

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA DE MINAS.**



**TESIS**

**“OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y TRANSPORTE  
PARA EL INCREMENTO DE PRODUCCIÓN EN LA CIA  
MINERA ANTAPACAY ESPINAR - CUSCO”**

**PRESENTADO POR:**

Bachiller Gilmer Amau Torres.

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO DE MINAS.**

**ASESOR:** Ing. Noé Cornejo Cereceda.

**CUSCO - PERÚ**

**2019**

## DEDICATORIA

Lo dedico a mi padre Toribio y a mi madre María quienes con el afán de darme una educación con valores han hecho de mí una persona responsable con mi estudio, mi trabajo y mi familia.

De manera especial a mi hermana Edith, por su confianza, apoyo constante y por haber inculcado en mí la ética del trabajo y superación.

Quiero dedicar esta tesis con amor a mi esposa Yoni y a mi hija Arianna; por ser mis motivos de perseverancia y mayor motivación.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a Virgen María; por haberme conducido y guiado durante mis estudios, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad y por darme mucha sabiduría para lograr mis metas.

Gracias a mis padres Toribio y María Exaltación; por ser los principales inspiradores de mis sueños, por darme mucho amor y por su preocupación por mi avance y desarrollo de mi tesis.

A mis hermanos: Edith y Wilbert, quienes me dieron y brindaron siempre su comprensión, amor y consejos sin límites para así concluir satisfactoriamente mi carrera.

A mi asesor Ing. Noé Cornejo y a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas; quienes siempre estuvieron dispuestos, a pesar de las diversas dificultades que a veces tuve en mis estudios, logramos superarlas con éxito como un buen equipo y principalmente como buenos amigos.

Gilmer.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
INTRODUCCIÓN .....	1
RESUMEN .....	3
ABSTRACT.....	4
CAPÍTULO I .....	5
PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.2.    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	6
1.2.1.    Problema General.....	6
1.2.2.    Problemas Específicos .....	6
1.3.    OBJETIVOS.....	6
1.3.1.    Objetivo General.....	6
1.3.2.    Objetivos Específicos.....	6
1.4.    JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	7
1.5.    DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.....	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.    ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	8

2.2.	MARCO CONTEXTUAL.....	11
2.2.1.	Generalidades del Ámbito de Estudio.....	11
2.2.2.	Ubicación.....	12
2.2.3.	Accesibilidad.....	14
2.2.4.	Clima, Vegetación, Fauna y Minerales.....	15
2.2.4.1.	Clima.....	15
2.2.4.2.	Vegetación.....	15
2.2.4.3.	Fauna.....	16
2.2.4.4.	Minerales.....	17
2.2.5.	Geología y Reservas.....	18
2.2.5.1.	Tipo de yacimiento.....	18
2.2.5.2.	Geología Regional.....	19
2.2.5.3.	Geología local.....	24
2.2.5.4.	Geología estructural.....	24
2.3.	BASES TEÓRICAS.....	26
2.3.1.	Optimización de equipos de carguío y acarreo.....	26
2.3.1.1.	Carguío y acarreo.....	26
2.3.1.2.	Sistema de carguío y acarreo.....	27
2.3.1.3.	Procedimientos operacionales.....	30
2.3.1.4.	Funcionalidad de un sistema de carguío y acarreo.....	34

2.3.1.5.	Evaluación económica de sistemas de carguío y acarreo .....	35
2.3.1.6.	Factores que afectan al sistema de carguío y acarreo.....	35
2.3.1.7.	VARIABLES en determinación de la flota de carguío. ....	41
2.3.1.8.	Tiempo de Ciclo de Carguío y Acarreo.....	42
2.3.1.9.	Métodos de carga y descarga.....	44
2.3.1.10.	Disponibilidad Mecánica.....	52
2.3.1.11.	Utilización efectiva .....	53
2.3.1.12.	Tiempo .....	53
2.3.1.13.	Pendiente de la plataforma de carguío .....	54
2.3.2.	PRODUCCIÓN.....	56
2.3.2.1.	Concepto de Productividad.....	57
2.3.2.2.	Factores que afectan la productividad. ....	57
2.3.2.3.	Costo de operación .....	59
2.4.	MARCO CONCEPTUAL .....	59
2.4.1.	Optimización:.....	59
2.4.2.	Carguío:.....	59
2.4.3.	Acarreo:.....	59
2.4.4.	Transporte: .....	60
2.4.5.	Rendimiento:.....	60
2.4.6.	Ciclo:.....	60

2.4.7.	Disponibilidad:.....	61
2.4.8.	Producción: .....	61
2.4.9.	Tasa de producción: .....	61
2.4.10.	Productividad: .....	61
2.4.11.	Equipos para minas a tajo abierto: .....	61
2.4.12.	Carga: .....	62
2.4.13.	Eficiencia:.....	62
2.4.14.	Factor de llenado de balde:.....	62
2.5.	HIPÓTESIS .....	62
1.5.1.	Hipótesis General.....	62
2.5.2.	Hipótesis Específicas .....	63
2.6.	VARIABLES E INDICADORES .....	63
CAPÍTULO III.....		64
METODOLOGÍA.....		64
3.1.	ÁMBITO DE ESTUDIO .....	64
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	64
3.3.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	65
3.4.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN. ....	65
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	65
3.3.1.	Población.....	65

3.3.2.	Muestra .....	66
3.6.	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	66
3.7.	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS. ....	66
3.8.	TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS.....	67
CAPÍTULO IV.....		68
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES MINERAS.....		68
4.1.	PLANEAMIENTO.....	68
4.1.1.	Planeamiento a corto plazo .....	69
4.1.2.	Planeamiento a mediano plazo.....	69
4.1.3.	Planeamiento a largo plazo. ....	70
4.2.	OPERACIONES MINA.....	70
4.3.	OPERACIONES UNITARIAS.....	71
4.3.1.	Perforación.....	71
4.3.2.	Voladura.....	73
4.3.3.	Carguío y acarreo.....	74
4.3.3.1.	Carguío: .....	75
4.3.3.2.	Acarreo. ....	79
4.3.3.3.	Equipos auxiliares.....	86
4.4.	CONSIDERACIONES OPERACIONALES .....	92
4.4.1.	Gradiente de las Rampas:.....	92

4.4.2.	Ancho mínimo de vías: .....	92
4.4.3.	Ancho mínimo de operación:.....	93
CAPÍTULO V.....		94
RESULTADOS.....		94
5.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO Y EQUIPOS EN ESTUDIO. ....		94
5.1.1.	Descripción de las rutas de transporte y la zona de descarga .....	94
5.1.2.	Descripción de capacidad de los equipos de carguío y acarreo. ....	94
5.2.1.	Costos unitarios de minado – resumen 2018 .....	98
5.2.2.	Costo operativo de carguío y acarreo.....	101
5.2.2.1.	Costo operativo de carguío.....	101
5.2.2.2.	Costo operativo de acarreo. ....	102
5.3.1.	Disponibilidad de los equipos de carguío .....	103
5.3.2.	Disponibilidad de los equipos de acarreo. ....	104
5.4.1.	Utilidad de los equipos de carguío.....	105
5.4.2.	Utilidad de los equipos de acarreo. ....	106
CONCLUSIONES .....		108
RECOMENDACIONES.....		110
BIBLIOGRAFÍA .....		111
ANEXOS .....		115

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1:</b> Vías de Acceso a la mina Antapaccay. ....	14
<b>Tabla N° 2:</b> Máquinas Perforadoras Antapaccay.....	72
<b>Tabla N° 3:</b> Equipos de Carguío que operan en mina Antapaccay.....	75
<b>Tabla N° 4:</b> Equipos de Acarreo que Operan en Mina Antapaccay. ....	80
<b>Tabla N° 5:</b> Equipos de acarreo de Antapaccay. ....	87
<b>Tabla N° 6:</b> Descripción de Equipos de Carguío.....	95
<b>Tabla N° 7:</b> Equipos de Acarreo .....	96
<b>Tabla N° 8:</b> Costos unitarios operativos de Abril a Diciembre del 2018 .....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1:</b> Plano de ubicación del distrito minero Antapaccay. ....	12
<b>Figura N° 2:</b> Plano de ubicación de Antapaccay. ....	13
<b>Figura N° 3:</b> Vías de acceso a la mina Antapaccay. ....	14
<b>Figura N° 4:</b> Geología de Antapaccay. ....	18
<b>Figura N° 5:</b> Geología regional del cinturón de Andahuaylas – Yauri .....	20
<b>Figura N° 6:</b> Plano estructural Cusco Puno. ....	21
<b>Figura N° 7:</b> Posición correcta e incorrecta de los camiones. ....	45
<b>Figura N° 8:</b> Carga de material a los camiones. ....	46
<b>Figura N° 9:</b> Carga a ambos lados, se ataca el primer módulo con giros de 90° .....	47
<b>Figura N° 10:</b> Cambio de posición para atacar el nuevo módulo. ....	47
<b>Figura N° 11:</b> La posición relativa de los equipos. ....	48
<b>Figura N° 12:</b> Carga a un solo lado. ....	50
<b>Figura N° 13:</b> Carga en paralelo al banco. ....	51
<b>Figura N° 14:</b> Pendiente y grados. ....	55
<b>Figura N° 15:</b> Rodaje y Límites de Operación .....	56
<b>Figura N° 16:</b> Proyección de la plataforma de trabajo del talud. ....	69
<b>Figura N° 17:</b> Perforadora Diésel Antapaccay. ....	72
<b>Figura N° 18:</b> Trabajo de Voladura en Antapaccay. ....	74
<b>Figura N° 19:</b> Pala Eléctrica BUCYRUS B495HR. ....	77
<b>Figura N° 20:</b> Pala minera eléctrica P&H 2800XPC. ....	78
<b>Figura N° 21:</b> Pala minera eléctrica CAT 7495HD. ....	79
<b>Figura N° 22:</b> Camión CAT 797F .....	82

<b>Figura N° 23:</b> Camión KOM 930E.....	83
<b>Figura N° 24:</b> Camión CAT 793D.....	84
<b>Figura N° 25:</b> Camión KOM 830E.....	85
<b>Figura N° 26:</b> Camión CAT 785B.....	86
<b>Figura N° 27:</b> Camión cisterna modelo pinocho. ....	88
<b>Figura N° 28:</b> Tractor de cadenas CAT D8 .....	89
<b>Figura N° 29:</b> Motoniveladora CAT H14.....	90
<b>Figura N° 30:</b> Rodillo vibratorio CAT SC533D.....	91
<b>Figura N° 31:</b> Martillo hidráulico.....	91
<b>Figura N° 32:</b> Dimensión de las rampas.....	92
<b>Figura N° 33:</b> Dimensión el ancho de minado. ....	93

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo N° 1:</b> Acrónimos .....	115
<b>Anexo N° 2:</b> Capacidad de los equipos de carguío. ....	117
<b>Anexo N° 3:</b> Capacidad de los equipos de acarreo. ....	117
<b>Anexo N° 4:</b> Disponibilidad de los equipos de carguío. ....	117
<b>Anexo N° 5:</b> Disponibilidad de los equipos de acarreo.....	118
<b>Anexo N° 6:</b> Utilidad de los equipos de carguío. ....	118
<b>Anexo N° 7:</b> Utilidad de los equipos de acarreo. ....	118
<b>Anexo N° 8:</b> Producción mensual de mineral .....	119
<b>Anexo N° 9:</b> Equipo de Carguío B495HR Compañía Minera Antapaccay .....	120

## INTRODUCCIÓN

SEÑOR DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALÚRGICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO.

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO:

En cumplimiento a lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de Facultad de Ingeniería de Minas y Metalúrgica de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco; presento a vuestra consideración el proyecto de investigación titulado **“OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y TRANSPORTE PARA EL INCREMENTO DE PRODUCCIÓN EN LA CIA MINERA ANTAPACCAY ESPINAR - CUSCO”**, para optar al Título Profesional de Ingeniero de Minas.

En el Perú existen una serie de empresas mineras extranjeras que apuestan invertir en diferentes rubros ya sean mineros, petroleros y otros, es así algunas empresas apuestan en el rubro minero ya sea de oro, cobre o depósitos polimetálicos.

La producción de cobre a nivel nacional durante los últimos ocho años ha tenido una tendencia creciente gracias a la producción de las minas de clase mundial que se encuentran en Perú, esperando un alto incremento para los siguientes años con el inicio de producción de las operaciones de las minas Toromocho, las Bambas, Conga y la Compañía Minera Antapaccay que aportaran al país.

La producción total anual pone en un puesto expectante al Perú dentro de los productores de cobre a nivel mundial proyectándose a ser el mayor productor de cobre.

Bajo estas condiciones se realiza el estudio que me permita optimizar el rendimiento de los equipos de carguío identificando las condiciones que afectan directamente la productividad, lo que es

indispensable para el planeamiento de mina durante los años de vida del proyecto como para los costos del mismo.

El presente trabajo de investigación se enfoca en la “OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y TRANSPORTE PARA EL INCREMENTO DE PRODUCCIÓN EN LA CIA. MINERA ANTAPACCAY ESPINAR - CUSCO”, empresa minera que viene desarrollando la explotación de cobre.

El proyecto de investigación se ha estructurado de la siguiente forma:

**Capítulo I**, Problemática de la investigación, que comprende: Planteamiento del problema, formulación del problema, objetivos, justificación de estudio y delimitación del estudio.

**Capítulo II**, Marco teórico de la investigación, que comprende: Antecedentes de investigación, marco contextual, bases teóricas, marco conceptual, hipótesis y variables e indicadores de estudio.

**Capítulo III**, Metodología de la investigación, que está constituida por: Ámbito de estudio, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas de recolección de datos, técnicas de procesamiento de datos y técnica de análisis de datos.

**Capítulo IV**, Descripción de las operaciones mineras, que está constituida por: Planeamiento, operaciones minas, operaciones unitarias y consideraciones operacionales.

**Capítulo V, Resultados** este capítulo está constituido por: Descripción de área de trabajo y equipos en estudio, análisis de los equipos de carguío y acarreo, descripción de la disponibilidad de los equipos de carguío y acarreo, descripción de la utilidad de los equipos de carguío y acarreo y descripción de la producción.

Y finalmente las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y los anexos.

## RESUMEN

La presente investigación titulada “OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y TRANSPORTE PARA EL INCREMENTO DE PRODUCCIÓN EN LA COMPAÑÍA MINERA ANTAPACCA Y ESPINAR - CUSCO”, trata de poder explicar la optimización de los equipos de carguío y acarreo para la reducción de costos en las operaciones básicas de carguío y acarreo de mineral con un incremento sustancial del nivel de producción para el beneficio de la empresa minera y una disminución de los costos de carguío y acarreo.

Asimismo, en el presente estudio se ha determinado que la optimización de los equipos de carguío y acarreo influyen de manera directa y significativa en el incremento de producción; la producción real frente a lo estimado con la optimización de los equipos de carguío y acarreo alcanzó a un promedio de 299,112 KTM de 283,358 KTM, ya que se dio un cumplimiento de 100% de 99.39%.

Finalmente, de acuerdo al estudio realizado los factores operacionales en el tajo sur influyen significativamente en la producción de los equipos de carguío y acarreo, como la fragmentación del material a cargar tiene que ser eficiente ya que en algunos casos no cumple con las características planificadas y se incrementa costos y en algunos casos se dañan los equipos. El otro factor que influye son las pistas de acarreo donde la resistencia a la rodadura, la distancia de acarreo y las pendientes de las vías son regularmente eficientes y ello permite el incremento de producción. De igual manera se ha determinado una reducción considerable de los costos de equipos de carguío y acarreo de mineral.

## **ABSTRACT**

This research entitled “OPTIMIZATION OF CARGO AND TRANSPORT EQUIPMENT FOR THE INCREASE OF PRODUCTION IN THE MINTA ANTAPACCAY ESPINAR - CUSCO”, tries to explain the optimization of loading and hauling equipment for the reduction of operating costs basic loading and hauling ore with a substantial increase in the level of production for the benefit of the mining company and a decrease in loading and hauling costs.

Likewise, in the present study it has been determined that the optimization of loading and hauling equipment directly and significantly influences the increase in production; the real production compared to the estimate with the optimization of the loading and hauling equipment reached an average of 299,112 KTM of 283,358 KTM, since a 100% compliance of 99.39% was given.

Finally, according to the study carried out, the operational factors in the southern pit significantly influence the production of the loading and hauling equipment, as the fragmentation of the material to be loaded has to be efficient since in some cases it does not meet the planned characteristics and costs are increased and in some cases the equipment is damaged. The other influencing factor is the haul tracks where rolling resistance, haul distance and the slopes of the tracks are regularly efficient and this allows increased production. Similarly, a considerable reduction in the costs of loading and hauling equipment has been determined.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el desarrollo de las actividades mineras a tajo abierto se extrae el material previamente fragmentado; y para esto existe la operación unitaria de carguío, que es una de las más importantes, ya que una mejor optimización de las palas y camiones nos permitirá tener una mejor producción.

En la mina Antapaccay el sistema de carguío presenta ciertos inconvenientes de producción en diferentes frentes de carguío que afectaron el cumplimiento de lo programado, por ello se ve la necesidad de analizar la optimización de los equipos de carguío y acarreo, para el mejor incremento de producción es necesario conocer rendimiento de las palas P&H 2800, CAT 7495HD, Bucyrus 495HR y camiones Komatsu y Catpillar.

El carguío y acarreo conforman las principales operaciones unitarias en la actividad minera, ya que son responsables de todo el movimiento de mineral o estéril fragmentado por el proceso de voladura. En el movimiento de tierras, ambos procesos tienen un papel

protagónico desde la planificación, en el diseño de la mina, y desde el punto de vista operacional; ya que concentra las mayores inversiones en equipos y costos operacionales.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el incremento en la producción debido a la optimización de los equipos de carguío y acarreo en la Compañía Minera Antapaccay Espinar – Cusco 2018?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Qué factores de operación influyen negativamente en el sistema de carguío y acarreo en la Cía. Minera Antapaccay?
- b) ¿En qué medida se reducirán los costos de carguío y acarreo de mineral en la Cía. Minera Antapaccay Espinar?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar el incremento en la producción debido a la optimización de los equipos de carguío y acarreo en la Compañía Minera Antapaccay Espinar – Cusco 2018.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- a) Determinar los factores de operación que influyen negativamente en el sistema de carguío y acarreo en la Cía. Minera Antapaccay.
- b) Determinar la reducción de los costos de carguío y acarreo de estéril en la Compañía Minera Antapaccay Espinar – Cusco 2018.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.**

La presente investigación tiene previsto incrementar la producción diaria, mensual, los costos operativos, renovar los equipos de carguío y acarreo. Lo cual demandara un reajuste en la distribución de los equipos de carguío y acarreo, también en la situación actual no se tiene identificado los factores que permiten optimizar el rendimiento de los equipos de carguío y reducción de costos. Cualquier mejora en la optimización en esta área siempre será significativa en la producción. Por tanto, es importante la presente tesis titulada: “Optimización de equipos de carguío y transporte para el incremento de producción en la Compañía Minera Antapaccay Espinar - Cusco”

#### **1.5. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.**

El estudio estará delimitado en los tajos sur y norte de explotación de la compañía minera Antapaccay – Espinar Departamento Cusco - Perú.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

Para la presente investigación se tomó como fuentes de estudio diversas tesis similares que guarda relación con las variables de investigación, que han sido desarrolladas en diferentes centros de estudios locales, nacionales e internacionales de los últimos años, las cuales se han utilizado como modelo para ampliar el problema a investigar, aquí se especifica:

(Apaza Risco Elmer Danilo, 2017), **en su tesis titulada “Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C.” Tesis para la optar el título de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.**

Se planteó como objetivo a investigar sustentar y presentar la metodología usada en la disminución de tiempos improductivos para la mejora continua de la productividad en el

proceso de carguío y acarreo para lograr el incremento del porcentaje de utilización de los equipos, tomando en cuenta los factores de seguridad.

Concluyo que la aplicación de propuestas de mejoras continuas logró la disminución de horas de demora en las operaciones unitarias de carguío y acarreo. Se incrementó el porcentaje de utilización de los equipos de minería y se incrementó la producción mensual de mineral comparando lo presupuestado con lo ejecutado.

Se tomó como referencia esta tesis para la elaboración del marco teórico, puesto que me brinda una idea para el desarrollo de algunos conceptos de equipos de carguío y acarreo.

(Barreto Taipe Lides, 2017), **en su tesis titulada “Optimización del número de camiones 785C CAT y cargador frontal 992K CAT mediante el match factor en la ruta mineral – Stock Pile Antapaccay – Chancadora Tintaya San Martín Contratistas Generales S.A.”, Tesis para optar el título Profesional de Ingeniero de Minas, en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.**

Se planteó como objetivo determinar el número óptimo de camiones mediante el Match Factor, con cargador frontal 992K CAT en la ruta mineral de Stock Pile Antapaccay hacia Chancadora Tintaya, para optimizar el ciclo carguío y acarreo en la Unidad Minera Antapaccay.

Llegando a la siguiente conclusión: Como resultado del presente trabajo de tesis se puede concluir que el Match Factor es igual a 1, lo que indica un acople perfecto, teniendo como resultado optimizado el siguiente: Flota óptima de carguío = 1 cargador frontal CAT 992K (24 TM capacidad de cuchara, Flota óptima de acarreo = 7 camiones CAT 785 (150 TM de cap. de tolva), Costo unitario de carguío = 0,17 US\$/TM, Costo unitario de acarreo = 0,32

US\$/TM, Costo unitario carguío – acarreo = 0,49 US\$/TM y Producción potencial carguío - acarreo = 1 230,00TM/h

La tesis mencionada se utilizó como referencia para definir los conceptos de las dos variables de estudio.

(Baldeón Quispe Zoila Lilian, 2011), **en su tesis titulada “Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en el CIA. Minera Condestable S.A.”, Tesis presentada para la obtener el Título Profesional de Ingeniero de Minas, en la Universidad Pontificia Católica del Perú, Lima.**

Se planteó como objetivo proponer la “Guía para la Optimización de Flotas de Acarreo en minas subterráneas”, de tal manera que esté disponible como un método práctico y rápido para adaptarse a las condiciones cambiantes de la operación y lograr el incremento de la productividad, la disminución de costos del proceso de carga y acarreo, que conlleven a obtener la mejor ratio de Costo por TM – Km.

Conclusión a la que llego fue: Conociendo el ciclo de las operaciones (acarreo y transporte), se puede calcular la flota o equipos requeridos a mínimo costo unitario y/o máxima producción en la unidad de tiempo, así como en Compañía Minera Condestable, este método puede ser aplicado en otras empresas mineras con similares problemas. De igual manera, los equipos de carguío y transporte constituyen los elementos más gravitantes en el costo de minado de un trabajo minero. Finalmente “No se puede mejorar lo que no se puede medir”, la mejor herramienta para la gestión de la operación es el conocimiento de lo que sucede en el campo de una manera precisa y oportuna para tomar acciones correctivas.

Esta tesis se usó como referencia para la descripción de algunos conceptos de producción y de diferentes términos que se usaran en la investigación.

## **2.2. MARCO CONTEXTUAL**

### **2.2.1. Generalidades del Ámbito de Estudio.**

Según (Levit Stuart, 2012) indica que:

La empresa Minera Antapaccay – Expansión Tintaya es un proyecto minero propuesto por Xstrata Tintaya S.A. y posteriormente adquirida por GLENCORE. El Proyecto está aproximadamente a 12 km al sur- oeste de la mina Tintaya, la cual actualmente está en etapa de cierre de mina.

Glencore es una empresa minera dedicada a la producción y comercialización de concentrado y cátodos de cobre. La mina Tintaya empezó a operar en 1985 y en la actualidad finalizo su ciclo de vida, debido al agotamiento de sus reservas mineras. Con el plan de cierre aprobado, la mina Tintaya llego en Julio del 2012 entrando a la etapa de cierre. El Proyecto Antapaccay permite extender la actividad minera en el distrito.

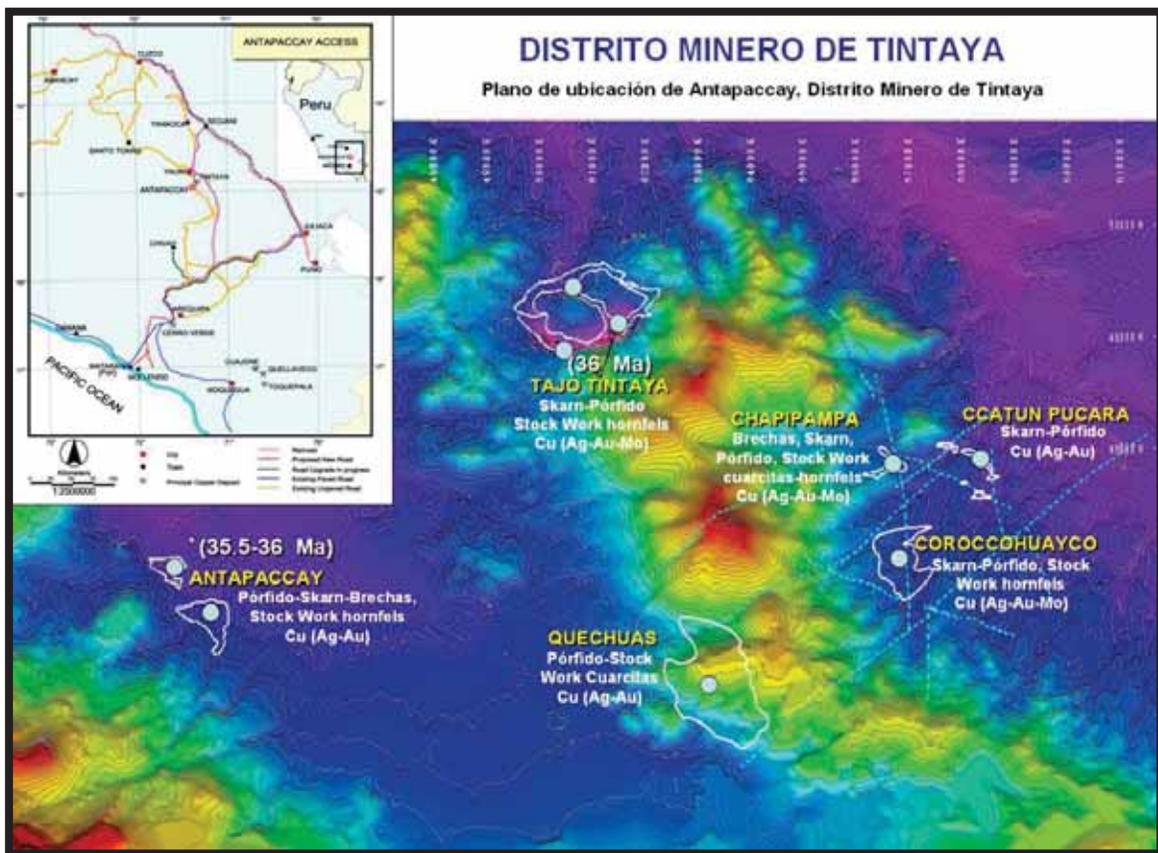
El Proyecto explota el yacimiento tipo Skarn-Pórfido de Antapaccay y produce, Las reservas de mineral del Proyecto corresponden a 720 millones de toneladas de cobre con una ley de 0,56%. La construcción del Proyecto se llevará a cabo entre el 2009 y el 2012, la producción inicio desde el 2012 al 2032 y el cierre final será a partir del 2032.

El Proyecto comprenderá el minado en dos tajos abiertos. Los residuos mineros se dispondrán en dos botaderos. El mineral chancado será transferido mediante una faja transportadora en superficie hacia una nueva planta concentradora cerca del tajo existente en la mina Tintaya, donde se disponen los relaves espesados generados en la planta concentradora del Proyecto (Levit Stuart, 2012).

### 2.2.2. Ubicación.

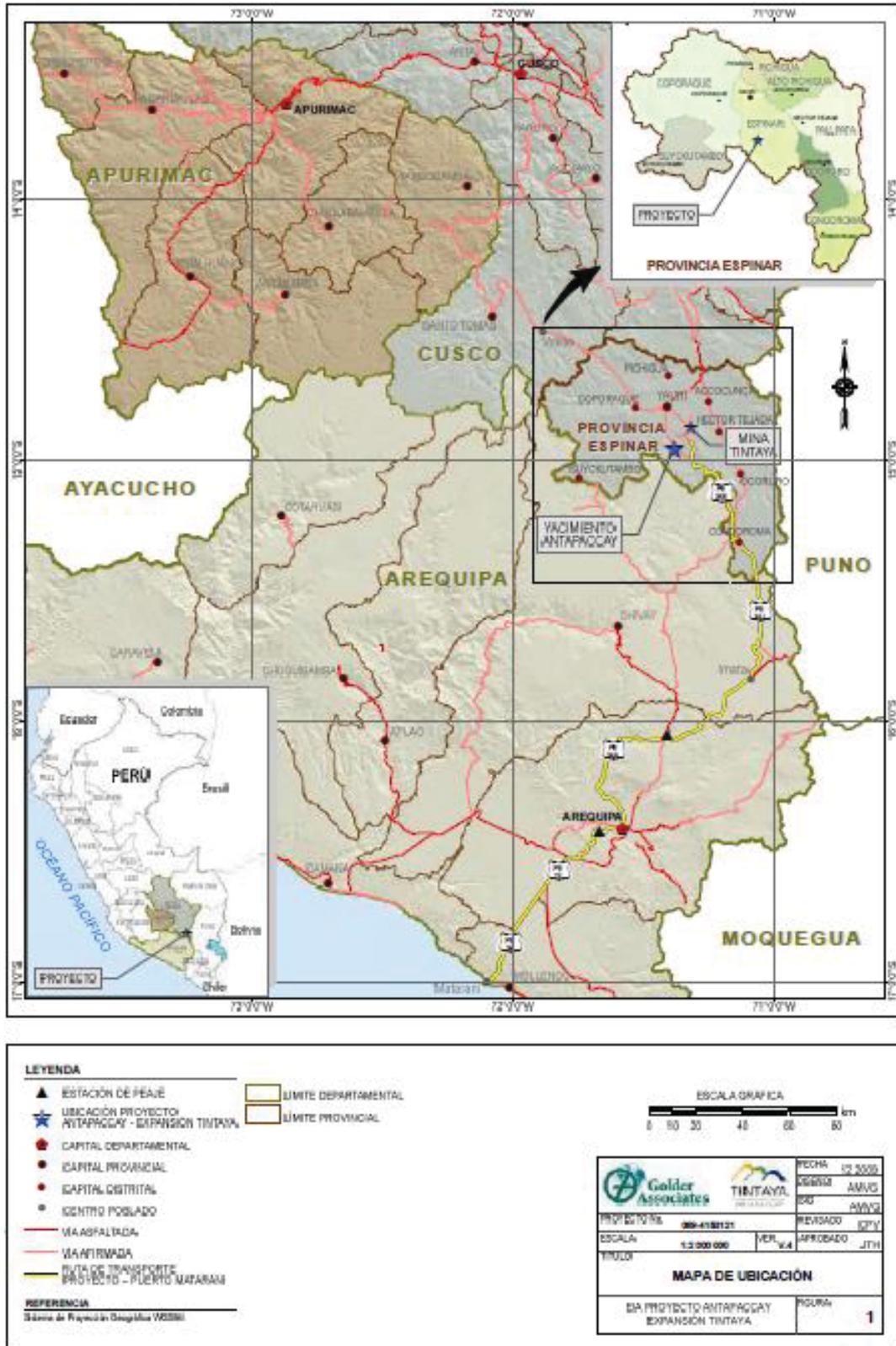
La Mina Antapaccay – Expansión Tintaya está ubicado en la zona Sur de los Andes del Perú, en el Distrito de Yauri de la Provincia de Espinar, Departamento Cusco a 4100 metros sobre el nivel del mar. El Proyecto está localizado a 15 kilómetros del Distrito de Yauri aproximadamente a 271 kilómetros distante entre las ciudades de Cusco y Arequipa (Levit Stuart, 2012).

*Figura N° 1: Plano de ubicación del distrito minero Antapaccay.*



*Fuente: Empresa Antapaccay - Espinar.*

Figura N° 2: Plano de ubicación de Antapaccay.



Fuente: Golder Associates



## **2.2.4. Clima, Vegetación, Fauna y Minerales.**

### **2.2.4.1. Clima**

Según (Levit Stuart, 2012) indica que:

El clima de la zona es frío y seco, típico de los departamentos de puna que caracterizan al altiplano.

Las precipitaciones fluviales se regulan de acuerdo a las estaciones, observándose el incremento persistente de lluvias durante los meses de verano de diciembre a abril, causando problemas en el minado de las zonas más profundas del tajo por presentarse zonas inundadas, así como también problemas con la estabilidad de taludes en las zonas más altas del tajo, en los sectores de material morrénico y desprendimiento de rocas de los bancos, así también el progreso de las fallas locales.

En los meses de invierno, caen fuertes heladas y se incrementan vientos, las variaciones de temperatura son bien marcadas durante el día con un clima caluroso de 19.6 °C y de noche frígido llegando de -5 a -12.8 °C, con una humedad relativa de 49% entre los meses de Junio - Septiembre y de 70% en los meses de Enero a Abril

### **2.2.4.2. Vegetación**

Según (Levit Stuart, 2012) indica que:

Es variada por la presencia de bofedales y las constantes lluvias veraniegas; las gramíneas dominan el mundo vegetal y superviven durante el invierno, pero las herbáceas y los helechos, cactáceas entre otros conviven en la época de lluvias, cubriendo de un manto

verdoso en su totalidad las superficies cercanas a la mina, sin embargo, son plantas estacionales que desaparecen durante el invierno y reverdecen con el aguacero.

Como consecuencia de las actividades de construcción, se tuvo una reducción o pérdida de vegetación en el área.

Las medidas de mitigación a aplicarse durante la construcción son las siguientes:

- Usar áreas previamente disturbadas en la medida de lo posible, para reducir o evitar la pérdida de vegetación en el área del Proyecto.
- Las áreas de especies sensibles con mayor densidad (especies de preocupación) fuera del límite del Proyecto, pero cerca al área de desarrollo fueron marcadas para asegurar que no sean alteradas.
- En la medida de lo posible, trasladar ciertas poblaciones de especies sensibles o protegidas a un hábitat adecuado que no será alterada por las actividades del Proyecto.
- Restringir las actividades antropogénicas (pastoreo, agricultura, quema) dentro de las áreas controladas por Glencore, con el fin de promover el desarrollo de la vegetación natural.

#### **2.2.4.3. Fauna.**

Según (Levit Stuart, 2012) indica que:

En la zona de Espinar Antapaccay, se ve gran cantidad y variedad de animales de la zona, tales como vizcachas, perdices, huallatas, patos silvestres, zorros y venados; así como también ganado vacuno, ovino y auquénidos, también se tienen piscigranjas en las lagunas.

Como consecuencia de las actividades de construcción, se tiene la pérdida y alteración del hábitat, para minimizar estos efectos, las medidas de mitigación a aplicadas durante la construcción fueron:

- Mantener áreas de amortiguamiento alrededor o cerca de los cursos de agua y cuerpos de agua, según el caso.
- Diseñar la rehabilitación de las comunidades vegetales de forma tal que ofrezcan un hábitat adecuado para la fauna silvestre y las especies clave.
- Educar al personal y público de las comunidades vecinas sobre la importancia de las especies que necesitan protección y sobre las medidas de mitigación propuestas.
- Prohibir al personal y contratistas cazar, colocar trampas o pescar en el sitio.
- Implementar la señalización y reducir los límites de velocidad en las áreas clave donde la fauna silvestre cruza las carreteras, si los hubiere.
- Apremiar de manera frecuente los sistemas sugerentes para aves e instalar mejores sistemas si la mitigación existente no fuera efectiva (por ejemplo, cañones disuasivos, muñecos flotantes o colgantes). En la medida de lo posible, reducir el uso de luces en estructuras altas durante la noche, para reducir los choques de aves y murciélagos.

#### ***2.2.4.4. Minerales***

Según (Municipalidad Provincial de Espinar, 2014) indica que:

La provincia de Espinar departamento Cusco, cuenta con los importantes yacimientos mineros que destacan como: Antapaccay, Quechuas y Corcohuayco. Los recursos mineros

que generan son especialmente el cobre y el hierro. Así mismo, cuenta con pequeñas mineras estas son: Atalaya, Rosandina, Morro Solar y Joyel Brillante.

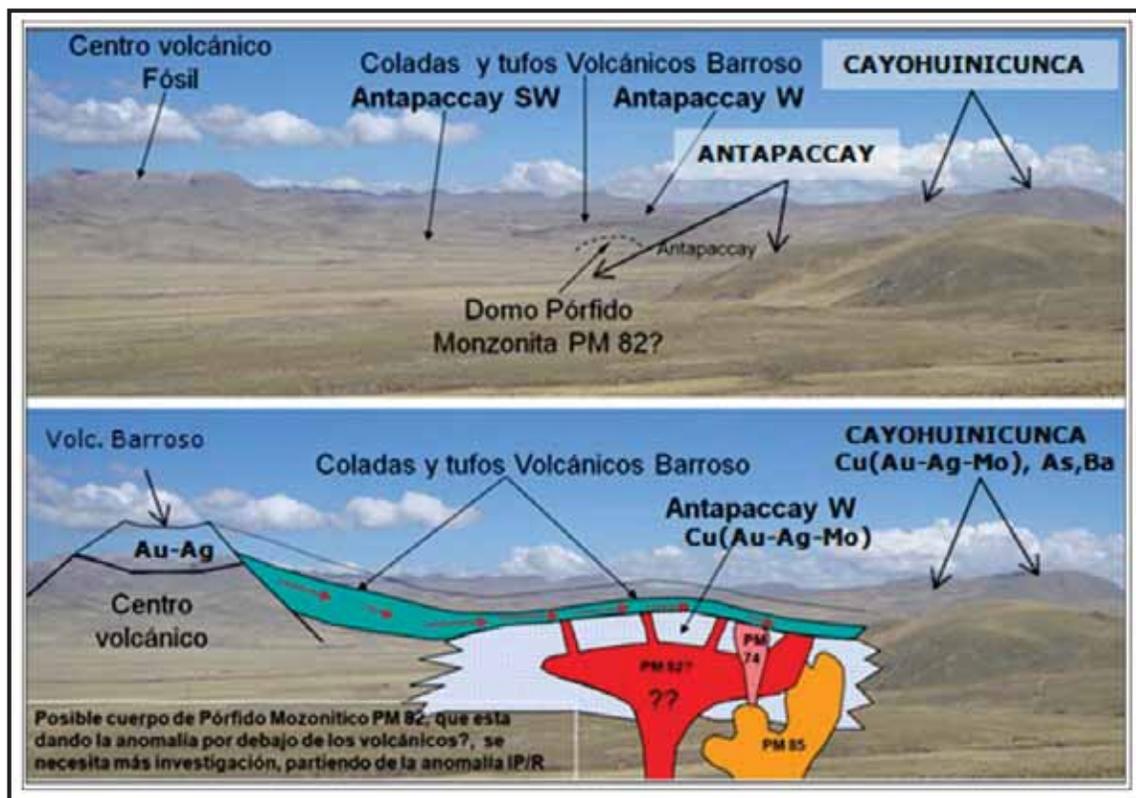
## 2.2.5. Geología y Reservas.

### 2.2.5.1. Tipo de yacimiento.

La compañía minera Antapaccay es un depósito de pórfido de cobre y oro hipogénico con leyes medias y altas, de gran tonelaje y de forma irregular agrupado con mineralización de Skarn desarrollada en los empalmes de la diorita con las rocas carbonatadas huéspedes.

Diseminación de sulfuros de cobre y hierro en grandes volúmenes, usualmente con pequeños contenidos de oro y sulfuros de molibdeno, plata arsénico y antimonio. Brechas ígneas y alteración hidrotermal (Xtrata Tintaya S.A, 2011).

*Figura N° 4: Geología de Antapaccay*



*Fuente: Xstrata Tintaya.*

#### **2.2.5.2. Geología Regional.**

Según (Xstrata Tintaya S.A, 2011) indica que:

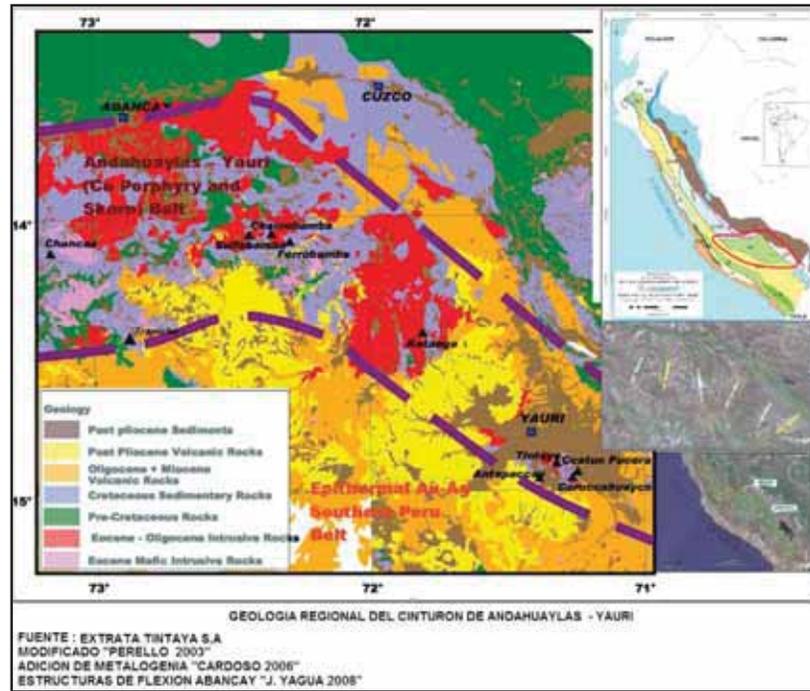
La compañía minera Antapaccay es un depósito tipo pórfido - skarn (Cu-Ag-Au) localizado dentro la Franja Eocena-Oligocena Andahuaylas - Yauri a 10 Km., en línea recta, hacia el SW de la Mina Tintaya en el entorno de la Antigua Mina Atalaya; políticamente se encuentra en la Comunidad Campesina de Alto Urraca, distrito y provincia de Espinar, Departamento Cusco; entre los 3,980 a 4,050 metros sobre el nivel del mar de altitud. Antapaccay es accesible desde Tintaya por medio de una trocha carrozable de 20 Km.

La Franja Eocena - Oligocena Andahuaylas-Yauri se localiza a una distancia de 250 a 300 Kilómetros al oeste de la actual fosa Perú – Chile. Se encuentra sobre una gruesa capa de corteza sálica de 50 a 60 Kilómetros; en la zona de transición entre el régimen de subducción plana del centro del Perú y el régimen de subducción normal del sur del Perú y norte de Chile. Inmediatamente al sureste de la deflexión de Abancay.

Geológicamente consiste de una gruesa secuencia sedimentaria cretácica plegada durante las deformaciones andinas y ampliamente intruída por stocks, sills y diques del Batolito Andahuaylas – Yauri, cubierta por depósitos lacustrinos y volcánicos cenozoicos y depósitos cuaternarios.

La cartografía geológica compilada de trabajos internos del Brownfields de Tintaya (Xstrata Copper, 1:5000), consultores (1:5000, 1:10000) e INGEMMET (versión digital 30-T; 1:100,000), sirvieron de base para la descripción de las formaciones geológicas a nivel distrital.

*Figura N° 5: Geología regional del cinturón de Andahuaylas – Yauri*

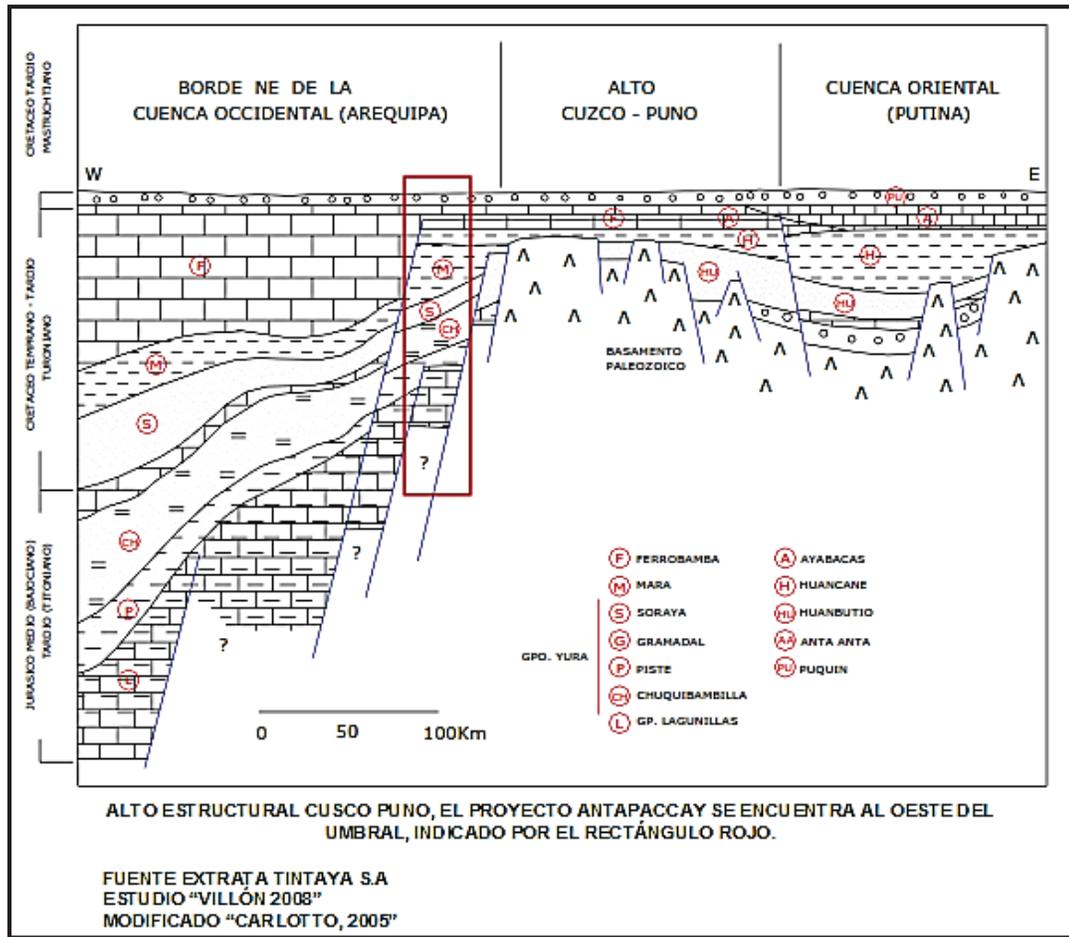


*Fuente:* Extrata Tintaya S.A.

**a) Mesozoico.**

El mesozoico está constituido principalmente por secuencias sedimentarias cretácicas depositadas en un marco paleogeográfico dominado por las cuencas marinas Occidental y Oriental del sur del Perú, separadas por el alto estructural denominado Umbral Cusco – Puno. Este alto recibe una sedimentación poco espesa, principalmente continental y está controlado al suroeste, por el sistema de fallas durante el Mesozoico tuvo un comportamiento normal controlando la sedimentación y actualmente se le sigue por más de 400 kilómetro (Carlotto, 1998).

*Figura N° 6: Plano estructural Cusco Puno.*



*Fuente: Xtrata Tintaya S.A.*

Según la **Figura N° 6**, Alto Estructural Cusco Puno, el Proyecto Antapaccay se encuentra al oeste del umbral, indicado por el rectángulo rojo.

La Cuenca Occidental, del mismo modo conocida como Cuenca Arequipa, corresponde actualmente a la Cordillera Occidental, contiene una secuencia sedimentaria de aproximadamente 4,500 metros de espesor siendo la parte inferior constituida por turbiditas, la parte media por cuarcitas y la superior por abundantes calizas. El límite noreste de esta cuenca coincide con el departamento Andahuaylas –Yauri, (Carlotto, 1998).

## **b) Formación Soraya.**

Corresponde a la secuencia sedimentaria más antigua en el área, presenta comportamiento dúctil y muestra tendencia a alta frecuencia de fracturamiento y consecuentemente alta permeabilidad secundaria.

La litología está constituida por una secuencia de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, aunque existen también de grano grueso. El color varía de gris a blanquecino en la base a blanco amarillento y rosado en el tope, con una potencia de 700 metros aproximadamente. Presenta buena estratificación, en bancos medianos a gruesos (desde 0.30 metros a más de 5 metros).

Entre las capas de areniscas cuarzosas se intercalan escasos niveles delgados de lutitas negras y areniscas grises, principalmente en la parte inferior de la formación. Las lutitas se presentan en capas delgadas formando paquetes de 10 centímetros de grosor, las que por acción del intemperismo adquieren una coloración gris plomiza a blanquecina.

Presenta afloramientos importantes al Sur de la mina Tintaya y en el entorno del Proyecto Quechuas. Se le asigna una edad Neocomiano inferior Cretácica inferior (Jenks, 1984)

## **c) Formación Mara**

Los afloramientos se extienden desde Apurímac en dirección sureste y fue reconocida en el Distrito de Tintaya a través de sondajes.

La liíto estratigrafía está formado por tres miembros:

1. El miembro Inferior, que se caracteriza por la predominancia de areniscas,

2. El miembro Medio es rutáceo con algunas intercalaciones de areniscas y conglomerados con clastos de cuarcita.
3. El miembro Superior está constituido por areniscas, lutitas abigarradas y termina hacia el tope, en algunos lugares, con calizas amarillentas. El color predominante de esta formación es rojo a marrón rojizo.

Las rocas de la Formación Mara están metamorfizadas localmente a hornfels y en tramos alberga mineralización importante en venillas de cuarzo y calcopirita. Su espesor es variable entre los 50 metros y los 500 metros. Se le atribuye una edad Neocomiano - Aptiano (Carlotto, 1998).

#### **d) Formación Ferrobamba**

La litología está constituida eminentemente por calizas negras a grises oscuras, aunque en ciertos niveles presenta bancos calcáreos de color amarillento. Las calizas son masivas, bastante compactas, estratificadas en bancos de 0.30 metros a 2.0 metros.

En el tope, generalmente se observan calizas arenosas de color gris claro con tintes rojizos y en la base niveles de lutitas carbonosas, contiene nódulos de chert.

La estratificación es masiva, aunque algunos estratos, generalmente son de 10 centímetros de grosor, presentan estratificación laminar. Las calizas areniscosas se encuentran intercaladas, en menor proporción que las calizas, generalmente forma la base o techo de los estratos y presentan forma lenticular, ondulante.

Los fósiles identificados son moluscos, equinodermos y cefalópodos tales como la *Exogira squamata* D`ORB, *Exogira boussingaulti* D`ORB, *Turritella* sp, lo datan en el

Albiano –Cenomaniano. Y por la correlación con la Formación Arcurquina de Arequipa su edad es del Albiano Superior – Turoniano, (Carlotto, 1998).

#### ***2.2.5.3. Geología local.***

Según (Cerpa, 2004) dice:

Antapaccay corresponde a un depósito tipo pórfido de Cu, con valores marginales de Ag y Au, la mineralización de cobre se encuentra diseminada y en venillas alojada en monzonitas y diorita; Al contacto con las rocas sedimentarias cretácicas calcáreas crearon cuerpos irregulares de skarn, y stockwork en hornfels y cuarcitas conteniendo valores de cobre, pero estos representan un componente menor de todos los recursos.

Se han diferenciado dos sectores denominados:

1. Antapaccay Norte con 300 x400 metros ligeramente elongado en dirección NW-SE.
2. Antapaccay Sur siendo el más extenso con 1,300 x 250 a 430 metros en dirección NW-SE.

Los afloramientos en el área del proyecto son limitados a algunos de caliza y mármol al NW y SE; así como afloramientos de intrusivos dacíticos en el área de Atalaya. Muchas de las descripciones litológicas fueron hechas de muestras de perforación.

#### ***2.2.5.4. Geología estructural.***

Según (Cerpa, 2004) afirma lo siguiente:

Que el marco estructural dentro de la cuenca Yauri, está regida por dos importantes lineamientos estructurales los cuales han condicionado su formación, cabe resaltar que esta cuenca se formó durante el Mioceno como una cuenca sinorogenica, producto de un régimen

compresional que ha ocurrido de forma interrumpida pero consecutiva desde el Cretácico Superior

**a) Mineralización.**

La mineralización cuprífera del proyecto Antapaccay está emplazada principalmente en rocas intrusivas intermedias PM2 y PM3 como disseminación, venillas, brechas hidrotermales y en contacto con las rocas pre-minerales como dioritas y sedimentarias (calizas, lutitas calcáreas, limolitas y areniscas) formando brechas mineralizadas de contacto, skarn y “stockwork” en sedimentarios. Con un marcado dominio de calcopirita sobre bornita hasta los 350m; a mayor profundidad se invierte el rol y se asocia a un nivel de anhidrita yeso. Se han identificado dos cuerpos aparentemente aislados, siendo el cuerpo sur el más extenso con 1,300 metros en dirección NW, SE y ancho variable de 250 a 430 m. Y el cuerpo norte con 300 m. en dirección NW-SE y ancho de 450 metros.

**b) Tipos de alteraciones.**

La compañía minera Antapaccay presenta un patrón asimétrico de zonamiento de alteraciones, resultado de cambios litológicos marcados debido principalmente a la ocurrencia de pliegues asimétricos convergencia al Este que junto a fallas principales controlaron el emplazamiento de los intrusivos. Se definieron siete ensambles de alteración tipo pórfido - skarn (se está trabajando en la zonación a detalle en las rocas sedimentarias). Se corresponden principalmente a la etapa tardío magmática del magmatismo félsico.

## **2.3. BASES TEÓRICAS**

### **2.3.1. Optimización de equipos de carguío y acarreo.**

Según (Peter, 2001) dice que:

La optimización de equipos de carguío y acarreo, consiste en hallar la mejor solución entre otras posibles alternativas, buscando el mejor modelo de proceso de ajustes y organización de tareas, para conseguir el costo más bajo y en un corto tiempo. Optimizar procesos abarca dos variables que son: Costo y tiempo. La flexibilidad está asociada a la capacidad de un proceso para cambiar las dos variables

#### **2.3.1.1. Carguío y acarreo.**

##### **a) Carguío.**

Según (Codelco, 2018) indica que:

El carguío consiste en la carga de material fragmentado del yacimiento para transportar a los posibles destinos, ya sea a la chancadora primaria, stock de mineral o a los botaderos sur y norte de estéril. La operación de carguío involucra el desarrollo de una serie de funciones que aseguran que el proceso se lleve a cabo con normalidad y eficiencia.

Esta fase del proceso de la explotación minera se ocupa de definir los sectores de carga, las direcciones de carguío (a frentes de carga, posición de equipos de carguío y nivel de pisos) y el destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente.

## **b) Acarreo:**

Según (Codelco, 2018) indica que:

Consiste en el traslado de material mineralizado y/o estéril desde el yacimiento hacia los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril.

En la etapa de transporte se debe considerar los siguientes: La definición de las rutas de transporte y el destino de los materiales transportados de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas.

### ***2.3.1.2. Sistema de carguío y acarreo.***

Según (Córdova Castillo, 2018), dice:

El carguío y el acarreo constituyen las acciones que definen la principal operación en una operación minera. Estos son responsables del movimiento del mineral o estéril que ha sido fragmentado en un proceso de voladura

Los equipos de carguío realizan principalmente la labor de carga del material desde el frente de trabajo hacia un equipo de transporte que llevará el material a un determinado destino (planta, botadero, stock). Alternativamente, los equipos de carguío pueden colocar directamente el material removido en un lugar determinado.

Asimismo, los equipos de carguío pueden distanciarse a su vez en unidades reservadas de carguío, como es el caso de palas y cargadores, o bien, como equipos de carguío de flujo continuo, como es el caso de excavadores de balde que realizan una operación continua de extracción de material. Otra forma de clasificar los equipos de carguío considera si éstos se desplazan o no, por lo que se distinguen equipos sin acarreo (en general su base no se

desplaza en cada operación de carguío) y equipos con acarreo mínimo (pueden desplazarse distancias cortas).

#### *2.3.1.2.1. El carguío y sus funciones.*

El carguío consiste en la carga de material mineralizado del yacimiento para conducirlo a los posibles destinos, ya sea el chancado, Stock o botaderos de estéril.

#### **Procedimientos.**

La operación de carguío involucra el desarrollo de una serie de funciones que aseguran que el proceso se lleve a cabo con normalidad y eficiencia, siguiendo el siguiente procedimiento:

##### **a) Planificación de la Mina**

En esta etapa del proceso de la explotación minera se ocupa de definir los sectores de carga, la dirección de carguío y el destino de los materiales de acuerdo con las leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente.

##### **b) Operación de la Mina**

La operación de la Mina es la función que se responsabiliza del manejo y organización de los equipos de carga en la mina, así como de supervisar el entorno, especialmente en lo referido a frentes de carga, posición de equipos de carguío y nivel de pisos.

##### **c) Jefe de Operaciones**

La operación minera está a cargo de un jefe de operaciones, quien asigna los equipos y operaciones en los turnos respectivos, En faenas a gran escala es apoyado por un sistema de despacho (dispatch), que controla de una forma global la producción, complementado por un proceso de optimización continua a través de sistemas computacionales interconectados, presentes en todos los equipos.

**d) Operador de equipo de carguío**

Es la persona que está directamente a cargo de la operación de carga de su equipo. Además, es responsable de definir la posición de los camiones para la carga y de evitar que la carga caiga en forma brusca sobre la tolva del camión, lo que puede dañar el equipo de transporte y/o el operador de este.

**e) Topografía**

Mediante esta función se definen las diferentes zonas de trabajo, en cuanto al control de nivel de pisos y frentes de carguío, Asimismo, el equipo de topografía es responsable de marcar y/o validar las zonas mineralizadas para su posterior destino, tanto por medio de conexión radial como por envío de datos hacia los sistemas de despacho (dispatch).

**f) Equipos auxiliares**

Los equipos auxiliares se encargan de mantener en buen estado las zonas de carguío y transporte, especialmente el nivel de pisos, de acuerdo con instrucciones del jefe de operaciones y/o el operador del equipo de carguío. Consiguientemente, la comunicación con los trabajadores debe ser permanente, no solo para la correcta operación del equipo de carguío, sino también para cuidar y evaluar la presencia de elementos del entorno, como cables eléctricos de la pala y sistemas de “pasacable”.

*2.3.1.2.2. El acarreo y sus funciones.*

Como el transporte consiste en el traslado de los materiales mineralizado o estéril desde el tajo hacia los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril.

Las funciones involucradas en el proceso de transporte son las siguientes:

**a) Planificación de la mina**

Esta función está a cargo de la definición de las rutas de transporte y del destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente.

**b) Operación de la mina**

Función responsable de los equipos de acarreo en la mina, así como de supervisar el entorno relacionado con la operación, ya sea en el sector de carga, en la ruta y/o en las zonas de descarga. La operación minera está a cargo de: un Jefe de Operaciones y el Operador del equipo de acarreo.

**c) Topografía**

En particular para operación de transporte, esta función se encarga de las áreas de trabajo en cuanto al control del nivel de pisos en toda la ruta de los camiones.

**d) Equipos auxiliares;**

Esta sección está a cargo de mantener en buen estado las zonas de carguío y transporte, especialmente el nivel de pisos, de acuerdo con las instrucciones del jefe de operaciones y/o el operador del equipo de transporte.

**2.3.1.3. Procedimientos operacionales**

Según (Córdova Castillo, 2018) afirma:

Para una operación segura, eficiente y ambientalmente limpia, los procedimientos operacionales y/o de procesos de mejoramiento continuo de carguío y transporte deben ser conocidos y aceptados por todas las personas relacionadas directa o indirectamente con la operación minera

#### *2.3.1.3.1. Procedimientos de carguío en minería a tajo abierto.*

Los procedimientos de carguío en la minería a rajo abierto se vinculan, en general, al manejo de palas electromecánicas y/o cargadores frontales.

##### **a) Palas eléctricas**

A continuación, se presentan los aspectos básicos propios de una correcta operación. No obstante, existen condiciones particulares para cada faena minera, de acuerdo con las características del entorno (alta cordillera) o geometría de la explotación.

##### **- Antes del carguío**

Todo equipo de transporte, auxiliar o camionetas, que se acerque al equipo de carguío debe disminuir su velocidad y avisar, vía radio, de su presencia al operador de la pala.

El operador de la pala debe estar siempre preocupado de tener a la vista los equipos que circulan alrededor.

Los camiones que esperan el turno para ser cargados deben estar dispuestos de acuerdo con instrucciones del Jefe de operaciones. El operador de la pala avisará al camión el lugar y disposición para estacionar, tomando como referencia el balde de la pala y/o las orugas. Previo a la carga, el camión debe estar en posición neutra y con el freno de estacionamiento activado.

##### **- Durante el carguío**

El operador de la pala debe descargar el material de manera de no dañar la tolva del camión. Por lo tanto, es importante no tirar la carga ni dejarla caer en forma brusca.

Es necesario, también, que el operador de la pala no cargue rocas de tamaño mayor (bolones) que puedan impedir un correcto carguío y, además, dañar las tolvas de los camiones y de los chancadores al llegar a la planta.

En caso de existir material grueso, es recomendable cargar primero el material fino. Es importante evitar que el balde o su tapa toquen al camión durante la carga, ya que movimientos bruscos pueden dañar la tolva u otros elementos del camión o a las personas. Una vez finalizado el carguío, el operador de la pala debe avisar al operador del camión para que salga del área. Este aviso se realiza mediante comunicación radial, bocinas u otros medios previamente establecidos.

## **b) Cargadores frontales**

A continuación, se presentan los aspectos básicos propios de una correcta operación de cargadores frontales. No obstante, existen condiciones particulares para cada faena minera, de acuerdo con las características del entorno (alta cordillera) o geometría de la explotación.

Es conveniente considerar que en algunas faenas se prefiere el cargador frontal para la extracción de mineral, ya que permite una mayor selectividad.

### **- Antes del carguío**

Antes de carguío, los equipos de transporte, equipos auxiliares o camionetas que se acerque al equipo de carguío deben comunicar vía radio al operador de la pala o cargador frontal y disminuir la velocidad. El operador del cargador debe estar siempre preocupado de tener a la vista los equipos que circulan alrededor.

En relación con los camiones que esperan el turno para ser cargados, éstos deben estar dispuestos de acuerdo con instrucciones del Jefe de operaciones.

El operador del cargador avisa al camión el lugar y disposición para estacionar, tomando como referencia el balde de la pala y/o las orugas. Previo a la carga, el camión debe estar en posición neutra y con el freno de estacionamiento activado.

Cabe destacar que el cargador frontal no debe ser utilizado como tractor para labores de nivelación de pisos u otra propia de un equipo auxiliar.

- **Durante el carguío**

El operador de la pala debe descargar el material de manera de no dañar la tolva del camión; por lo tanto, es importante no tirar la carga ni dejarla caer en forma brusca.

El operador del cargador no debe cargar rocas de un tamaño mayor al del balde (bolones), que puedan impedir un correcto carguío y, además, dañar las tolvas de los camiones y los chancadores al llegar a la planta.

En caso de existir material grueso, es recomendable cargar primero el material fino a objeto de formar una capa de protección

Es importante evitar que el balde o cualquier parte del cargador frontal tengan contacto con algún sector del camión, para así evitar posibles daños a los equipos o a las personas.

Una vez culminado el carguío, el operador de la pala o cargador debe comunicar al operador del camión para que salga del área. Este aviso se realiza mediante comunicación radial, bocinas u otros medios previamente establecidos.

*2.3.1.3.2. Procedimientos de acarreo en minería a tajo abierto.*

Los equipos de transporte en la minería a tajo abierto corresponden a camiones de alto tonelaje, con capacidades de hasta 330 toneladas de carga de material.

- **Salida del carguío**

Cuando la pala eléctrica o cargador frontal llene la tolva del camión, el operador del equipo de transporte debe desenganchar los frenos de carga y transportar el material hacia el botadero, saliendo del área de carguío con mesura, siguiendo por las rutas

definidas y en la dirección previamente establecida de acuerdo con la carga que lleva. Si la carga es mineral, se dirigirá a la planta de chancado; si es stock de baja ley o si es estéril, se dirigirá al botadero indicado.

- **Durante el acarreo**

Es importante que todo el transporte sea realizado cuidando no botar carga en el camino, sobre todo en rutas con pendiente. En caso de haber elementos extraños en la ruta, por ejemplo, rocas, se debe avisar de inmediato para la limpieza de la vía. De igual forma se procede en el caso de encontrar grietas en el camino.

- **Descarga de materiales**

Esta etapa corresponde al vaciado de los camiones en diferentes puntos, los que pueden corresponder a chancado primario, botaderos y stock.

**2.3.1.4. Funcionalidad de un sistema de carguío y acarreo.**

Un sistema de carguío y acarreo consta de una cantidad específica de: equipo(s) de carguío, de equipos de acarreo y equipos auxiliares o equipos de respaldo, la cual definiremos como flota.

La productividad de la flota y el tiempo necesario para mover una cantidad específica de material está determinada por el número de vehículos de acarreo y equipos de carguío.

Como primer gran paso es definir los criterios básicos para el sistema de carguío/acarreo luego tener una idea clara y precisa de todos los factores que inciden en el sistema e carguío y acarreo, es el punto de mayor relevancia en la productividad, esto nos ayudará a tomar decisiones adecuadas mejorando el proceso productivo y reduciendo costos para seguir subsistiendo en el mercado.

### ***2.3.1.5. Evaluación económica de sistemas de carguío y acarreo***

En una operación minera, las etapas de carguío y transporte son las más relevantes desde un punto de vista de costos asociados a la adquisición (inversión) y operación.

En el caso de minas a cielo abierto, significan más del 50% del costo total de extracción. Por lo tanto, cualquier iniciativa tendiente a optimizar los costos de carguío y transporte puede derivar en una mejor gestión de la operación minera, (Córdova Castillo, 2018).

### ***2.3.1.6. Factores que afectan al sistema de carguío y acarreo.***

Según (Vargas Rogelio, 2014) dice que:

La eficiencia y el costo de efectivo de estos sistemas son perceptivos a diversos elementos o factores. Éstos factores deben ser comprendidos a cabalidad por los planificadores de mina, porque cada uno de ellos afecta los costos en un mayor o menor grado. La inadecuada combinación de varios factores, aunque ello parezca insignificante, puede resultar costosa en un sistema de carguío y acarreo

Los factores son los siguientes:

#### **a) Capacidad y selección del balde del equipo de carguío.**

El diseño y forma del balde influyen en el grado de llenado del mismo y, por lo tanto, en la producción horaria del equipo. Los parámetros por tener en cuenta en el diseño del balde son:

- Relación ancha / volumen del balde.
- Distancia entre la punta de los dientes y la articulación.
- Ángulos de vuelco y apertura.
- Peso del balde.

En ocasiones, el match pala/camión es pobre y aparentemente no es ideal, La mayoría de los planificadores provee sólo una dirección limitada para los operadores de carguío, en circunstancias que es una tarea fundamental de ellos entregar a operaciones "Guías Operativas" claras. De otra manera la productividad y el costo quedarían a merced de la intuición del operador de la pala. Se deben entregar a los operadores las siguientes indicaciones básicas:

- Llenar completamente el camión si no hay otros camiones esperando o,
- Despachar camiones no totalmente llenos si hay camiones esperando

**b) Relación entre la capacidad del equipo de carguío con la capacidad del camión.**

El tamaño de la caja del camión no debe ser ni muy pequeño, ni débil, en comparación con el tamaño del cucharón de la máquina de carga para no destrozarla en poco tiempo o viceversa.

**c) Fragmentación del material a cargar.**

El carguío es el primer cliente de la voladura, es el que se las tendrá que arreglar para manipular el material volado y si este material no cumple con las características apropiadas (granulometría, geometría de la ola de escombros, estado del piso, etc.), la operación del carguío se verá severamente afectada (incremento de costos y daños en equipos), así mismo el transporte será afectado al bajar sus rendimientos (ciclo de carguío mayor) y podrá sufrir daños al ser cargado con material de mayor tamaño que lo ideal.

El grado de éxito de la fragmentación tiene relación directa con la eficiencia y calidad de los procesos que se desarrollarán posteriormente, como son el carguío, transporte y procesamiento del mineral y el vaciado en botaderos del estéril o lastre.

**d) Acoplamiento del equipo de carguío/ camión (Match Pala / Camión).**

Los planificadores mineros definen sistemas de carguío y transporte con un número de flota de camiones adecuado, lo que se conoce como "Match pala/camión". Esta correcta combinación se debe determinar con un enfoque económico, analizando los costos promedio ponderados y también los costos marginales. Las variaciones de flotas de camiones para un mismo sistema de carguío afectan el match pala/camión.

Operaciones mineras que usan camiones necesitan hacer un acoplamiento con el número y tamaño de las unidades de acarreo a una unidad de carguío propiamente (cargador de ruedas, el pala - excavadora hidráulica, la pala de cable, etc.) para proporcionar la mejor compatibilidad de la flota. Optimizando el acoplamiento de la flota minimiza el costo por la unidad de material movida por la flota.

Como las condiciones de transporte son cambiantes (ancho de camino, pendiente, resistencia a la rodadura), debería ser necesario ajustar el número de camiones para optimizar la flota de acoplamiento. La producción de la flota y costo es una herramienta que puede usarse para perfeccionar el acoplamiento de camión/cargador.

Si se desea reducir el coste por m<sup>3</sup> o tonelada movida, debemos obtener del equipo de transporte la más alta capacidad de producción. El tiempo de parada, como sucede durante la carga debe mantenerse en el mínimo posible. Como norma general y práctica, se considerará una buena relación cuando se utilicen entre 3 y 6 pases para llenar el equipo de transporte.

El tiempo de carga no debe ser tan corto que otra unidad de transporte no se haya situado en la posición de ser cargada, originando un excesivo tiempo de parada de la máquina de carga.

**e) Factor de compatibilidad pala – camión (FC)**

El factor de compatibilidad o de acoplamiento se define como la relación entre la capacidad de balde de la pala y la capacidad de la tolva del camión, Los planificadores mineros definen los sistemas de carguío y transporte con un número de flota de camiones adecuado lo que se conoce como “Match Factor pala/camión”, esta correcta combinación se debe determinar con un enfoque económico, analizando los costos promedio ponderados y también los costos marginales.

Para determinar el factor de compatibilidad de la Pala – Camión se utiliza la siguiente formula:

$$fc = \frac{n.T}{N.p.t}$$

N = N° total de cucharones o baldes

n = Total de unidades de carga

p = número de pase para

t = ciclo del cucharon o balde

T = ciclo del camión.

**f) Pistas de acarreo.**

Tanto el tipo de superficie de rodamiento que determina la resistencia a la rodadura de las unidades de acarreo, como la pendiente influencia el factor de resistencia a la gradiente y el ancho de vía en el caso del transporte hace eficiente y seguro el tráfico de los vehículos, en el caso de las unidades de excavación influencia significativamente tanto en rendimiento como la seguridad operativa.

La distancia de acarreo, resistencia a la rodadura y las pendientes de las vías hacia el destino de los materiales que se excavan son factores determinantes del tiempo de los

ciclos de acarreo y retorno de las unidades de transporte lo cual a su vez influyen en el número de unidades que hay que asignar a cada unidad de excavación. Consiguientemente, el destino del material diferente al mineral es más ventajoso cuanto más próximo y de menor diferencia de elevación con relación a la ubicación a la cota de la pala o cargador.

El diseño de las pistas debe procurar evitar cambios de pendiente y curvas muy cerradas que ralenticen la velocidad de los camiones, para evitar pérdidas en el proceso de acarreo y limiten el desgaste de los neumáticos. El ancho de pista ideal es tres veces el ancho de la unidad de transporte.

Pendientes de más del 8 % se traducen en pérdidas de material, aumento del consumo de combustible y alargamiento del ciclo independiente de que el camión vaya cargado o vacío.

Un buen diseño de las pistas de acarreo (Haul roads), deben tener un sistema de drenaje, sistemas de seguridad: bermas de seguridad, señalización adecuada, límites de velocidad y buenas prácticas de operación.

Un buen estado de las vías nos da como resultado mayor productividad y mayor seguridad. El buen estado de las vías se conseguirá con la aplicación de un buen material, compactación, buen drenaje, control de polvo, ancho adecuado de vías y altura adecuada de bermas, pendiente transversal, cunetas, y su mantenimiento.

#### **g) Metodología de carguío y reglas de operación.**

La metodología de carguío estará directamente relacionada con el diseño del área de carguío. Si el diseño permite el suficiente espacio para que el equipo opere, entonces se aplicará una metodología de carguío en ambos lados. Operando la pala en ambos lados se

reducen los tiempos de espera de los camiones y, por ende, la productividad de la flota se incrementa.

En el pasado el costo de capital y costo de operación de los equipos de carguío fue mayor en comparación con los costos de camiones. En esas circunstancias, la mayoría de los sistemas tenían camiones esperando en la cola de la pala y era usual tener flotas de camiones sobredimensionadas.

Hoy en día no hay grandes diferencias entre camiones y los equipos de carguío, y llegan a ser menos económicos los sistemas donde hay muchos camiones asignados a un equipo de carguío. Más bien es usual tener sistemas sub - dimensionados en camiones, ya que las ventajas del carguío por ambos lados no son siempre mayores.

Las preguntas fundamentales que se deben hacer los planificadores de mina para emplear la metodología de carguío por ambos lados.

¿Cuál es el costo marginal de agregar una unidad más de transporte al sistema? El planificador debe comparar sistemas con diferentes códigos de camiones y analizar el efecto del costo marginal por cada unidad de transporte adicional.

¿Son las condiciones operativas aptas para utilizar una metodología por ambos lados? Para esta pregunta el planificador debe evaluar si el diseño de la mina permite en el área de carguío operar la pala en ambos lados.

¿Cuenta el sistema con camiones suficientes para operar por ambos lados? Si el sistema no suministra los suficientes camiones para operar por ambos lados, entonces por defecto estará operando por un solo lado.

Establecer técnicas de Carguío como son:

- La ubicación de la pala en relación al avance de la fase.

- La posición de los camiones cuando están siendo cargados.
- La ruta de transporte de camiones desde las palas.

Las técnicas de carguío más apropiadas están en función de.

- Forma del banco y disponibilidad del área de trabajo.
- Requerimientos de control de la ley de mineral.
- Tipo de equipo de carguío y camión.
- Experiencia y capacitación de operadores

Del mismo modo se debe tener claras las reglas de operación en el sistema de carguío y transporte basados en la seguridad y cuidado del Medio Ambiente.

#### ***2.3.1.7. Variables en determinación de la flota de carguío.***

En la determinación de la flota de carguío basta conocer el tiempo de ciclo de carguío, los tiempos de espera y maniobras para obtener el número de palas que compondrían la flota de carguío, sin embargo, al realizar un estudio más profundo del tema es posible señalar que la determinación de la flota de carguío se ve afectada por una serie de factores que muchas veces no son considerados en esta determinación.

La determinación de la flota de carguío de una mina a cielo abierto es una tarea muy sensible a un número no menor de variables y a la vez esta determinación es muy gravitante en el flujo de caja de cualquier empresa minera debido a los altos costos de los equipos involucrados.

Las variables que influyen en la determinación de la flota de carguío son las siguientes.

- Capacidad de la unidad de carguío (Pala)
- Índices de eficiencia de los equipos de carguío
- Metodología de Carguío

- Experiencia del operador del equipo
- Tiempo de espera en el carguío
- Altura donde se desarrollen las operaciones mineras
- Condiciones climáticas
- Factor de Carga

#### ***2.3.1.8. Tiempo de Ciclo de Carguío y Acarreo.***

Al igual como la explotación de minas se describe generalmente como un ciclo de operaciones unitarias, cada operación unitaria tiene también una naturaleza cíclica.

Las operaciones unitarias de carguío pueden dividirse en una rotación ordenada de pasos o sub operaciones. Por ejemplo, los componentes más comunes de un ciclo de carguío con unidad discreta son: cargar, transportar, botar y regresar.

La suma de tiempos considerados para completar un ciclo corresponde al tiempo del ciclo.

##### *2.3.1.8.1. Tiempo de Ciclo de carguío*

Según (Educar Chile, 2010) indica que:

El equipo de carguío comprende el material volado con su cucharón, llenándolo y desplazándolo hacia el punto de descarga, donde el balde es vaciado sobre la tolva del camión, nuevamente gira el cucharón al frente de trabajo para volverlo a llenar y repetir el ciclo. Esto se repite hasta que el equipo de transporte alcance su tonelaje operacional y sea reemplazado por otro equipo de transporte para continuar cíclicamente hasta agotar el material del frente de trabajo. Comprende de cuatro ciclos como:

- Carga de cucharón.
- Giro cargado.
- Descarga de cucharón.

- Giro descargado.

### 2.3.1.8.2. *Tiempo de Ciclo de Acarreo.*

Según (Xavier, 2015) dice que:

Un ciclo puede comenzar en un equipo de carguío cuando el camión recibe su carga.

Luego el camión se desplaza lleno hacia el lugar de descarga a través de una ruta designada a lo largo de un camino minero. El lugar de la descarga puede ser un stock, un botadero o un chancador. Una vez que la carga ha sido vaciada, el camión se da la vuelta y viaja vacío hacia el equipo de carguío. La acción de maniobrar el equipo de carguío para ser cargado y de acomodarse para vaciar la carga en lugar de descarga se llama aculatamiento.

Este proceso puede tomar varios minutos. En una mina grande los tiempos de ciclo de transporte pueden superar los 30 minutos y pueden aumentar bastante con el paso del tiempo debido al avance de los puntos de descarga y la profundización del tajo.

Por lo tanto, el tiempo de ciclo de acarreo comprende un tiempo de carguío, un tiempo de viaje cargado (ida), un tiempo de descarga, un tiempo de viaje vacío (retorno), tiempos de aculatamiento y demoras asociadas a las colas y a la congestión.

A continuación, se definen los elementos que componen el tiempo de ciclo de transporte:

$$TCT = TAC + TC + TVC + TAD + TD + TVV + D$$

Donde:

*TCT* : Tiempo de Ciclo de Transporte (min.)

*TAC* : Tiempo de Aculatamiento en Carguío (min.)

*TC* : Tiempo de Carguío (min.)

- TVC* : Tiempo de Viaje Cargado (min.)
- TAD* : Tiempo de Acuatamiento en Descarga (min.)
- TD* : Tiempo de Descarga (min.)
- TVV* : Tiempo de Viaje Vacío (min.)
- D* : Demoras (min.)

Cuando se habla de Demoras, se hace mención al tiempo que tardan los camiones al destino debido a la congestión y a las colas. Se les llama congestión a las demoras provocadas por la interacción entre los camiones a lo largo de los caminos mineros y debido a la señalética existente dentro de la mina.

El tiempo de ciclo de acarreo es un parámetro importante ya que existe una serie de parámetros son absorbidos en él. Dentro de éstos se destacan la topografía, la resistencia a la rodadura, la fuerza de tracción de los equipos, las pendientes de los caminos, el nivel de congestión y las colas.

#### ***2.3.1.9. Métodos de carga y descarga.***

Según (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1995) afirma lo siguiente:

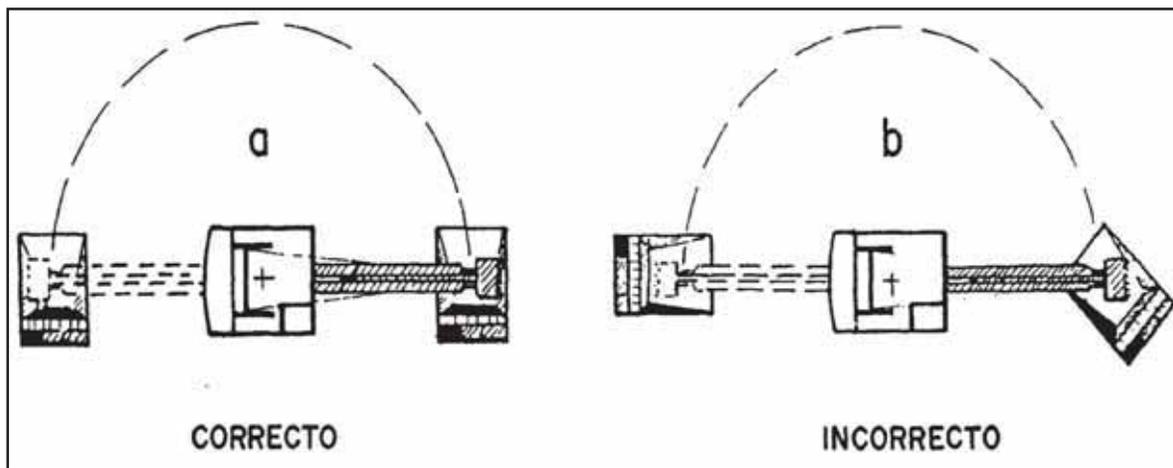
Básicamente en las explotaciones a cielo abierto los métodos de carga y descarga dependerán del diseño del área de carguío y el equipo de carguío y se pueden distinguir tres métodos de carga y descarga:

- Carga a ambos lados
- Carga a un solo lado
- Avance paralelo al banco, carga en paralelo.

La principal diferencia entre ellos es la posición de la excavadora con relación al tajo y a la posición de los volquetes respecto a la excavadora durante la carga.

La elección de uno de métodos o formas de carguío en una explotación determinada va a depender de factores técnico – operativos (perfil del banco, espacio disponible, necesidad de carga selectiva, etc.) y económicos (tamaño de la flota de transporte) es decir se podrá emplear uno u otro sistema bien porque el estudio técnico – económico de la explotación así lo haya aconsejado, o bien por que determinadas circunstancias obliguen a ello (falta o exceso de transporte, anchuras de banco, etc.) en la Figura N° 7 se muestra la posición correcta e incorrecta de los camiones.

*Figura N° 7: Posición correcta e incorrecta de los camiones.*



*Fuente: Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto.*

*Figura N° 8: Carga de material a los camiones.*



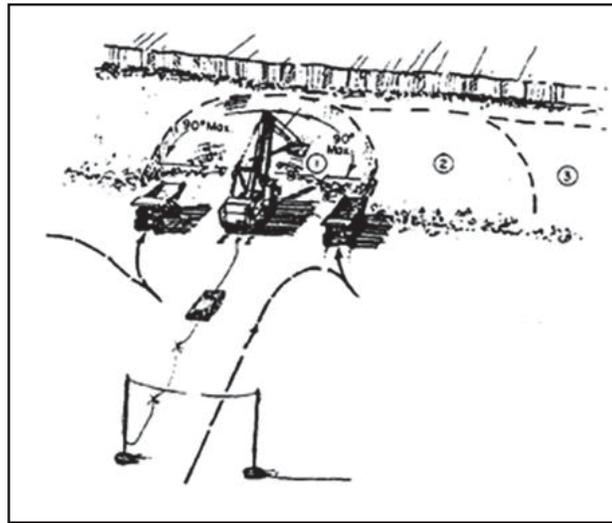
*Fuente: Propia.*

#### **A. Carga a los dos lados.**

El carguío por los dos lados aprovecha las características operativas de la excavadora, esta ataca el frente de trabajo con sus orugas perpendiculares a él, cargando alternativamente los volquetes que se van situando a ambos lados, de forma que el tiempo de carga de un volquete, que sería tiempo de espera para el siguiente, es aprovechado por este último para situarse adecuadamente en su posición de carga. De esta manera la excavadora está saturada y se obtiene su máximo rendimiento, pero requiere una flota de acarreo adecuada.

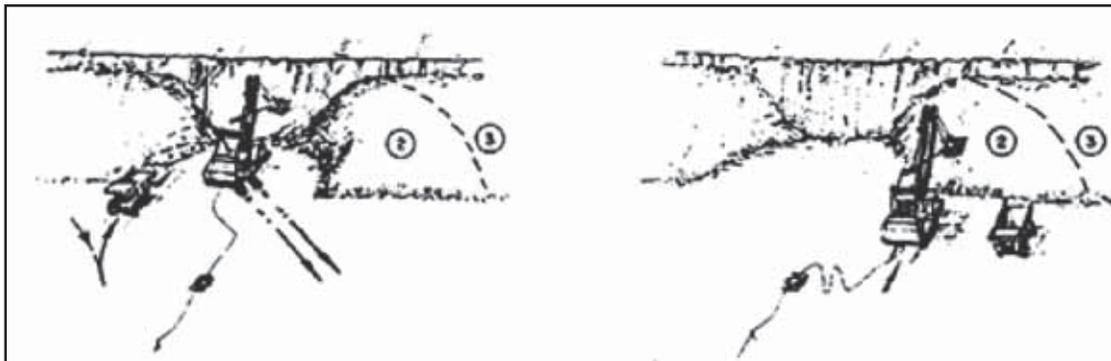
Por otra parte, los ángulos de giro de carga, que empiezan teniendo un valor máximo de  $90^\circ$  se reducen a la mitad una vez que al área ocupada por el primer módulo desalojado sea utilizada por los volquetes con lo que el ciclo es menor. En la figura N° 21 – 23 se muestra el carguío por ambos lados y los beneficios que se obtiene. (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1995)

*Figura N° 9: Carga a ambos lados, se ataca el primer módulo con giros de 90°*



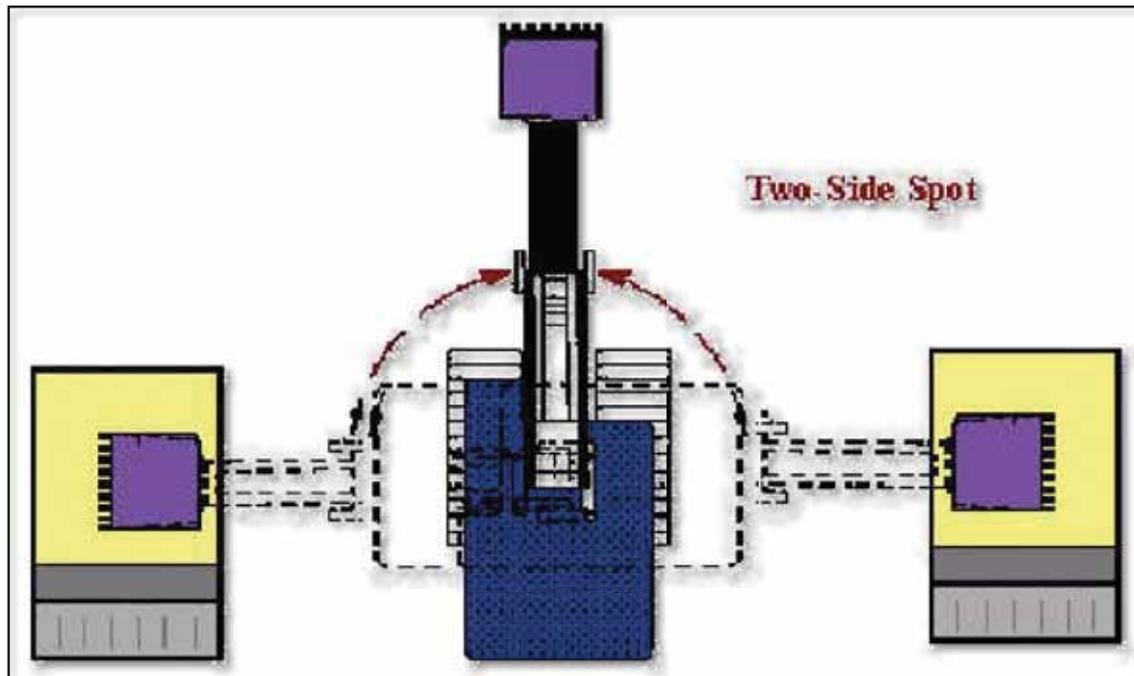
*Fuente: Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto.*

*Figura N° 10: Cambio de posición para atacar el nuevo módulo*



*Fuente: Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto.*

*Figura N° 11: La posición relativa de los equipos.*



*Fuente: Cursos de palas eléctricas funcionamiento y operación.*

Es un método de carga y descarga que se ajusta bien a cualquier tipo de explotación que tenga bancos amplios y suficientemente altos para que la excavadora no tenga que hacer continuas maniobras de posicionamiento.

El mantenimiento del frente de carguío interrumpe la operación, pues el tractor auxiliar puede limpiar un lado mientras la excavadora sigue cargando por el otro lado.

### **B. Carga a un solo lado.**

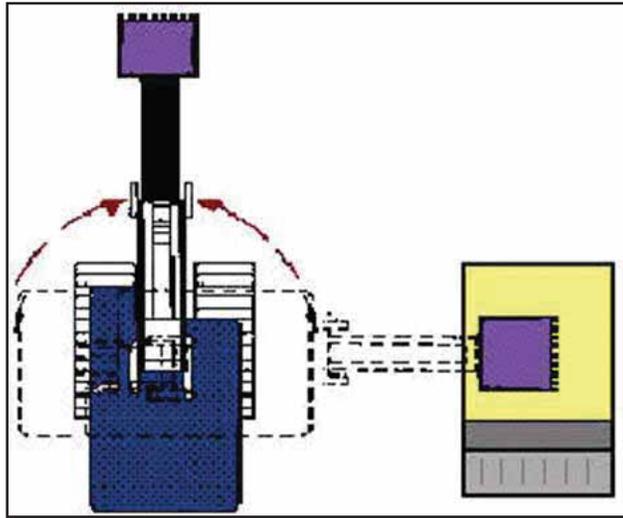
Hay situaciones en una explotación a cielo abierto en que no se dispone de espacio suficientemente para cargar a ambos lados de la excavadora y también hay diseños que solo consideran cargar por un solo lado, por ejemplo la excavación de acceso a un nuevo banco, o a la búsqueda de mineral de determinada ley, la minería del carbón son

planteamientos en los que únicamente es posible considerar la carga por un solo lado, otras consideraciones pueden ser las relativas a la producción necesaria con respecto a la capacidad y tamaño de la flota de acarreo.

Es una forma de trabajo de menor rendimiento que la vista anteriormente, pues además de que el ciclo de carga se alarga al ser mayores los ángulos de giros la excavadora siempre tiene que esperar a que el siguiente volquete entre en carga, en el caso de una amplia flota de transporte, los camiones también tiene que esperar más tiempo que antes pues hasta que el anterior volquete no ha salido de la zona de carga, no se puede empezar a realizar la maniobra de aproximación y posicionamiento del siguiente.

Otro de los inconvenientes del método son: la necesidad de parar el proceso para limpiar los derrames en la zona de descarga de lo volquetes, la ventaja principal del método es que se acomoda a cualquier situación, sobre todo si hay falta de espacio, existe un mejor dominio visual del área por el operador, más seguridad, y mejor posicionamiento de los camiones mineros, según se muestra en la figura N° 12.

*Figura N° 12: Carga a un solo lado.*



*Fuente: Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto*

### **C. Avance paralelo al banco**

Es un antiguo método de trabajo que surgió de la necesidad de cargar trenes, como primer sistema de transporte de gran capacidad, luego aparecieron los trailers, etc.

El equipo de carguío y el camión minero tienen trayectorias paralelas, aunque no siempre con el mismo sentido que son paralelas a la cara del banco, el cual solo puede realizarse al lado de la cabina del operador del equipo de carguío, según puede apreciarse en la Figura N° 13, las orugas del equipo de carguío se sitúan paralelas al banco, colocándose la oruga exterior en línea con el pie del frente de arranque o del montón del material volado.

Cuando se emplea camiones mineros se puede realizar maniobras cortas y rápidas que permiten un acercamiento y mejor colocación para la carga, el ángulo de giro medio se reduce a 90° con un rango de valores entre 120° y 30°, para poder emplear este método

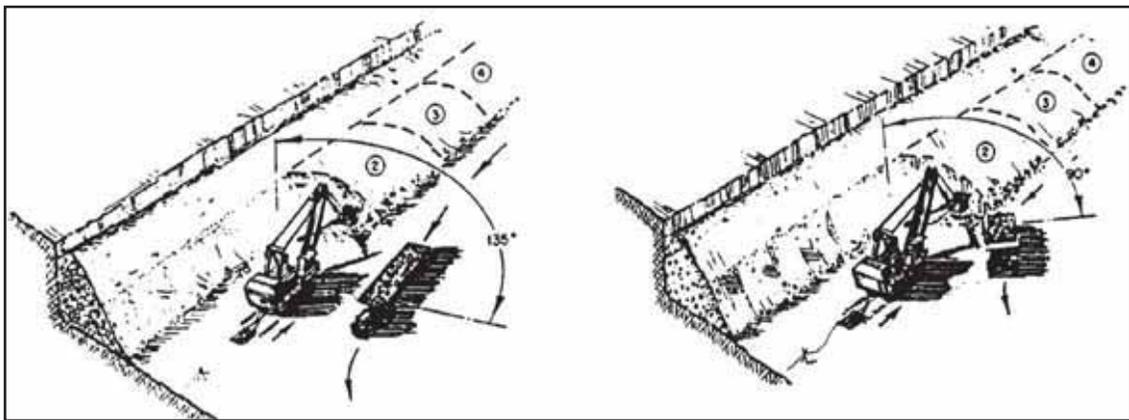
se requiere bancos largos y rectos, cuando el equipo de carguío llega al final del banco al que ha dado un primer corte, para dar el siguiente existen dos opciones:

- Volver con la maquina cargando en dirección opuesta, teniendo en consideración el cable de alimentación de energía.
- Retroceder con la maquina al punto de partida y empezar desde el inicio con el nuevo corte en la misma dirección que el primero, esto da lugar a un traslado improductivo.

Las ventajas de Carga en paralelo al banco son referentes a las pequeñas o nulas maniobras de las palas o cargadores frontales para adaptarse al frente, así como de los camiones que también son nulas o mínimas, con lo que los tiempos de espera de la pala son menores que en procedimiento anterior.

Otras ventajas adicionales son: la facilidad del movimiento del cable, la mantención del nivel del banco y menor necesidad de tractor para el avance de la máquina. (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1995).

*Figura N° 13: Carga en paralelo al banco*



*Fuente: Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto.*

### 2.3.1.10. Disponibilidad Mecánica

Según (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1995) afirma lo siguiente:

La disponibilidad mecánica está definida como porción del tiempo total menos el tiempo de mantenimiento sobre el tiempo total. Y definido mediante la siguiente formula:

$$\text{Disponibilidad Mecánica} = \frac{(\text{TT} - \text{MT})}{\text{TT}}$$

TT

TT = Tiempo total

MT = Tiempo de mantenimiento

- **Tiempo total;** Es la suma de todo el tiempo requerido por el departamento operacional para el uso de la maquinaria o equipo, depende de los turnos de trabajo.
- **Tiempo de mantenimiento;** Es todo tiempo que un equipo no está disponible por razones asociada con la función del mantenimiento, que incluye mantenimiento programado, no programado y para por fallas.

Existen 3 tipos de disponibilidad mecánica y estas son:

#### a) Disponibilidad mecánica Inherente (Ai)

Es el nivel de disponibilidad esperado debido al comportamiento del mantenimiento correctivo únicamente.

Está determinada por el diseño del equipo, asume que los repuestos y personal están 100 por ciento disponibles sin retraso alguno.

#### b) Disponibilidad mecánica alcanzable (Aa)

Es el nivel esperado de disponibilidad debido al comportamiento del mantenimiento correctivo y preventivo.

Depende del diseño del equipo y de la planta, asume que los repuestos y personal están 100 por ciento disponibles sin retraso

**c) Disponibilidad operacional (Ao)**

Es el fundamento de la disponibilidad, este es el valor real de la disponibilidad obtenido en la operación diaria de la planta. Este valor refleja el nivel de recursos del mantenimiento de la planta, así como la efectividad organizacional.

**2.3.1.11. Utilización efectiva**

Según (Gómez de las Heras, 1995) afirman que:

La utilización efectiva del equipo de carguío es el porcentaje de tiempo mecánicamente disponible en que el equipo se encuentra operando y realizando su función principal. Los tiempos por cambios de turno, cierres de la mina debido a efectos de voladura, etc., se deducen del tiempo disponible, se utiliza la siguiente expresión:

$$\% \text{ de utilización} = \frac{\text{Hrs. Trabajadas}}{(\text{Hrs. Trabajadas} + \text{demoras})}$$

**2.3.1.12. Tiempo**

Según (Gómez de las Heras, 1995) afirman que:

El tiempo es una magnitud física con la que podemos medir la duración de cada sub operación unitaria dentro del proceso de carguío de material volado, se distinguen la siguiente clasificación de tiempos:

**a) Tiempo productivo**

Es el tiempo en que la actividad es netamente productiva, es el tiempo en que la pala se encuentra realizando una de las operaciones básicas del ciclo de producción (carga, acarreo, descarga, giro de regreso).

**b) Tiempos improductivos**

Es el tiempo en que la actividad es improductivo, sin embargo la pala se encuentra trabajando ya sea, acumulando el material limpiando pisos, desquinchando el talud u otras operaciones.

**c) Tiempos ociosos**

Es el tiempo en que la pala no realiza ningún trabajo ya sea a la ociosidad o demoras que se producen, existen dos tiempos de ociosidad o demoras.

**- Ociosidad obligada**

Es el tiempo en que la pala no realiza ningún trabajo ya sea a la ociosidad o demoras que se producen, existen dos tiempos de ociosidad o demoras.

**- Ociosidad verdadera**

Es cuando el operador por su propia voluntad, no existiendo causa para que este inactivo.

***2.3.1.13. Pendiente de la plataforma de carguío***

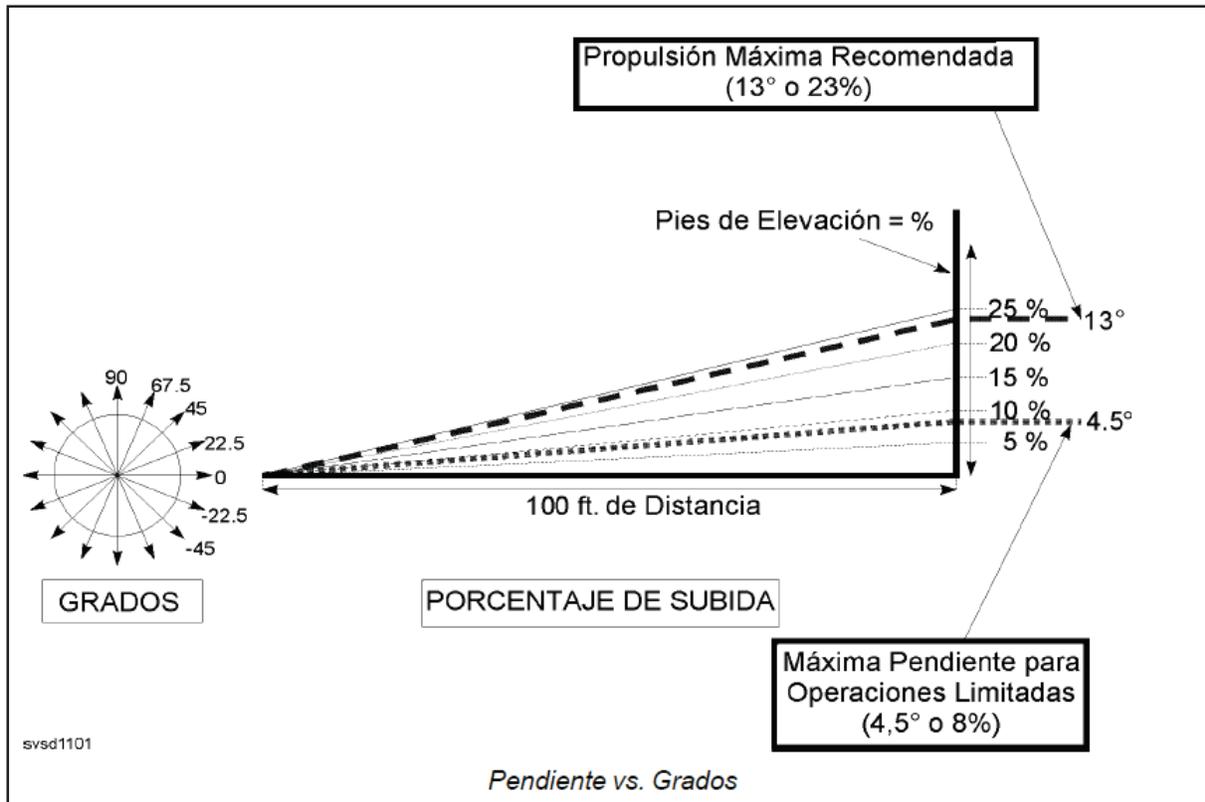
Según (Gómez de las Heras, 1995) afirma lo siguiente:

Para la pendiente de la plataforma de carguío es recomendable que los equipos de carguío realicen trabajos en terreno uniforme para lograr una mayor productividad posible y para

una amplia vida de sus componentes, operaciones limitadas en pendientes de hasta 8%, son sin embargo aceptables, solo con pequeños efectos adversos.

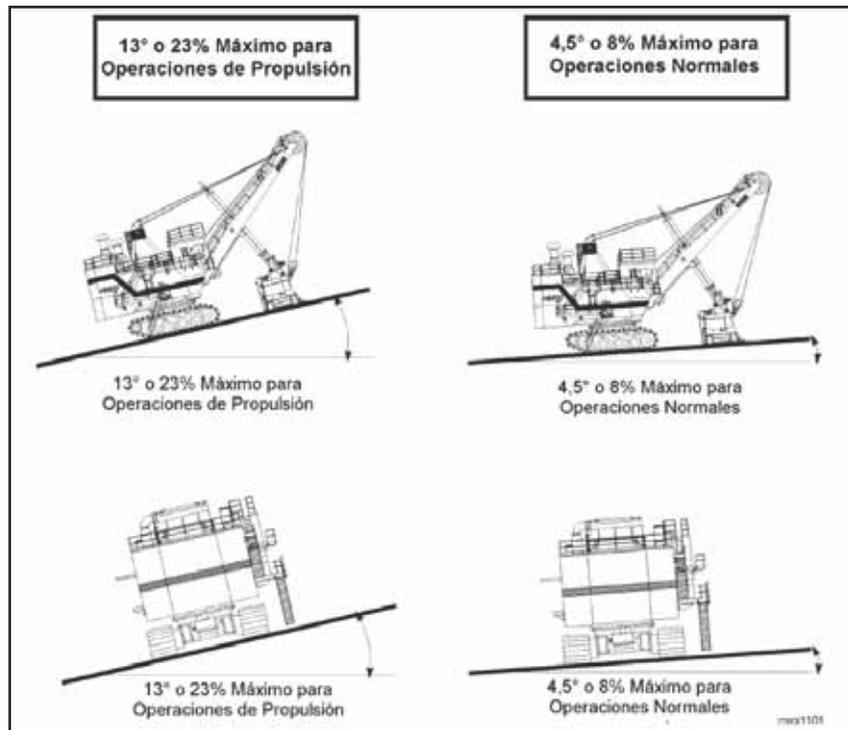
Es importante recordar la diferencia entre porcentaje de pendiente y grados figura N° 14 y N° 15.

*Figura N° 14: Pendiente y grados*



*Fuente: Internet*

*Figura N° 15: Rodaje y Límites de Operación*



*Fuente: Internet*

### **2.3.2. PRODUCCIÓN.**

Según (Ortiz J. M., 2007) dice:

La producción es el volumen o peso total de material que debe manejarse en una operación específica. Puede representar tanto al mineral con valor económico que se extrae, como al estéril que debe ser removido para acceder al primero. A menudo, la producción de mineral se define en unidades de peso, mientras que el movimiento de estéril se expresa en volumen.

La capacidad de producción es el nivel de actividad máximo que puede alcanzarse con una estructura productiva dada. El sistema de producción en la minería a cielo abierto sigue una lógica de planificación sobre la producción, con anticipación generalmente de manera semanal, se programa las cantidades de producción para el periodo siguiente. Además, se

trabaja típicamente con grandes cantidades de Stock dentro de sus áreas de producción, para la prevención d problemas o cambios en la operación.

Producción = Unidades. Trabajo / hora.

### **2.3.2.1. Concepto de Productividad**

Según (Vargas Rogelio, 2014), afirma que:

La productividad es el cociente de la división de la producción entre los recursos empleados para lograr dicha producción”

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\text{Recursos empleados}}{\text{Cantidad Producida}}$$

Asimismo, la productividad se define también como una medida de la eficiencia con que los recursos que se administran para completar un producto específico, dentro del tiempo determinado y con la calidad acordada. Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia (buena utilización de los recursos) como la efectividad (cumplimiento o logro de las metas deseadas). Es necesario que los procesos se ubiquen en el cuadrante de alta eficiencia y alta efectividad ya que así se logrará una alta productividad.

### **2.3.2.2. Factores que afectan la productividad.**

Según (Vargas Rogelio, 2014), dice:

Debido a la complejidad del trabajo existen múltiples factores que afectan la productividad, entre los más importantes se tiene:

#### **A. Factores que afectan positivamente a la productividad.**

Algunos de los factores que ayudan a mejorar la productividad son los siguientes:

- Capacitación del personal.

- Seguridad en obra.
- Innovación de técnicas de operación del equipo.
- Planificación adecuada.
- Programas de motivación del personal.
- Adecuado mantenimiento de los equipos.
- Diseños de vías y zonas donde el trabajo se realiza con mayor comodidad.
- Mejor fragmentación de la roca volada.
- Comunicación constante entre la supervisión y obreros.
- Planificación adecuada del mantenimiento de los equipos.
- Nivel adecuado de formación de los obreros.
- Estimular un sano nivel de competencia entre los obreros.
- Controlar la eficiencia en obra.

**B. Factores que afectan negativamente a la productividad.**

Las causas que provocan pérdidas de productividad son las siguientes:

- Ineficiencia en la administración.
- Métodos inadecuados de trabajo.
- Grupos y actividades de apoyo deficientes.
- Problemas de seguridad.
- Inapropiados sistemas de control.
- Falta de recursos (factor humano).
- Problemas de diseño y planificación.

### **2.3.2.3. Costo de operación**

(Cereceda María, 2017) Afirma lo siguiente: “Los costos de operación son costo asociado al funcionamiento de los equipos”, y estos son principalmente:

#### **Insumos**

Combustibles y energía Lubricantes (aceites y grasas) Filtros (de aire, gas-oil y aceite) Material de desgaste (dientes, cuchillas, puntas de riper, etc.)

#### **Reparaciones**

Neumáticos o tren de rodaje Operador (sueldo)

## **2.4. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.4.1. Optimización:**

Optimización es la acción y efecto de optimizar es decir buscar mejores resultados, ya sea reduciendo o manteniendo los recursos invertidos.

### **2.4.2. Carguío:**

(Casimiro, 1996), dice lo siguiente: “Corresponde a una operación de carga de mineral y/o desmonte a los camiones volquetes, para que sean trasladados hacia a la planta concentradora o hacia una cancha de acumulación de mineral. En esta operación se incluyen tareas de remoción y acopio del material fragmentado”. (Pág. 24)

### **2.4.3. Acarreo:**

(Codelco, 2018), menciona que “Es la actividad en la cual los equipos de carguío, llevan el material desde la pila de material volado hacia los equipos de acarreo”

Asimismo, (Casimiro, 1996) indica lo siguiente: “se denomina acarreo al envío corto de material roto en la mina, es decir que el transporte tiene restricciones, o tiene un determinado radio de acción y estarán ubicados en los frentes de operación, efectuados por los equipos”

#### **2.4.4. Transporte:**

(Ortiz J. M., 2014), afirma lo siguiente: “Consiste en el traslado de material mineralizado y/o estéril desde el yacimiento hacia los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril”. (Pág.12)

#### **2.4.5. Rendimiento:**

(Cuti Tancayllo, 2019), afirma que: “Corresponde al volumen o peso de producción teórico por unidad de tiempo de un equipo determinado. Generalmente se expresa en términos de producción por hora, pero puede también utilizarse la tasa por turno o día”. (Pág. 31)

#### **2.4.6. Ciclo:**

(Ortiz J. M., 2014), dice: “Al igual como la explotación de minas se describe generalmente como un ciclo de operaciones unitarias, cada operación unitaria tiene también una naturaleza cíclica. Las operaciones unitarias de carguío y transporte pueden dividirse en una rotación ordenada de sub operaciones. Por ejemplo, los componentes más comunes de un ciclo de carguío con unidad discreta son: cargar, transportar, botar y regresar”. (Pág. 15)

#### **2.4.7. Disponibilidad:**

(Ortiz J. M., 2014), afirma lo siguiente: “La porción del tiempo de operación programado que un equipo está mecánicamente preparado para trabajar”. (Pág. 10)

#### **2.4.8. Producción:**

(Cuti Tancayllo, 2019), dice lo siguiente: “Volumen o peso total de material que debe manejarse en una operación específica. Puede referirse tanto al mineral con valor económico que se extrae, como al estéril que debe ser removido para acceder al primero”. (Pág. 31)

#### **2.4.9. Tasa de producción:**

(Ortiz J. M., 2014), dice que: “Corresponde al volumen o peso de producción teórico por unidad de tiempo de un equipo determinado. Generalmente se expresa en términos de producción por hora, pero puede también utilizarse la tasa por turno o día”. (Pág. 7)

#### **2.4.10. Productividad:**

(Cuti Tancayllo, 2019), afirma lo siguiente: “Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. Del mismo modo, se determina como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para conseguirlos los resultados en menor para obtener lo deseado”. (Pág. 31)

#### **2.4.11. Equipos para minas a tajo abierto:**

(Cuti Tancayllo, 2019), indica que: “Los equipos de carguío (palas, excavadoras, cargadores y frontales), camiones de transporte y perforadoras, constituyen unidades

primordiales en las minas a tajo abierto. Los equipos auxiliares típicos incluyen tractores, máquinas niveladoras, camiones de servicio, transportadores de explosivos, perforadoras secundarias y grúas”.

#### **2.4.12. Carga:**

(Casimiro, 1996), indica que: “Por carga se entiende la recogida de la roca arrancada del suelo, y su traslado hasta un medio de transporte. En el arranque mediante maquinaria esta operación se realiza a la vez que el arranque. Así, por ejemplo, una pala excavadora utiliza su caso para arrancar y cargar”.

#### **2.4.13. Eficiencia:**

(Ortiz J. M., 2014), afirma: “El porcentaje de la tasa de producción estimada que es efectivamente utilizado por el equipo. Reducciones en la tasa de producción pueden deberse al equipo mismo, o condiciones del personal o del trabajo”. (Pág. 9)

#### **2.4.14. Factor de llenado de balde:**

(Ortiz J. M., 2014), dice: “Se expresa generalmente como una fracción decimal y corrige la capacidad del balde al volumen que realmente puede mover, dependiendo de las características del material y su ángulo de reposo, y la habilidad del operador del equipo para efectuar la maniobra de llenado de balde”. (Pág. 14)

## **2.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. Hipótesis General**

Debido a la optimización de los equipos de carguío y acarreo incremento significativamente en la producción en la Compañía Minera Antapaccay Espinar – Cusco 2018.

### 2.5.2. Hipótesis Específicas

- a) Los factores operacionales en el tajo influyen significativamente en la productividad de los equipos de carguío y acarreo.
- b) La reducción de los costos es significativa en los equipos de carguío y acarreo de mineral.

### 2.6. VARIABLES E INDICADORES

VARIABLES		FACTORES	INDICADORES
<b>Independientes:</b> Optimización de equipos de carguío y acarreo.		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de la cuchara.</li> <li>- Utilización efectiva.</li> <li>- Asignación de camiones.</li> <li>- Grado de fragmentación del material disparado.</li> <li>- Tiempo de carguío.</li> <li>- Angulo de giro del cucharón.</li> <li>- Demoras operativas.</li> <li>- Capacidad de trabajo.</li> <li>- Capacitaciones.</li> <li>- Costos de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toneladas por hora (Ton/Hr).</li> <li>- Rendimientos.</li> <li>- tiempos</li> <li>- Yd<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>.</li> <li>- \$/. \$/</li> </ul>
<b>Dependiente:</b> Incremento de producción.	<b>KPIs de los equipos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El rendimiento de los equipos de carguío y acarreo.</li> <li>- KPIs de mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcentaje utilización.</li> <li>- Porcentaje de disponibilidad.</li> </ul>
	<b>Indicadores de producción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El rendimiento de los equipos de carguío y acarreo.</li> <li>- Tiempos de carguío y acarreo.</li> <li>- Costos de operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Numero óptimo de camiones.</li> <li>-Diseño de mallas de perforación y factores de carga.</li> </ul>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO**

El presente trabajo de investigación se realizó en la Compañía Minera Antapaccay Distrito y Provincia de Espinar, Departamento Cusco, desarrollándose la investigación a los Equipos de Carguío y acarreo.

#### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente estudio corresponde a una investigación descriptiva conforme a la clasificación según, (Hernandez Siampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 1997), ya que se pretende describir los hechos o fenómenos que ocurrieron en un determinado tiempo.

Es una investigación descriptiva porque a través de la observación directa y otras técnicas se recopiló datos de las variables en estudio, a partir de los cuales permite describir los factores operacionales que influyen significativamente en la producción y costos de carguío y acarreo en la Cía. Minera - Antapaccay.

### **3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.**

Según Sánchez Carlessi, el nivel de investigación es descriptivo analítico puesto que se describen y analizan los factores operacionales que influyen en la producción.

### **3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.**

El diseño de investigación es no experimental, ya que no se ha manipulado las variables en estudio, y solo se observan los fenómenos o hechos tal cual se dan para después describirlos y analizarlos. Kerlinger (como se citó en (Hernandez Siampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 1997) indica que en la investigación no experimental o ex-post-facto es imposible manipular las variables, se observa situaciones que ya existen en la realidad.

Según (Hernandez Siampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 1997), el diseño de la investigación es longitudinal, ya que se han recolectado los datos a través del tiempo, en el presente estudio se realizó por meses (abril-diciembre), para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. Puesto que, se pretendió describir y analizar cómo influye la optimización de los equipos de carguío y acarreo en el incremento de producción en la Compañía Minera Antapaccay.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1. Población**

Para el presente proyecto de investigación se tiene como población la flota de carguío y transporte de la empresa minera Antapaccay compuesta por 6 equipos de carguío y 67 equipos de acarreo.

### **3.3.2. Muestra**

Para efectos del presente estudio y dada la naturaleza de la investigación se utilizó un muestreo probabilístico - aleatorio simple, ya que es un muestreo estadístico que garantiza la misma probabilidad de ser elegido los equipos de carguío. Es un método de selección de muestra en el cual las unidades se eligen de forma individual y directamente por medio de un proceso aleatorio, en la investigación se consideró como muestra a 3 palas eléctricas y 10 camiones dos de cada modelo.

## **3.6. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

### **OBSERVACIÓN DIRECTA.**

Para efectos del presente estudio se utilizó la observación directa para recopilar los datos referidos a la variable de estudio (Optimización de equipos de carguío y acarreo e incremento de producción)

### **INSTRUMENTOS**

- Planos topográficos actualizados del terreno del sector.
- Radios portátiles para la comunicación.
- Carteles luminosos para indicar puntos topográficos críticos.

## **3.7. TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS.**

Para la recolección de datos se utilizó la observación directa, en función a las variables y a las dimensiones planteadas. Donde los datos recolectados serán procesados en Excel Avanzado, de tal forma que la información obtenida sea válida y confiable corroborada por los reportes obtenidos del sistema Carguío y acarreo.

### **3.8. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS.**

Las informaciones de los datos recolectados se evaluarán y analizarán para dar un alto grado de confiabilidad, luego se procesarán los datos con herramientas estadísticas para lo cual utilizaremos herramientas de informática como; Microsoft Excel y Microsoft Project, AutoCAD y simuladores.

La presentación de datos se mostrará a través de tablas y gráficos estadísticos.

## **CAPÍTULO IV**

### **DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES MINERAS**

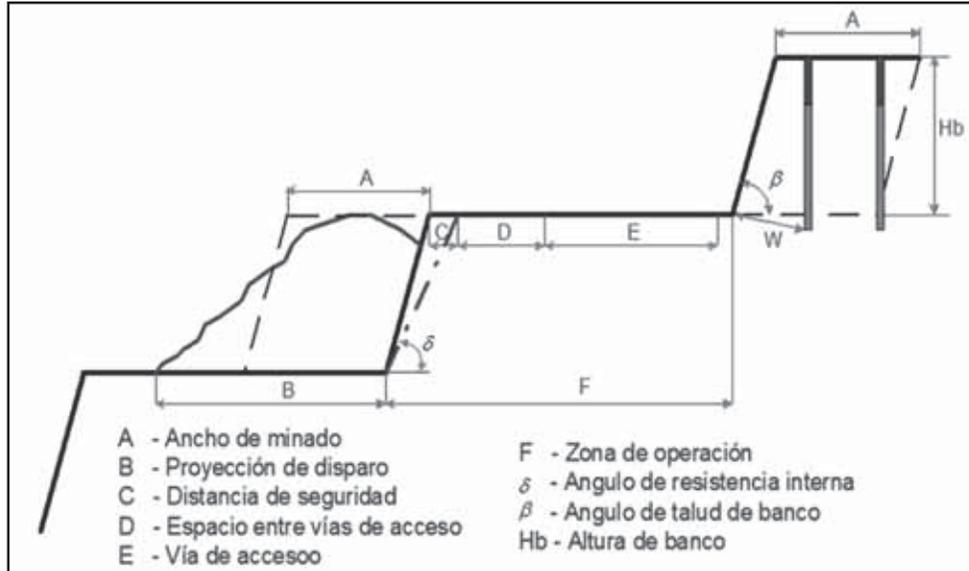
#### **4.1. PLANEAMIENTO.**

Según (Levit Stuart, 2012) indica que:

El planeamiento de minado consiste en establecer el volumen de mineral, ubicación y en qué momento extraerlo, con la finalidad de mantener una producción continua mensual.

La Compañía Minera Antapaccay es un yacimiento de clase mundial con un tiempo de vida de más de 20 años, por tanto se considera los tres tipos de planeamiento de minado

*Figura N° 16: Proyección de la plataforma de trabajo del talud.*



*Fuente: Compañía Minera Antapaccay*

#### **4.1.1. Planeamiento a corto plazo**

Se realiza para periodos mensuales, con información del modelo de bloques definiendo sólidos o volúmenes geométricos por bancos, el tamaño adecuándose a la calidad de mineral, es decir tonelaje y ley de mineral y desmonte. El planeamiento a corto plazo no es un proceso optimal, porque aún no se ha creado un algoritmo que permita conseguir la máxima optimización matemática y técnica de un planeamiento.

#### **4.1.2. Planeamiento a mediano plazo.**

Se realiza para periodos anuales e incluso pueden ser bianuales de producción proyectada. Los resultados de este planeamiento deben mantener relación con la geometría del planeamiento del año definido en el Largo Plazo.

Con la información del modelo de bloques se definen sólidos o volúmenes geométricos que contengan ley, tonelaje de mineral y tonelaje de desmonte, el tamaño de estos sólidos es variable y depende de la continuidad y calidad de la mineralización.

Definido el lugar a donde llegar para encontrar el mineral de interés, la geometría de los sólidos o volúmenes deben mantener como prioridad las facilidades de acceso de los equipos en las operaciones mineras y cumplir con los objetivos de producción de mineral.

#### **4.1.3. Planeamiento a largo plazo.**

Es el primer plan que se realiza desde el inicio de las operaciones, y comprende la extracción de la totalidad de las reservas. Esta extracción debe ser expresada en producción por años, describiendo la secuencia de extracción y volumen y ubicación. Estos planes están relacionados con la capacidad anual de procesamiento de mineral que se cuenta predefinida en planta.

## **4.2. OPERACIONES MINA.**

Según (Levit Stuart, 2012) indica que:

La empresa minera Antapaccay realiza sus trabajos en tajo abierto, extrayendo el mineral en franjas horizontales llamados bancos, en forma descendente a partir del banco que está en la superficie, por lo general para la remoción de un banco de mineral es necesario extraer el material estéril que lo cubre, conocido como desbroce y expresa una relación de desmonte a mineral, este tipo de explotación es de gran volumen y se aplica en yacimientos masivos de gran tamaño.

Se desarrollan las operaciones con personal idóneo en el área, los cuales están distribuidos en tres grupos:

- Grupo A trabaja 12 Horas/ día – toda una semana
- Grupo B trabaja 12 Horas/ noche – toda una semana
- Grupo C toda una semana de descanso fuera del campamento.

Los grupos están conformados por:

- Superintendente de mina (01)
- Jefe de mina (01)
- Supervisor de mina (03)
- Asistente (despachador) (03)
- Operadores de (camiones, palas, equipos auxiliares) (156)
- Personal de piso (21)

### **4.3. OPERACIONES UNITARIAS.**

#### **4.3.1. Perforación**

Según (Xstrata Tintaya S.A, 2001) dicen:

La perforación es una operación unitaria dentro de la actividad del desarrollo del proceso de una operación minera, mayormente utilizada en la exploración, desarrollo y explotación de un yacimiento minero; constituyéndose junto con la voladura como la actividad de mayor atención y dedicación por las enormes implicancias que genera en las operaciones unitarias sub - secuentes e incluso en la etapa de tratamiento.

Podemos conceptualizar la perforación como el proceso de abrir un hueco cilíndrico de diámetro y longitud variable pero limitado en la roca a la cual se denomina taladro, por medio de máquinas y accesorios de diferentes capacidades, dimensiones y características.

El objetivo del proceso de perforación es “construir un espacio físico definido dentro de la roca que será removida, para luego en estos taladros colocar el explosivo que más tarde será detonado”, para la continuidad del proceso de carguío y acarreo.

En cuanto a los equipos de perforación la mina Antapaccay cuenta con las siguientes perforadoras:

**Tabla N° 2:** Máquinas Perforadoras Antapaccay

EQUIPOS DE PERFORACIÓN	
CANTIDAD	PERFORADORAS ELÉCTRICAS
03	P&H 100XPC DE 12 ¼”
CANTIDAD	PERFORADORAS DIESEL
02	ROC L8
01	DRILLTECH D90KSP 12 ¼”

*Fuente: Propia.*

**Figura N° 17:** Perforadora Diésel Antapaccay.



*Fuente: Propia.*

### 4.3.2. Voladura

Según (Xstrata Tintaya S.A, 2001) dicen:

La voladura se define como el proceso de fragmentar y remover el material requerido por el programa de producción a una granulometría adecuada para su posterior manejo (carguío, transporte, chancado y manejo de botaderos).

Los resultados de las voladuras anteriores revisten una de las principales fuentes de información para la materialización de la voladura actual, ya que guardan datos acerca de la respuesta del material a los explosivos y al diseño, junto con los resultados de las otras operaciones afectadas por estos mismos resultados.

El carguío es el primer cliente de la voladura, es el que se las tendrá que preparar para manipular el material volado y si este material no cumple con las características apropiadas (granulometría, geometría de la ola de escombros, estado del piso, etc.), la operación del carguío se verá severamente afectada (incremento de costos y daños en equipos), así mismo el transporte será afectado al bajar sus rendimientos (ciclo de carguío mayor) y podrá sufrir daños al ser cargado con material de mayor tamaño que lo ideal.

**a) Agentes de Voladura:** Entre los agentes utilizados tenemos:

- Nitrato de Amonio.
- Petróleo Diesel Nro. 2.
- Emulsión Matriz.
- Booster de 1lb.

**b) Accesorios de Voladura**

- Detonadores no eléctricos TECNEL
- Retardos

- Cordón detonante
- Mecha de Seguridad
- Booster

**Figura N° 18:** Trabajo de Voladura en Antapaccay.



*Fuente: Propia*

#### **4.3.3. Carguío y acarreo.**

En estos procesos productivos se encuentra el mayor costo, debido a que es el proceso con mayor cantidad de equipos involucrados, alto grado de mecanización, mayor rendimiento productivo por equipo y constituye un proceso de operación prácticamente continuo y lento. El objetivo es retirar el material volado del frente y transportarlo adecuadamente a su lugar de destino.

En cuanto a la flota tanto de carguío como de acarreo se tiene:

#### 4.3.3.1. Carguío:

El material volado es cargado en camiones de gran tonelaje mediante gigantescas palas eléctricas o cargadores frontales, estos equipos llenan los camiones en una operación continuada.

Una pala necesita un frente de carguío mínimo de 65 metros de ancho y carga camiones que se van colocando alternativamente en 2 carriles a cada lado de la pala.

Los equipos de carguío más utilizados en las explotaciones a tajo abierto son:

- Palas de cables.
- Palas hidráulicas.
- Cargadores Frontales.

Los equipos de carguío que operan en mina Antapaccay son:

*Tabla N° 3: Equipos de Carguío que operan en mina Antapaccay*

<b>EQUIPOS DE OPERACIONES MINA ANTAPACCAY</b>				
<b>EQUIPOS DE CARGUÍO</b>				<b>CAPACIDAD</b>
<b>CANTIDAD</b>	<b>PALAS ELÉCTRICAS</b>			<b>TONELADAS</b>
	<b>CODIGO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	
1	2160	BUCYRUS	B495HR	100
1	2050	P&H	PH2800	60
1	2051	P&H	PH2800	60
1	2161	CATERPILLAR	CAT7495	100
1	2162	CATERPILLAR	CAT7495	100
1	2163	CATERPILLAR	CAT7495	100
<b>CANTIDAD</b>	<b>PALA A DIESEL</b>			<b>TONELADAS</b>
	<b>CODIGO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	
1	2170	CATERPILLAR	CAT 6060	80
<b>CANTIDAD</b>	<b>CARGADORES</b>			<b>TONELADAS</b>
	<b>CODIGO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	
1	5030	LT	L2350	88
1	5031	LT	L1850	45

1	5029	CATERPILLAR	C994	40
1	5026	CATERPILLAR	C994	40
1	2028	CATERPILLAR	C994	40
1	5023	CATERPILLAR	C992	23
1	3038	CATERPILLAR	785B	23
1	5103	KOMATSU	KWA900	23

*Fuente: Elaboración propia.*

**- Descripción de las palas eléctricas de estudio.**

Las palas eléctricas o de cables objeto del estudio son las palas BUCYRUS B495HR, P&H 2800XP y CAT 7495HD diseñados para la gran minería por generar bajo costo de operación y movimiento de grandes volúmenes de producción de mineral, desmonte, pero con una alta demanda de inversión, Así mismo son considerados equipos críticos por su baja movilidad.

**a) Pala BUCYRUS B 495HR**

Esta pala electromecánica está diseñada especialmente para la minería a tajo abierto proporcionando un eficiente servicio bajo las condiciones más severas. Las máquinas se construyeron con los estándares más altos posibles y proporcionan una operación libre de dificultades si son apropiadamente mantenidas. Para realizar los desplazamientos requeridos de cargar los materiales desde las plataformas de carga y cargar en los equipos de transporte de extracción, para tal efecto se utilizan diferentes pasos a seguir.

Las principales transmisiones son:

- **Levante:** mueve el balde a través del banco, durante la fase de excavación y proporciona el levante y la bajada controlada del carguío durante otras fases de operación.

- **Empuje:** mueve el mango del balde hacia afuera o hacia dentro para controlar la profundidad de corte y posiciona el balde sobre el camión para vaciar la carga.
- **Giro:** Gira la pala entre las posiciones de excavación y vaciado. El sistema de giro utiliza dos transmisiones, una de 180° a la izquierda y la otra 180° a la derecha.
- **Propulsión:** mueve la pala de una posición de excavación a otra. Dos mecanismos Impulsores independientes proporcionan el avance y retroceso o giro mediante una dirección diferencial.

La compañía minera Antapaccay cuenta con un equipo de este modelo que fue adquirido en el año 2012 con una capacidad 100 toneladas.

*Figura N° 19: Pala Eléctrica BUCYRUS B495HR.*



*Fuente: Propia.*

## b) Pala P&H 2800XPC

P&H 2800XPC es una pala minera eléctrica para trabajo pesado que proporciona una capacidad de carga nominal de 60 toneladas específicamente diseñada para funcionar en minas a tajo abierto para una carga de camiones de arrastre de alta producción de 190 toneladas a 360 toneladas y más grandes. Es el modelo de pala de mayor venta en la industria, las palas serie P&H 2800, son reconocidas por su durabilidad y versatilidad, la compañía minera Antapaccay cuenta con dos máquinas de la serie P&H 2800 puestas en marcha desde su adquisición las cuales aún funcionan.

*Figura N° 20: Pala minera eléctrica P&H 2800XPC*



*Fuente: Propia*

### c) Pala CAT 7495HD

Es una pala minera eléctrica para trabajos pesados que proporciona una capacidad de carga nominal de 100 toneladas específicamente diseñada para funcionar en minas a tajo abierto para una carga de alta producción de 120 toneladas a 400 toneladas y camiones de arrastre más grandes. La 7495HD se basa en la serie comprobada 7495HD de palas que se pueden encontrar en excavaciones de carbón, cobre, mineral de hierro y oro en todo el mundo. La compañía minera Antapaccay cuenta con tres equipos de este modelo que fueron adquiridos en el año 2017 – 2018.

*Figura N° 21: Pala minera eléctrica CAT 7495HD*



*Fuente: Propia*

#### 4.3.3.2. Acarreo.

Acarreo o transporte se denomina al traslado de material roto en la mina, es decir que este transporte tiene limitaciones, o tiene un determinado radio de acción ubicados en los frentes de operación.

Para el traslado de material mineralizado se utilizan camiones de gran tonelaje desde 360 a 136 toneladas, estos transportan el material desde el tajo de carguío a diferentes destinos: el mineral con ley va a la chancadora primaria, el material estéril a botaderos y el mineral de baja ley a botaderos especiales denominados Stock Piles.

### Equipos de acarreo

En la Compañía Minera Antapaccay se ha empleado cinco tipos de camiones para el traslado del material mineralizado. Aquí se describe en la siguiente tabla:

*Tabla N° 4: Equipos de Acarreo que Operan en Mina Antapaccay.*

<b>EQUIPOS DE OPERACIONES MINA ANTAPACCAY</b>				
<b>EQUIPOS DE ACARREO</b>				<b>CAPACIDAD</b>
<b>CANTIDAD</b>	<b>FLOTA DE CAMIONES</b>			<b>TONELADAS</b>
	<b>CODIGO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	
24	3101	CATERPILLAR	CAT797F	360
	3102	CATERPILLAR	CAT797F	360
	3103	CATERPILLAR	CAT797F	360
	3104	CATERPILLAR	CAT797F	360
	3105	CATERPILLAR	CAT797F	360
	3106	CATERPILLAR	CAT797F	360
	3107	CATERPILLAR	CAT797F	360
	3108	CATERPILLAR	CAT797F	360
	3109	CATERPILLAR	CAT797F	360
	3119	CATERPILLAR	CAT797F	360
	3120	CATERPILLAR	CAT797F	360
	3121	CATERPILLAR	CAT797F	360
9	3110	KOMATSU	KOM930E	290
	3111	KOMATSU	KOM930E	290
	3112	KOMATSU	KOM930E	290
	3113	KOMATSU	KOM930E	290
	3114	KOMATSU	KOM930E	290
	3115	KOMATSU	KOM930E	290
	3116	KOMATSU	KOM930E	290
	3117	KOMATSU	KOM930E	290
	3118	KOMATSU	KOM930E	290

11	3080	CATERPILLAR	CAT793D	225
	3081	CATERPILLAR	CAT793D	225
	3082	CATERPILLAR	CAT793D	225
	3083	CATERPILLAR	CAT793D	225
	3084	CATERPILLAR	CAT793D	225
	3085	CATERPILLAR	CAT793D	225
	3086	CATERPILLAR	CAT793D	225
	3087	CATERPILLAR	CAT793D	225
	3088	CATERPILLAR	CAT793D	225
	3089	CATERPILLAR	CAT793D	225
	3090	CATERPILLAR	CAT793D	225
19	3051	KOMATSU	KOM830E	210
	3052	KOMATSU	KOM830E	210
	3053	KOMATSU	KOM830E	210
	3054	KOMATSU	KOM830E	210
	3055	KOMATSU	KOM830E	210
	3056	KOMATSU	KOM830E	210
	3057	KOMATSU	KOM830E	210
	3058	KOMATSU	KOM830E	210
	3059	KOMATSU	KOM830E	210
	3060	KOMATSU	KOM830E	210
	3061	KOMATSU	KOM830E	210
	3062	KOMATSU	KOM830E	210
	3063	KOMATSU	KOM830E	210
	3064	KOMATSU	KOM830E	210
	3065	KOMATSU	KOM830E	210
	3069	KOMATSU	KOM830E	210
	3071	KOMATSU	KOM830E	210
	3072	KOMATSU	KOM830E	210
	3073	KOMATSU	KOM830E	210
4	3034	CATERPILLAR	CAT785B	136
	3036	CATERPILLAR	CAT785B	136
	3037	CATERPILLAR	CAT785B	136
	3038	CATERPILLAR	CAT785B	136

*Fuente: Compañía Minera Antapaccay.*

## - Camiones

Los camiones con los que cuenta la compañía minera Antapaccay de acuerdo a sus necesidades son los siguientes modelos CAT 797F, KOM 930E, CAT 793D, KOM 830E Y CAT 785B con diferentes capacidades como se muestra en la tabla N° 4.

Las características de estos equipos son:

- Potencia y eficiencia del motor del camión
- Peso del equipo
- Capacidad de Carga del equipo

### a) Camión CAT 797F

Los Camiones Caterpillar 797F son los camiones con mayor capacidad de carga de 360 toneladas, y se tiene en operación 24 equipos de este modelo. Proporcionando el mejor costo por unidad de producción en su clase.

*Figura N° 22: Camión CAT 797F*



*Fuente: Propia*

### **b) Camión KOM 930E**

El camión minero Komatsu 930E es de excelente rendimiento y alta tecnología el cual cuenta con 290 toneladas y están en operación 9 camiones de este modelo.

*Figura N° 23: Camión KOM 930E.*



*Fuente: Propia*

### **c) Camión Caterpillar 793D**

Este modelo este construido para el transporte de cobre, carbón, mineral de hierro, oro o escombros, proporcionando el mejor costo por unidad de producción en su clase. Las mejoras en seguridad, productividad, facilidad de servicio y comodidad que ofrece el modelo CAT 793D. Tiene una capacidad de 225 toneladas y están operando 11 unidades.

*Figura N° 24: Camión CAT 793D*



*Fuente: Propia*

**d) Camión KOM 830E**

Este modelo este construido para el transporte de cobre, oro o minerales polimetálicos, proporcionando el mejor costo por unidad de producción en su clase. Las mejoras en seguridad, productividad, facilidad de servicio y comodidad que ofrece el modelo KOM 830E. Tiene una capacidad de 210 toneladas y están operando 19 unidades en la empresa.

*Figura N° 25: Camión KOM 830E*



*Fuente: Internet*

**e) Camión CAT 785B**

Este modelo este construido para el transporte de cobre, carbón, mineral de hierro, oro o escombros, proporcionando el mejor costo por unidad de producción en su clase. Las mejoras en seguridad, productividad, facilidad de servicio y comodidad que ofrece el modelo CAT 785B. Tiene una capacidad de 136 toneladas y están operando 4 unidades.

*Figura N° 26: Camión CAT 785B*



*Fuente: Internet*

#### **4.3.3.3. Equipos auxiliares.**

Los Equipos Auxiliares se encargan de mantener en buen estado de las zonas de carguío y transporte, especialmente el nivel de pisos, de acuerdo con las instrucciones del Jefe de operaciones y/o el operador del equipo de carguío. Por tanto, la interacción entre estos responsables es permanente, no solo para la correcta operación de carguío, sino también para vigilar y evaluar la presencia de elementos del entorno (cables eléctricos de la pala y sistema de pasa cable, etc).

En CIA Minera Antapaccay se cuenta con los siguientes equipos auxiliares:

*Tabla N° 5: Equipos de acarreo de Antapaccay.*

EQUIPOS AUXILIARES				
N°	EQUIPO	CODIGO	MARCA	MODELO
01	Cisterna de Agua	3104	KOMATSU	HD1500-7WT
02	Cisterna de Agua	3105	KOMATSU	HD1500-7WT
03	Cisterna de Agua	3032	CATERPILLAR	785B
04	Tractor de Orugas	6103	CATERPILLAR	D11T
05	Tractor de Orugas	6102	CATERPILLAR	D11T
06	Tractor de Orugas	6025	CATERPILLAR	D11T
07	Tractor de Orugas	6023	CATERPILLAR	D11T
08	Tractor de Orugas	6110	KOMATSU	D475A-5E0
09	Tractor de Orugas	6022	CATERPILLAR	D10T
10	Tractor de Orugas	6014	CATERPILLAR	D10R
11	Tractor de Orugas	6013	CATERPILLAR	D10R
12	Tractor de Orugas	6011	CATERPILLAR	D10R
13	Tractor de Llantas	6130	CATERPILLAR	844H
14	Tractor de Llantas	6131	CATERPILLAR	844H
15	Tractor de Llantas	6026	CATERPILLAR	844H
16	Tractor de Llantas	6024	CATERPILLAR	844H
17	Tractor de Llantas	6021	CATERPILLAR	844H
18	Motoniveladora	7101	CATERPILLAR	16M
19	Motoniveladora	7103	CATERPILLAR	16M
20	Motoniveladora	7010	CATERPILLAR	16M
21	Motoniveladora	7007	CATERPILLAR	16M
22	Motoniveladora	7009	CATERPILLAR	16M
23	Excavadora	8008	CATERPILLAR	CAT385C
24	Excavadora	8007	KOMATSU	PC450
25	Excavadora	8006	CATERPILLAR	345C
26	Excavadora	8005	CATERPILLAR	345C
27	Rompe Rocas	8004	CATERPILLAR	CAT 330BL

28	Toro Cablero	6120	CATERPILLAR	834H
29	Toro Cablero	6018	CATERPILLAR	834H
30	Cama Baja	3074	TOW HALL	830E-DC
31	Chancadora Móvil + CF980	5101	CATERPILLAR	980CF

*Fuente: Propia.*

- **Camión cisterna**

Mejora las operaciones diarias. Provee porcentajes tiempo/cantidad por segmento de camino, salida y frecuencia con diámetros de rociado conocidos.

*Figura N° 27: Camión cisterna modelo pinocho.*



*Fuente: Internet.*

- **Tractor de cadenas**

El tractor de cadenas es para el mantenimiento del área de descarga del camión, desgarramiento, manejo de la pila de material, extracción de sobrecarga, soporte de la pala, atrapamiento, construcción y mejoramiento de caminos.

*Figura N° 28: Tractor de cadenas CAT D8*



*Fuente: Internet.*

- **Motoniveladora.**

Brinda mantenimiento continuo a vías y accesos de la mina, cuando los caminos de acarreo se mantienen en óptimas condiciones, los camiones circulan con más rapidez, los tiempos de ciclo mejoran y se produce más mineral. Las buenas condiciones de los caminos también reducen el mantenimiento de los camiones, los costos de combustible y el daño de las llantas, son los aportes fundamentales en las operaciones de transporte y carguío.

*Figura N° 29: Motoniveladora CAT H14*



*Fuente: internet.*

- **Rodillo vibratorio**

Esta máquina su función principal es compactar los materiales (vías accesos de interior mina), pero debido a la gran importancia está considerado como equipo auxiliar que trabaja en simultaneo con la motoniveladora.

*Figura N° 30: Rodillo vibratorio CAT SC533D*



*Fuente: Internet.*

- **Martillo hidráulico**

Equipo Instalado en una excavadora de 27 toneladas para ser utilizado en tareas de roturas secundarias de rocas.

*Figura N° 31: Martillo hidráulico.*



*Fuente: Internet*

#### 4.4. CONSIDERACIONES OPERACIONALES

##### 4.4.1. Gradiente de las Rampas:

Se usa como estándar una gradiente de 10% en mina y 8% en botaderos.

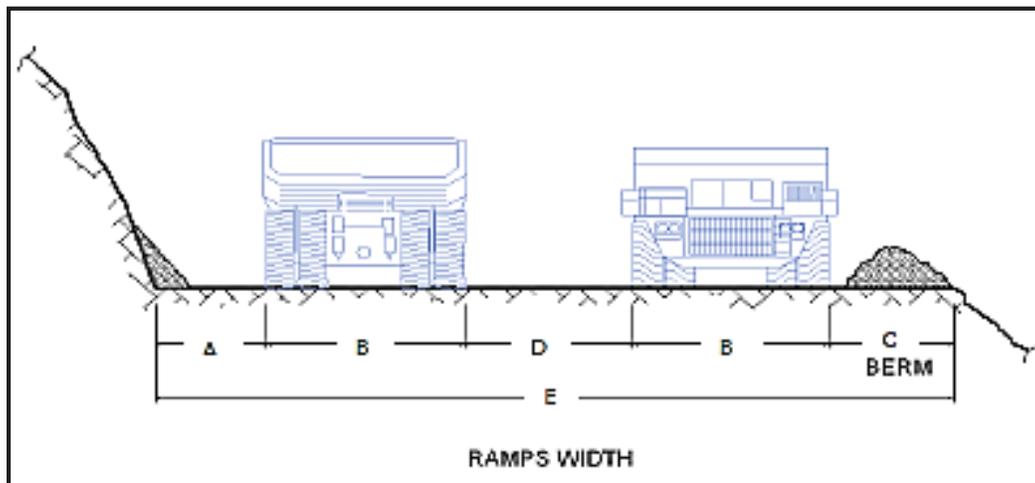
##### 4.4.2. Ancho mínimo de vías:

Se considera a partir del camión más grande en mina, por lo que se considera anchos de vía de 35 m.

Se ha establecido los anchos de operación para palas P&H2800, CAT 7495 y Bucyrus 495

HR mínimos como:

*Figura N° 32: Dimensión de las rampas*



*Fuente: Xstrata Tintaya – Planamiento mina.*

Dónde:

A: Distancia de seguridad = 3.60 metros

B: Ancho de camión = 9.70 metros

C: Ancho de la berma = 7.00 metros

D: Distancia entre camiones = 5.00 metros

E: Ancho de la rampa =  $A + 2*B + D + C = 35$  metros

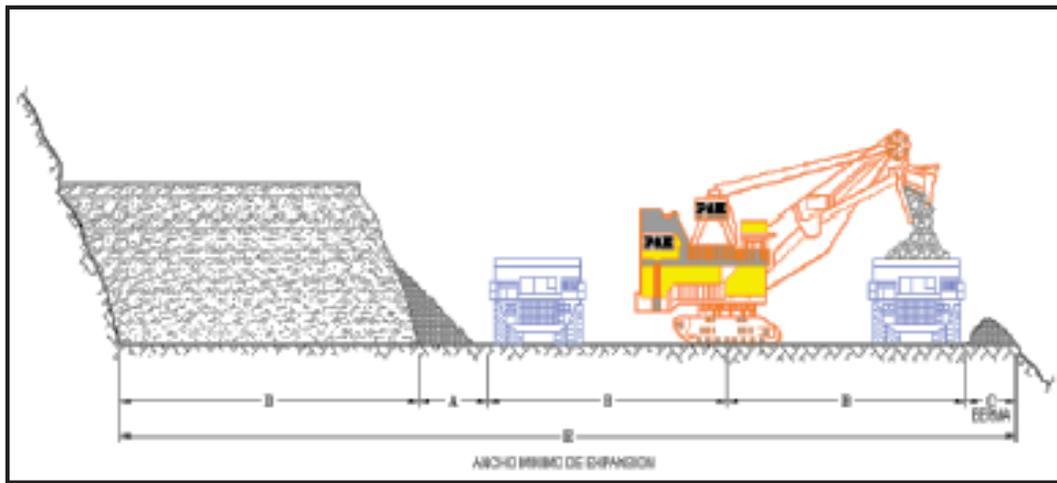
La distancia de seguridad (A) incluye la construcción de cunetas de 1.80 metros de ancho, en razón que el terreno de las rampas o vías son competentes. La berma o muro de seguridad se construirá sobre un ancho de berma (C) de 7.0 metros y con una altura no menor a 3.0 metros, que es el resultado de las  $\frac{3}{4}$  partes de la altura de la llanta más grande que corresponde al camión CAT 797F, cuya altura de la llanta es de 4.0 metros.

#### 4.4.3. Ancho mínimo de operación:

Según (Xstrata Tintaya S.A., 2010) indica que:

Se usa como estándar un ancho mínimo de minado para carguío por ambos lados de 70m y 45m si es por un solo lado.

*Figura N° 33: Dimensión el ancho de minado.*



*Fuente: Xstrata Tintaya – Planamiento mina.*

Dónde:

A: Distancia de Seguridad = 5 metros

B: Índice de carguío = 30 metros

C: Ancho de la berma = 5 metros

D: Ancho del material residuo

E: Ancho mínimo de expansión =  $A + 2*B + C = 70$  metros.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO Y EQUIPOS EN ESTUDIO.**

El área de trabajo del presente estudio es en Operaciones Mina Antapaccay que consta de nueve meses de estudio, donde se evaluará la variación en cuanto a la producción y el costo de carguío y acarreo.

##### **5.1.1. Descripción de las rutas de transporte y la zona de descarga**

La ruta de transporte está conformada por tramos horizontales y pendientes con gradientes que varían desde -10% hasta 10%, las distancias equivalentes e inclinadas varían desde las zonas de carguíos hacia los botaderos y chancadora primaria.

##### **5.1.2. Descripción de capacidad de los equipos de carguío y acarreo.**

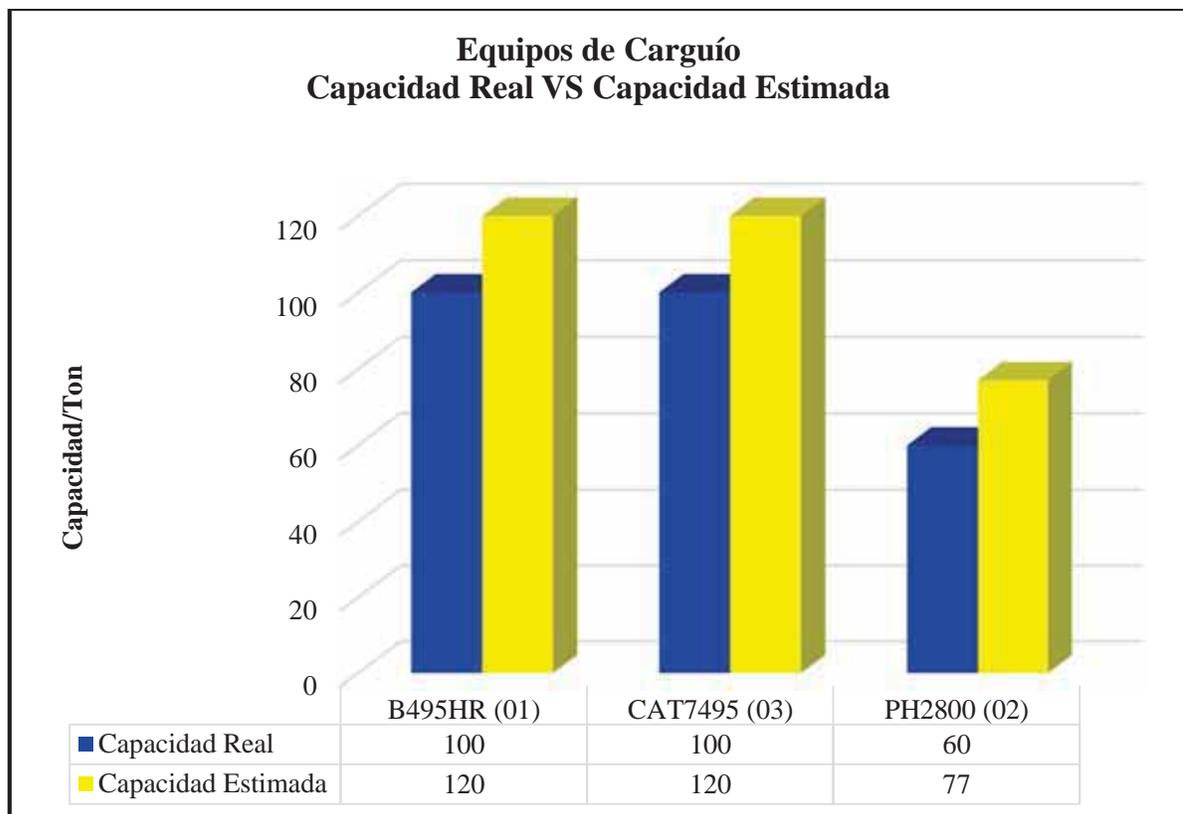
Los equipos que son objeto de estudio son los equipos de carguío (palas) y Acarreo (camiones) que tienen diferentes capacidades.

*Tabla N° 6: Descripción de Equipos de Carguío.*

EQUIPOS DE OPERACIONES MINA ANTAPACCA Y			
EQUIPOS DE CARGUÍO		CAPACIDAD/ TON	
CANTIDAD	PALAS ELÉCTRICAS	Capacidad Real	Capacidad Estimada
03	CAT 7495	100	120
01	B495HR	100	120
02	PH2800	60	77

*Fuente: Elaboración propia.*

*Gráfico N° 1: Capacidad Real VS Capacidad Estimada*



*Fuente: Elaboración propia.*

## INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS

De acuerdo a la **Tabla N° 6**, se observa que las palas eléctricas B495HR y CAT 7495 tienen una capacidad de carguío de 100 toneladas; por otro lado, las palas PH2800 poseen una capacidad de 60 toneladas.

Ante los resultados obtenidos se interpreta que palas eléctricas B495HR y CAT 7495 tienen una mayor capacidad de carguío que las PH2800 donde la diferencia es de 40 toneladas, teniendo en cuenta las capacidades de los equipos de carguío antes mencionados se tendrá una óptima distribución de camiones.

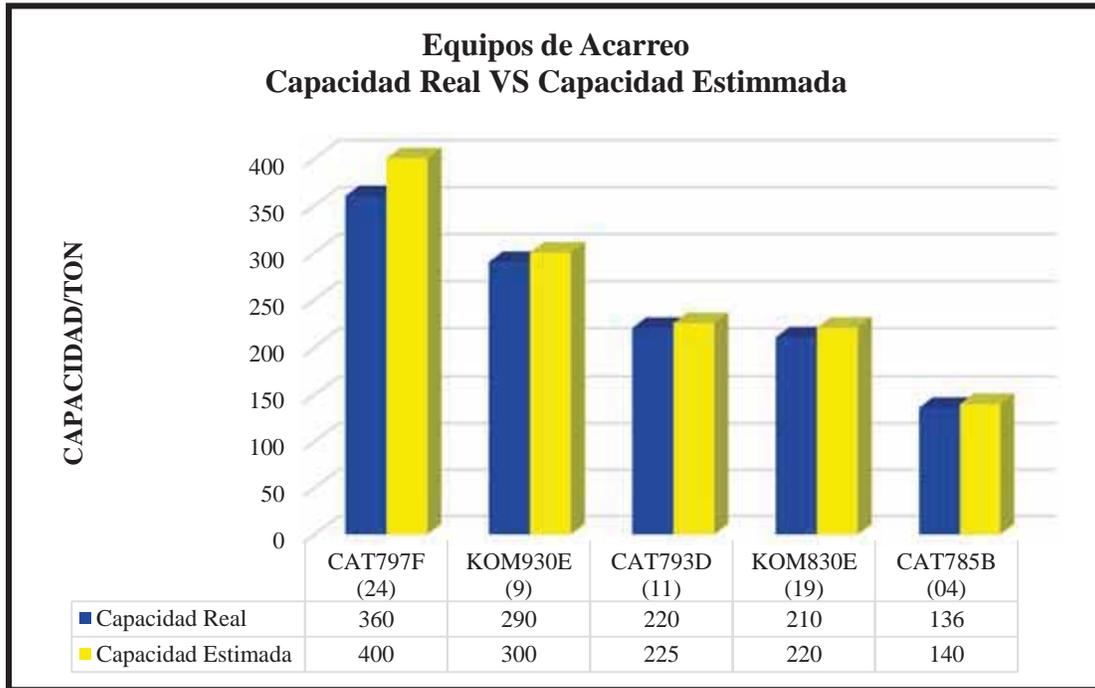
Finalmente, los datos consignados también se pueden observar en el Gráfico N° 1, donde la capacidad real de las palas eléctricas B495HR y CAT 7495 frente al estimado se tiene un cumplimiento del 83.33%

*Tabla N° 7: Equipos de Acarreo*

EQUIPOS DE OPERACIONES MINA ANTAPACCA Y			
EQUIPOS DE ACARREO		CAPACIDAD/ TON	
CANTIDAD	CAMIONES	Capacidad Real	Capacidad Estimada
24	CAT797F	360	400
9	KOM930E	290	300
11	CAT793D	220	225
19	KOM830E	210	220
4	CAT785B	136	140

*Fuente: Compañía Minera Antapaccay*

**Gráfico N° 2: Capacidad Real VS Capacidad Estimada de acarreo.**



**Fuente:** Elaboración propia.

### INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS

De acuerdo a la **Tabla N° 7**, se observa que los camiones CAT 797F y KOM 930E tienen una capacidad de carga de 360 y 290 toneladas, asimismo, los CAT793D, KOM830E y CAT785B tienen una capacidad de carga de 220, 210 y 136 toneladas.

Según los datos obtenidos se observa que los camiones CAT 797F y KOM 930E tienen una mayor capacidad de carga que los camiones CAT793D, KOM830E y CAT785B, teniendo en cuenta las capacidades de los equipos de acarreo antes mencionados se realizara una óptima distribución a los equipos de carguío (palas).

Los datos consignados también se pueden observar en el gráfico N° 2

## **5.2. ANÁLISIS DE COSTOS OPERATIVOS DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO**

El análisis de los equipos de carguío y acarreo es la base del presente estudio, porque son el punto de partida y la referencia para conocer cuantitativamente la optimización y el incremento de producción. Donde serán analizados el costo unitario, la producción y la gestión del tiempo de los equipos de operación.

### **5.2.1. Costos unitarios de minado – resumen 2018**

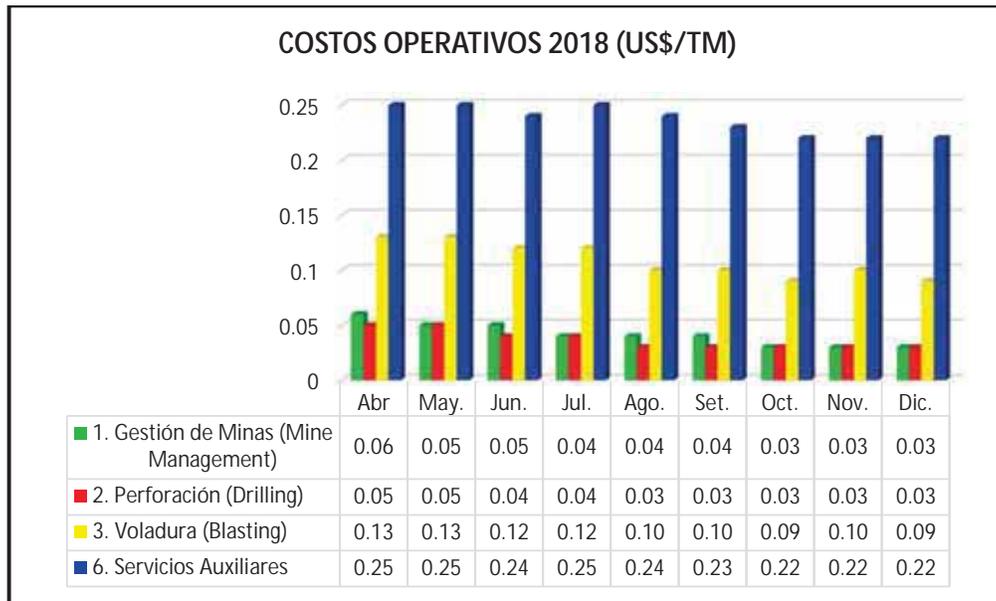
Como resumen y resultado de la producción del año 2018, se muestra los costos en tonelada métrica de las operaciones de la empresa. Es así que estas informaciones están de acuerdo a los trabajos realizados en el tajo sur, los cuales representan la explotación de las fases 1 al 6 las que representarán el minado de mineral y desmonte, además de saber la variación de costo operativo estimada versus costo real.

**Tabla N° 8: Costos unitarios operativos de Abril a Diciembre del 2018**

ACTIVIDAD	COSTO OPERATIVO 2018(US\$/TM)											
	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.			
1. Gestión de Minas (Mine Management)	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
2. Perforación (Drilling)	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
3. Voladura (Blasting)	0.13	0.13	0.12	0.12	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09
<b>4. Carguío (Loading)</b>	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
<b>5. Acarreo (Hauling)</b>	0.70	0.66	0.56	0.56	0.54	0.54	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
6. Servicios Auxiliares	0.25	0.25	0.24	0.25	0.24	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
<b>COSTO TOTAL REAL US\$/Ton</b>	<b>1.30</b>	<b>1.24</b>	<b>1.10</b>	<b>1.10</b>	<b>1.03</b>	<b>1.02</b>	<b>0.95</b>	<b>0.95</b>	<b>0.95</b>	<b>0.94</b>	<b>0.94</b>	<b>0.94</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico N° 3: Costos operativos 2018**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

### **INTERPRETACIÓN Y ANALISIS**

De acuerdo al cuadro precedente se observa que los costos operativos como gestión de minas, perforación, voladura y servicios auxiliares tienen un costo elevado en los meses de abril a julio de 0.25 US\$/TON a 0.04 US\$/TON, con respecto a los meses de agosto a diciembre los costos disminuyeron a 0.24 US\$/TON a 0.03 US\$/TON.

Según los datos analizados dan cuenta que los servicios auxiliares tienen un costo elevado en los cuatro primeros meses de estudio, a partir de agosto a diciembre con la optimización los costos redujeron gradualmente en 0.01 US\$/TON.

Finalmente se puede observar también que los costos operativos de voladura, gestión de minas y perforación en los tres primeros meses de estudio tienen un costo regularmente elevados, a partir del mes de agosto a Diciembre los costos redujeron gradualmente como se observa en la tabla N° 8 y en el gráfico N° 3.

## 5.2.2. Costo operativo de carguío y acarreo.

### 5.2.2.1. Costo operativo de carguío.

*Gráfico N° 4: Costo operativo de Carguío (Loading) US\$/TON*



*Fuente: Elaboración propia.*

## INTERPRETACIÓN Y ANALISIS

De acuerdo al gráfico N° 4, se observa que el comportamiento de costo de carguío entre los meses Abril, Mayo, Junio y Julio los costos son elevados que van desde 0.11 US\$/ton a 0.09 US\$/ton, a partir del mes de Agosto en adelante comienza a descender de 0.08 US\$/ton a 0.07 US\$/ton como muestra el gráfico.

Asimismo, según los datos descifrados los costos operativos de los equipos de carguío con la optimización a partir de agosto en adelante disminuyeron gradualmente en 0.01 US\$/TON que es un costo significativo para la Compañía Minera Antapaccay.

Finalmente, los datos consignados también se pueden observar a través de la tabla.

### 5.2.2.2. Costo operativo de acarreo.

**Gráfico N° 5:** Costo Operativo de Acarreo (Hauling) US\$/TON



**Fuente:** *Elaboración propia.*

### INTERPRETACIÓN Y ANALISIS

Como muestra el gráfico N° 5, los costos operativos de acarreo del mes de abril a Julio son elevados llegando a valores de 0.70 US\$/Ton a 0.56 US\$/Ton, con respecto a los meses de agosto a diciembre se observa que los costos de acarreo van progresivamente disminuyendo de 0.54 US\$/Ton a 0.50 US\$/Ton.

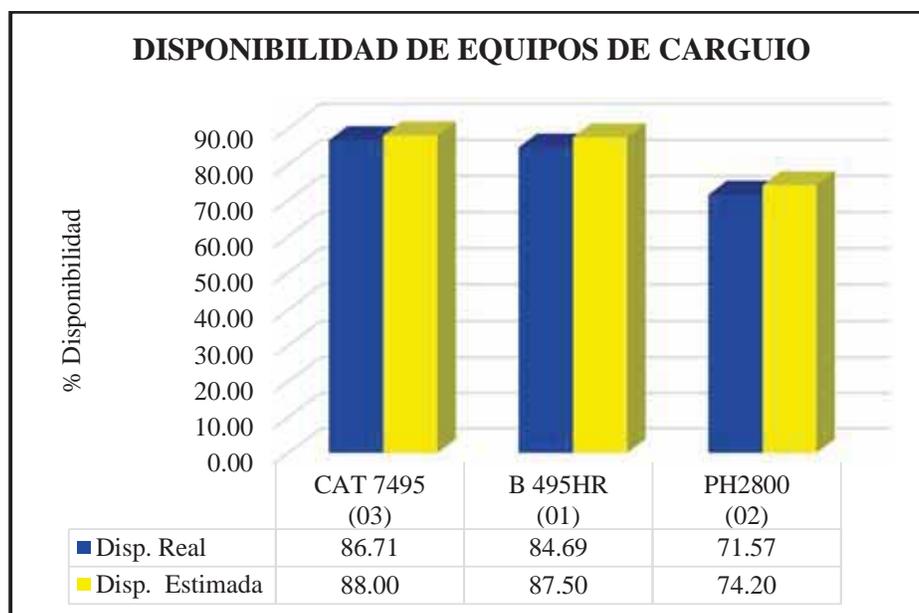
Asimismo, según los datos descifrados los costos operativos de los equipos de acarreo con la optimización a partir de agosto en adelante disminuyeron gradualmente en 0.04 US\$/TON que es un costo significativo para la Compañía Minera Antapaccay.

Finalmente, los datos consignados también se pueden observar a través de la tabla.

### 5.3. DESCRIPCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO.

#### 5.3.1. Disponibilidad de los equipos de carguío

*Gráfico N° 6: Disponibilidad de equipos de carguío.*



*Fuente: Elaboración propia.*

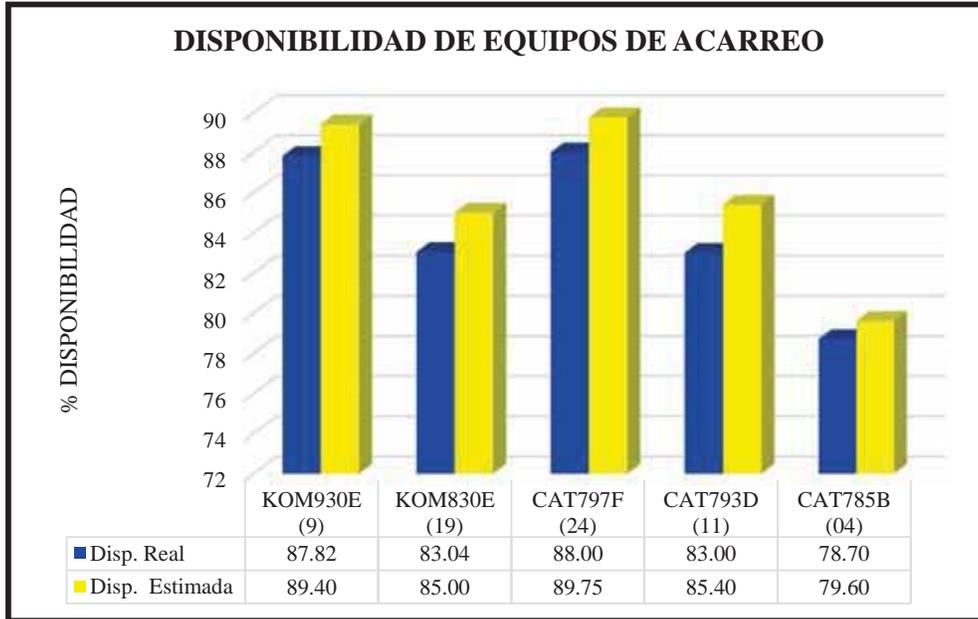
#### INTERPRETACIÓN Y ANALISIS

Según el gráfico N° 6, se observa que las palas eléctricas CAT 7495 tienen una disponibilidad real de 86.71% frente a lo estimado que es de 88%, asimismo, la pala B 495HR tienen una disponibilidad real de 84.69% frente a lo estimado que es de 87.50%, finalmente, las palas PH 2800 tienen una disponibilidad real de 71.57% frente a lo estimado que fue de 74.20%

Según los datos descifrados se observa que la disponibilidad real de las palas eléctricas frente al estimado se tiene un cumplimiento del 97.30%

### 5.3.2. Disponibilidad de los equipos de acarreo.

*Gráfico N° 7: Disponibilidad de equipos de acarreo.*



*Fuente: Elaboración propia.*

### INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS

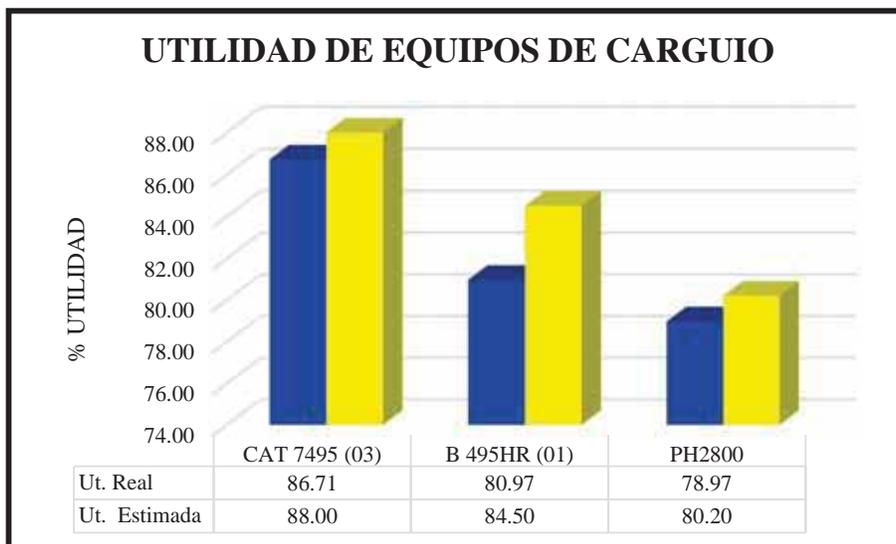
Según el gráfico N° 7, se observa que los camiones KOM 930E tienen una disponibilidad real de 87.82% frente a lo estimado que es de 89.40%, asimismo, los camiones KOM 830E tienen una disponibilidad real de 83.04% frente a lo estimado que es de 85%, se puede observar también que los camiones CAT 797F tienen una disponibilidad real de 88% frente a lo estimado que es de 89.75%, los camiones CAT793D tienen una disponibilidad real de 83% frente a lo estimado que es de 85.40%, finalmente, los camiones CAT 785B tienen una disponibilidad real de 78.70% frente a lo estimado que fue de 79.60%

Según los datos descifrados se observa que la disponibilidad real de los camiones frente al estimado se tiene un cumplimiento del 98%

## 5.4. DESCRIPCIÓN DE LA UTILIDAD DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO.

### 5.4.1. Utilidad de los equipos de carguío

*Gráfico N° 8: Utilidad de equipos de carguío.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

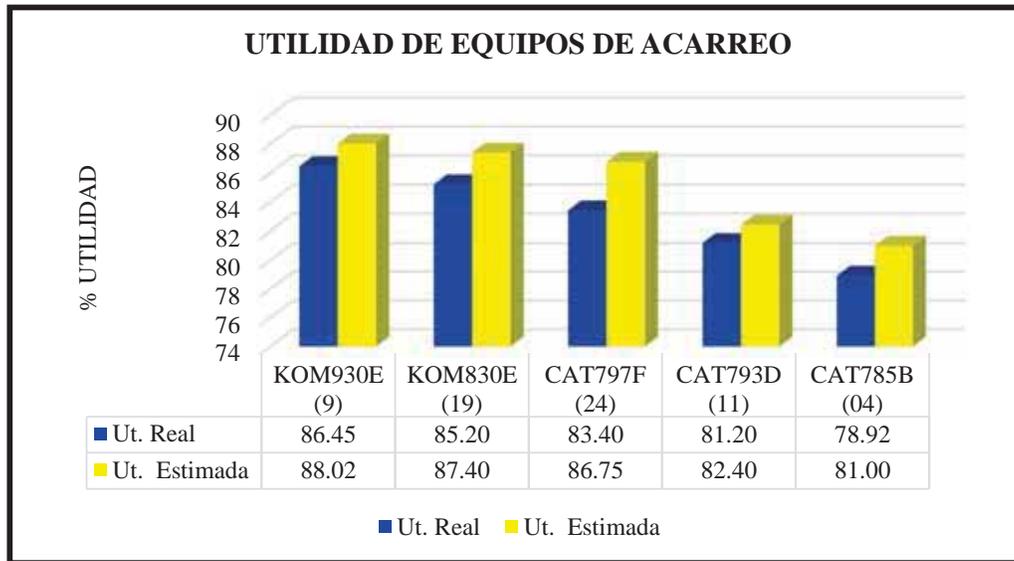
## INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS

Según el gráfico N° 8, se observa que las palas eléctricas CAT 7495 tienen una utilización real de 86.71% frente a lo estimado que es de 88%, asimismo, la pala B 495HR tienen una utilización real de 80.97% frente a lo estimado que es de 84.50%, finalmente, las palas PH2800 tienen una utilización real de 78.97% frente a lo estimado que fue de 80.20%

Según los datos descifrados se observa que la utilización real de las palas eléctricas frente al estimado se tiene un cumplimiento del 97.61%

#### 5.4.2. Utilidad de los equipos de acarreo.

*Gráfico N° 9: Utilidad de equipos de acarreo.*



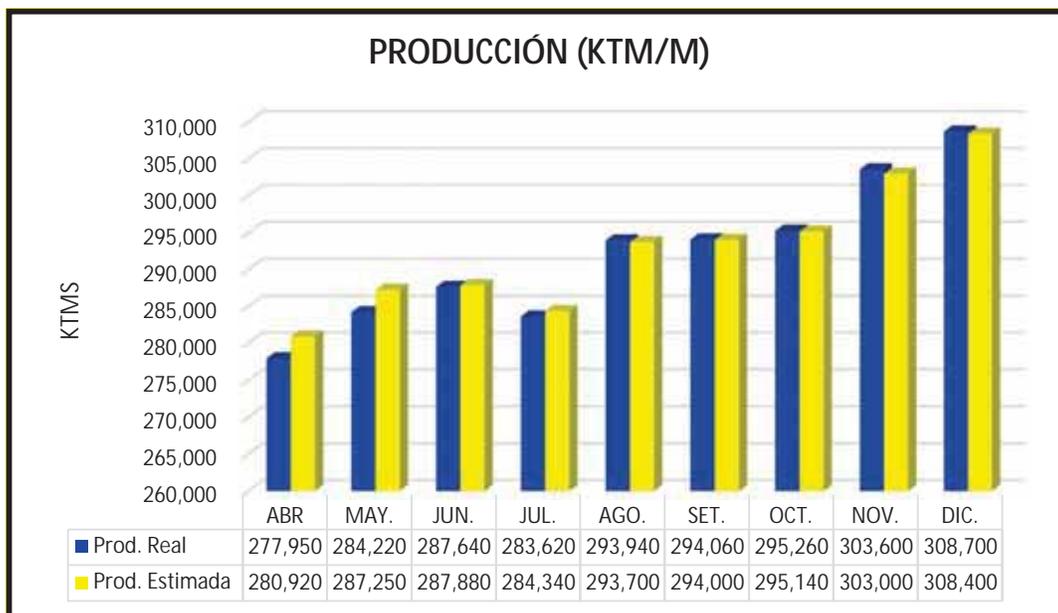
#### INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS

Según el gráfico N° 9, se observa que los camiones KOM 930E tienen una utilización real de 86.45% frente a lo estimado que es de 88.02%, asimismo, los camiones KOM 830E tienen una utilización real de 85.20% frente a lo estimado que es de 87.40%, así mismo los camiones CAT 797F tienen una utilización real de 83.40% frente a lo estimado que es de 86.75%, asimismo, los camiones CAT793D tienen una utilización real de 81.20% frente a lo estimado que es de 82.40%, finalmente, los camiones CAT 785B tienen una utilización real de 78.92% frente a lo estimado que fue de 81%

Según los datos descifrados se observa que la utilización real de los camiones frente al estimado se tiene un cumplimiento del 97.56%

## 5.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MENSUAL.

*Gráfico N° 10: Producción.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

### INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS

Según el gráfico N° 10, se observa que la producción real frente a lo estimado en los cuatro primeros meses de estudio, la producción promedio es de 283,358 KTM con una tendencia a mejora en el incremento de producción de mineral, asimismo a partir del mes de agosto a diciembre la cantidad de toneladas que se mueven alcanzo a un promedio de 299,112 KTM con la optimización de los equipos de carguío y acarreo.

Finalmente se observa que la producción real frente a lo estimado en los meses de abril a Julio se tiene un cumplimiento de 99.39%, también se puede indicar que con la optimización de los equipos de carguío y acarreo a partir del mes de agosto en adelante se dio un cumplimiento de 100% y que la producción diaria promedio fue de 9445.27 KTM

## CONCLUSIONES

**Primera:** Se ha determinado que la optimización de los equipos de carguío y acarreo influye de manera directa y significativamente en el incremento de producción según el gráfico N° 10 la producción real frente a lo estimado con la optimización de los equipos de carguío y acarreo alcanzo a un promedio de 299,112 KTM de 283,358 KTM, ya que se dio un cumplimiento de 100% de 99.39%.

**Segunda:** De acuerdo al estudio realizado los factores operacionales en el tajo influyen significativamente en la producción de los equipos de carguío y acarreo como la fragmentación del material a cargar que tiene que ser eficiente ya que en algunos casos no cumple con las características planificadas y se incrementa costos y en algunos casos se dañan los equipos.

Según la tabla N° 6 las palas eléctricas B495HR y CAT 7495 tienen una capacidad de carguío de 100 toneladas; por otro lado las palas PH2800 poseen una capacidad de 60 toneladas donde la diferencia es de 40 toneladas, teniendo en cuenta las capacidades de estos equipos optimizados incrementa la producción ; el mismo que según la tabla N° 7 los camiones CAT 797F y KOM 930E tienen una mayor capacidad de carga de 360 y 290 toneladas y los camiones CAT793D, KOM830E y CAT785B tienen una capacidad de carga de 220, 210 y 136 toneladas.

El otro factor que influye son las pistas de acarreo donde la resistencia a la rodadura, la distancia de acarreo y las pendientes de las vías son regularmente eficiente y ello permite el incremento de producción.

**Tercera:** Se ha determinado que la reducción de los costos es significativa en los equipos de carguío y acarreo de mineral según grafico N° 4 los costos operativos de carguío disminuyeron en 0.02 US\$/TON que es un costo significativo para la empresa, según grafico N° 05 los costos operativos de los equipos de transporte disminuyeron en 0.04 US\$/TON siendo así un costo significativo para la compañía minera Antapaccay.

## RECOMENDACIONES

**Primera:** Se recomienda a la compañía minera Antapaccay, que tenga una programación de renovación de equipos de carguío y acarreo, para la mejora continua en la producción para ello debe contar con personal capacitado, competitivo y comprometido con su trabajo y así la compañía pueda alcanzar a sus metas y objetivos como empresa.

**Segunda:** Se recomienda a la empresa que brinde una capacitación y orientación quincenal al personal que opera en el área de perforación y voladura para la mejora de la fragmentación del material a cargar, de esta manera los equipos de carguío tendrán un mejor performance.

Asimismo, se recomienda a la empresa realizar mantenimiento constante de las pistas de acarreo para el mejor movimiento de los equipos de carguío y acarreo.

**Tercera:** A la empresa minera Antapaccay se recomienda llevar un control minucioso de costos operativos como de los equipos de carguío y acarreo, además de gestión de minas, perforación, voladura y servicios auxiliares para que no haya incremento de costos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Apaza Risco Elmer Danilo. (2017). "Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguio y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C.". Trujillo, Trujillo - Perú.
- Baldeón Quispe Zoila Lilian. (Octubre de 2011). "Gestión en las Operaciones de Transporte y Acarreo para el Incremento de la Productividad en CIA. Minera Cndestable S.A". Lima, Perú.
- Barreto Taipe Lides. (2017). "*Optimización del número de camiones 785C CAT Y Cargador Frontal 992K CAT mediante el Match Factor en la ruta mineral - Stock Pile Antapaccay - Chancadora Tintaya San Martin Contratistas Generales S.A.*". Pregrado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Callupe Llaja Luis, L. A. (4 de Junio de 2015). *Slideshare.net*. Obtenido de Slideshare.net: <https://es.slideshare.net/d17/xtrata-antapaccay>
- Carlotto, V. Q. (1998). *El Control de los Dominios Tectónicos en la Metalogénesis del Perú*, Sociedad Geológica del Perú. Lima - Perú.
- Casimiro, C. C. (1996). *Academia.edu*. Obtenido de CARGUIO Y ACARREO: <https://unc-pe.academia.edu/JesusCasimiroChavezChugnas>
- Cereceda María, P. Y. (20 de Julio de 2017). *Slideshare*. Obtenido de Carguío y transporte: <https://es.slideshare.net/MatiasFigueroaSaaved/carguio-y-transporte>
- Cerpa, L. M. (2004). *Paleogeografía y evolución de la cuenca Miocena de Descanso-Yauri-Cusco*. Cusco: Sociedad Geológica del Perú, Publicación Especial.

- Codelco. (2018). *Corporación Nacional de cobre de Chile*. Obtenido de <https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/edic/base/port/extraccion.html>
- Córdova Castillo, M. (2018). Carguio y Transporte. *Trabajo de Carguio y Transporte*, 5 - 36.
- Cuti Tancayllo, J. C. (2019). Determinación de indicadores de rendimiento en equipos de carguío, acarreo y transporte para mejorar la productividad para me. Cusco, Perú.
- Educar Chile. (2010). Productividad de los equipos de carguío. *Productividad de los equipos de carguío*, 19. Obtenido de Repositorio.upn: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7559/Mar%C3%ADn%20Aguilar%20C%C3%A9sar%20Augusto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ERNESTO, M. R. (1998). *"Productividad Base de la Competitividad"*. México: México-Limusa.
- Gómez de las Heras, J. y. (1995). *Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto, 2era*. España.: Cartografía Madrid.
- Hernandez Siampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Panamericana Formas e Impresos.
- Instituto Tecnológico Geominero de España. (1995). *"Manual de arranque, carga y transporte en Minería a Cielo Abierto"*. España.
- Jenks, W. (1984). *Geología de la hoja de Arequipa*. Arequipa: Instituto Geológico del Perú.
- Levit Stuart. (2012). Resumen Ejecutivo. *Impactos acumulativos para la salud.*, 1 - 47.

- Minera., I. d. (2006). *"Curso de Carguio y Acarreo"*. Lima - Perú.
- Municipalidad Provincial de Espinar. (20 de Marzo de 2014). *Blogger: Provincia de Espinar* . Obtenido de Blogger: Provincia de Espinar : <http://espinar-yauri.blogspot.com/2014/03/20>
- Ortiz, J. M. (2007). Minería Carguio y transporte. *Minería Carguio y transporte*, 6.
- Ortiz, J. M. (2014). Curso Minería "Carguío y Transporte". *Curso Minería*.
- Peter, D. (2001). *Topics in Open Pit Mining Engineering. Capítulos 1,2,3 Y 4*. Santiago de Chile.
- ROJAS, L. (1995). Selección de Equipos y maquinaria para minería superficial - Minería Yanacocha. *Seminario: Selección de Equipos y Maquinaria en la industria Minera.*, pag. 12 - 22.
- Vargas Rogelio, F. J. (diciembre de 2014). Universidad San Agustín de Arequipa. *Universidad San Agustín de Arequipa* , 1 - 104. Obtenido de <http://www.editec.cl/mchilena/dic2002/articulo/planificación.htm>.
- Xavier, E. (2015). *Repositorio.uchile*. Obtenido de Repositorio.uchile: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/136153/Evaluacion-de-metodologias-de-estimacion-de-tiempos-de-ciclo-en-Minera-Escondida.pdf?sequence=1>
- Xstrata Tintaya S.A. (2001). *Informe de trabajo* .
- Xstrata Tintaya S.A. (2010). *Publicación de Resumen Ejecutivo*. Arequipa - Perú.

Xtrata Tintaya S.A. (2011). Resumen Geologico Antapaccay. *Geologia Antapaccay*, 1 -

12.

## ANEXOS

### *Anexo N° 1: Acrónimos*

1. **ACARREO.** Es la actividad en la cual los equipos de acarreo después de ser cargados llevan el material a sus descargas respectivas dependiendo si es desmonte o mineral.
2. **CARGUÍO.** Es la actividad en la cual los equipos de carguío, llevan el material desde la pila de material volado hacia los equipos de acarreo.
3. **CICLO.** Las operaciones unitarias de carguío pueden dividirse en una rotación ordenada de pasos o sub operaciones. Por ejemplo, los componentes más comunes de un ciclo de carguío con unidad discreta son: cargar, transportar, botar y regresar.
4. **EQUIPO DE TRANSPORTE Y CARGUÍO.** La decisión en cuanto a los tamaños y tipos de equipos a adquirir, es una parte importante para cualquier estudio de factibilidad de una mina. El objetivo es seleccionar los equipos por medio de los que sea posible lograr los objetivos de producción del plan minero, minimizando a la vez los costos operacionales y capitales, y garantizando un medio laboral seguro
5. **EQUIPO EN DEMORA.** Es el tiempo en el que los equipos están operativos, pero no están produciendo.
6. **EQUIPO EN PRODUCCIÓN.** Es el tiempo en el que los equipos están desarrollando un trabajo productivo es decir están produciendo toneladas.
7. **KPIS.** Los indicadores claves de rendimiento (KPIs) es una métrica de negocio para evaluar los factores que son cruciales para el éxito de una organización. El propósito de usar KPI es enfocar la atención en las tareas y procesos que la gerencia ha determinado como los más importantes para avanzar hacia metas y objetivos declarados.

8. **OPTIMIZACIÓN.** Optimización es la acción y efecto de optimizar es decir buscar mejores resultados, ya sea reduciendo o manteniendo los recursos invertidos.
9. **PERFORACIÓN.** Es la primera etapa del ciclo de minado, que consiste en realizar hoyos o taladros en áreas de avance de minado ubicadas en los bancos del tajo. En ellos se ubicará posteriormente la carga explosiva. La perforación tiene parámetros que dependen del tipo de material (mineral o desmonte) y la dureza.
10. **PRODUCCIÓN.** La capacidad de producción es el nivel de actividad máximo que puede alcanzarse con una estructura productiva dada. El sistema de producción en la minería a cielo abierto sigue una lógica de planificación sobre la producción, con anticipación generalmente de manera semanal, se programa las cantidades de producción para el periodo siguiente.
11. **PRODUCTIVIDAD.** La productividad se define como la cantidad de producción de una unidad de producto o servicio por insumo de cada factor utilizado por unidad de tiempo. En operaciones la productividad sirve para evaluar el rendimiento de las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.
12. **VOLADURA.** La voladura es una de las operaciones unitarias más relevantes dentro del proceso de extracción de mineral y se encuentran ligada a los parámetros de las operaciones de perforación.
13. **TRANSPORTE;** Efectuada la voladura del mineral, este es extraído de la mina hacia el exterior, para ello, se acumula y se carga a los diferentes medios de transporte de los que se disponen.

*Anexo N° 2: Capacidad de los equipos de carguío.*

<b>EQUIPOS DE CARGUÍO (PALAS ELÉCTRICAS)</b>			
<b>CAPACIDAD/TON</b>	<b>B495HR (01)</b>	<b>CAT7495 (03)</b>	<b>PH2800 (02)</b>
<b>CAPACIDAD REAL</b>	100	100	60
<b>CAPACIDAD ESTIMADA</b>	120	120	77

*Fuente: Elaboración propia.*

*Anexo N° 3: Capacidad de los equipos de acarreo.*

<b>EQUIPOS DE ACARREO</b>	<b>CAPACIDAD</b>	
	<b>CAPACIDAD REAL</b>	<b>CAPACIDAD ESTIMADA</b>
CAT797F (24)	360	400
KOM930E (9)	290	300
CAT793D (11)	220	225
KOM830E (19)	210	220
CAT785B (04)	136	140

*Fuente: Elaboración propia.*

*Anexo N° 4: Disponibilidad de los equipos de carguío.*

<b>EQUIPOS DE CARGUÍO (PALAS ELÉCTRICAS)</b>			
<b>%DISPONIBILIDAD</b>	<b>CAT 7495 (03)</b>	<b>B 495HR (01)</b>	<b>PH2800 (02)</b>
<b>DISPONIBILIDAD REAL</b>	86.71	84.69	78.57
<b>DISPONIBILIDAD ESTIMADA</b>	88.00	87.50	80.00

*Fuente: Elaboración propia.*

*Anexo N° 5: Disponibilidad de los equipos de acarreo.*

EQUIPOS DE ACARREO	%DISPONIBILIDAD	
	DISPONIBILIDAD REAL	DISPONIBILIDAD ESTIMADA
CAT797F (24)	87.82	89.40
KOM930E (9)	83.04	85.00
CAT793D (11)	88.00	89.75
KOM830E (19)	83.00	85.40
CAT785B (04)	78.70	79.60

*Fuente: Elaboración propia.*

*Anexo N° 6: Utilidad de los equipos de carguío.*

EQUIPOS DE CARGUÍO (PALAS ELÉCTRICAS)			
%UTILIDAD	CAT 7495 (03)	B 495HR (01)	PH2800 (2)
UTILIDAD REAL	86.71	80.97	78.97
UTILIDAD ESTIMADA	88.00	84.50	80.20

*Fuente: Elaboración propia.*

*Anexo N° 7: Utilidad de los equipos de acarreo.*

EQUIPOS DE TRANSPORTE	% UTILIDAD	
	UTILIDAD REAL	UTILIDAD ESTIMADA
CAT797F (24)	86.45	88.02
KOM930E (9)	85.20	87.40
CAT793D (11)	83.40	86.75
KOM830E (19)	81.20	82.40
CAT785B (04)	78.92	81.00

*Fuente: Elaboración propia.*

*Anexo N° 8: Producción mensual de mineral*

POR MES	PRODUCCIÓN MENSUAL	
	PRODUCCIÓN REAL	PRODUCCIÓN ESTIMADA
ABRIL	277,950	280,920
MAYO	284,220	287,250
JUNIO	287,640	287,880
JULIO	283,620	284,340
AGOSTO	293,940	293,700
SETIEMBRE	294,060	294,000
OCTUBRE	295,260	295,140
NOVIEMBRE	303,600	303,000
DICIEMBRE	308,700	308,400

*Fuente: Elaboración propia.*

*Anexo N° 9: Equipo de Carguío B495HR Compañía Minera Antapaccay*



