con los requerimientos de desarrollo y producción, este último basado en el abastecimiento de mineral a planta.

Los tiempos críticos que se presentan en el ciclo de transporte comprenden una serie de maniobras, que se inician en el momento de ser despachados por el operador de pala (digitación en la consola) y finaliza con una nueva asignación luego de verter el material.

Durante este trayecto también conjugan las velocidades en rutas, determinadas principalmente por el tipo de camión y la pendiente de cada tramo, así como también el abastecimiento de combustible.

Cada uno de los tiempos críticos son:

- Maniobra y descarga en chancado.
- Maniobra y descarga en botaderos o stock.
- Acarreo (Perfiles de transporte).

#### ***2.3.4.2. Perfiles de transporte***

Las rutas de acarreo usualmente se caracterizan por la variabilidad de pendientes que hay en los distintos caminos, lo que asociado al modelo de camión de extracción que circula por ella determinará una variabilidad en las velocidades que se desarrollan en cada una de estas rutas.

El ciclo de acarreo es una operación clave para conocer los requerimientos de flota en un nivel productivo, en donde confluyen tanto las tasas de excavación y también el tiempo que demoran los camiones de extracción en cumplir los recorridos asignados entre origen y destino tiempos de demoras en otras actividades como carguío de combustible, etc. (ciclo de operación). Si bien es cierto el fabricante de estos equipos entrega un gráfico detallado para calcular las velocidades que desarrollan en distintas pendiente y condiciones de viaje (lleno o vacío), con el pasar del tiempo estas no se ajustan plenamente a la realidad de la operación, además de no incorporar variables operacionales de las rutas de acarreo.

Un punto fundamental en la evaluación de velocidades en los distintos perfiles de transporte, es la condición de viaje en que va el equipo, es decir si viaja cargado o vacío.

#### ***2.3.4.3. Viaje cargado***

La operación de acarreo es muy importante, puesto que su función es desplazar el material desde la zona de carguío hacia los distintos puntos de descarga, de manera segura y eficiente para cumplir con los requerimientos de producción, sobre todo cuando Se trata



de alimentar a la planta que es un punto crítico en la toma de decisiones. Un ciclo De un camión minero en la operación unitaria de acarreo tiene una secuencia representada.

En la siguiente ecuación (Camiper, 2017):

$$TCT = TPP + TC + TVC + TPV + TV + TVV + R$$

Donde:

TCT= tiempo ciclo unidad de transporte [min]

TPP= tiempo para posicionarse frente a la unidad de carguío [min]

TC = tiempo carguío [min]

TVC=tiempo viaje cargado [min]

TPV=tiempo posicionamiento en lugar de descarga [min]

TV= tiempo vaciado [min]

TVV=tiempo viaje vacío [min]

R= retrasos [min]

#### **2.3.4.4. Viaje vacío**

Contempla el tiempo de viaje que utiliza y distancia que recorre el camión de extracción vacío, desde el final de su descarga y posterior asignación, hasta el anuncio de su llegada al destino asignado (punto de carga), para iniciar posteriormente el acumulamiento en cancha.

Cabe señalar que, durante ambos viajes, podría ocurrir algún tipo de obstrucción en ruta, provocado principalmente por caminos angostos, equipos mal ubicados (mecánica de terreno) o bien trabajos en ruta, lo que genera esperas en ruta, sin embargo estas no siempre son contabilizadas como tal y habitualmente son agregadas a los tiempos de viaje ya indicados.

#### **2.3.4.5. Detenciones programadas**

En mina Hudbay solo existen dos detenciones programadas, referidas ambas a detenciones que realizan los operadores en el cambio de turno y refrigerio. Una tercera detención que se realiza, a pesar de no ser programada, es de vital importancia para el normal funcionamiento de los equipos de transporte, el abastecimiento de petróleo.

#### **2.3.4.6. Cambio de turno**

Corresponde al tiempo utilizado para realizar el relevo de operadores a los distintos equipos de producción y apoyo.

En cada fin de turno e inicio del siguiente, los operadores del turno saliente detienen los equipos en alguno de los sectores habilitados para el relevo, mientras que los operadores del turno entrante toman los vehículos que los llevarán a los puntos de la mina en donde se encuentran detenidos los equipos a los que fueron asignados, para ponerlos nuevamente en operación. Este relevo es realizado en terreno.

#### **2.3.4.7. Medio turno**

Tiempo utilizado por los operadores de equipos para hacer una detención en ruta en la mitad cronológica del turno. Los operadores detienen sus equipos en los puntos indicados para esta detención o en ruta, por un lapso de treinta minutos. Luego de lo cual vuelven a la operación.

#### **2.3.4.8. DISPATCH**

El Dispatch es una herramienta en tecnología minera de gestión cuyo objetivo es incrementar la asignación de equipos, maximizando la utilización del tiempo y minimizando las pérdidas, en tiempo real (SM, 2007).

Realiza registra los eventos que se desarrollan durante los ciclos de operación. Sobre la base de esta información, el sistema de forma automática determina la ruta óptima de acarreo de material. Las operaciones básicas del sistema son las siguientes:

- Registro de eventos del ciclo de acarreo de material relevantes e importantes para la empresa.
- Traspaso de los datos en tiempo real y posterior decodificación.
- El sistema registra los datos y guarda la información.
- El software procesa los datos y gestiona asignaciones de manera óptima de destino a los camiones de extracción.
- Finalmente, el sistema hace un envío de la asignación al camión respectivo para que realice la ruta óptima.

### **2.3.5. Cambio de guardia**

#### **2.3.5.1. Normal**

Corresponde al tiempo utilizado para realizar el relevo de operadores a los distintos equipos de producción y apoyo.

En cada fin de turno e inicio del siguiente, los operadores del turno saliente detienen los equipos en alguno de los sectores habilitados para el relevo, mientras que los operadores del turno entrante toman los vehículos que los llevarán a los puntos de la mina en donde se encuentran detenidos los equipos a los que fueron asignados, para ponerlos nuevamente en operación. Este relevo es realizado en campo.

#### **2.3.5.2. En caliente**

Momento de ser relevado, el operador saliente incluirá como información relevante la asignación designada (punto de carguío y descarga asignada).

Con la carta balance presentada en donde el trabajo de la supervisión incrementa el valor del proceso y por consiguiente las primeras horas de la guardia entrante tendrían que mantener y elevar la productividad de la guardia saliente.

Asignando responsabilidades “extra” a los operadores para apoyar la supervisión del proceso, motivar en el personal compromiso para con el trabajo.

Personal involucrado necesario, en un proceso evolutivo, en busca de la mejora continua.

### **2.3.6. Confiabilidad humana**

El elemento más importante de una empresa es su recurso humano. Gerentes de muchas compañías reconocen que el resultado de su éxito se debe a su grupo de trabajo. El análisis cuantitativo y cualitativo de las ocurrencias que culminaron con grandes pérdidas (explosiones, derrames, incendios) tiene como causa principal una intervención humana inadecuada. Los estudios indican que el 75% de las fallas son causadas por falla humana.

Por lo tanto, hablar de confiabilidad sin considerar al ser humano, ofrece una simplificación muy grande del tema. En un entorno industrial, se tiene dos grupos de personas que deben ser capacitados cuando se está implementando un programa de confiabilidad: las personas de mantenimiento y de producción. A éstos corresponde la definición del perfil de competencias necesarias para sus respectivas funciones. Evaluaciones periódicas y complementación de las mismas, cuando sea aplicable, a través del desarrollo de habilidades adicionales.

Los empleados de mantenimiento están conscientes de que el entrenamiento puede hacer su trabajo más rápido y fácil. Aceptar que los trabajadores están motivados para participar en actividades que los desafíen y hagan sus tareas más fáciles, placenteras y seguras. Las personas demandan por líderes que les muestren cómo hacer lo correcto y los alienten al éxito. En este caso la motivación es inspiración para alcanzar la excelencia en todas las actividades.

## **CAPITULO III:**

### **III. ÁMBITO DEL ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. ASPECTOS GENERALES DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO**

Hudbay llegó a Perú con la adquisición del proyecto de cobre Constancia en 2011. Completando la construcción de Constancia en 2014 y la mina pasó de la primera producción a la producción total en solo cinco meses. Hoy Constancia es la mina de cobre sulfurado a cielo abierto de menor costo en Sudamérica. La propiedad Constancia también incluye Pampacancha, un depósito satélite de cobre de alta ley ubicado a solo cuatro kilómetros de la planta Constancia. Continuamos trabajando diligentemente para finalizar acuerdos de beneficios con las comunidades cercanas a Pampacancha, una condición previa necesaria antes de que se pueda desarrollar el yacimiento. En 2018, adquirimos una serie de propiedades cerca de Constancia, agregando un gran bloque contiguo de prospectos de exploración dentro de la distancia de transporte en camión de la instalación de procesamiento de Constancia.

##### **3.1.1. Ubicación política**

La zona de estudio tiene la siguiente ubicación política:

Distritos	:	Chamaca, Livitaca y Velille
Provincias	:	Chumbivilcas
Departamento	:	Cusco

### 3.1.2. Coordenadas UTM

Este : 197,036 a 203,806  
Norte : 8'393,167 a 8'400,860  
Altitud : 4,400 msnm

*Imagen 2: Ubicación de la UM Constanca*



Fuente: Mina Constanca

### 3.1.3. Ubicación geográfica

La Mina Constanca se ubica en los distritos de Chamaca, Livitaca y Velille, provincia de Chumbivilcas, en el departamento de Cusco. Se encuentra 634 km al sureste de la ciudad de Lima y 112 km al Sur de la ciudad de Cusco (distancias en línea recta), a una altitud que varía entre los 4 000 y 4 400 m.s.n.m.

### 3.1.4. Acceso

Tabla 2: La vía de acceso, por carretera es:

De	Para	Distancia (km)	Tiempo (h)
Lima	Arequipa	1,010	17.00
	Canahuasi	80	1.25
	Imata	63	0.75
	Yauri/Espinar	103	2.50
	Chilloroya	88	2.50
	<b>Total</b>	<b>1344</b>	<b>24.00</b>

Cusco	Sicuani	140	2.00
	Descanso	40	1.00
	Yauri/Espinar	45	0.75
	Chilloroya	88	2.50
	<b>Total</b>	<b>313</b>	<b>6.25</b>

### 3.1.5. Topografía general

La topografía del área de influencia del proyecto Constancia está definida por un relieve moderado con valles de poca profundidad y cerros redondeados que alcanzan elevaciones de 4 000 a 5 000 m. Se distinguen dos superficies de Erosión, una antigua donde se encuentran algunos vestigios ubicados al sur y sobre la que se depositó el volcánico Tacaza y otra más moderna que forma los rasgos topográficos actuales.

Esta superficie de erosión presenta un drenaje dendrítico incipiente que indica la iniciación de una etapa erosiva más intensa.

Existen abundantes indicios de actividad glacial, y erosión relacionada con ella, que corresponde a la última etapa de glaciación. Esta erosión ha modelado los valles en forma de U.

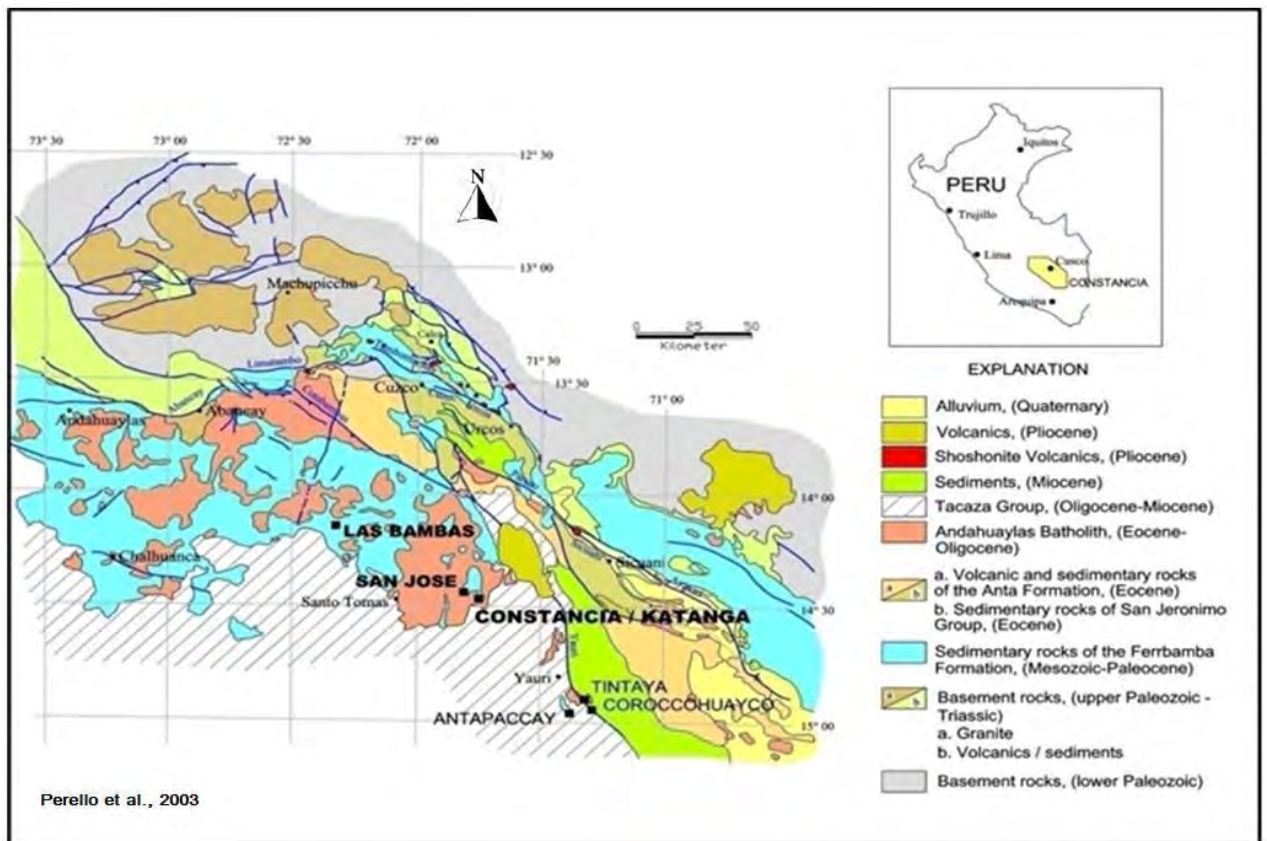
## 3.2. GEOLOGÍA DE LA UNIDAD MINERA CONSTANCIA

### 3.2.1. Geología regional

El proyecto se encuentra emplazado en la margen este del batolito Andahuaylas – Yauri. Las rocas más antiguas en el área, corresponden a una secuencia de areniscas de grano de tamaño mediano de color blanco, rojo, violeta o gris con intercalaciones de esquistos de barro de color rojizo de la Formación Chilloroya del Cretácico Inferior (también denominada Formación Murco).

La Formación Arcurquina descansa de manera discordante sobre la Formación Chilloroya. Estas formaciones sedimentarias han sufrido fenómenos intrusivos por parte de las rocas plutónicas que pertenecen al Andahuaylas-Yauri batolito de la era Oligoceno.

Imagen 3: Geología Regional del proyecto minero Constancia.



Fuente: Unidad Minera Constancia

### 3.2.2. Geología local

El mapeo geológico de superficie realizado por Norsemont entre los años 2005 y 2008 ha sido complementado en gran medida por los nuevos caminos de perforación y plataformas para los 317 puntos de perforación que se han construido.



La interpretación de los resultados de los testigos de perforación ha sido de bastante utilidad para la mejora del mapeo de la superficie.

### ***3.2.2.1. Intrusiones***

Múltiples fases de monzonita y pórfido de monzonita caracterizan gran parte del área de superficie del prospecto, y también dominan los tipos de rocas que se observaron en las perforaciones hasta la fecha. En esta etapa de comprensión del yacimiento, se han reconocido al menos cuatro fases principales de intrusión, y la segunda más antigua se encuentra asociada con el evento de mineralización principal. Del más antiguo al más reciente, estas son las siguientes:

#### ***3.2.2.1.1. Diorita - DI.***

Esta estructura no es parte del evento intrusivo asociado con la mineralización; sin embargo, forma el “Basamento Intrusivo” del Batolito Andahuaylas-Yauri, donde está emplazado el yacimiento de cobre porfirítico de Constancia.

#### ***3.2.2.1.2. Monzonita Porfírica 1 - MPI.***

Esta unidad aflora como una gran intrusión de roca ígnea del cerro Constancia, extendiéndose al oeste hasta San José. Esta unidad alberga la mayor parte de la mineralización relacionada con el pórfido.

Se caracteriza por fenocristales de plagioclasa abundantes (40- 50%) hasta 3 mm de longitud. La hornablenda constituye el 5-7%, con cristales alargados de hasta 6 mm de largo. La matriz es rosácea, con cristales de ortoclasa y magnetita más pequeños. Las partes superiores de esta intrusión de roca ígnea se encuentran en su mayor parte lixiviadas, haciendo difícil su reconocimiento.

#### ***3.2.2.1.3. Monzonita Microporfírica - MMP.***

Esta unidad estructural se caracteriza por una textura de grano fino con cristales de plagioclasa (60-70%) hasta 2 mm de longitud. La biotita (1-3%) y la magnetita (<1%) son visibles en la matriz de color gris claro. Dentro de este cuerpo, ocurren parches de alteración redondeada de 1-7 mm de ancho, simulando xenolitos.

#### 3.2.2.1.4. Monzonita Porfírica Cuarzosa - QMP.

La unidad de Pórfido ocurre mayormente en la zona de Constancia, como diques anchos de tendencia norte-sur a norte-noroeste con límites de grano fino oscuro endurecido, clasificados erróneamente algunas veces como andesitas en registros previos. Plagioclasas abundantes (40-60%) con cristales de hornablenda tabulares y bien formados (7%) ocurren como fenocristales en una matriz de color verdoso.

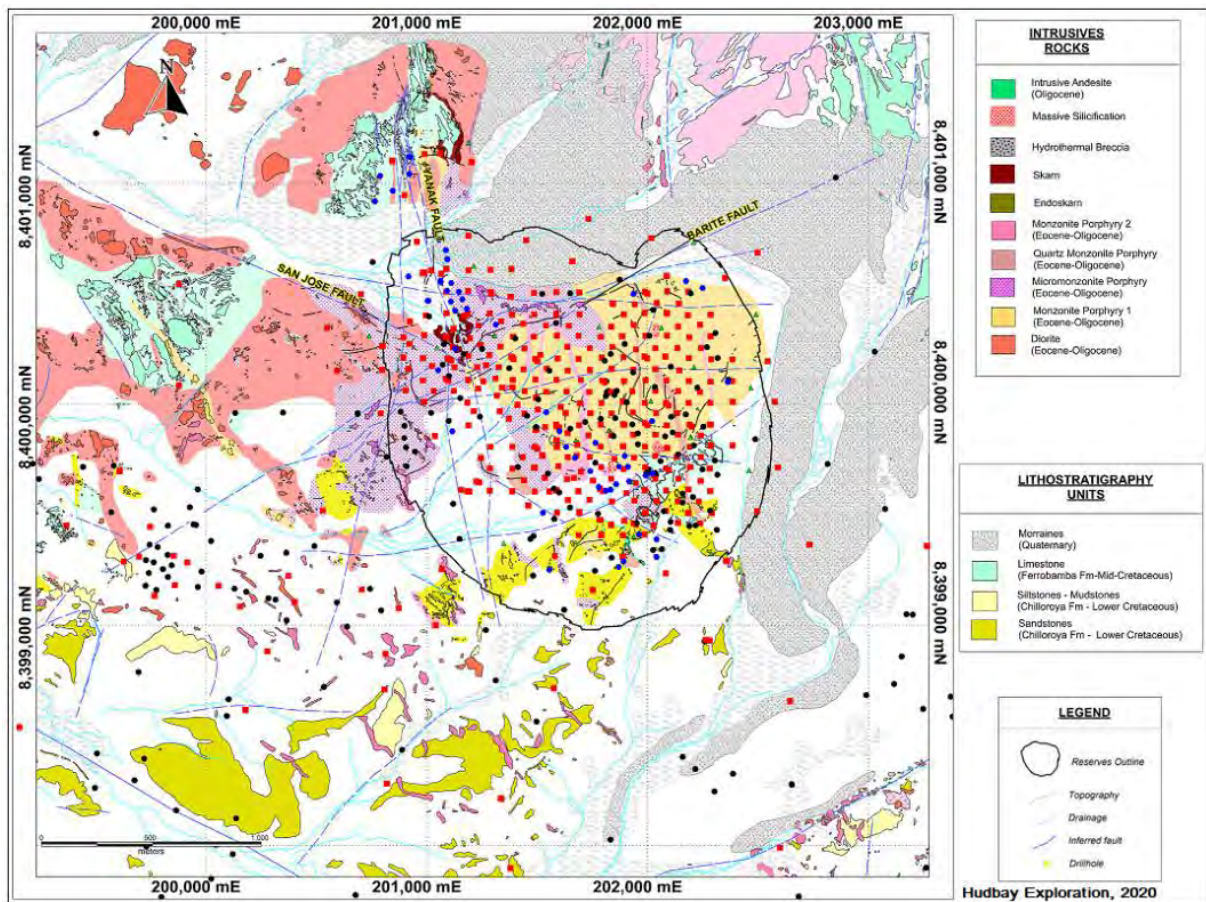
#### 3.2.2.1.5. Monzonita Porfírica 2 - MP2

Esta Monzonita Porfírica es similar a un dique aflora en su mayor parte hacia el oeste de Constancia, entre las zonas de Constancia y San José. Se caracteriza por fenocristales de plagioclasa abundantes (60-70%) hasta 4 mm de longitud. Estos cristales se encuentran normalmente subredondeados en una matriz de color blanquecino con pequeñas cantidades de magnetita y de rocas máficas (hb>bio) en aproximadamente 5-8%.

#### 3.2.2.1.6. Andesita-AAN.

Esta unidad posee una roca afanítica de color gris oscuro (color verdoso por la cloritización), con fenocristales de plagioclasa y hornblenda con aproximadamente 1% de magnetita.

*Imagen 4: Geología Local del proyecto Constancia.*



Fuente: Unidad Minera Constancia

### 3.2.3. Geología económica

El yacimiento Constancia es un sistema pórfido de Cu-Mo que incluye mineralización skarn de cobre.

Las características geológicas, en “Tajo Constancia”, son típicas de los depósitos polimetálicos tipo Pórfido de Cobre – Molibdeno - Oro.

El pórfido Constancia ha sido evaluado por 317 sondajes de perforación diamantina (antes de Enero de 2009), algunos hasta profundidades de más de 600 m. La mayor parte de la mineralización ocurre como disseminaciones, yacimientos fisurales de vetas de cuarzo y rellenos de diaclasamientos de sulfuros, asociados principalmente con el “Micro Pórfido de Monzonita (MP1)”. El MP1 muestra cuarzo-sericita extensiva o alteración potásica.

La mineralización de cobre está mejor desarrollada en la parte central del yacimiento dentro del pórfido de monzonita y se encuentra abierto a una profundidad por debajo de 3800 msnm.

La oxidación y lixiviación son intensas, casi sin sulfatos frescos que ocurran en la superficie. Una capa lixiviada tiene lugar a profundidades variables, hasta un máximo de

100 m .La oxidación decrece hacia los márgenes del prospecto y en el skarn de magnetita, alcanzando solamente unas cuantas decenas de metros de profundidad.

Los minerales de óxido de hierro principales son jarosita y goethita con cantidades menores de hematita después de calcocita supergénica. Las leyes de cobre normales en la capa lixiviada se encuentran en el orden de 100 - 200 ppm, valores considerados como muy anómalos en términos geoquímicos. Los valores de molibdeno y oro en la capa lixiviada son generalmente similares a las leyes hipogénicas.

La zona de San José se encuentra en 350 m al oeste- noroeste del límite occidental del yacimiento Constancia y está separada de éste por la Zona de la Falla de Barita.

Se completaron sesenta taladros de perforación en el área; muchos de ellos con el propósito de identificar la extensión y profundidad de la mineralización. Los controles principales para el área parecen ser dos fallas que lo conectan en el este (Falla San José) y el oeste. Estas dos fallas tienen generalmente rumbo norte-sur, pero podrían unirse en uno solo en la zona de Yanaccaca.

La mineralización en esta área corresponde mayormente a conjuntos del tipo Hipógeno, con mineralización de skarn en forma secundaria.

Se han encontrado cinco asociaciones (o tipos) de mineral diferente dentro del área del Proyecto Constancia, siendo así:

### ***3.2.3.1. Hipógeno***

Mineralización hipogénica de estilo porfídico, que incluye yacimiento fisural de vetas de cuarzo diseminadas y mineralización de calcopirita-molibdenita de diaclasamiento controlado en el intrusivo. La mineralización hipogénica (Tipo 1) constituye el grueso del yacimiento, llegando por debajo del nivel de 3900 m.

#### ***3.2.3.1.1. Skarn***

La mineralización de skarn (Tipo 2) es volumétricamente más pequeña que el Tipo 1; sin embargo, las leyes son normalmente superiores, y la mineralización ocurre en la superficie o cerca de ésta. En el contacto entre los intrusivos y las calizas, se desarrolla skarn granate y magnetita, mientras que la asociación piroxena – diópsido (granate – epidota) es más común en areniscas calcáreas y arcosas de la Formación Chilloroya.

#### 3.2.3.1.2. Supérgeno

El enriquecimiento supérgeno (Tipo 3) ocurre inmediatamente debajo del Tipo 2, y ocasionalmente como remanentes dentro de la capa lixiviada. Las leyes más altas de cobre en el pórfido Constancia están generalmente asociadas con este tipo y con la zona de skarn.

La digenita – covelita - calcocita supergénica (cobre nativo raro) principalmente alojada en intrusivo, que yace por debajo de una capa lixiviada.

#### 3.2.3.1.3. Mixto o de transición

La zona transicional (Tipo 4) corresponde a la zona donde se mezcla la mineralización supergénica e hipogénica; por ejemplo, donde coexisten los sulfuros supérgeno e hipógeno.

Es también denominado transicional (mezclado) que incluye sulfuros de cobre secundario / calcopirita en la monzonita (transición del Tipo 1 y Tipo 3 líneas arriba).

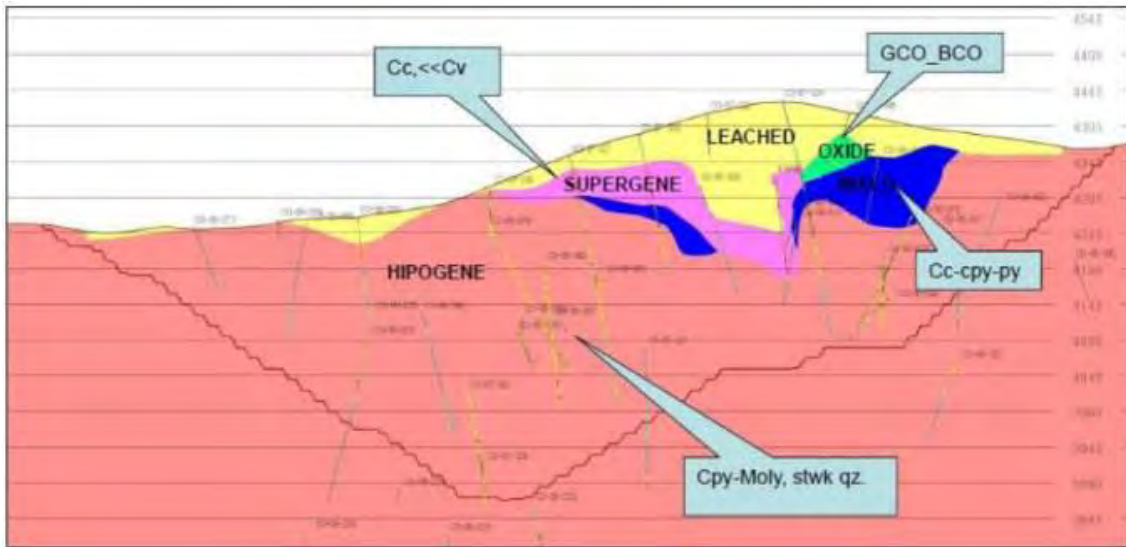
#### 3.2.3.1.4. Óxidos de cobre

La mineralización de óxido de cobre (Tipo 5) ocurre localmente. Mientras sea superficial, es volumétricamente pequeña y por lo tanto, no es considerada relevante para su explotación en esta etapa de desarrollo. Para efectos de un análisis económico, considerando un tratamiento y procesamiento de minerales, sólo se ha considerado los tipos de mineralizaciones 1, 2 y 3; y además el tipo 4, considerando que en esencia es la mezcla del tipo 1 y 3, correspondiente al material Hipógeno y Supérgeno.

Se conocen dos áreas de mineralización de estilo porfídico dentro del área del proyecto, Constancia y San José.

En Constancia, la mineralización es más profunda que la observada en San José, la cual ocurre en la superficie. La zona mineralizada se extiende aproximadamente 1200 m en la dirección norte-sur y 800 m en la dirección este-oeste. Se identificaron varias áreas nuevas de exploración en los alrededores de Constancia, distintas de “Yanaccaca” y “Old Adits”.

Imagen 5: Mineralización en el Tajo Constanca



Fuente: Unidad Minera Constanca

### 3.3. RESERVAS MINERALES

#### 3.3.1.1. Constanca

Los estimados de recursos minerales se informan sin incluir los estimados de reservas para Constanca e incluyen los estimados de recursos minerales inferidos ubicados dentro del diseño del tajo utilizado para informar los estimados de reservas minerales, así como los estimados de recursos minerales medidos, indicados e inferidos ubicados fuera del tajo de reservas minerales y dentro la cáscara del pozo de recursos minerales. Las estimaciones de recursos se reportan aplicando la misma fórmula NSR que se usa para reportar reservas. Esta fórmula NSR modela el beneficio combinado de producir cobre, molibdeno y plata además de los costos de operación, procesamiento y fuera del sitio de la mina.

Tabla 3: Estimaciones de recursos minerales de constanca exclusivo de reservas minerales

	<b>Tn</b>	<b>Cu (%)</b>	<b>Mo (g/tn)</b>	<b>Au (g/tn)</b>	<b>Ag (g/tn)</b>
Probada	125,200,000	0.22	65	0.038	2.11
Probable	118,300,000	0.22	65	0.037	2.05
<b>Total M-I</b>	<b>243,500,000</b>	<b>0.22</b>	<b>65</b>	<b>0.038</b>	<b>2.08</b>
Geológico	46,600,000	0.30	73	0.054	2.72

Fuente: Unidad Minera Constanca

### 3.3.1.2. Pampacancha

Los recursos minerales para el depósito de Pampacancha se clasificaron según los Estándares de Definición de Recursos Minerales y Reservas Minerales de CIM de 20142 mediante la aplicación de una NSR que refleja el beneficio combinado de producir cobre, molibdeno y plata además de los costos de operación, procesamiento y fuera del sitio de la mina.

Los recursos minerales, clasificados como Medidos, Indicados e Inferidos, se resumen en la tabla indicada.

Tabla 4: Estimaciones de recursos minerales de Pampacancha exclusivo de reservas minerales

	<b>Tn</b>	<b>Cu (%)</b>	<b>Mo (g/tn)</b>	<b>Au (g/tn)</b>	<b>Ag (g/tn)</b>
Probada	11,400,000	0.46	101	0.245	4.95
Probable	6,000,000	0.35	84	0.285	5.16
<b>Total M-I</b>	<b>17,400,000</b>	<b>0.39</b>	<b>95</b>	<b>0.259</b>	<b>5.02</b>
Geológico	10,100,000	0.14	143	0.233	3.86

Fuente: Unidad Minera Constancia

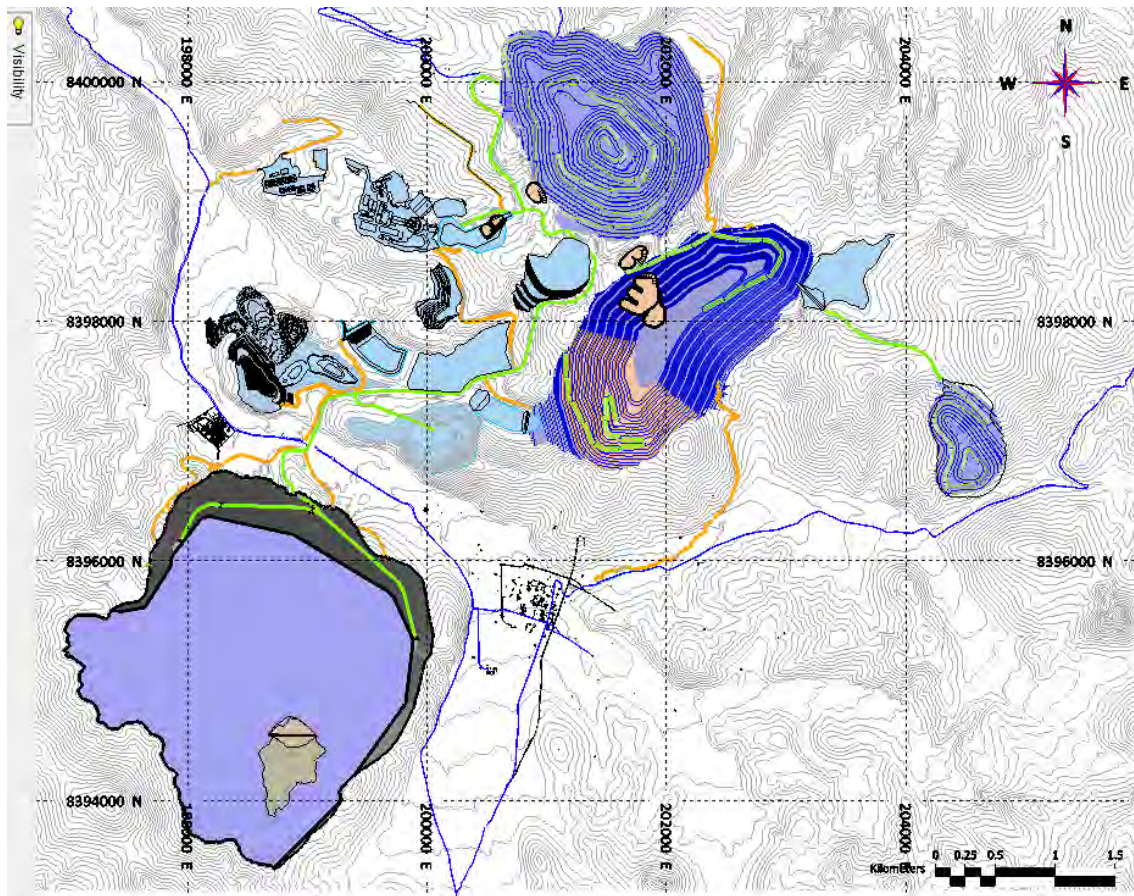
### 3.4. OPERACIONES MINA

La minería a cielo abierto en la operación Constancia se basa en técnicas convencionales de minería a cielo abierto. La operación de Constancia consta de dos tajos, Constancia y Pampacancha. La operación del tajo de Constancia inició en 2014, mientras que Pampacancha comenzó en el 2021.

El plan de producción de la mina contiene 569,4 Mt de desmonte y 532,5 Mt de mineral (de rajo y acopios), arrojando una relación de desbroce (desecho/mineral) de 1,1 a 1. Una tasa de extracción anual promedio de 77,0 Mtpa, durante los primeros 13 años, con un máximo de 81 Mtpa, se requiere para proporcionar una tasa de alimentación de proceso de mineral nominal de 31,3 Mtpa basado en un rendimiento variable por tipo de mineral (90 a 94ktpd y 94% disponible). Las calificaciones promedio de LOM son 0,311% Cu, 0,009% Mo, 0,065 g/t Au y 3,04 g/t Ag, donde la vida de la mina es de 17 años.

La prioridad para alimentar la planta de proceso implicará optimizar el valor neto en función de NSR (\$/t), donde el material de valor (HG) se proporciona primero. El material de bajo valor (LG) se alimentará según sea necesario, se enviará a las reservas, o de lo contrario será enviado a la instalación de desmonte (WRF).

*Imagen 6: Operación Minera de Constancia*



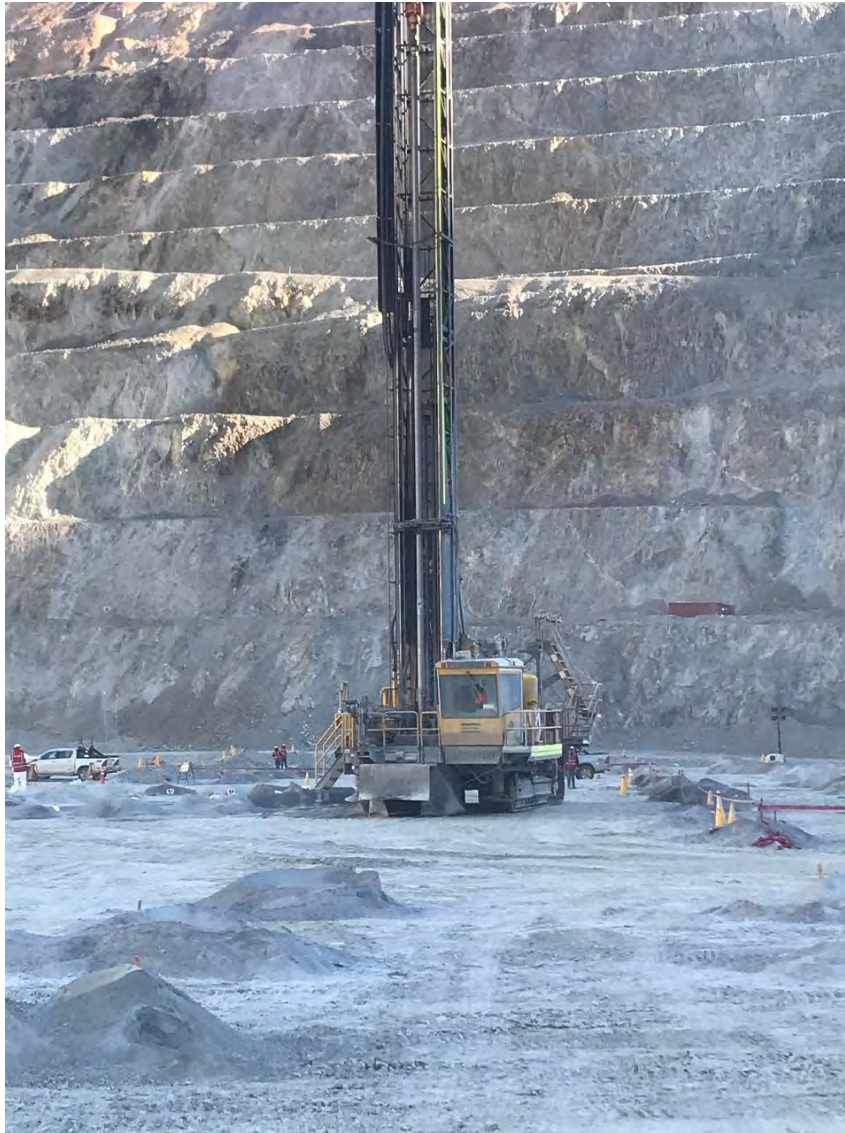
Fuente: Unidad Minera Constancia

### **3.4.1.1. Perforación**

Para la producción de perforación primaria, se utilizan brocas de un solo paso de 270 mm de diámetro (o 10 5/8”). Después de evaluar el dimensionamiento de los equipos, se seleccionaron tres equipos de perforación PV-271 para lograr la tasa de producción. La relación de perforación del equipo de perforación es de aproximadamente 45 m/h. La perforación previa a la división se realiza con un taladro Smart Rock D65 (fondo de pozo). Equipo utilizado para mejorar la estabilidad de los taludes y optimizar el diseño de las fases.



*Imagen 7: Perforadora PV-271*

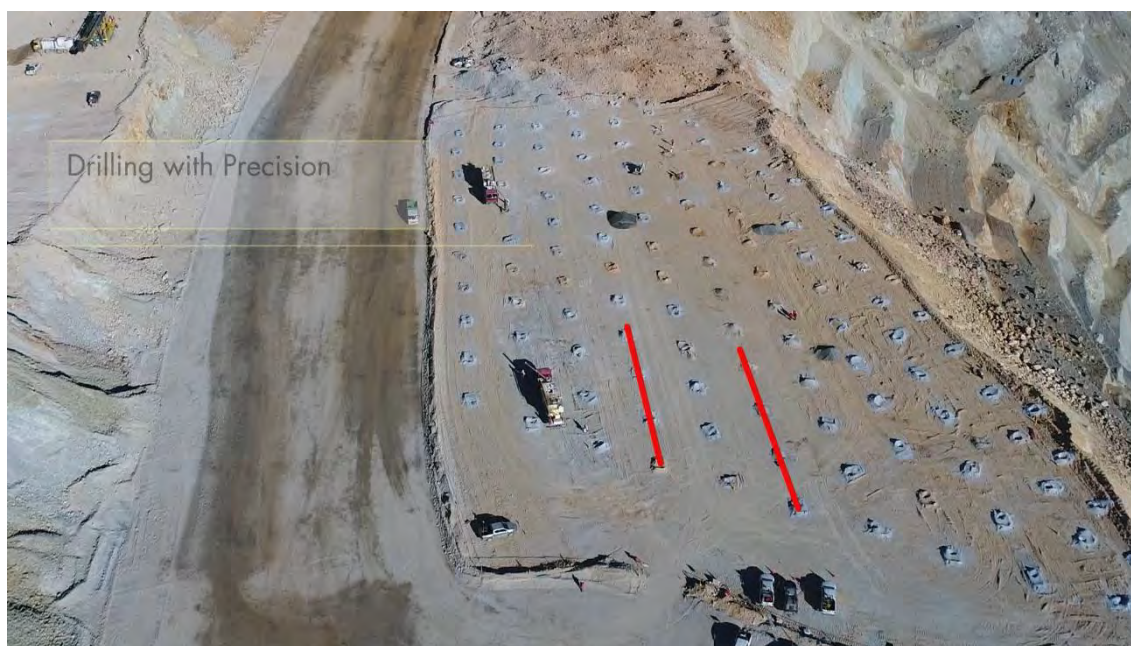


Fuente: Propio

#### ***3.4.1.2. Parámetros de los taladros***

Los patrones de perforación se diseñaron solo para mineral y material de desecho, según la caracterización geomecánica, el índice de trabajo de enlace (BWI) y el rango del índice de potencia de hundimiento (SPI). Presenta los parámetros para la producción de perforación.

Imagen 8: Taladros perforados



Fuente: Unidad Minera Constanca

Tabla 5: Características para perforación con Pit Viper 271

Características		Unidades
Diámetro de broca	9 7/8	“
Longitud de barreno	25	Pies
Diámetro de broca	250.83	mm
Longitud de barreno	7.62	m
Juego de barrenos	4	und
Velocidad de perforación	35	m/h
Disponibilidad mecánica	90	%
Utilización	80	%

Fuente: Unidad Minera Constanca

### 3.4.1.3. Voladura

Para pozo húmedo se utiliza ANFO Pesado 73 (70% de Emulsión y 30% de ANFO) y pozo seco ANFO Pesado 55 (50% de emulsión y 50% de ANFO). Con base en la evaluación de la productividad, los factores de polvo se estiman en alrededor de 0,40 Kg/t para el mineral y 0,30 Kg/t para los desechos. El diseño de voladura estimado, el tipo de explosivo y los factores de pólvora para la operación Constanca se basan en los resultados de la operación de la mina. La descripción general de las prácticas de voladura

incluye el suministro y transporte de explosivos al pozo, carga, taponamiento, amarre, evacuación de áreas de trabajo y voladura, y la ignición de la voladura.

*Imagen 9: Carguío con explosivo los taladros*



Fuente: ENAEX SA

*Tabla 6: Detalle de carga de proyecto de voladura 4245-071*

<b>Descripción</b>	<b>Nº Tal</b>	<b>D-Tal (")</b>	<b>L-Carga (m)</b>	<b>CA-m</b>	<b>Kg-exp/tal</b>
Producción	49	9 7/8	7.50	1.00	470.92
Contorno	17	9 7/8	6.50	1.00	408.13
<b>Total</b>	<b>66</b>	<b>9 7/8</b>			<b>879.05</b>

Fuente: ENAEX SA

#### **3.4.1.4. Carguío**

Se utilizan tres palas de 27 m<sup>3</sup> (Hitachi EX5600-6) y una cargadora de 19 m<sup>3</sup> (CAT 994H) para excavar materiales volados. El cargador proporciona flexibilidad para propósitos de mezcla. Se espera que Pampacancha entre en producción en 2021 y requerirá un cargador al inicio de las actividades mineras.

Todas las fases se han diseñado para lograr una alta productividad, aprovechando la carga por ambos lados y trabajando en frentes de unos ~60 metros de ancho.

*Imagen 10: Pala realizando carguío a los equipos de acarreo*



Fuente: Propio

#### **3.4.1.5. Acarreo**

Durante la vida útil de la mina, el mineral y los desechos serán transportados por camiones de acarreo de 240 toneladas de capacidad (CAT 793F). El uso de esta clase de camiones minimiza la congestión vial, los requisitos de mano de obra y los costos operativos. Los camiones de 240 toneladas requieren un ancho mínimo de camino de transporte de 32 metros. Las rutas de acarreo fueron diseñadas para mejorar la productividad y las horas de operación necesarias por año.

*Tabla 7: Flota de camiones mineros*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Capacidad (tn)</b>
CAT 793F	22	240
Hitachi	3	240

Fuente: Unidad Minera Constanca

*Imagen 11: Camión Minero Cat 793F*



Fuente: Propio

#### **3.4.1.6. Equipo auxiliar**

Los principales equipos de apoyo incluyen equipos de mina que no son directamente responsables de la producción, pero que se utilizan de forma regular para mantener los caminos de acarreo del tajo y fuera del tajo, bancos de tajo, WRF y TMF y para realizar trabajos de construcción diversos según sea necesario. El equipo de la flota de apoyo a la mina incluye:

- Bulldozers sobre orugas, clase D10T2;
- Bulldozers con neumáticos, clase 824K – 854K;
- Motoniveladoras, clase 32M – 16M; y
- Camión cisterna, clase 777G.

En general, los bulldozers de la clase 854 y 824K con neumáticos de goma se utilizan en el tajo para limpiar alrededor de las unidades de carga principales, mientras que los tractores de orugas se utilizan para la construcción de caminos de acarreo, desarrollo de tajos, gestión de WRF y TMF, y reparación final. requisitos de calificación. Las motoniveladoras y los camiones cisterna se utilizan respectivamente para mantener las carreteras y controlar el polvo.

*Imagen 12: Bulldozer CAT Aperturando accesos*



Fuente: Propio

## **CAPITULO IV:**

### **IV. EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE GUARDIA DE LA FLOTA DE CAMIONES MINEROS**

#### **4.1. Evaluación situacional de la flota de camiones mineros antes.**

Para realizar la evaluación de la situación antes de la implementación de un nuevo sistema de cambio de guardia de los operadores de la flota de camiones mineros, se ha verificado el área de acarreo, el área de cambio de guardia, los procedimientos del cambio de guardia y los tiempos que se realizan estos cambios de guardia de lo que se describe a continuación.

##### **4.1.1. Área de acarreo – parqueo 4215**

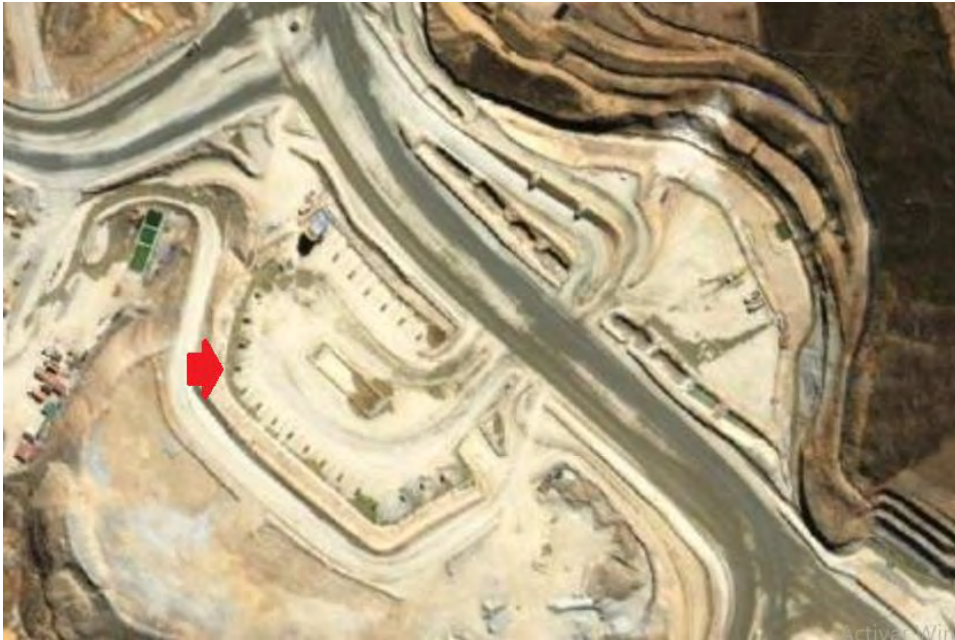
El acarreo es la operación unitaria del ciclo de minado, que influye en su mayoría en un 25% de los costos ejecutados por mina, por lo que esta operación unitaria debe ser más eficiente en su productividad, por lo que se debe reducir los tiempos muertos, para tener más productividad.

La operación de acarreo se desarrolla en dos turnos donde se realizan dos cambios de guardia de los operadores de los camiones mineros, este cambio de guardia demora entre 1 hora con 55 min aproximadamente, donde el relevo de operadores demora aproximadamente 35 min; es en este punto donde se evaluará el relevo de los operadores.

#### 4.1.2. Área de cambio de guardia – parqueo 4215

El área de cambio de guardia está constituida por un parqueo en ovalo donde se estacionan los camiones mineros para realizar el relevo de los operadores de la flota de camiones mineros, el que tiene la capacidad para estacionar la totalidad de la flota.

*Imagen 13: Área de parqueo de los camiones mineros*



Fuente: Propio – editado de GoogleEarth

*Imagen 14: Área de parque para relevo de operadores de la flota*



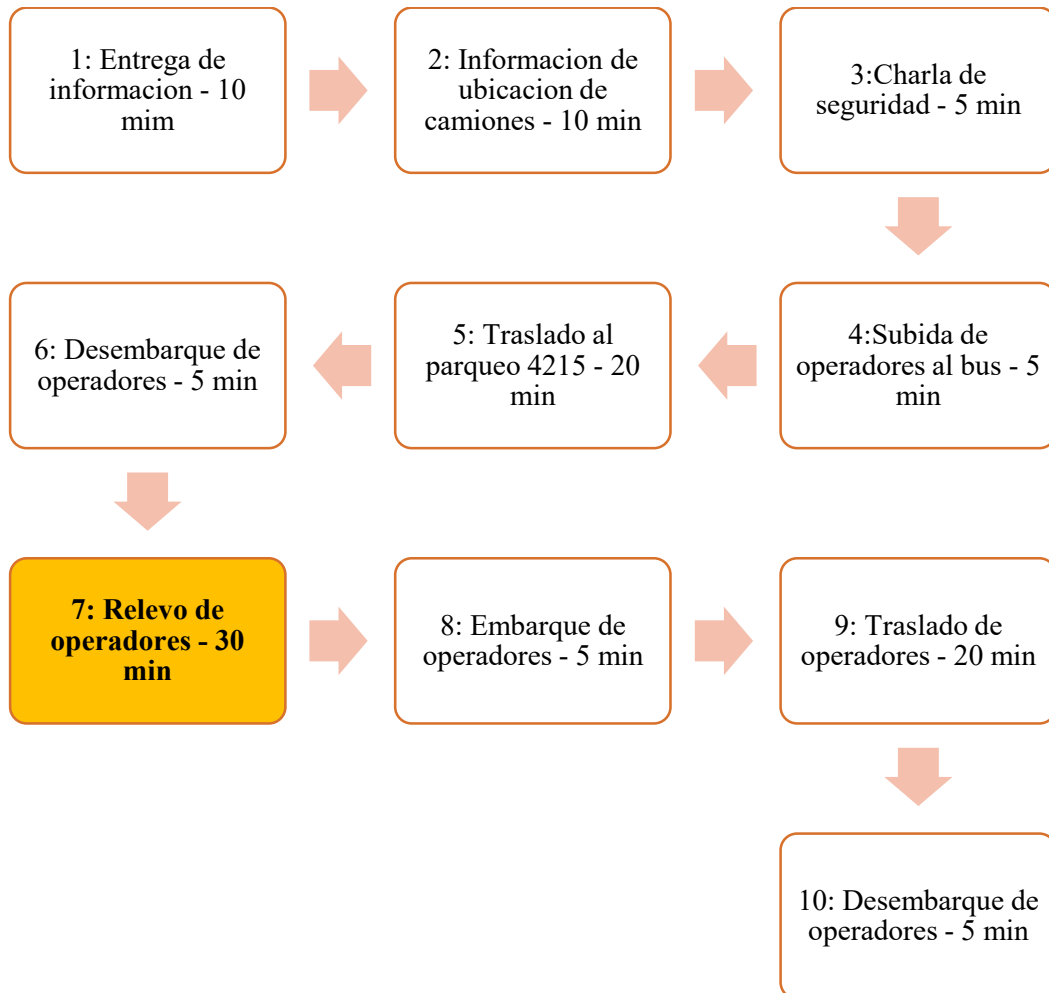
Fuente: Propio



### 4.1.3. Procedimiento de cambio de guardia de camión minero – parqueo 4215

Para el cambio de guardia de los operadores de los camiones mineros, se sigue un procedimiento de acuerdo al Procedimiento Operativo – PETs (PRO-OM-103).

Tabla 8: Procedimiento de cambio de guardia de operadores de camión minero



Fuente: Propia

#### 4.1.3.1. Relevo de operadores en el parqueo 4215

Durante el relevo de los operadores en el parqueo 4215, siguen los siguientes procedimientos:

- El operador avisa al área de Dispatch que va estacionar.
- Para estacionar el camión en la plataforma de parqueo de camiones 4215, el operador de parquear el equipo, accionar el freno de estacionamiento, girar la llave

de contacto a posición off y retirar la llave del contacto, luego procede a descender del camión.

- Transporte del operador que hará el relevo al camión minero.
- Conversación entre el operador saliente y el relevo sobre la situación actual del camión minero.
- Revisión del estado del camión minero por parte del operador de relevo.
- Subida al camión minero por parte del relevo
- Encendido del camión minero, verificado que este en perfecto funcionamiento.
- Salida del camión minero de la plataforma de parque 4215, para continuar con siguiente guardia.

*Imagen 15: Plataforma de parque 4215, para relevo de operadores*



Fuente: Propio

#### **4.1.4. Tiempo de cambio de guardia de operador de camión minero – parqueo 4215**

Para la evaluación del tiempo de cambio de guardia, se tomaron datos de los tiempos muertos en la operación unitaria del acarreo, durante 30 días que se presenta a continuación:

Tabla 9: Parámetros de tiempos muertos por guardia

Descripción	Inicio	Fin	Total
Tiempo de relevo	07:00	07:30	00:30
Almuerzo	12:00	13:05	01:05
<b>Total de tiempo muerto</b>			<b>01:35</b>
<b>Horas muertas días/mes</b>			<b>3.96</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Parámetros de relevo de operador por guardia

Descripción	Inicio	Fin	Total
Tiempo de relevo	07:00	07:30	00:30
<b>Total de tiempo muerto</b>			<b>00:30</b>
<b>Horas muertas días/mes</b>			<b>1.25</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Tiempo muerto en cambio de guardia normal

<b>Día</b>	15-Mar	16-Mar	17-Mar	18-Mar	19-Mar	20-Mar	21-Mar	22-Mar	23-Mar	24-Mar
<b>Horas</b>	1.50	1.48	1.40	1.55	1.48	1.49	1.52	1.45	1.51	1.52
<b>Día</b>	25-Mar	26-Mar	27-Mar	28-Mar	29-Mar	30-Mar	31-Mar	1-Abr	2-Abr	3-Abr
<b>Horas</b>	1.55	1.57	1.48	1.54	1.55	1.59	1.46	1.51	1.51	1.48
<b>Día</b>	4-Abr	5-Abr	6-Abr	7-Abr	8-Abr	9-Abr	10-Abr	11-Abr	12-Abr	13-Abr
<b>Horas</b>	1.49	1.56	1.55	1.55	1.60	1.55	1.49	1.55	1.48	1.51

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo se evaluó el tiempo de demora del relevo del operado en cada cambio de guardia

Tabla 12: Tiempo de relevo de operador en cambio de guardia normal

<b>Día</b>	15-Mar	16-Mar	17-Mar	18-Mar	19-Mar	20-Mar	21-Mar	22-Mar	23-Mar	24-Mar
<b>Horas</b>	0.51	0.48	0.49	0.54	0.49	0.51	0.53	0.48	0.53	0.51
<b>Día</b>	25-Mar	26-Mar	27-Mar	28-Mar	29-Mar	30-Mar	31-Mar	1-Abr	2-Abr	3-Abr
<b>Horas</b>	0.52	0.54	0.50	0.56	0.53	0.55	0.49	0.54	0.53	0.51
<b>Día</b>	4-Abr	5-Abr	6-Abr	7-Abr	8-Abr	9-Abr	10-Abr	11-Abr	12-Abr	13-Abr
<b>Horas</b>	0.51	0.54	0.53	0.52	0.55	0.54	0.51	0.52	0.51	0.53

Fuente: Elaboración propia

Se ha evaluado el cambio de guardia normal y relevo de los operadores de la flota de camiones mineros, donde se obtuvo que los tiempos muertos suman un total de 3.96 días por mes; del mismo modo el tiempo que demora el revelo de los operadores de la flota de camiones mineros son de 1.25 días por mes aproximadamente.

#### **4.2. Evaluación con implementación de bahías de cambio en caliente.**

Para realizar la evaluación de la implementación de bahías de cambio en caliente, se desarrolló después de la construcción de las bahías de cambio en caliente, estás de acuerdo al proyecto desarrollado por el área de Dispatch, el desarrollo de esta evaluación de describe a continuación.

##### **4.2.1. Área de acarreo con bahías de cambio en caliente**

Como anteriormente se precisó que la operación unitaria de acarreo representa el 25% de costos ejecutados por la mina, para mejorar la productividad, se vio por conveniente implementar 2 cambios en caliente.

##### **4.2.2. Área de cambio de guardia – bahías de cambio en caliente**

El área de cambio de guardia con bahías de cambio en caliente, está constituida por dos cambios en caliente.

Cambio en caliente 1, donde se realiza el cambio de operador de los camiones mineros que estén sin carga de material y el cambio en caliente 2, donde se realiza el cambio de operador de los camiones mineros con carga de mineral o desmonte.

*Imagen 16: Ubicación de cambio en caliente 1*



Fuente: Propio – editado de GoogleEarth

*Imagen 17: Ubicación de cambio en caliente 2*



Fuente: Propio – editado de GoogleEarth

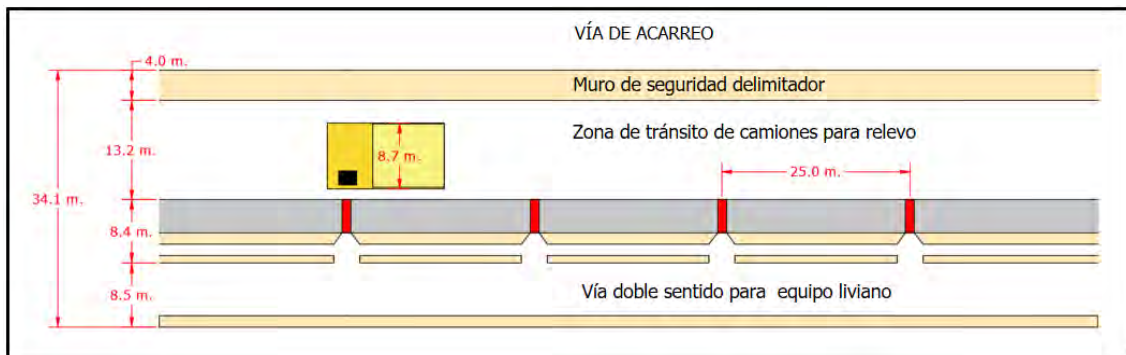
El diseño de las bahías de cambio en caliente desarrollado por el área de operaciones mina Acarreo, es de acuerdo a lo siguiente:

#### 4.2.2.1. Diseño de las bahía de cambio en caliente 1

En este diseño se reduce la zona de tránsito de camiones con ancho para un camión, en caso quede malogrado un equipo se removería el muro de seguridad con equipo auxiliar para dar salida al resto de la flota.

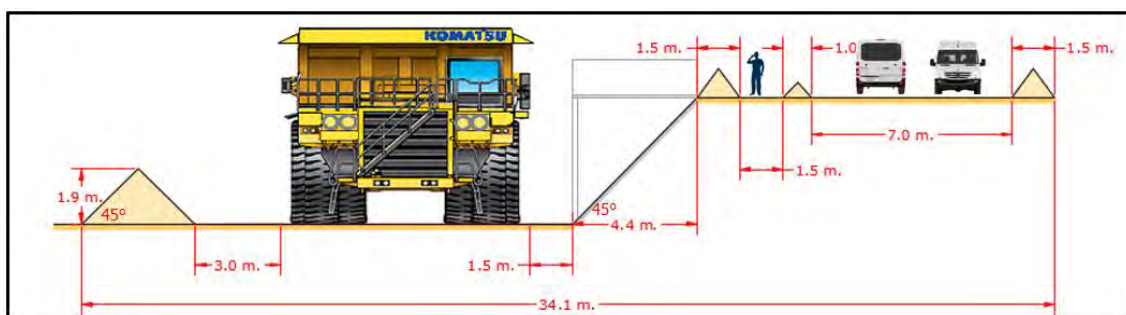
El muro de seguridad delimitador para este caso es de 1.9 metros (1/2 del neumático más grande)

Imagen 18: Vista de planta de la bahía de cambio en caliente 1



Fuente: Operaciones Mina Acarreo

Imagen 19: Vista de perfil de la bahía de cambio en caliente 1



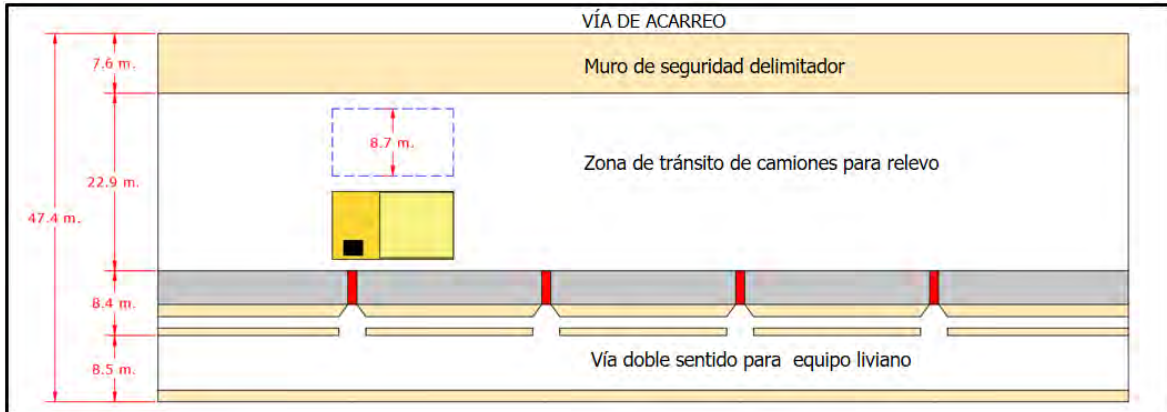
Fuente: Operaciones Mina Acarreo

#### 4.2.2.2. Diseño de las bahía de cambio en caliente 2

El diseño contempla una zona de tránsito para 2 camiones para que en caso se malogre un equipo puedan salir el resto de unidades.

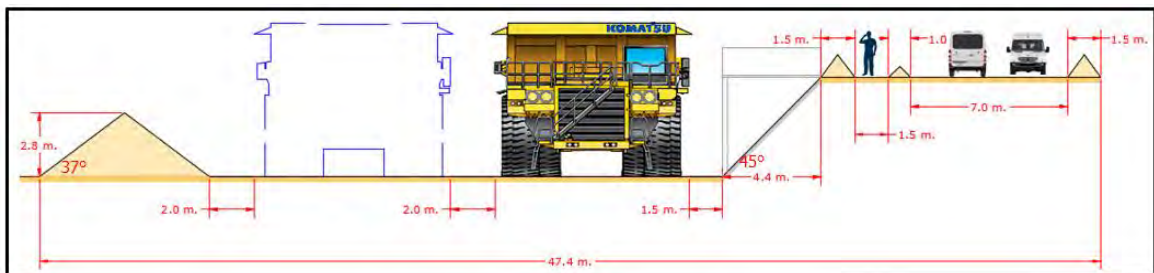
También se contempla un muro de seguridad delimitador con la vía de acarreo de 2.8 metros (3/4 del neumático más grande).

*Imagen 20: Vista de planta de la bahía de cambio en caliente 2*



Fuente: Operaciones Mina Acarreo

*Imagen 21: Vista de perfil de la bahía de cambio en caliente 2*

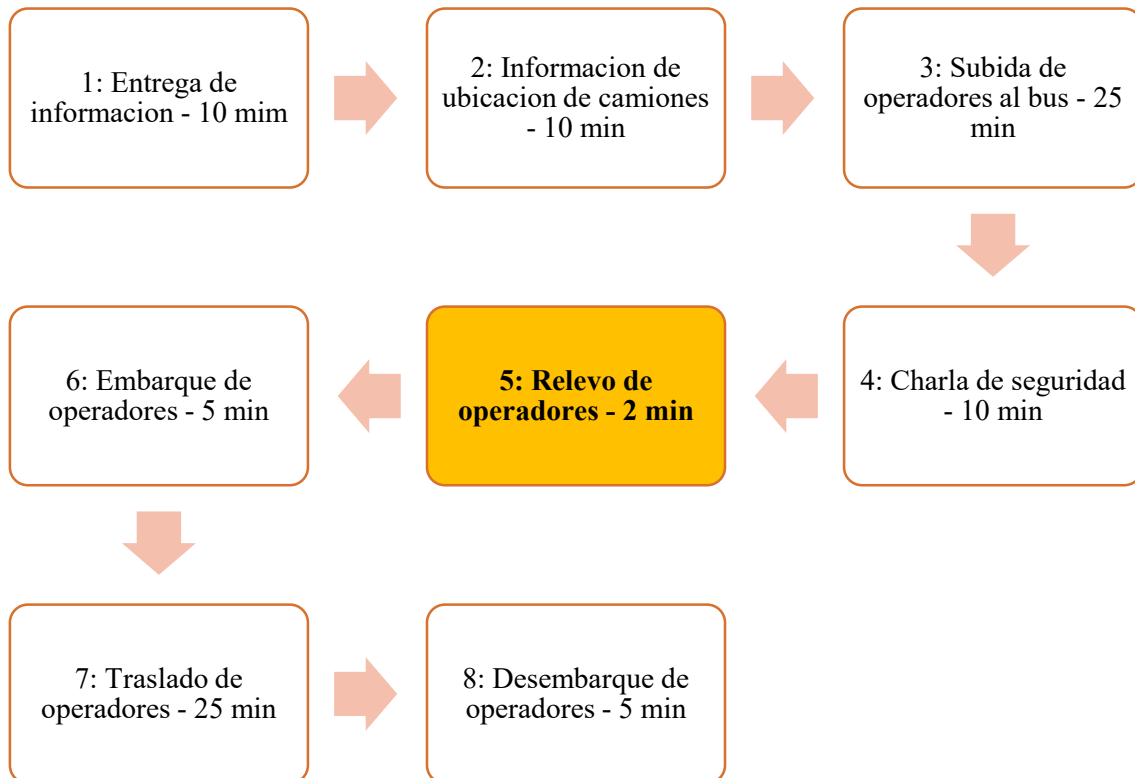


Fuente: Operaciones Mina Acarreo

#### 4.2.3. Procedimiento de cambio de guardia en bahías de cambio en caliente

Para el cambio de guardia de los operadores de los camiones mineros en cambio en caliente, se sigue del mismo modo el procedimiento de acuerdo al Procedimiento Operativo – PETs (PRO-OM-103).

Tabla 13. Procedimiento de cambio de guardia de operadores de camión minero en bahías de cambio en caliente



Fuente: Propia



*Imagen 22: Charlas de seguridad en cabina de espera en cambio en caliente*



Fuente: Propio

#### ***4.2.3.1. Relevos de operadores en bahías de cambio en caliente***

El procedimiento del relevo de los operadores en bahías de cambio en caliente son los siguientes:

- Dirigirse al cambio de guardia de la zona de espera, a la zona donde se le asignó el estacionamiento del camión, por el jefe de guardia.

*Imagen 23: Zona de espera de la bahía de cambio en caliente*



Fuente: Propio

- Estar atento a la llegada del camión, esperar fuera de la bahía.

*Imagen 24: Espera del operador en la plataforma de la bahía de cambio en caliente*



Fuente: Propio

- Una vez que el equipo este estacionado, verificar que la luz de parqueo este encendida, empuje la plataforma de la bahía de cambio de guardia.

*Imagen 25: Operador empujando plataforma de bahía de cambio en caliente*



Fuente: Propio

- Esperar que baje el operador que termina su turno, solicitar información sobre las condiciones, fallas y problemas del equipo y destino del material si este está cargado y luego abordar el camión.

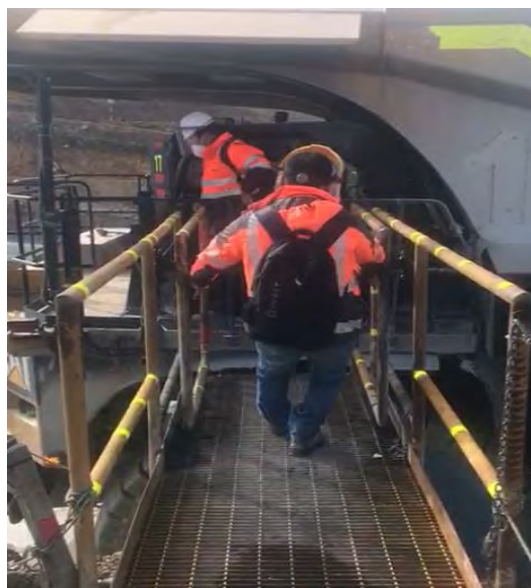
*Imagen 26: Descenso de operador e intercambio de información en la bahía de cambio en caliente*



Fuente: Propia

- El operador saliente deberá retrotraer la plataforma de la bahía, luego colocar la cadena y el seguro de la baranda.

*Imagen 27: Operador saliente retrotrayendo la plataforma*



Fuente: Propio

- Siempre al subir al equipo, regular el asiento y colocarse el cinturón de seguridad.

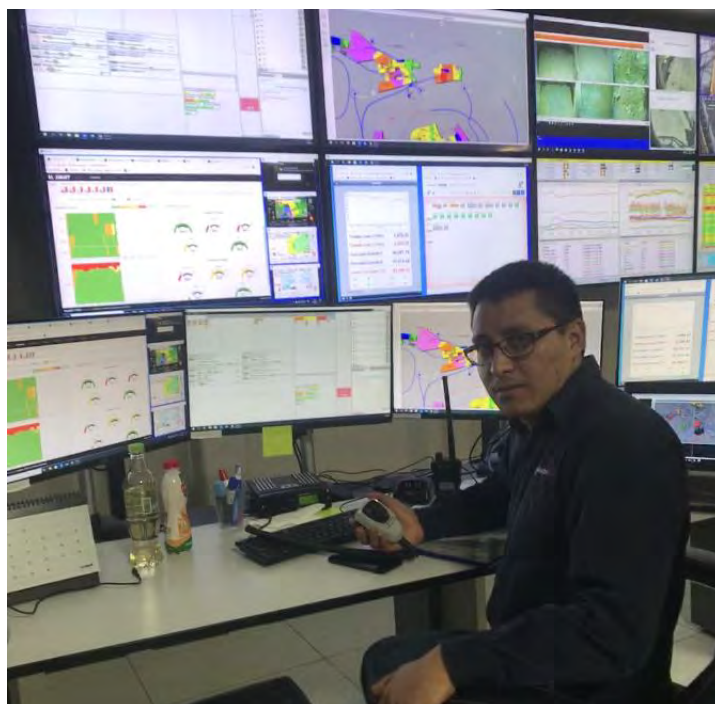
*Imagen 28: Operador de relevo en cabina del equipo*



Fuente: Propio

- Ingresar el código en la pantalla del control, tocar dos veces el claxon y dirigirse a la zona asignada por el despachador, para el relevo de turno noche en las zonas de descanso, no tocar claxon.
- Acercar la tarjeta con el QR asignado hacia el dispositivo asignado para la detección fatiga y anticolidión, para el logueo n el sistema antifatiga.

Imagen 29: Área del despachador, verificando el logueo de los operadores de la flota



Fuente: Propio

#### 4.2.4. Tiempo de cambio de guardia de operador de camión minero – en bahía de cambio en caliente

Para la evaluación del tiempo de cambio de guardia en bahías de cambio en caliente, se tomaron datos de los tiempos muertos en la operación unitaria del acarreo, durante 30 días que se presenta a continuación:

Tabla 14: Parámetros de tiempos muertos por guardia en bahía de cambio en caliente

Descripción	Inicio	Fin	Total
Tiempo de relevo	07:00	07:02	00:02
Almuerzo	12:00	13:05	01:05
<b>Total de tiempo muerto</b>			<b>01:07</b>
<b>Horas muertas días/mes</b>			<b>2.79</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Parámetros de relevo de operador por guardia en bahía de cambio en caliente

Descripción	Inicio	Fin	Total
Tiempo de relevo	07:00	07:02	00:02
<b>Total de tiempo muerto</b>			<b>00:02</b>
<b>Horas muertas días/mes</b>			<b>0.08</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Tiempo muerto en cambio de guardia en bahía de cambio en caliente

<b>Día</b>	15-Abr	16-Abr	17-Abr	18-Abr	19-Abr	20-Abr	21-Abr	22-Abr	23-Abr	24-Abr
<b>Horas</b>	1.10	1.11	1.09	1.09	1.11	1.08	1.09	1.12	1.11	1.13
<b>Día</b>	25-Abr	26-Abr	27-Abr	28-Abr	29-Abr	30-Abr	1-May	2-May	3-May	4-May
<b>Horas</b>	1.13	1.13	1.11	1.10	1.13	1.12	1.10	1.11	1.11	1.09
<b>Día</b>	5-May	6-May	7-May	8-May	9-May	10-May	11-May	12-May	13-May	14-May
<b>Horas</b>	1.10	1.12	1.10	1.13	1.11	1.15	1.11	1.10	1.13	1.12

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo se evaluó el tiempo de demora del relevo del operado en cada cambio de guardia en bahía de cambio en caliente.

Tabla 17: Tiempo de relevo de operador en cambio de guardia en bahía de cambio en caliente

<b>Día</b>	15-Abr	16-Abr	17-Abr	18-Abr	19-Abr	20-Abr	21-Abr	22-Abr	23-Abr	24-Abr
<b>Horas</b>	0.031	0.033	0.032	0.034	0.025	0.024	0.026	0.027	0.026	0.028
<b>Día</b>	25-Abr	26-Abr	27-Abr	28-Abr	29-Abr	30-Abr	1-May	2-May	3-May	4-May
<b>Horas</b>	0.030	0.032	0.031	0.033	0.030	0.028	0.026	0.028	0.030	0.031
<b>Día</b>	5-May	6-May	7-May	8-May	9-May	10-May	11-May	12-May	13-May	14-May
<b>Horas</b>	0.032	0.031	0.033	0.030	0.032	0.033	0.033	0.029	0.029	0.033

Fuente: Elaboración propia

Se ha evaluado el cambio de guardia en bahía de cambio en caliente y relevo de los operadores de la flota de camiones mineros, donde se obtuvo que los tiempos muertos suman un total de 2.79 días por mes; del mismo modo el tiempo que demora el relevo de los operadores de la flota de camiones mineros son de 0.08 días por mes aproximadamente.

## CAPITULO V:

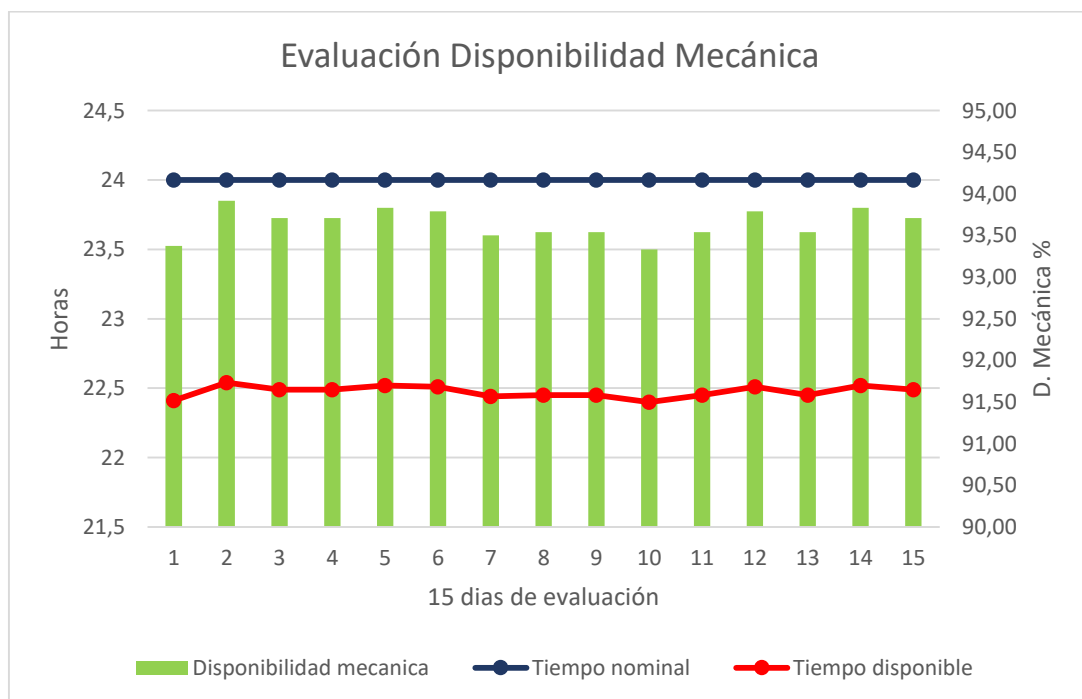
### V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Resultados y análisis de los índices de productividad de los camiones mineros

##### 5.1.1. Disponibilidad mecánica

Realizado la evaluación de la disponibilidad mecánica de la flota de los camiones mineros, en el periodo de 15 días, se tiene como resultado sin implementación de bahías de cambio en caliente, el promedio del 93.64%, tal como se verifica en la gráfica siguiente:

*Grafico 1: Evaluación de disponibilidad mecánica sin implementación de bahías de cambio en caliente*

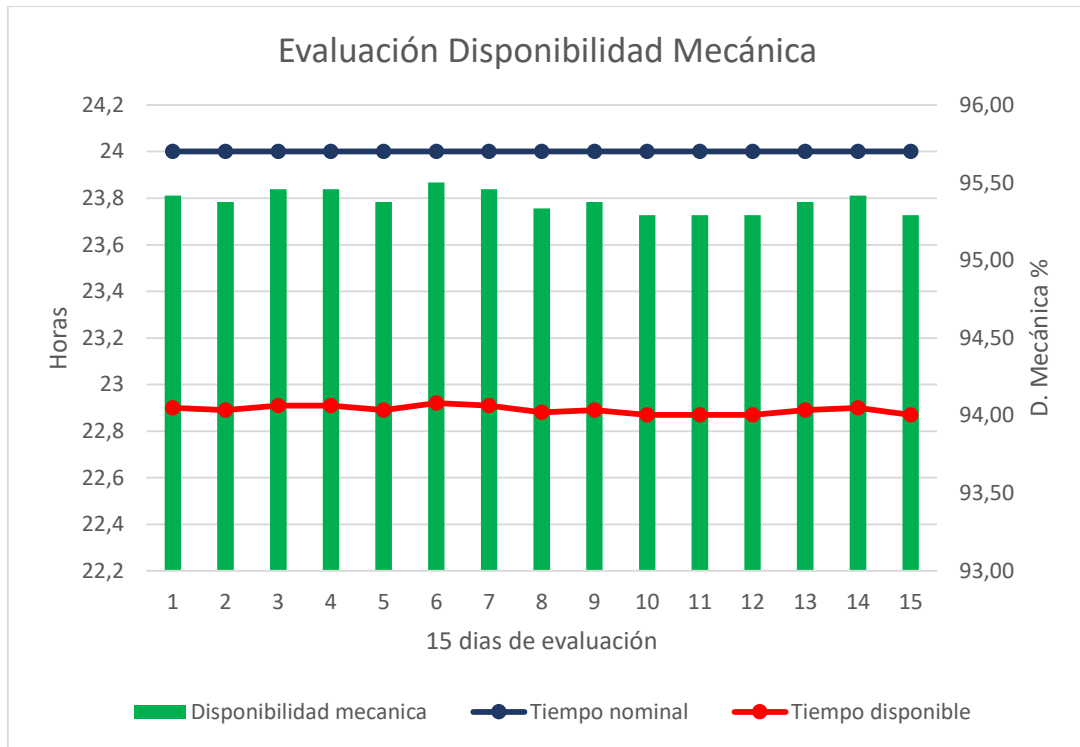


Fuente: Elaboración propia



Para el caso de la evaluación de la disponibilidad mecánica de la flota de los camiones mineros con implementación de bahías de cambio en caliente, durante el periodo de 15 días posteriores, se tiene como resultado, el promedio del 95.38%, tal como se verifica en la gráfica siguiente:

*Grafico 2: Evaluación de disponibilidad mecánica con bahías de cambio en caliente*



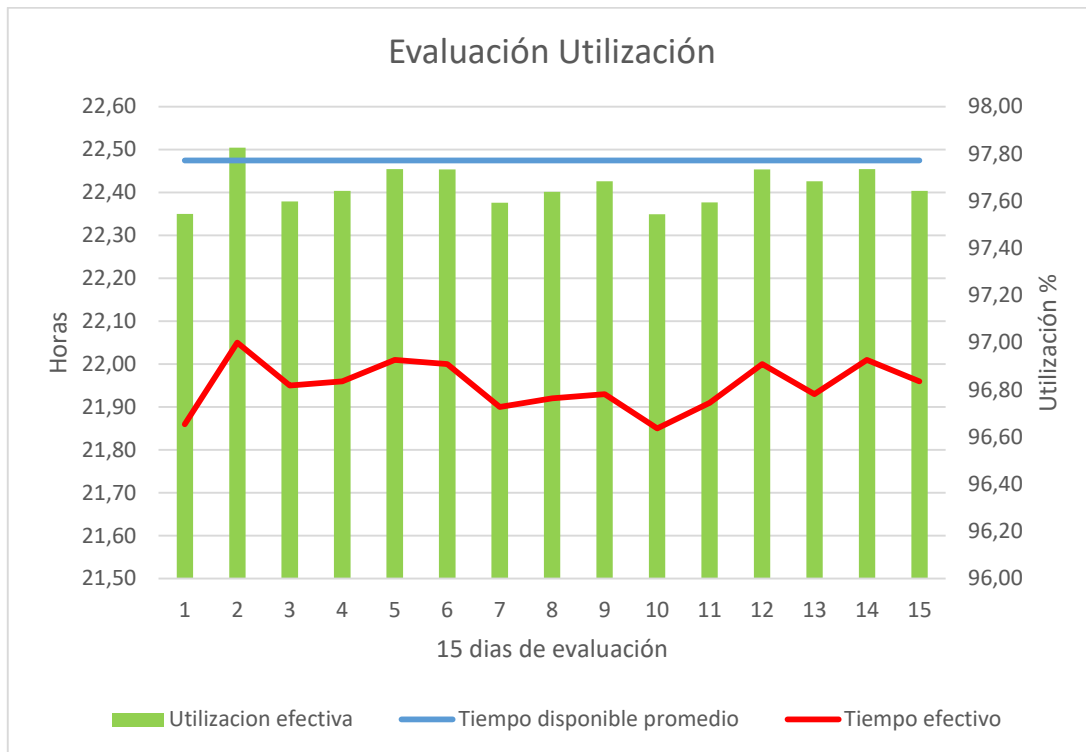
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la evaluación de la disponibilidad mecánica de los camiones mineros, existe una variación a favor del 2.28% con la implementación de las bahías de cambio en caliente.

### 5.1.2. Utilización

Realizado la evaluación de la utilización de la flota de los camiones mineros, en el periodo de 15 días, se tiene como resultado sin implementación de bahías de cambio en caliente, el promedio del 97.66%, tal como se verifica en la gráfica siguiente:

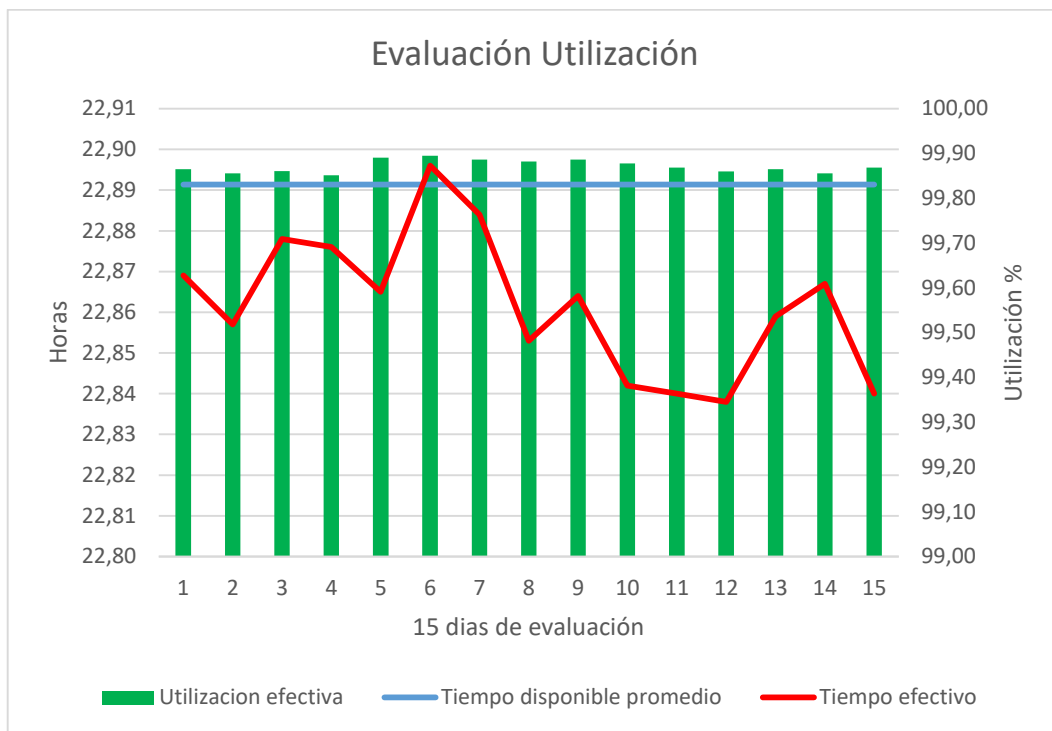
Grafico 3: Evaluación de la utilización sin implementación de bahías de cambio en caliente



Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la evaluación de la utilización de la flota de los camiones mineros con implementación de bahías de cambio en caliente, durante el periodo de 15 días posteriores, se tiene como resultado, el promedio del 99.87%, tal como se verifica en la gráfica siguiente:

Grafico 4: Evaluación de la utilización con bahías de cambio en caliente



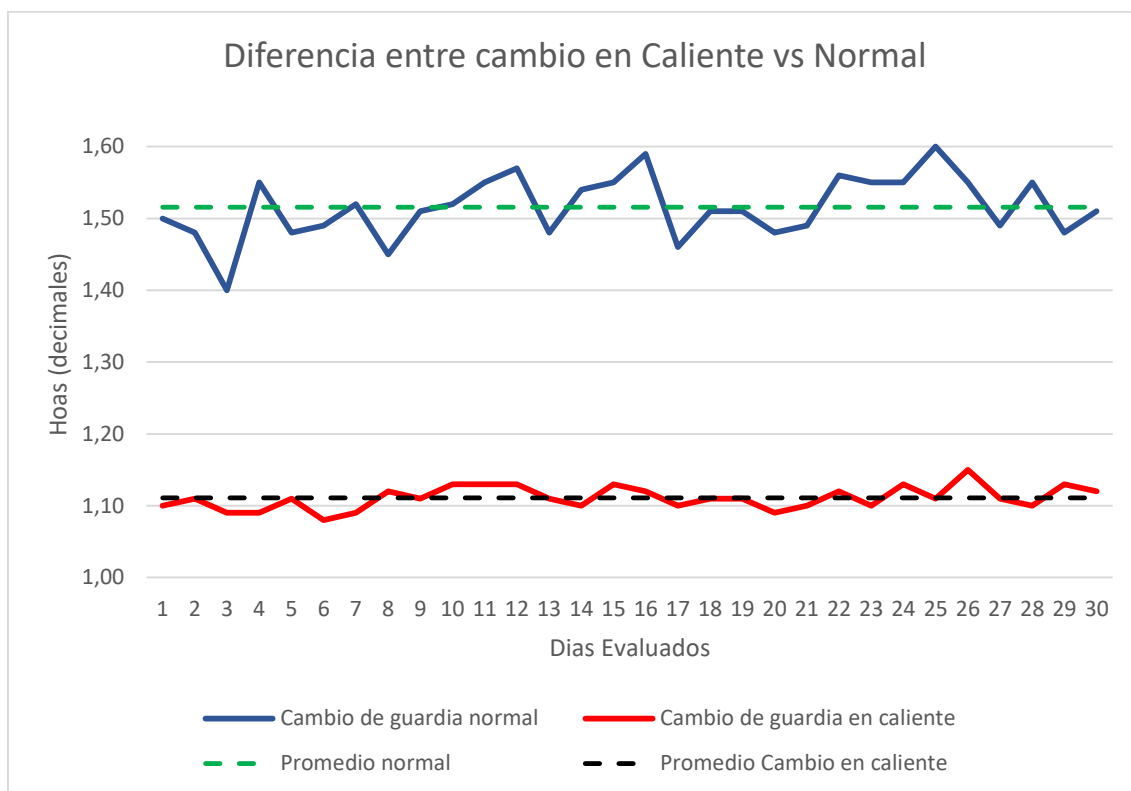
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la evaluación de la utilización de los camiones mineros existe una variación a favor del 2.21% con la implementación de las bahías de cambio en caliente.

### 5.2. Resultado del tiempo de cambio de guardia total.

Como resultado de los tiempos de cambio de guardia de los camiones mineros, se ha desarrollado por el cambio de guardia normal en comparación con el cambio de guardia con la implementación de las bahías de cambio en caliente. Este resultado es del tiempo de relevo de los operados, más el tiempo que el operador almuerza y los tiempos muertos promedios.

Grafico 5: Diferencia de cambio de guardia en caliente vs cambio normal



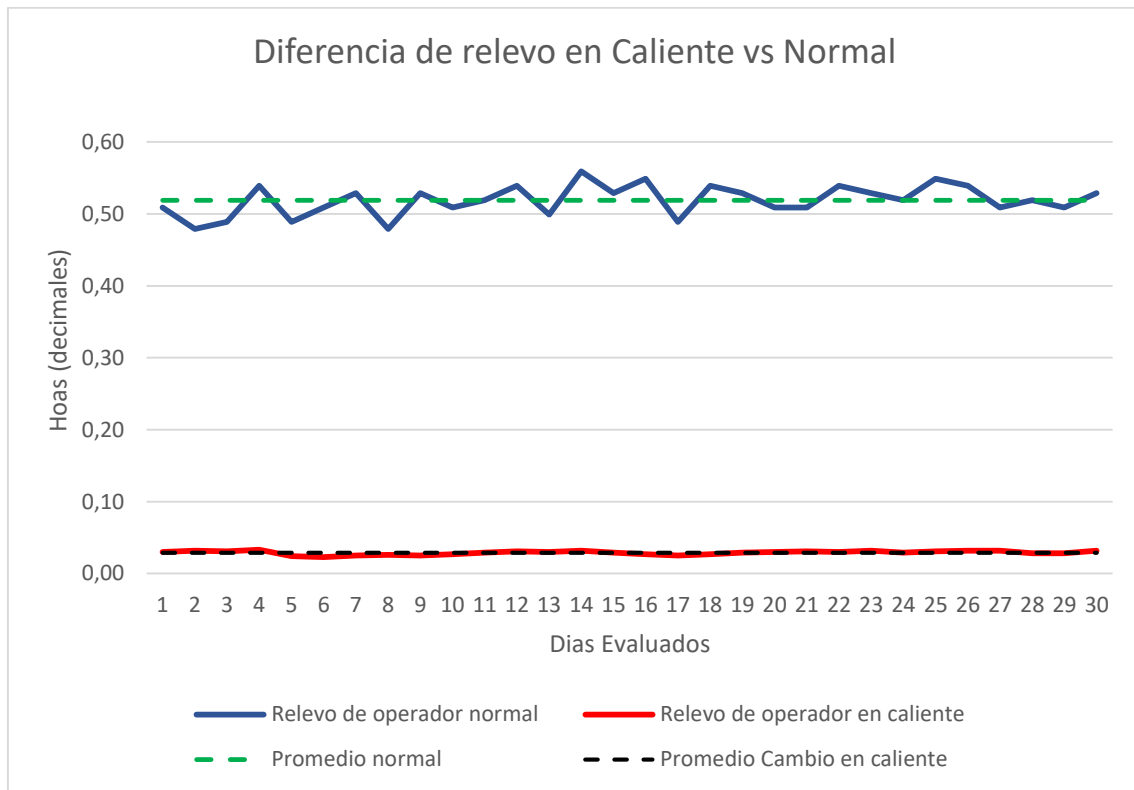
Fuente: Elaboración propia

En el grafico se puede ver que el tiempo promedio de cambio de guardia en condiciones normales es de 1.52 horas, a diferencia del cambio de guardia con bahías de cambio en caliente que es de 1.11 horas, teniendo una diferencia significativa de 0.41 horas por día.

### 5.3. Resultado del tiempo de relevo de operadores de camión minero.

Como resultado de los tiempos de relevo de los operadores de los camiones mineros, se ha desarrollado por el cambio de guardia normal en comparación con el cambio de guardia con la implementación de las bahías de cambio en caliente.

Grafico 6: Diferencia de relevo de operadores en caliente vs cambio normal



Fuente: Elaboración propia

En el grafico se puede ver que el tiempo promedio del relevo de operadores en condiciones normales es de 0.52 horas, a diferencia del relevo de operadores con bahías de cambio en caliente que es de 0.03 horas, teniendo una diferencia significativa de 0.49 horas por día.

#### 5.4. Resultados de productividad de la flota de camiones mineros

##### 5.4.1. Productividad sin implementación de bahía de cambio en caliente

Se ha realizado la evaluación de la productividad de los camiones mineros en condiciones normales, con el parqueo 4215 que tiene la empresa. Teniendo el siguiente resultado:

Tabla 18: Productividad de camiones mineros de mineral

Días	Chancadora	Stock 01	Stock 02	Stock 03	Stock 04	Total
1	72,384.48				40,769.28	113,153.76
2	87,525.84				45,555.60	133,081.44
3	37,683.84	496.00			25,783.68	63,963.52
4	37,931.76	69,414.96			18,947.28	126,294.00
5	98,335.92		480.00		1,688.40	100,504.32
6	68,950.08				3,614.16	72,564.24
7	90,440.64		24,803.28			115,243.92
8	103,398.00				1,883.52	105,281.52
9	43,356.00				7,200.00	50,556.00
10	82,795.20		480.00		240.00	83,515.20
11	97,441.44				7,204.80	104,646.24
12	93,557.76				15,667.20	109,224.96
13	43,356.00		480.00		6,720.00	50,556.00
14	82,795.20		480.00		220.00	83,495.20

Fuente: Elaboración propia – Hudbay

Tabla 19: Productividad de camiones mineros de desmonte

Días	TMF (este)	TMF (oeste)	WRF 4220	WRF 4190	WRF 4180	Total
1	248.00	4,463.00	58,778.40	1,983.68		65,473.08
2			27,119.28		26,001.36	53,120.64
3	2,585.00	21,382.00	248.00		95,037.40	119,252.40
4		11,278.00	16,124.84		25,168.20	52,571.04
5	6,840.00		50,074.24		26,003.36	82,917.60
6			70,141.36		38,117.36	108,258.72
7			21,895.92		42,379.20	64,275.12
8		31,549.44		40,698.24		72,247.68
9	50,844.00	24,797.00	46,855.20	12,902.20		135,398.40
10	14,414.40	228.00	57,867.60	24,954.00		97,464.00
11	1,595.00	58,356.00		21,433.00		81,384.00
12	42,200.40	9,576.00	14,229.00	2,722.20		68,727.60
13	50,844.00	24,796.80	9,696.00		50,061.60	135,398.40
14	14,414.40		57,867.60		25,182.00	97,464.00

Fuente: Elaboración propia – Hudbay

#### 5.4.2. Productividad con implementación de bahía de cambio en caliente

Se ha realizado la evaluación de la productividad de los camiones mineros con la implementación de las bahías de cambio en caliente. Teniendo el siguiente resultado:

Tabla 20: Productividad de camiones mineros de mineral

Días	Chancadora	Stock 01	Stock 02	Stock 03	Stock 04	Total
1	92,120.64				12,728.40	104,849.04
2	34,770.00				32,796.00	67,566.00
3	72,049.20				39,590.40	111,639.60
4	21,331.20				31,159.20	52,490.40
5	34,770.00				32,796.00	67,566.00
6	94,577.28				38,693.04	133,270.32
7	86,286.00				28,470.00	114,756.00
8	97,917.72		249.00		1,484.40	99,651.12
9	99,801.84				2,977.68	102,779.52
10	92,574.72				9,848.88	102,423.60
11	94,823.76		240.00		2,640.00	97,703.76
12	88,371.12				33,679.92	122,051.04
13	77,768.40				45,207.60	122,976.00
14	82,793.52		30,993.84		709.20	114,496.56

Fuente: Elaboración propia – Hudbay

Tabla 21: Productividad de camiones mineros de desmante

Días	TMF (este)	TMF (oeste)	WRF 4220	WRF 4190	WRF 4180	Total
1	11,400.00	45,885.60	26,932.80		9,684.00	93,902.40
2	42,264.00	13,512.00	49,380.00		17,841.60	122,997.60
3	6,612.00	25,464.00	38,232.00	8,475.84		78,783.84
4	37,772.40	7,296.00	84,472.32		14,300.40	143,841.12
5	42,264.00	15,336.00	38,956.80	26,440.80		122,997.60
6		39,600.00	24,008.40			63,608.40
7	23,469.60	32,836.80	12,956.40	7,662.00		76,924.80
8	69,840.00		24,586.32		1,226.64	95,652.96
9	747.00	1,724.40	85,261.92	1,990.68		89,724.00
10	16,560.00	8,640.00	62,400.00			87,600.00
11	47,064.40	4,355.52	33,270.48		8,204.00	92,894.40
12	14,913.12	30,480.00	6,977.76	17,323.92		69,694.80
13	9,706.00	5,280.00	59,651.84			74,637.84
14	11,938.80	31,588.80	26,849.04		12,766.56	83,143.20

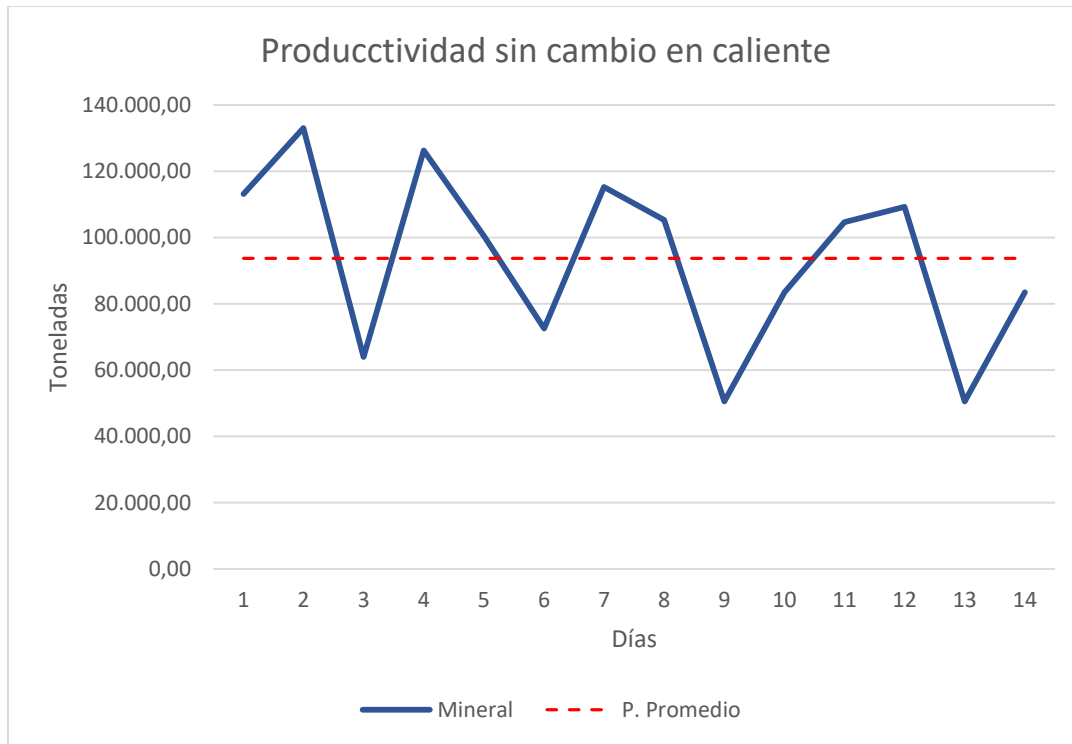
Fuente: Elaboración propia – Hudbay

## 5.5. Análisis de los resultados de la productividad

### 5.5.1. Análisis de resultados de la productividad sin implementación

De los resultados de la evaluación de la productividad de mineral sin la implementación de bahías de cambio en caliente, se tiene como promedio 93,720.02 Toneladas diarias. En el grafico siguiente se tiene los resultados

*Grafico 7: Productividad de mineral sin cambio en caliente*

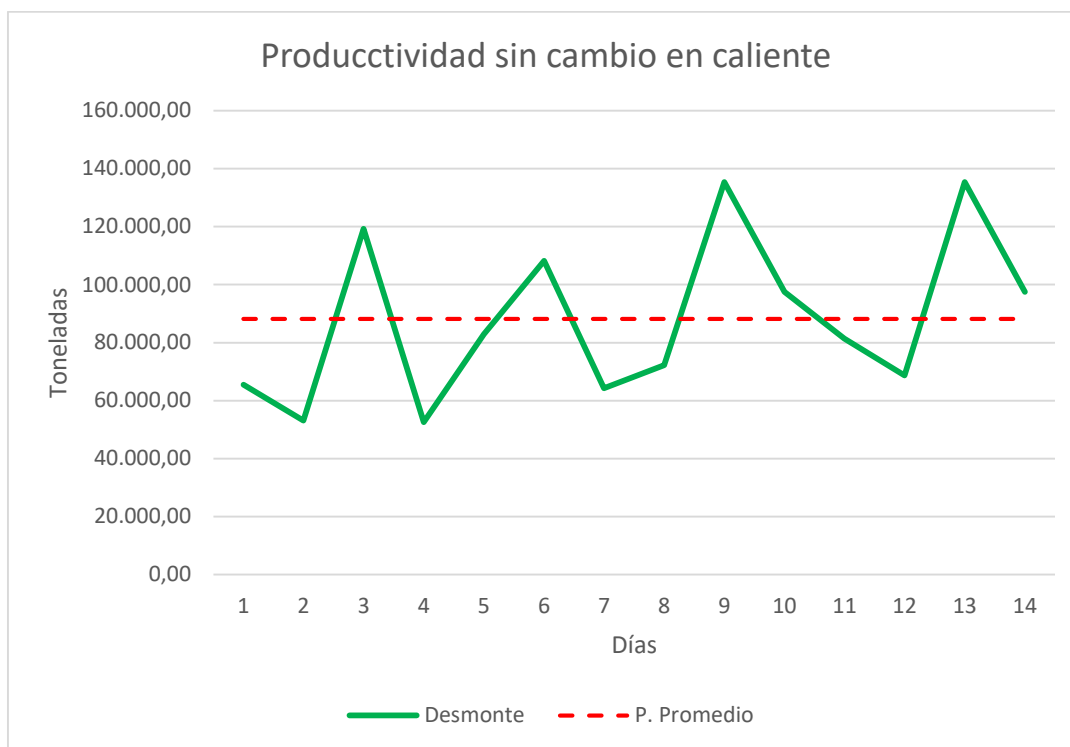


Fuente: Elaboración propia

De los resultados de la evaluación de la productividad de desmonte sin la implementación de bahías de cambio en caliente, se tiene como promedio 88,139.48 Toneladas diarias. En el grafico siguiente se tiene los resultados



Grafico 8: Productividad de desmonte sin cambio en caliente

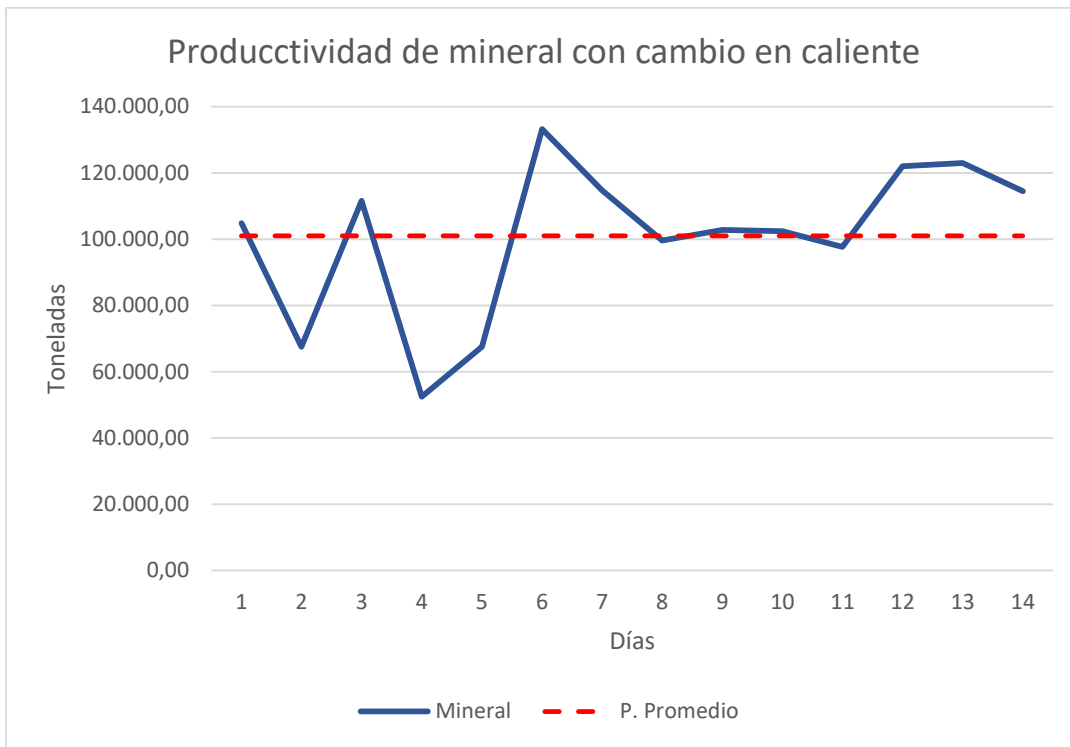


Fuente: Elaboración propia

### 5.5.2. Análisis de resultados de la productividad con implementación

Se tiene los resultados de la evaluación de la productividad de mineral con la implementación de bahías de cambio en caliente, se tiene como promedio 101,015.64 Toneladas diarias. En el grafico siguiente se tiene los resultados

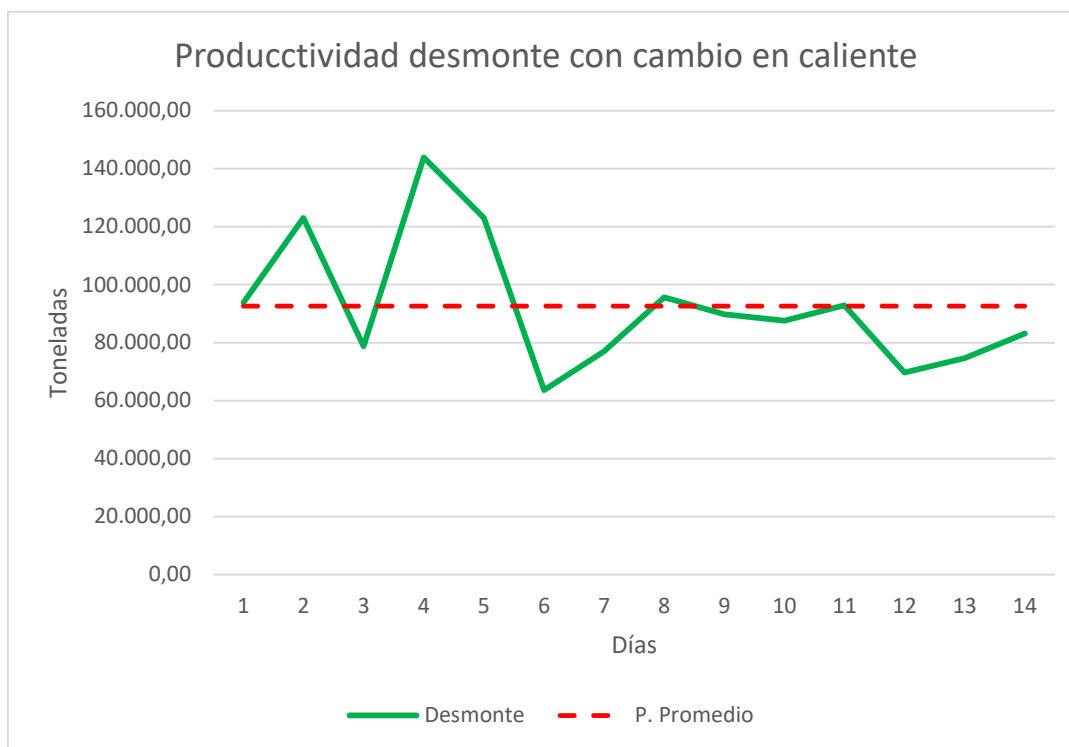
Grafico 9; Productividad de mineral con cambio en caliente



Fuente: Elaboración propia

De los resultados de la evaluación de la productividad de desmonte con la implementación de bahías de cambio en caliente, se tiene como promedio 92,600.21 Toneladas diarias. En el grafico siguiente se tiene los resultados

Grafico 10: Productividad de desmote con cambio en caliente



Fuente: Elaboración propia

### 5.6. Análisis comparativo del sistema actual con el sistema de bahías de cambio en caliente en la productividad de los camiones mineros.

Luego de realizar el análisis de los resultados de la productividad de los camiones mineros, procedo a realizar el análisis comparativo de la productividad sin bahías de cambio en caliente y con bahías en cambio en caliente, del cual se tiene el siguiente cuadro:

Tabla 22: Variación de la productividad de los camiones mineros con y sin implementación de bahías de cambio en caliente

	<b>Mineral Tn/día</b>	<b>Desmote Tn/día</b>	<b>Total Tn/día</b>
Sin implementación	93,720.02	88,139.48	181,859.50
Con implementación	101,015.64	92,600.21	193,615.85
Diferencia	7,295.62	4,460.73	11,756.35
<b>Variación %</b>	<b>7.78%</b>	<b>5.06%</b>	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se puede evidencia que con la implementación de las bahías de cambio en caliente, se incrementa la productividad de transporte mineral con los camiones mineros en un 7.78%, del mismo modo se evidencia un incremento de la productividad del transporte de desmonte en un 5.06%, haciendo una mejora de la productividad total diaria del transporte de los camiones mineros.

## CONCLUSIONES

- Se incrementa la disponibilidad mecánica de la flota de los camiones mineros con implementación de bahías de cambio en caliente de 93.64%, a 95.38%, en promedio
- Se reduce el tiempo promedio de cambio de guardia en condiciones normales de 1.52 horas, y cambio de guardia con bahías de cambio en caliente a 1.11 horas.
- Con la implementación de las bahías de cambio en caliente de la flota de camiones mineros la productividad se incrementó para mineral de 93,720.02Tn/día a 101,015.64 teniendo un incremento a favor de 7,295.62 Tn/día
- La productividad de acarreo de desmonte varia de 88,139.48 Tn/día a 92,600.21 Tn/día teniendo un incremento de 4,460.73 Tn/día,
- El total de incremento de la productividad de mineral y desmonte es de 11,756.35 Tn/día.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se debe implementar las bahías de cambio en caliente para el tajo Pamapacancha, y así mejorar el incremento de la productividad de toda la operación minera, en la Mina Constancia HUDBAY – Cusco.
- Se debe prever el descanso de los operadores de la flota de camiones mineros en el turno noche, ya que estos deben cumplir una labor de más riesgo.
- Se debe contar con la reunión de cambio de guardia en caliente 15 min antes del relevo de operadores, para evaluar los riesgos y solicitar información de los operadores salientes de guardia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aldao Zapiola, C. (2013). *Convenios colectivos de trabajo y productividad*. Montevideo: OIT CINTERFOR.
- Bravo Quispe, A. (2018). *Ampliación de producción de 570 tmd a 1200 tmd de minerales mediante evaluación de operaciones unitarias y reservas minerales en Unidad Minera TACAZA – CIEMSA*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- CATERPILLAR. (2018). *Características del Camión Minero 793F*. Caterpillar.
- Dávila, C. (2001). *Teorías organizacionales y administración*. Bogotá: McGraw-Hill.
- De La Graza Toledo, E. (2017). *Las formas de intervención en el proceso productivo y la experiencia de la productividad en México*. México: Relat-Foro RLP.
- Delgadillo, L. (2003). *Modelo para evaluar la productividad en micro, pequeñas y medianas empresas de la cadena productiva de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones en el estado de Jalisco*. México: 27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa.
- Déz de Castro, Redondeo, C., Barriero, B., & López, M. (2002). *Administración de empresas. Dirigir en la sociedad del conocimiento*. Madrid: Editorial Pirámide.
- Esteban Rodríguez, D. (2013). *Dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: Análisis de prioridades de atención según rendimiento*. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Gómez Gómez, G. D. (2017). *Disponibilidad de equipos auxiliares para optimizar la productividad en el carguío y acarreo de las fases 01,03 y 07 del tajo constancia empresa especializada STRACON GYM S.A*. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Grandas, N. (2000). *La cultura de la confianza como generador de Productividad en las organizaciones*. Bogotá: Universidad de los Andes Colombia.
- Hernandez Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2016). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Gra Hill Education.
- Prokopenko, J. (1989). *La Gestión de la Productividad. Manual práctico*. Ginebre: OIT.
- Ríos, F. (2013). *Evaluación del Rendimiento de Diferentes Tipos de Rodaduras para la Optimización del Ciclo de Acarreo y Transporte del Material en Tunelería*. San Carlos - Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Rivero, A. (2010). *Alcance de la Ingeniería de Métodos e importancia de la productividad*.
- Robbins, S., & Judge, T. (2009). *Comportamiento Organizacional*. México: Pearson Education.



## ANEXOS

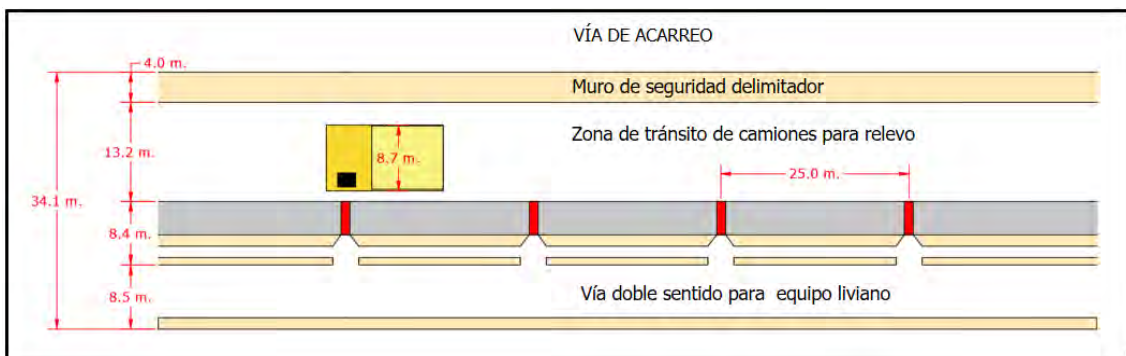
Anexo N<sup>o</sup> 01: camión minero cat 793f



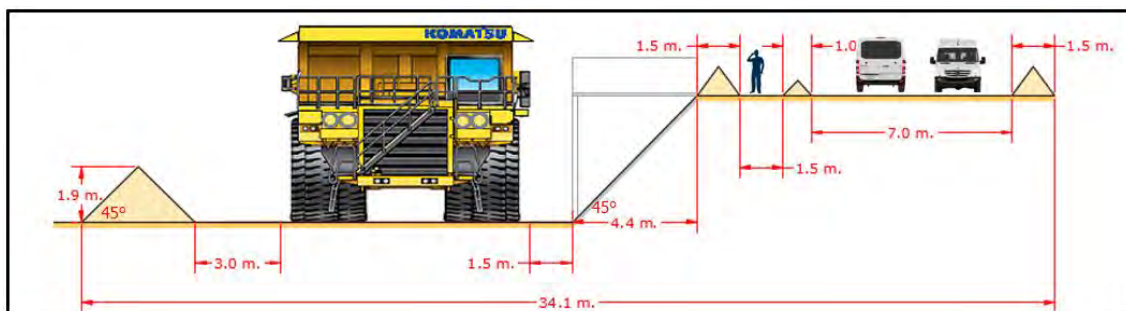
Anexo N<sup>o</sup> 02: diseño de bahías

De acuerdo a las dimensiones de los camiones minero cat793f y hitachi que son modelos similares fueron diseñadas las bahías.

Vista de planta de la bahía de cambio en caliente 2

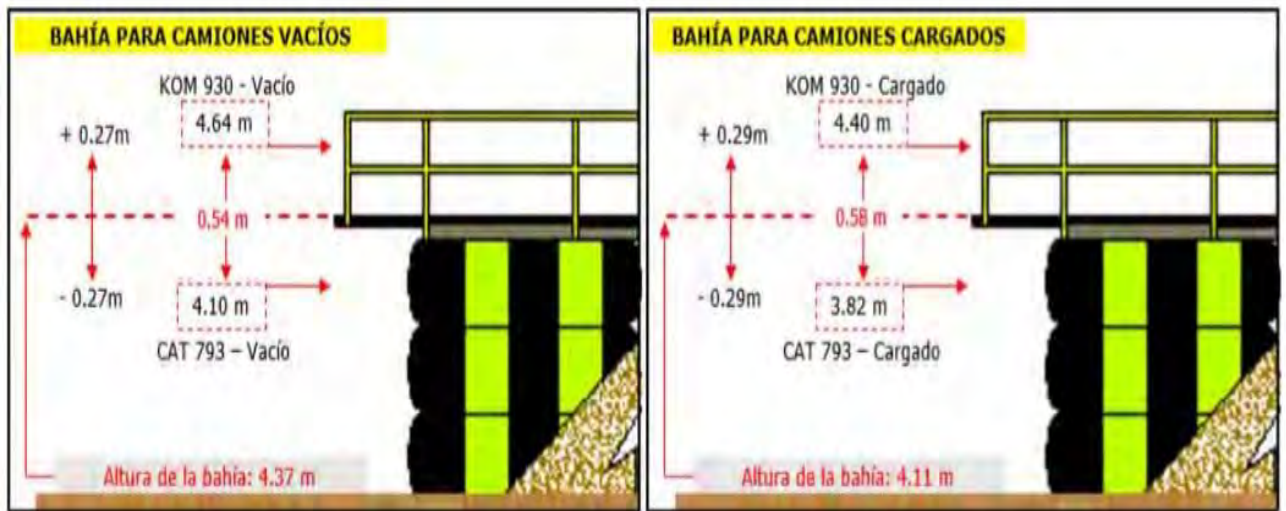


Vista de perfil de la bahía de cambio en caliente 2

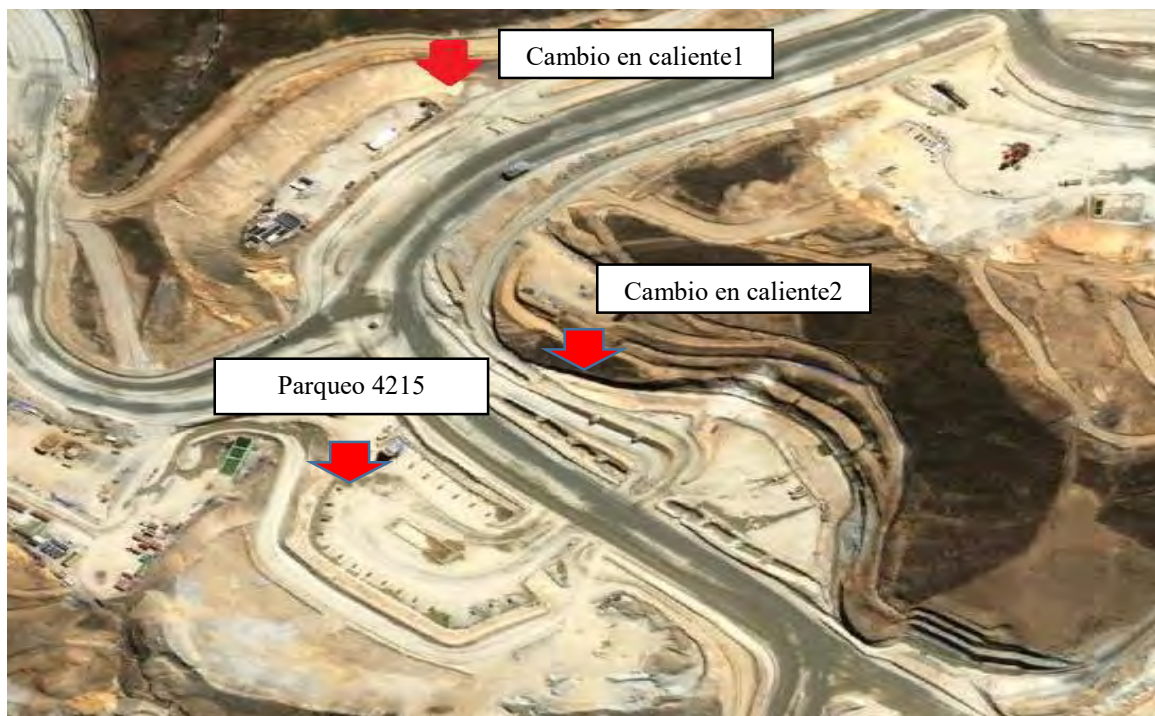


### Alturas de las bahías

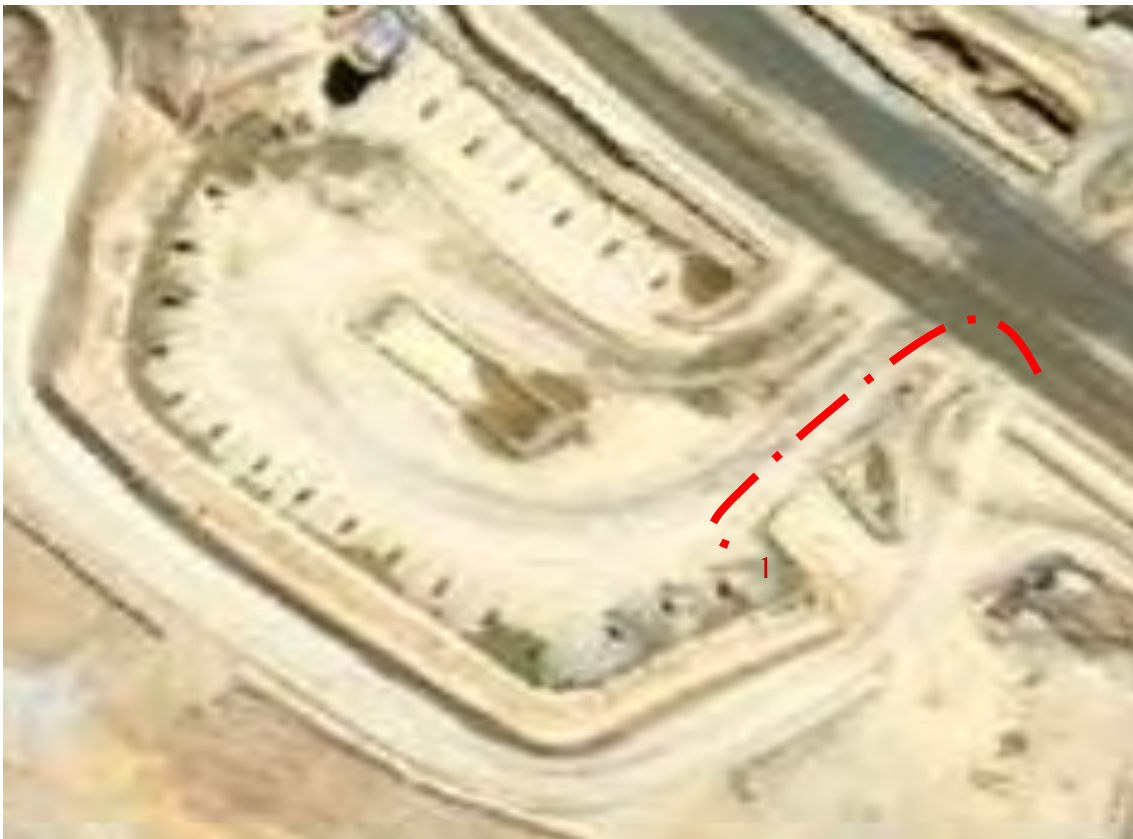
- La altura de las bahías se realizó en de acuerdo a la altura de los camiones.
- Es por esto que solamente se puede realizar el cambio de operadores entre camiones mineros cargados y vacíos.



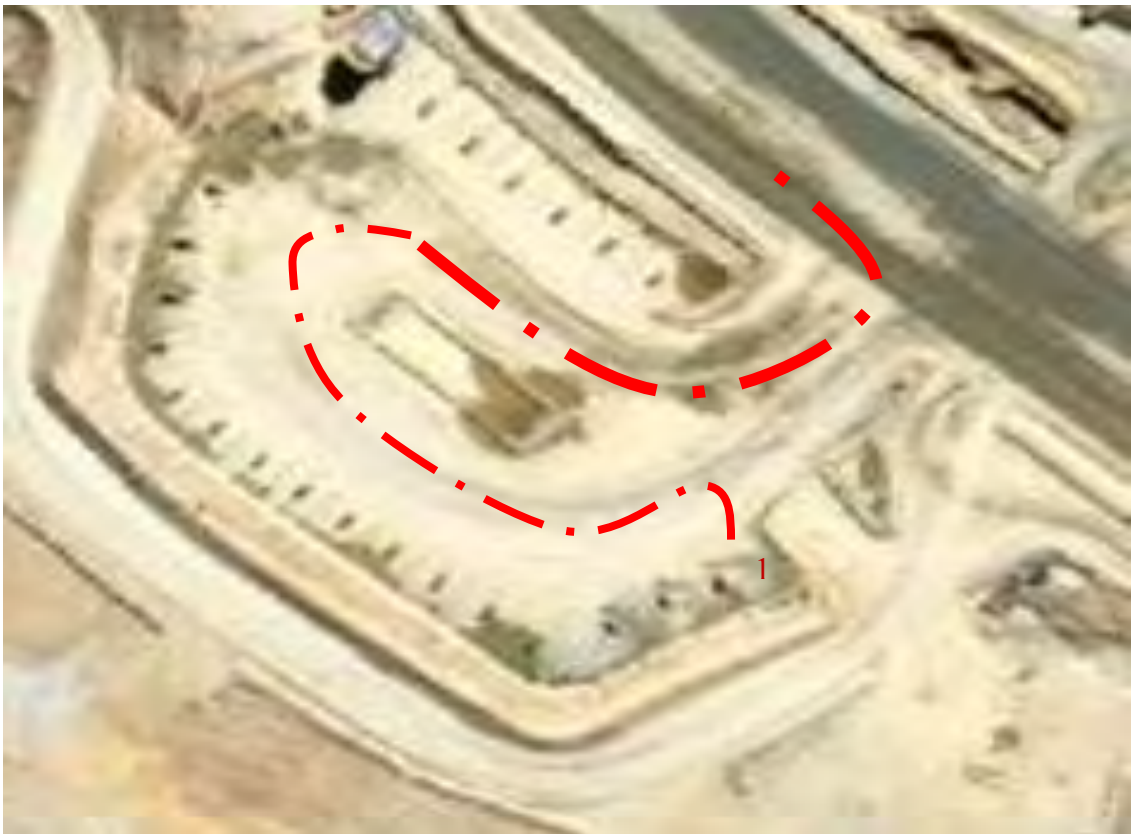
### Anexo N° 03: lugar del parqueo 4215, cambio en caliente1 y cambio en caliente2



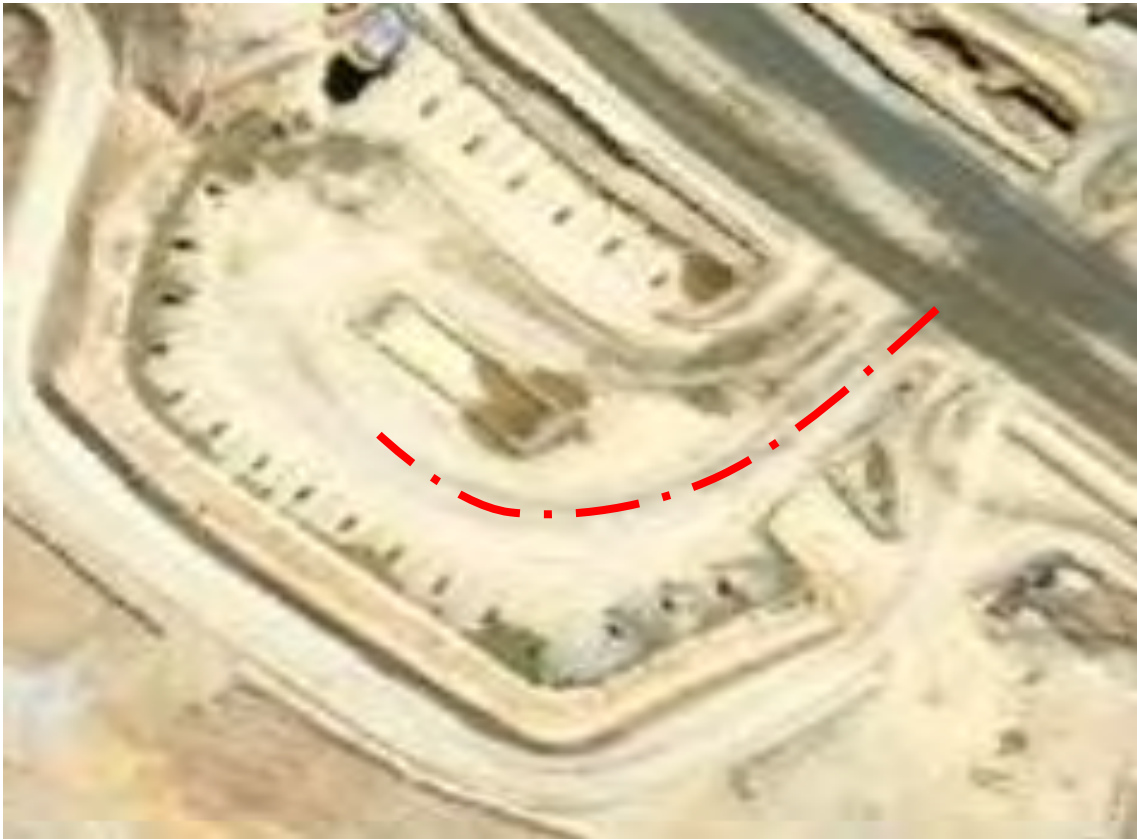
Entrada de los camiones mineros según orden de llegada al parqueo 4215.



Salida de los camiones mineros según orden de llegada del parqueo 4215.



Entrada del bus con los operadores que serán relevados al parqueo 4215.



Salida del bus con los operadores que fueron relevados del parqueo 4215.

