

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA.**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE CARGUÍO – ACARREO,  
PARA EL INCREMENTO DE PRODUCCIÓN EN LA OPERACIÓN  
DE MINADO DEL TAJO SANTA ESTE, ISCAYCRUZ MINERA  
LOS QUENUALES S.A. - LIMA**

**Presentado por:**

**Bach. MAGUIBER YAISON CHECYA VARGAS**

Para optar al Título Profesional de: **INGENIERO DE MINAS**

**Asesor:**

**Dr. MAURO VALDIVIA JORDÁN**

**Cusco – Perú**

**2023**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACIÓN DEL PROCESO DE CARGUÍO - ACARRÉO PARA EL INCREMENTO DE PRODUCCIÓN EN LA OPERACIÓN DE MINADO DEL TAZO SANTA ESTE, ISLAYCruz MINERA LOS HUENUALES S.A. - LIMA

presentado por: MAGUIBER YATSON CHECHA VARGAS con DNI Nro.: 48003586

presentado por: ..... con DNI Nro.: .....

para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO DE MINAS

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 3 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 20 de diciembre de 2023



Firma

Post firma MAURO VALDIVIA JORDAN

Nro. de DNI 23833142

ORCID del Asesor 0000-0002-7880-4637

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: <https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:299923798?locale=es-MX>

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE CARGUÍ  
O - ACARREO, PARA EL INCREMENTO DE  
PRODUCCIÓN EN LA OPERACIÓN DE MI  
N

AUTOR

MAGUIBER YAISON CHECYA VARGAS

RECUENTO DE PALABRAS

38578 Words

RECUENTO DE CARACTERES

197412 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

179 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.3MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 19, 2023 4:12 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 19, 2023 4:14 PM GMT-5

#### ● 4% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

#### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado



## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a mis padres Aydee y Hector quienes me apoyaron incondicionalmente en toda mi etapa de estudio y me dieron la formación personal y profesional, a mis hermanos que son mi complemento y que han estado en todo momento apoyándome moralmente en mi etapa universitaria y a todas las personas que depositaron su confianza y me motivaron a seguir echándole ganas.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino para poder lograr cada meta y objetivo de mi vida, a mis padres y hermanos por el apoyo incondicional, mi más profundo agradecimientos a mi casa de estudios, Universidad Nacional de San Antonio Abab del cusco a mis docentes de la escuela profesional de Ingeniería de Minas, por haber compartido sus conocimientos y experiencias en mi proceso de formación profesional.

Mi agradecimiento a todas las personas que directamente o indirectamente me apoyaron para la ejecución de este trabajo de investigación

## **INTRODUCCION**

Dentro de la industria minera el realizar mejoras continuas que impliquen optimizar o mejorar procesos es un gran aporte para la compañía, por ende, conseguir estos cambios en el día a día es una gran oportunidad de mejora que cada compañía va afrontando. Para la minera Iscaycruz realizar la evaluación del proceso de carguío - Acarreo en el Tajo Santa Este de la operación mina, será de gran soporte para poder analizar, identificar y corregir los cuellos de botella oportunamente y así cumplir la producción programada por día y por mes y a la par disminuir los costos del proceso de carguío – acarreo.

Así mismo esta evaluación del proceso de carguío - acarreo brinda información de dimensionamiento adecuado de equipo de carguío – acarreo del material (mineral y desmonte) para evitar sobre costos y incumplimiento de metas de producción.

Dentro de la productividad el proceso de carguío – acarreo son de mayor costo en la operación mina, esto debido a que en este proceso se concentra la mayor cantidad de equipos pesados, y dimensionar para tener un ciclo continuo y sin tiempos muertos es un gran reto para la empresa minera Iscaycruz, para una mayor comprensión se ha estructurado en seis capítulos, y son los siguientes:

Capítulo I: Consta del planteamiento del problema de investigación y su formulación del problema, seguido del objetivo general y los objetivos específicos, su justificación y delimitación de la investigación, hipótesis y por ultimo las variables independientes y dependientes.

Capítulo II: Consta del Marco teórico, donde se desarrolla los antecedentes nacionales, locales, se desarrolla la conceptualización de las variables y las bases teóricas relacionadas con el tema de investigación.

Capítulo III: Consta de las generalidades del ámbito de estudio, donde se mencionará la ubicación, clima, recursos hidrológicos, planta concentradora, geología y geomorfología del ámbito de estudio.

Capítulo IV: Referido a la metodología del proyecto de investigación, donde se menciona población y muestra, descripción de la zona de trabajo, técnicas de recolección de datos, procesamiento de datos y análisis de datos.

Capítulo V: Referido a la evaluación de proceso de carguío – acarreo en función al rendimiento y Match Factor (Factor de acoplamiento), donde se realizará el diagnóstico actual y las propuestas de un nuevo dimensionamiento en función a la cantidad de volquetes asignados en el punto de carguío del mineral y desmonte, se desarrollará los costos unitarios actuales y los propuestos del proceso de carguío – acarreo en mineral y desmonte.

Capítulo VI: Referido al análisis y discusión de resultados de producción y costos, entre el dimensionamiento actual y los nuevos dimensionamientos propuestos de equipos de carguío – acarreo en el mineral y desmonte, para el incremento de producción a un menor costo operativo.

## RESUMEN

La minera Iscaycruz en su operación mina Tajo Santa Este se desarrolla trabajos de explotación de mineral con el método superficial a la cual se requiere una evaluación minuciosa en el proceso de carguío – acarreo, debido a un mal dimensionamiento de su flota de equipos y mala utilización de recursos, reflejado en el incumplimiento de la producción planeada, los bajos indicadores operativos y los costos elevados, los cuales se identificaron que eran producto de los tiempos improductivos que cada equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R generaba en el punto de carguío del mineral y desmonte por el bajo rendimiento de la excavadora CAT 349D L, el cual acumulativamente representaba un dato negativo para la operación mina, esto mismo no permitió cumplir con el planeamiento mina, generando retrasos en la explotación de los polígonos de mineral y de desmonte para las distintas fases del tajo en mención, para ello analizar los rendimientos de los equipos de carguío – acarreo y la aplicación de Match Factor (Factor de acoplamiento) fue de importancia para la evaluación en el proceso de carguío – acarreo, ya que con los cálculos obtenidos se llegó a la conclusión que con el reemplazo de la Excavadora CAT 390D L en el punto de carguío del mineral se obtuvo un incremento de producción de 227.66 m<sup>3</sup>/hr a 313.32 m<sup>3</sup>/hr, con una diferencia de un (85.66m<sup>3</sup>/hr) 37.6%, a la vez se logró reducir el costo operativo de carguío - acarreo en 2.62 S./m<sup>3</sup>, asimismo con el reemplazo de la Excavadora CAT 374D L en el punto de carguío - acarreo del desmonte se obtuvo un incremento de producción de 270.98 m<sup>3</sup>/hr a 325.71m<sup>3</sup>/hr, con una diferencia de (54.73m<sup>3</sup>/hr) 20%, a la vez se logró reducir el costo operativo de carguío – acarreo en 1.06 S./m<sup>3</sup>, así obteniendo el nuevo dimensionamiento para cada punto de carguío acarreo según el tipo de material (mineral y desmonte).



En el punto de carguío – acarreo del mineral el nuevo dimensionamiento es la Excavadora CAT 390D L y los 14 volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R, asimismo el nuevo dimensionamiento para el punto de carguío – acarreo del desmonte es la Excavadora CAT 374D L y los 11 volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R, con este nuevo dimensionamiento según tipo de material (Mineral y desmonte) se eliminó los tiempos improductivos producto de las colas, así cumpliendo con la producción planeada.

**Palabras Claves:**

Evaluación del proceso de carguío - acarreo aplicando Match Factor (Factor de acoplamiento), indicadores de rendimiento de equipos de carguío – acarreo, incremento de producción, reducción de costos operativos del proceso de carguío – acarreo.

## ABSTRACT

The Iscaycruz mining company in its Tajo Santa Este mine operation carries out mineral exploitation work with the superficial method, which requires a thorough evaluation in the loading-hauling process, due to poor sizing of its equipment fleet and poor use of resources, reflected in the failure to meet planned production, low operating indicators and high costs, which were identified as a result of the unproductive times that each Volvo FMX 540 MAX 8x4R hauling equipment generated at the mineral loading point and dismantling due to the low performance of the CAT 349D L excavator, which cumulatively represented a negative data for the mine operation, this did not allow compliance with the mine planning, generating delays in the exploitation of the mineral and dismantling polygons for the different phases of the pit in question, to this end analyzing the performance of the loading - hauling equipment and the application of Match Factor (Coupling Factor) was important for the evaluation in the loading - hauling process, since with the calculations obtained it was concluded that with the replacement of the EXC-390D L at the mineral loading point, an increase in production was obtained from 227.66 m<sup>3</sup>/hr to 313.32 m<sup>3</sup>/hr, with a difference of one (85.66 m<sup>3</sup>/hr) 37.6%, at the same time it was possible to reduce the operating cost of loading - hauling by 2.62 S./m<sup>3</sup>, likewise with the replacement of the EXC-374D L at the loading - hauling point of the clearing, an increase in production of 270.98 was obtained. m<sup>3</sup>/hr to 325.71m<sup>3</sup>/hr, with a difference of (54.73m<sup>3</sup>/hr) 20%, at the same time it was possible to reduce the operating cost of loading - hauling by 1.06 S./m<sup>3</sup>, thus obtaining the new sizing for each point loading and hauling depending on the type of material (ore and waste).

At the ore loading - hauling point, the new size is the EXC-390D L and the 14 Volvo FMX 540 MAX 8x4R dump trucks, likewise the new size for the waste loading - hauling point is

the EXC-374D L and the 11 Volvo FMX 540 MAX 8x4R dump trucks, with this new sizing according to type of material (Mineral and waste material), unproductive times resulting from queues were eliminated, thus complying with planned production.

Keywords:

Evaluation of the loading - hauling process applying Match Factor, performance indicators of loading - hauling equipment, increased production, reduction of operating costs of the loading - hauling process.

# INDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
INTRODUCCION .....	iii
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.1.1. Descripción del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	2
1.2. Objetivos de la investigación.....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos específicos .....	3
1.3. Justificación y delimitación de la investigación .....	3
1.3.1. Justificación de la investigación .....	3
1.3.2. Delimitación de la investigación .....	4
1.4. Hipótesis.....	4
1.4.1. Hipótesis general.....	4
1.4.2. Hipótesis específicas.....	4
1.5. Variables e indicadores .....	5

1.5.1.	Variable independiente.....	5
1.5.2.	Variables dependientes.....	5
CAPITULO II MARCO TEORICO .....		6
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
2.1.1.	Antecedentes a nivel local y nacional.....	6
2.2.	Bases teóricas .....	8
2.2.1.	Carguío - acarreo .....	9
2.2.2.	Equipos de carguío - acarreo .....	9
2.2.3.	Proceso de carguío - acarreo.....	10
2.2.4.	Productividad de equipos .....	16
2.2.5.	Evaluación del proceso de carguío – acarreo en operación mina.....	17
2.2.6.	Actividades en un proceso de carguío – acarreo .....	19
2.2.7.	Selección de equipos de carguío – acarreo para operación mina .....	21
2.2.8.	Parámetros geométricos para los equipos de carguío – acarreo .....	22
2.2.9.	Ciclo de acarreo en operación mina.....	26
2.2.10.	Factor de acoplamiento (Match Factor) de un proceso de carguío – acarreo.....	27
2.2.11.	Criterios operativos directos de un proceso de carguío – acarreo .....	29
2.2.12.	Actividades complementarias para optimizar un proceso de carguío – acarreo .....	34
2.3.	Marco conceptual.....	37
2.3.1.	Conceptos operativos .....	37

CAPITULO III METODOLOGIA .....	40
3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	40
3.1.1. Tipo de investigación .....	40
3.1.2. Nivel de investigación.....	40
3.1.3. Diseño de la investigación.....	40
3.2. Población y Muestra.....	41
3.2.1. Población.....	41
3.2.2. Muestra.....	41
3.3. Descripción de la zona de trabajo .....	41
3.3.1. Descripción de las rutas de acarreo tomadas para la muestra .....	42
3.3.2. Descripción de los equipos de carguío y acarreo usados en el sistema de carguío – acarreo .....	43
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	49
3.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	49
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos .....	49
3.5. Procesamiento de datos .....	49
CAPITULO IV EVALUACION DEL PROCESO DE CARGUÍO - ACARREO EN FUNCION AL RENDIMIENTO Y MATCH FACTOR (FACTOR DE ACOMPLAMIENTO) .....	50
4.1. ANÁLISIS DEL PROCESO DE CARGUÍO - ACARREO EN EL TAJO SANTA ESTE. ....	50

4.1.1.	Calculo y análisis del rendimiento, eficiencia en el proceso de carguío - acarreo ..	50
4.1.2.	Rendimiento de los equipos de carguío y acarreo .....	50
4.1.3.	Aplicación del factor de acoplamiento (Match Factor) y cálculo de indicadores económicos para la operación de carguío - acarreo del tajo Santa Este .....	68
4.1.4.	Evaluación actual de costos del proceso de carguío – acarreo (mineral).....	94
4.1.5.	Evaluación actual de costos del proceso de carguío – acarreo (desmonte).....	95
4.1.6.	Comparativo de costos de carguío - acarreo del estado actual y aplicando Match Factor (Factor de Acoplamiento).....	96
4.1.7.	Resumen comparativo actual de datos operativos y económicos aplicando Match Factor de la operación de carguío – acarreo del Tajo Santa Este. ....	97
4.1.8.	Diseño de gestión complementaria del cambio de recursos.....	100
CAPITULO V ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		109
5.1.	INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA LA ELECCIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO OPTIMO DEL PROCESO DE CARGUÍO – ACARREO	109
5.1.1.	Análisis comparativo entre un dimensionamiento de Excavadora CAT 349D L con respecto a la excavadora CAT 374D L y los volquetes FMX 540 MAX 8x4R. ....	109
5.1.2.	Análisis comparativo entre un dimensionamiento de Excavadora CAT 349D L con respecto a la excavadora CAT 390D L y los volquetes FMX 540 MAX 8x4R. ....	111
5.1.3.	Resumen operacional y económico por tipo de material (mineral y desmonte) ...	113
5.2.	Beneficio de reemplazo del sistema EXC-349D L y volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R con un sistema EXC-374D L, 390D L y volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R...	114

5.2.1. Resultados de la producción del tajo Santa Este en el semestre.....	114
5.2.2. Resultados económicos del tajo Santa Este en el semestre.....	118
CONCLUSIONES .....	123
RECOMENDACIONES .....	125
BIBLIOGRAFIA .....	126
ANEXO 1 GENERALIDADES DEL AMBITO DE ESTUDIO.....	128
ANEXO 2 PLAN DE MINADO DEL TAJO SANTA ESTE .....	149
ANEXO 3 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO - ACARREO .....	154
ANEXO 4 EQUIPOS DE CARGUÍO – ACARREO DEL TAJO SANTA (ISCAYCRUZ)	158



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Variable independiente.....	5
<b>Tabla 2:</b> Variables dependientes.....	5
<b>Tabla 3:</b> Equipos de Carguío que se emplearan para el presente estudio. ....	50
<b>Tabla 4:</b> Tiempo del ciclo de pala de la excavadora 349D L en mineral.....	52
<b>Tabla 5:</b> Tiempo de ciclo de pala de la excavadora 349D L en desmote.....	53
<b>Tabla 6:</b> Resumen de tiempos por ciclo de pala para cada material. ....	54
<b>Tabla 7:</b> Datos para el cálculo de rendimiento en el punto de carguío (mineral y desmote)	55
<b>Tabla 8:</b> Factor de llenado del cucharon para excavadora hidráulica.....	56
<b>Tabla 9:</b> Datos de la excavadora 374D L para el cálculo del rendimiento en el carguío (Mineral y desmote) .....	58
<b>Tabla 10:</b> Factor de llenado del cucharon para excavadora hidráulica.....	59
<b>Tabla 11:</b> Datos de la excavadora 390D L para el cálculo de rendimiento en el carguío (Mineral y desmote) .....	60
<b>Tabla 12:</b> Factor de llenado del cucharon para excavadora hidráulica.....	61
<b>Tabla 13:</b> Comparación de rendimientos de las excavadoras 349D L, 374D L y 390D L .....	63
<b>Tabla 14:</b> Tiempo de ciclo por volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R en mineral .....	64
<b>Tabla 15:</b> Tiempo de ciclo por volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R en desmote .....	65
<b>Tabla 16:</b> Resumen de ciclo de volquete por material .....	66
<b>Tabla 17:</b> Datos para el cálculo de rendimiento de acarreo para el (mineral y desmote) .....	67

<b>Tabla 18:</b> Rendimientos del equipo de carguío 349D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en mineral.....	69
<b>Tabla 19:</b> Rendimientos del equipo de carguío 349D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en desmonte.....	72
<b>Tabla 20:</b> Rendimientos del equipo de carguío 374D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en mineral.....	76
<b>Tabla 21:</b> Rendimientos del equipo de carguío 374D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en desmonte.....	78
<b>Tabla 22:</b> Rendimientos del equipo de carguío 390D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en mineral.....	79
<b>Tabla 23:</b> Rendimientos del equipo de carguío 390D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en desmonte.....	81
<b>Tabla 24:</b> Comparación de rendimientos aplicando Match Factor (Factor de acoplamiento) de las excavadoras 349D L, 374D L y 390D L.....	82
<b>Tabla 25:</b> Dimensionamiento óptimo de equipos de carguío – acarreo para el Tajo Santa Este de la minera Iscaycruz. ....	83
<b>Tabla 26:</b> Resumen comparativo de costos de carguío – acarreo según dimensionamiento... 93	
<b>Tabla 27:</b> Resumen comparativo de datos operativos y económicos actuales en función a Match Factor (Factor de acoplamiento) del proceso de carguío – acarreo del Tajo Santa Este .....	98
<b>Tabla 28:</b> Diseño complementario para la mejora del proceso de carguío – acarreo del tajo Santa Este. ....	101

<b>Tabla 29:</b> Disponibilidad mecánica y utilización de equipos de carguío - acarreo .....	103
<b>Tabla 30:</b> Producción mensual de mineral y desmonte (Planeado – Ejecutado).....	104
<b>Tabla 31:</b> Horas efectivas de trabajo en una jornada de trabajo .....	105
<b>Tabla 32:</b> Costo estimado y ejecutado del proceso de carguío – acarreo del mineral y desmonte del Tajo Santa Este.....	106
<b>Tabla 33:</b> Tiempo promedio de ciclo de carguío – acarreo.....	107
<b>Tabla 34:</b> Dimensionamiento de la flota de equipos de carguío – acarreo. ....	108
<b>Tabla 35:</b> Comparativo de la excavadora CAT 349D L – volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y la primera propuesta de implementación (excavadora 374D L - volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R) .....	110
<b>Tabla 36:</b> Comparativo de la excavadora CAT 349D L – volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y la segunda propuesta de implementación (excavadora 390D L - volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R). ....	112
<b>Tabla 37:</b> Resumen operacional y económico en el mineral y desmonte. ....	113
<b>Tabla 38:</b> Resumen total de producción con el dimensionamiento EXC-349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R .....	114
<b>Tabla 39:</b> Resumen de producción en el mineral con el dimensionamiento EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	116
<b>Tabla 40:</b> Resumen de producción en el desmonte con el dimensionamiento EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	117

<b>Tabla 41:</b> Resumen del costo total de carguío - acarreo en mineral y desmote con el dimensionamiento de la EXC-349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	118
<b>Tabla 42:</b> Resumen de costos en el mineral con el dimensionamiento EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	120
<b>Tabla 43:</b> Resumen de costos en el desmote con el dimensionamiento EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	121
<b>Tabla 44:</b> La duración del tiempo de trayecto de Lima - Iscaycruz .....	130
<b>Tabla 45:</b> Estimación de reservas .....	148

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Proceso de carguío – acarreo del tajo Santa Este, minera Iscaycruz. ....	10
<b>Figura 2:</b> Método de carguío – acarreo en operación mina.....	12
<b>Figura 3:</b> Proceso de carguío – acarreo en operación mina. ....	19
<b>Figura 4:</b> Ciclo de carguío - acarreo en operación mina.....	20
<b>Figura 5:</b> Equipos de carguío en minería superficial.....	21
<b>Figura 6:</b> Ciclo de acarreo de un camión en operación mina.....	27
<b>Figura 7:</b> Total, de horas utilizados de un equipo en una jornada normal. ....	33
<b>Figura 8:</b> Ruta de acarreo mineral y desmonte del Tajo Santa Este.....	42
<b>Figura 9:</b> Descripción de medidas de la excavadora CAT 349D L.....	44
<b>Figura 10:</b> Descripción de medidas de la excavadora CAT 374D L.....	45
<b>Figura 11:</b> Descripción de medidas de la excavadora 390D L.....	46
<b>Figura 12:</b> Descripción de las medidas del volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	47
<b>Figura 13:</b> EXC. CAT - 349D L y Volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	48
<b>Figura 14:</b> Proceso de carguío – acarreo del Tajo Santa Este.....	48
<b>Figura 15:</b> Tiempo del ciclo de pala (seg) – carguío de la EXC-01 349D L.....	52
<b>Figura 16:</b> Tiempo de ciclo de pala (seg) – carguío de la EXC-02 349D L.....	53
<b>Figura 17:</b> Tiempo promedio de ciclo de pala de la EXC - 349D L por tipo de material.....	54
<b>Figura 18:</b> Comparativo de rendimientos EXC-349D L, EXC-374D L y EXC-390D L.....	63

<b>Figura 19:</b> Tiempo promedio de ciclo de acarreo del volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R según tipo de material (mineral y desmonte).....	66
<b>Figura 20:</b> Carguío de la EXC-349D L a los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R (Mineral)72	
<b>Figura 21:</b> Carguío de la EXC-349D L a los volquetes FMX 540 MAX 8x4R (Desmonte)..	75
<b>Figura 22:</b> Comparativo de rendimientos aplicando Match Factor de la EXC-349D L, EXC-374D L y EXC-390D L .....	83
<b>Figura 23:</b> Resumen comparativo de costos de carguío – acarreo según dimensionamiento .	93
<b>Figura 24:</b> Producción planeada vs ejecutado con la EXC-349D L en el mineral .....	115
<b>Figura 25:</b> Producción planeada vs ejecutado con la EXC-349 D L en el desmonte .....	115
<b>Figura 26:</b> Producción planeada vs ejecutado del semestre en mineral con el dimensionamiento EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	116
<b>Figura 27:</b> Producción planeada vs ejecutado del semestre en desmonte con el dimensionamiento EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	117
<b>Figura 28:</b> Costos estimados vs ejecutados del semestre en mineral con la EXC 349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	119
<b>Figura 29:</b> Costos estimados vs ejecutados del semestre en desmonte con la EXC 349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	119
<b>Figura 30:</b> Costos estimados vs ejecutados del semestre en mineral con el dimensionamiento EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	120
<b>Figura 31:</b> Costos estimados vs ejecutados del semestre en desmonte con el dimensionamiento EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.....	121

<b>Figura 32:</b> Ubicación de la mina Iscaycruz.....	128
<b>Figura 33:</b> Se muestra la localización de las formaciones .....	135
<b>Figura 34:</b> Columna estratigráfica del área de Iscaycruz.....	136
<b>Figura 35:</b> Plano Geológico de Iscaycruz .....	141
<b>Figura 36:</b> Secciones geológicas 4-4' y 5-5' del yacimiento polimetálico Iscaycruz. ....	142
<b>Figura 37:</b> Sección Longitudinal del Tajo Tinyag (Santa Este) .....	146
<b>Figura 38:</b> Formación de cuerpos masivos de esfalerita (Tajo Santa Este) .....	147

## **CAPITULO I:**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **1.1.1. Descripción del problema**

La empresa minera Iscaycruz S.A. es una empresa que viene ejecutando extracción de mineral de plomo y zinc desde julio del año 1996 y está conformada por tres zonas de explotación que son: Limpe centro, Chupa y Santa Este, siendo de método de explotación subterránea la mina Limpe Centro y Chupa, la mina Santa Este es de método superficial.

Actualmente en el tajo Santa Este el sistema de carguío – acarreo es con excavadoras CAT 349D L y volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R, donde el material es cargado de dos zonas según el plan de minado y transportado hacia 2 zonas de acuerdo al tipo de material (mineral y desmante).

Según reportes del área de planeamiento del primer semestre del 2023 se ha detectado bajo rendimiento de producción teniendo un déficit en promedio de 570,070TM en mineral y 291,330TM en desmante y por ende afectando en los costos operativos de carguío-acarreo, para lo cual se ha detectado que existe una causa fundamental y son las aglomeraciones de los volquetes (colas) en el punto de carguío del mineral y desmante, generando tiempos improductivos y afectando la producción, toda esta situación por la inadecuada relación de equipos de acarreo con respecto a los equipos de carguío (Excavadoras y volquetes).

Por lo tanto, el problema que presenta el tajo Santa Este es el bajo rendimiento de productividad en las operaciones de carguío - acarreo y con ello el incremento de los costos operativos de carguío – acarreo.



Cabe mencionar que en la operación de carguío – acarreo del tajo Santa Este la flota de equipos son los siguientes: 14 volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R de 25m<sup>3</sup> y 1 excavadora CAT 349D L de 3.2m<sup>3</sup> en el punto de carguío del mineral, 11 volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R de 25m<sup>3</sup> y 1 excavadora CAT 349D L de 3.2m<sup>3</sup> en el punto de carguío del desmonte.

### **1.1.2. Formulación del problema**

Identificado el problema, seguidamente se realiza la formulación de los problemas que se tomaran dentro de la investigación.

#### **1.1.2.1. Problema general**

¿En qué medida la evaluación y la implementación del proceso de carguío – acarreo incrementa la producción en la operación de minado del tajo Santa Este, Iscaycruz – Minera los Quenuales S.A. - Lima?

#### **1.1.2.2. Problemas específicos**

1. ¿Cómo se puede reducir los tiempos improductivos (colas) en los puntos de carguío del tajo Santa Este, Iscaycruz – minera los Quenuales S.A. - Lima?
2. ¿Cuán determinantes serán los rendimientos y la aplicación del Match Factor (Factor de acoplamiento) en la evaluación e implementación del proceso de carguío – acarreo para generar una alternativa de mejora en la operación de minado del tajo Santa Este, Iscaycruz – Minera los Quenuales S.A. - Lima?
3. ¿Cuál es el costo operativo de la nueva propuesta del proceso de carguío – acarreo en la operación de minado del tajo Santa Este, Iscaycruz – Minera los Quenuales S.A. - Lima?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo General**

Evaluar e implementar el proceso de carguío – acarreo para incrementar la producción en la operación de minado del tajo Santa Este, Iscaycruz – Minera los Quenuales S.A. – Lima.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

1. Reducir los tiempos improductivos (colas) en el proceso de carguío - acarreo del tajo Santa Este, Iscaycruz – Minera los Quenuales S.A. - Lima
2. Determinar los nuevos rendimientos aplicando el Match Factor (Factor de acoplamiento) en el proceso de carguío – acarreo en la operación de minado del tajo Santa Este, Iscaycruz – Minera los Quenuales S.A. – Lima.
3. Determinar el costo operativo de la nueva propuesta del proceso de carguío – acarreo en la operación de minado del tajo Santa Este, Iscaycruz – Minera los Quenuales S.A. – Lima.

## **1.3. Justificación y delimitación de la investigación**

### **1.3.1. Justificación de la investigación**

La justificación teórica del presente trabajo de investigación radica en la evaluación de los indicadores operacionales de la operación mina, con la finalidad de generar información relevante que ayude a mejorar las operaciones unitarias de carguío - acarreo.

Para lo cual, se tomará como referencias las teorías de Match Factor o Factor de Acoplamiento (MF) de (Ortiz Oswaldo, Canchari, Iglesias and Gonzales, 2007), como también conocer las teorías que se emplea en una operación a tajo abierto del Método de minería a cielo abierto.

### **1.3.2. Delimitación de la investigación**

Después de haber identificado la problemática de la investigación, esta se delimito en los siguientes aspectos:

#### **1.3.2.1. Delimitación espacial**

La investigación está comprendida en el distrito de Oyón, Provincia de Oyón y departamento de Lima, dentro de la unidad minera Iscaycruz – Minera los Quenuales S.A.

#### **1.3.2.2. Delimitación temporal**

El periodo de investigación corresponde al primer semestre del año 2023.

### **1.4. Hipótesis**

#### **1.4.1. Hipótesis general**

Con la Evaluación e implementación del proceso de carguío - acarreo se logrará incrementar la producción en la operación de minado del tajo Santa Este, Iscaycruz – Minera los Quenuales S.A. – Lima.

#### **1.4.2. Hipótesis específicas**

1. Con la implementación de un nuevo dimensionamiento de equipos de carguío – acarreo se reducirá los tiempos improductivos (colas) del tajo Santa Este, Iscaycruz – Minera los Quenuales S.A. - Lima.
2. Con la aplicación del Match Factor (Factor de acoplamiento) se determinarán los rendimientos de la nueva propuesta y se logrará aumentar la producción en el proceso de carguío – acarreo en la operación de minado del tajo Santa Este, Iscaycruz – Minera los Quenuales S.A. - Lima.

3. Con la evaluación e implementación de la nueva propuesta del proceso de carguío – acarreo se determinarán los costos operativos de la nueva propuesta en la operación de minado del tajo Santa Este, Iscaycruz – Minera los Quenuales S.A. – Lima.

## 1.5. Variables e indicadores

### 1.5.1. Variable independiente

*Tabla 1: Variable independiente*

	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDIDA
INDEPENDIENTE			Rendimiento	M3/Hr, M3/Dia.
	Evaluación e implementación del Proceso de carguío – acarreo	Equipos de carguío - acarreo	Ciclo de carguío - acarreo	Seg., Min.
			Costo Operativo	(S.)

*Fuente: Elaboración propia, se realiza en base al proceso de carguío – acarreo del problema de investigación.*

### 1.5.2. Variables dependientes

*Tabla 2: Variables dependientes*

	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDIDA
DEPENDIENTE	Producción	Rendimiento de equipos de carguío - acarreo	Productividad	M3/Dia.
			Eficiencia horaria	M3/Guardia
			Disponibilidad mecánica	Hrs efectivamente trabajadas
	Costo Operativo	Rentabilidad de equipos de carguío - acarreo	Precio hora maquina	%
Precio unitario			S./Hr	
				S./M3

*Fuente: Elaboración propia, se toma en cuenta el problema principal de la investigación.*

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. Antecedentes a nivel local y nacional

(Amau Torres, 2019) *“Optimización de equipos de carguío y transporte para el incremento de producción en la compañía minera Antapaccay espinar – cusco”*

En esta investigación se intenta dar a conocer la optimización de equipos de acarreo y carguío con el fin de reducir costos de operaciones básicas de acarreo y carguío de los minerales, aumentando significativamente los niveles de producción en beneficio de la compañía minera. Además, este estudio encontró que al optimizar los equipos de acarreo y carguío la producción minera incrementa de forma considerable. La producción efectiva, en comparación con la estimada mediante la optimización de los equipos de acarreo y carguío, se registró un promedio de 299.112 KTM y 283.358 KTM, con un 100% del 99,39%. Por último, esta investigación desarrollada encontró que sus factores operativos en la zona sur tienen un impacto sustancial en el rendimiento de los equipos de acarreo y carguío, la eficiencia en la división de los materiales a cargar es crucial, porque en ocasiones no se cumple con todas las especificaciones previstas, lo que resulta en aumentos de costos y a veces se estropean o sufren daños los equipos. El siguiente factor tiene impacto en el sistema de pista de acarreo, donde la eficacia de resistencia a la rodadura, la longitud de acarreo y la pendiente de las rutas suelen ser factores que contribuyen de manera consistente al aumento en la productividad. De igual modo se ha concretado una significativa disminución en costos asociados con los equipos de acarreo y carguío de los minerales.

(Saavedra Aguilar, 2016) *“Simulación de escenarios de minado para generar alternativas de mejora en las operaciones de carguío y acarreo de la cía. minera las bambas – Cotabambas Apurímac”*

La investigación presente deduce que la forma de simular logró adaptarse de manera apropiada a la coyuntura actual de la compañía según los indicadores evaluados, para confirmar esto, se realizaron comparaciones entre los hallazgos o resultados más significativos del modelo y aquellos adquiridos en la práctica real. Lo que permitió proponer nuevos escenarios de mejora.

(Gómez Gómez, 2017) *“Disponibilidad de equipos auxiliares para optimizar la productividad en el carguío y acarreo de las fases 01,03 y 07 del tajo constancia empresa especializada Stracon Gym s.a.”*

Se llevó a cabo los procedimientos para conseguir la disposición de los equipos auxiliares y mejorar los tiempos de las operaciones de acarreo y carguío en la minería a cielo abierto Constancia en condiciones climáticas adversas. Este enfoque, permitió aumentar la producción anual de 61,846,267 toneladas a 70,279,849 toneladas por año. En el transcurso de la etapa crítica, la productividad fue menor de lo previsto, aunque superó la registrada en el año 2015, cuando aún no se implementa el monitoreo remoto MINE SENSE y no se contaba con la flota óptima de acarreo. La producción de material para el traslado de tierras hasta la TMF de la presa de relaves, con palas hidráulicas, equipos de carguío, es de 650 TM/h, con un coste unitario de acarreo de 0,305 US\$/TM, y una efectividad operativa teórica del 97,00%. Con un óptimo de 25 camiones, el monto unitario ideal de acarreo y carguío de 22 camiones bajó de 0,7666 US\$/TM a 0,6746 US\$/TM. La optimización en el cuidado de las vías que se realizo causo más seguridad al trabajador en la empresa, gracias a la circunstancia ideal de las vías del proyecto.

Se utilizaron los camiones mineros Hitachi EH4000 y CAT 793F alcanzando la maximización donde constataron una eficacia superior en términos de capacidad, velocidad y otros factores.

(Manzaneda Castillo, 2015) *“Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce de 400k a 1000k bcm – u.e.a el brocal Consorcio Pasco Stracon Gym”*

La conclusión principal de esta investigación fue dimensionar el tamaño adecuado de la flota con la finalidad de aumentar la producción, utilizando un factor match. Para esto se requirió dos excavadoras de 385 con una capacidad de 6.2 m<sup>3</sup> del balde y una flota de 32 camiones, teniendo un costo unitario de 1.59 USD/BCM de acarreo y 124 528 USD de ganancia económica mensual.

(Berrios Ttito and Reinhard, no date) *“Optimización en el sistema de carguío y transporte en minería superficial cía minera Anabi sac – aruntani”*

La conclusión primordial radica en evaluar una flota de los equipos de carguío y transporte ideal y necesaria para que el sistema de transporte y carguío consiga una optimización en la compañía minera superficial CIA Minera ANABI SAC – ARUNTANI.

## **2.2. Bases teóricas**

La relevancia de optimizar la producción es crucial en la actual industria, para conseguir un nivel competitivo en el mercado que, día a día es más globalizada. El objetivo de la optimización es reducir los ciclos del tiempo de producción e incrementar el rendimiento de las distintas etapas.

Es importante eliminar o minimizar los costos vinculados a posibles fallos de maquinarias para poder alcanzar la optimización productiva, debido a estos fallos puede presentar costos significativos en la secuencia de producción a gran escala o materiales de alto

valor, tanto en términos de tiempo de inactividad como de la necesidad de renovación de la maquinaria. Esto gastos podría generar una pérdida de competitividad en el mercado y afectar su capacidad de generar beneficios en la empresa, de manera que es necesario buscar soluciones para mejorar la circunstancia. (Aeromarine, 2014)

### **2.2.1. Carguío - acarreo**

El proceso de carguío - acarreo de material es una de las operaciones más caras, ya que implica el mayor número de equipos, es mecanizado, funciona de forma lenta y continua. El objetivo del carguío es sacar material triturado de una pila que se ha construido para facilitar el traslado de material a la planta, botaderos y/o ubicaciones intermedias. El proceso se repite hasta que se elimine el material necesario del frente. Dado que este proceso productivo representa entre el 45% y el 65% de los costes de la mina, es crucial crear un entorno operativo que maximice el rendimiento de los equipos implicados. Esto incluye tanto los aspectos físicos (materiales, equipos, mantenimiento, disponibilidad y suministros) parte humana (operadores, mantenimiento y jefes de turno) En cuanto al transporte, este implica el movimiento de materiales desde los puntos de extracción (carguío) hacia diversos lugares. (Seguridad minera, 2017)

### **2.2.2. Equipos de carguío - acarreo**

La elección de los equipos y tamaño a conseguir constituye una fase crucial en alguna formación de factibilidad minera. El propósito es seleccionar equipos que permitan alcanzar los objetivos de producción del plan minero, al mismo tiempo que se minimicen los costos operativos y de capital, y asegurando un entorno laboral seguro.



**Figura 1:** Proceso de carguío – acarreo del tajo Santa Este, minera Iscaycruz.



*Fuente: Elaboración propia, en la imagen se observa el proceso de carguío – acarreo del Tajo Santa Este, minera Iscaycruz.*

### **2.2.3. Proceso de carguío - acarreo**

Las dos actividades que caracterizan la función principal de una explotación minera son el carguío - acarreo. Este proceso se encarga de trasladar los estériles o el mineral que se han desmenuzado durante el proceso de voladura.

Un diseño eficaz que integre el proceso de carguío con los camiones es esencial en las operaciones de movimiento de tierras a gran escala. El procedimiento funciona en tándem con los camiones, que suelen ser un componente costoso en cuanto al carguío - acarreo. Por consiguiente, estos dos procesos unitarios se considerarán en un proceso de carguío - acarreo, porque están íntimamente conectados entre sí.

La planificación y operación óptima de minas requiere considerar todos los factores que afectan costos y productividad. Los camiones y el proceso de carguío solo funcionan como herramientas efectivas de movimiento de tierra en situaciones raras.

Dado que el proceso de carguío - acarreo ofrecen un gran grado de flexibilidad en la extracción de material, hoy en día se siguen utilizando habitualmente en las explotaciones

mineras. Aunque los procesos de carguío - acarreo tienen menos restricciones, esto no quiere decir que sean rentables. La rentabilidad y la eficacia de este proceso dependen de una serie de factores, cada uno de los cuales tiene un impacto variable en los costes. Aunque no lo parezca, la combinación incorrecta de varios elementos puede suponer mucho dinero en un proceso de carguío – acarreo.

No existe un tipo de cargadora ideal para todas las aplicaciones. En los movimientos de tierras de gran volumen, dominan las excavadoras de cable por su robustez y rentabilidad, pero también son cada vez más populares las excavadoras hidráulicas de gran tamaño. Para volúmenes pequeños, dominan las excavadoras hidráulicas y las cargadoras frontales, ya que los bajos costes de inversión y la movilidad suelen ser criterios relevantes para optimizar el proceso de carga. Sin embargo, independientemente del tipo de acarreo, la decisión de utilizar volquetes como medio de acarreo es el criterio que determina el diseño global y la rentabilidad de la mina. Y cualquier planificación del uso de volquetes y cargadoras debe comenzar con una investigación exhaustiva de los métodos de transporte. (HUDSON, 2003)

#### **2.2.3.1. Fundamentos básicos a considerar en un proceso de carguío y acarreo**

Un proceso de carguío - acarreo se compone de una suma específica de equipos de acarreo, equipos auxiliares y carguío o de respaldo, la cual denominaremos flota.

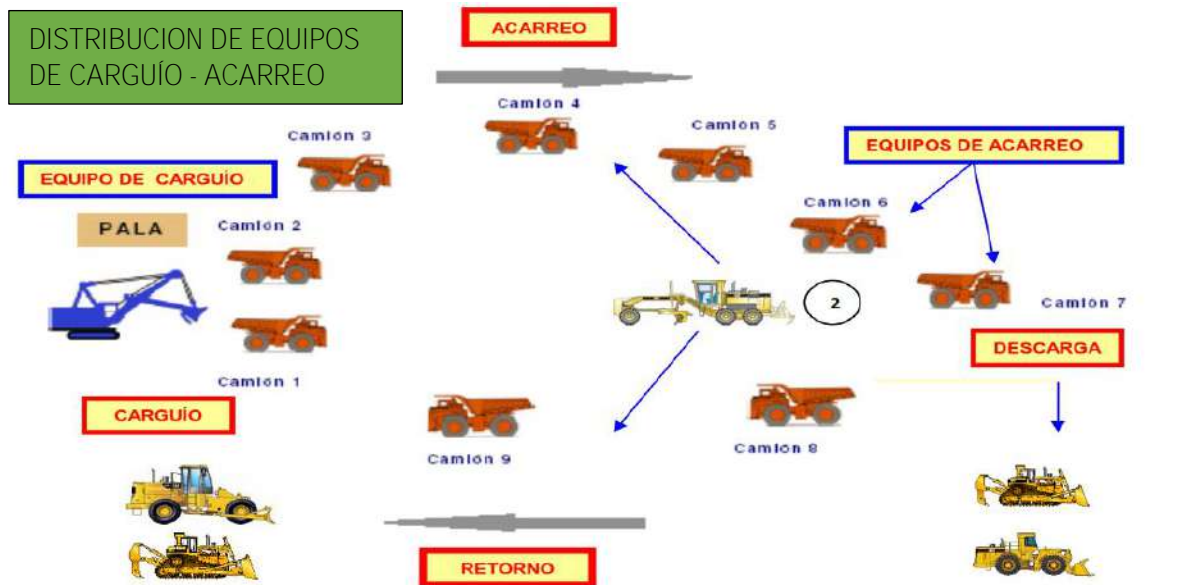
La cantidad de equipos de carguío y equipos de acarreo influye en la producción de la flota y en el tiempo requerido, para trasladar material mineral y desmonte.

“El material que se transporta por menor costo y en un tiempo específico determinado se le conoce como la flota ideal.”

El primer paso crucial consiste en establecer los criterios fundamentales para el proceso de carguío - acarreo. Posteriormente, obtener una comprensión clara y puntual de todos los

factores que afectan el proceso de acarreo - carguío se convierte en el punto más destacado para la producción. Esto facilitará la toma de decisiones apropiadas, optimizando el proceso productivo y minimizando costos, lo que resulta esencial para mantenerse competitivo en el mercado.

**Figura 2:** Método de carguío – acarreo en operación mina.



*Fuente:* (Rondan, 2014), en la imagen se muestra el proceso de carguío - acarreo

### 2.2.3.1.1. Criterios de un proceso de carguío – acarreo

Cada proceso de selección de maquinaria examina un conjunto de criterios, que incluyen aspectos básicos y generales, como un grupo adicional identificado como criterios específicos.

Se tomo en cuenta los siguientes criterios de operación en el proceso de carguío y se muestra lo siguiente:

- La cantidad de producción necesario
- El modelo, capacidad y dimensiones del equipo carguío.
- La distancia y altura del banco
- Camión de descarga o modelo de la tolva, altura y tamaño.

- La situación y modelo del material como el ángulo de reposo, abrasión, cohesión, compresibilidad, adhesión, friabilidad, tamaño de fragmentos densidad del material, contenido de humedad, forma de fragmentos, higroscopicidad y razón de ensanchamiento.
- La ergonomía como también los equipos adicionales
- Los requisitos operativos como el nivel del suelo y el espaciado o amplitud para diseñar la zona de carguío.
- Fragmentación y forma de material.
- La situación del clima y la altitud.
- La disposición y el uso de equipos.
- Equipos auxiliares
- El desempeño del operador que depende de su sabiduría, capacidad y habilidad del operador.

Los criterios de acarreo más significativos son:

- La situación y modelo del material como el ángulo de reposo, abrasión, cohesión, compresibilidad, adhesión, friabilidad, tamaño de fragmentos densidad del material, contenido de humedad, forma de fragmentos, higroscopicidad y razón de ensanchamiento.
- La cantidad de producción necesaria
- La especificación y capacidad de los equipos de acarreo
- Considerando requisitos operativos en el diseño de la zona de carguío para facilitar la colocación, maniobrabilidad y la velocidad de posicionamiento de la unidad de carga, además de mantener el nivel del suelo en el área de carguío.

- La planificación del camino de transporte donde se considera la pendiente, el distanciamiento del transporte, intersecciones, curvas verticales y horizontales (radio de la curva adecuada, peraltes), límites de velocidad y señales de seguridad, alcantarillas, localización de descarga, etc.
- Para garantizar la productividad y la seguridad, es esencial mantener carreteras duras, lisas con una tracción buena (resistencia a la rodadura). Esto mantiene velocidades adecuadas y minimizan el deterioro de neumáticos.
- La situación del clima y la altitud como la neblina, tormentas eléctricas, lluvia, nevada, etc.
- El modelo del área de descarga: Se considera opciones para la descarga como parrillas, tolvas y otros. Evaluación de necesidades operativas, incluyendo la extensión y nivel del área de descarga.
- El uso y la disposición de equipos.
- La ergonomía como también los equipos adicionales
- El desempeño del operador que depende de su sabiduría, capacidad y habilidad del operador.

Este último aspecto sobre la eficiencia del operador es crucial, ya que la capacidad del personal tanto en el carguío como en el acarreo impacta significativamente en la eficacia global y la productividad del proceso minero.

#### **2.2.3.1.2. Factores que afectan la productividad y costo de un proceso de carguío – acarreo**

Varios factores afectan el costo y la eficiencia de estos procesos. Los planificadores de minas deben comprender completamente estos factores porque todos tienen un impacto en los costos así sea en un menor o mayor grado. En un proceso de carguío – acarreo, la combinación

incorrecta de muchos factores, aunque pueda parecer insignificante, puede generar costos significativos.

Los factores son los siguientes:

❖ **Capacidad y selección del balde del equipo de carguío – productividad de carguío.**

La eficiencia del acarreo y la productividad influirá directamente por la selección del equipo de carguío y la capacidad del balde.

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

Para evitar que el volquete se deteriore rápidamente, la dimensión de la tolva del volquete no debe ser débil ni muy pequeño en comparación con la capacidad del cucharón de la máquina de carguío.

❖ **Fragmentación del material a cargar**

El primer destinatario de la explosión es el carguío y se debe controlar el material volado. Si este componente desobedece con las especificaciones adecuadas, como la geometría de la ola de escombros, la granulometría y el estado del piso, la operación de carguío se verá considerablemente perjudicada, lo que resultará daños en los equipos y un aumento de costos. Además, el rendimiento del transporte disminuirá, ya que el ciclo de carga será más largo y existe la posibilidad de daños al cargar con material más grande de lo ideal.

El éxito en la fragmentación está directamente vinculado con la calidad y eficacia de los procedimientos, tales como el acarreo, el procesamiento del mineral, carguío y la disposición del lastre o estéril en los botaderos.

#### ❖ **Acoplamiento del equipo de carguío/camión (Match pala / camión.**

Los diseñadores de minas establecen configuraciones para el carguío - acarreo, buscando un equilibrio adecuado entre el número de camiones de flota, conocido como "Match pala/camión". Esta perfecta asociación debe ser evaluada desde una perspectiva económica, considerando los costos de incremento y los costos ponderados promedio. El Match pala/camión se ve afectado por las diferencias en la flota de camiones que realizan el mismo proceso.

La operación minera que emplea camiones de carga debe coordinar la cantidad y dimensiones de los transportadores con la unidad de carguío correspondiente (pala de cable, pala excavadora hidráulica, cargador de ruedas, etc.) con el objetivo de lograr una flota perfectamente compatible. La optimización de esta coordinación minimiza por unidad el costo del material de la flota movido.

Debido a las variaciones en las condiciones de transporte, como la resistencia a la rodadura, el ancho del camino y la pendiente es esencial ajustar la cantidad de camiones para optimizar la coordinación de la flota. El análisis de la producción y costos de la flota se presenta como una herramienta útil para afinar el acoplamiento entre cargador y camión.

Para disminuir el gasto por metro cúbico o tonelada movida, es esencial garantizar que el equipo de acarreo alcance su máxima capacidad de producción. La minimización del tiempo de inactividad durante la carga se percibe como crucial.

#### **2.2.4. Productividad de equipos**

La productividad es un indicador que mide la relación entre los resultados logrados y los recursos utilizados:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

Haciendo alusión a este concepto, varios autores lo describen como la proporción entre la producción eficaz de un trabajador y la producción habitual.

La productividad implica, por un lado, la conexión entre los diversos elementos en el lugar de trabajo. Por otro lado, la producción alcanzada o el rendimiento obtenido guarda relación con la proporción de los insumos o recursos empleados; por ejemplo, el capital de trabajo empleado, el importe de horas laboradas y la cantidad de material utilizado.

En consecuencia, los indicadores de productividad están influenciados por la intervención de una combinación variada de elementos productivos. La aplicación de estos elementos involucra, entre otros aspectos como las características, cantidad y calidad técnicas de los materiales, la magnitud de las operaciones, calidad de la mano de obra, el nivel de aprovechamiento de la capacidad de trabajo efectiva y la disponibilidad, las acciones de gestión y motivación, el modelo del proceso y las operaciones, y el control de la ejecución.

#### **2.2.5. Evaluación del proceso de carguío – acarreo en operación mina**

De acuerdo con (Manzaneda Castillo, 2015) para evaluar un proceso de carguío – acarreo de debe realizar un diagnóstico del funcionamiento operativo de este mismo, lo que nos permite brindar información del cómo está el proceso propiamente dicho, si estamos cumpliendo con la producción según el planeamiento mina (volúmenes a transportar). Este análisis ayudara a la identificación de cuellos de botella, y las causas que las generan, como así facilitar la aplicación de medidas correctivas frente a estos eventos que atraen números negativos a la operación mina, todo este esfuerzo realizado por la obtención de estos datos con la evaluación del proceso de carguío – acarreo ayudaran a generar una operación optima aún menor costo operativo.

Según (Manzaneda Castillo, 2015) para los trabajos de gran movimiento de material como la operación mina es crucial un diseño eficiente de toda la operación mina en la que la

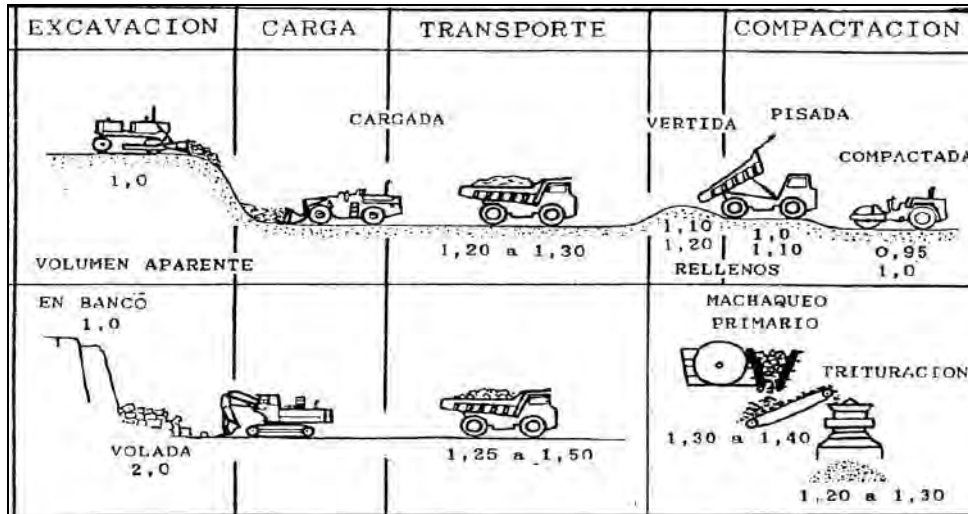


actividad opere de una manera integrada de carguío con los equipos de acarreo, debido a que la combinación de estas 2 actividades representa un mayor porcentaje del costo total frente a las otras operaciones unitarias, es por ello la importancia de ir midiéndolo, contralándolo y aplicando la mejora continua. De este modo, consideraremos estas dos operaciones individuales como un proceso, dado que están estrechamente interrelacionadas.

Se evalúan todos los elementos que influyen en los costos y la eficiencia de estos procesos para una operación y planificación minera óptimas. Los equipos de carguío - acarreo no pueden trabajar por sí mismos, porque son una herramienta efectiva en la operación mina, excepto en raras circunstancias, donde se requiera que realicen trabajos fuera. El proceso de carguío - acarreo con la mejora continua es empleado hoy en día en la operación mina por su alta flexibilidad y versatilidad en los equipos empleados para esta actividad cuyo fin es la extracción del material (ore and waste). Los procesos de carguío - acarreo tienen menos restricciones, pero esto no significa que sean económicos. La eficiencia y el costo efectivo del proceso son sensibles y propensos a cambios repentinos por los diversos elementos operativos que ayudan o dificultan la actividad de extracción de material (ore and waste) cuyos impactos se reflejan en la operación mina para cada actividad. La inadecuada evaluación de estos factores, puede resultar costoso en un proceso de carguío – acarreo por la generación de tiempos in productivos.

Para ello mencionaremos los aspectos más importantes que se tiene que tener presente para la evaluación del sistema carguío – acarreo.

**Figura 3:** Proceso de carguío – acarreo en operación mina.



Fuente: (Juan and Andrés, 2016), en la figura se muestra el proceso de carguío – acarreo.

### 2.2.6. Actividades en un proceso de carguío – acarreo

Una vez desarrollados los conceptos anteriores en el ítem líneas arriba ya mencionadas nos servirán para poder desarrollar aquellos conceptos importantes que uno debe conocer para el proceso de carguío – acarreo donde la intervención de ambos procesos como un factor de acoplamiento ayudara a tener una alta funcionabilidad operativa logrando un trabajo seguro.

Frente a esta definición es importante mencionar que las funciones principales del ciclo de acarreo – carguío y su asignación óptima se fundamentan en:

- La actual velocidad y posición del equipo de acarreo.
- La estimación del tiempo de llegada a los destinos
- El tiempo de llegada estimado de los equipos de carguío.

Para poder entender las actividades que se registran en los aspectos líneas arriba se muestra lo siguiente:

Viajando vacío, esperando, cuadrando, cargando, acarreando, en cola, retrocediendo, descargando, todo esto resumido por un código de producción, según la base de datos del software. Entonces en resumen se tiene:

**Viajando vacío:** Comienza cuando el camión va hacia la excavadora como resultado de su asignación.

**Esperando:** Esto comienza cuando el camión se para en la zona de carga

**Cuadrando:** Esto comienza cuando el camión regresa en el interior de la zona de carga.

**Cargando:** Esto comienza después de la inicial pasada o cuando la velocidad alcanza a cero kilómetros por hora dentro del alcance de la excavadora.

**Acarreando:** Comienza al recibir la señal de finalización de la carga por parte de la excavadora o cuando el volquete se retira de la zona.

**Cola:** Comienza al detenerse el camión al comienzo de la zona de descarga.

**Retrocediendo:** Comienza cuando retrocede el camión dentro de la zona de descarga.

**Descargando:** Comienza una vez que se ha detenido tras retroceder en la zona de descarga y elevar la tolva.

**Figura 4:** Ciclo de carguío - acarreo en operación mina.



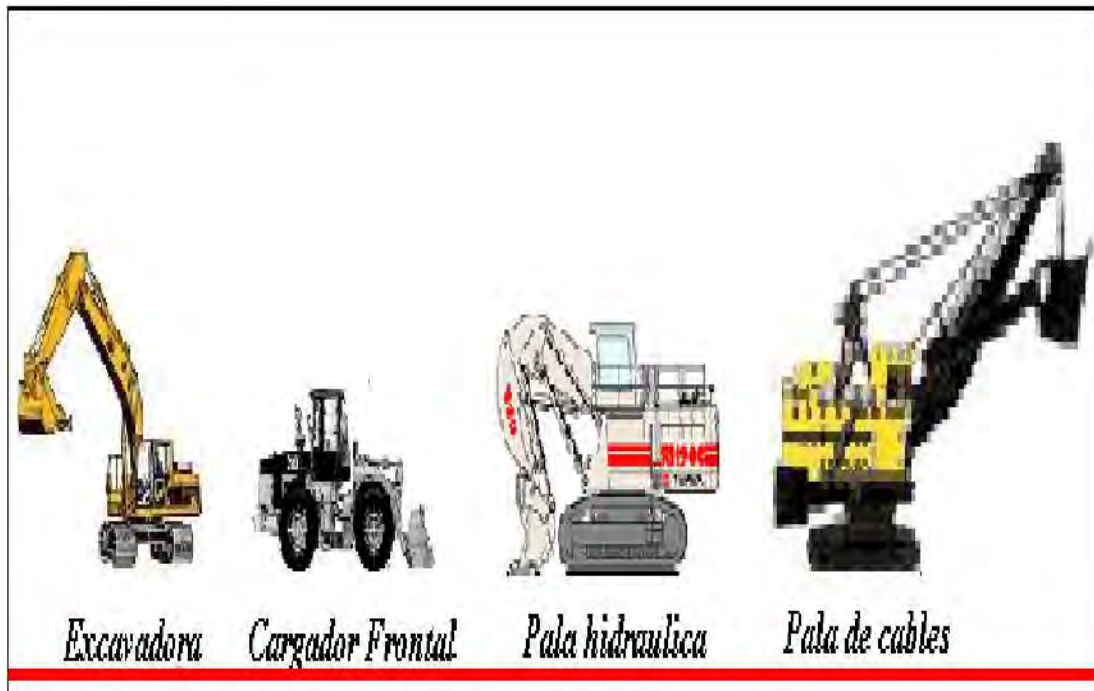
Fuente: (Murga Vargas, 2016), en la imagen se aprecia el carguío y ciclo de viajes de los volquetes.

### 2.2.7. Selección de equipos de carguío – acarreo para operación mina

La elección de maquinaria de carga se efectúa después de establecer el proyecto minero a explotar y el estilo de minería a ejecutar, ya sea en una escala grande, mediana o pequeña, según los niveles de producción.

Se entiende que, considerando máquinas de considerable costo y diversidad extensa, es esencial ejercer una precaución razonable en la selección, con miras a lograr una explotación rentable, como se ilustra en la figura 05. Esta representa la maquinaria empleada en el carguío de materiales en la minería a cielo abierto.

**Figura 5:** Equipos de carguío en minería superficial



*Fuente:* (Cat, 2012), en la imagen se muestra equipos de carguío para minería superficial.

La elección de maquinaria se lleva a cabo considerando los siguientes conjuntos fundamentales de datos: La capacidad, las condiciones ambientales, las características del yacimiento, la geometría de la explotación y la capacidad de la planta.

## **2.2.8. Parámetros geométricos para los equipos de carguío – acarreo**

### **2.2.8.1. Banco**

Se caracteriza como "banco" a la cantidad de material, ya sea estéril o mineral, situada entre 2 niveles horizontales de la operación minera. Este conforma la unidad geométrica fundamental en el contexto de la mina "a cielo abierto".

En términos generales, se establece la identificación del banco mediante el número ordinal de la operación minera en un orden decreciente, o también por la topográfica altitud del nivel bajo de salida.

Es la sección o peldaño situado entre 2 niveles que conforman la sección que se extrae, ya sea de material mineral o estéril, y que es sujeto de excavación a partir de un punto en el área hasta una colocación final predeterminada.

Cada banco se asocia con uno de los estratos u horizontes a través de los cuales se realiza la extracción del mineral. El estrato se va cortando desde el nivel más bajo, es decir, hacia la parte inferior, creando una pared del tajo o una superficie escalonada. La medida de estos estratos se conoce como la altura de banco.

### **2.2.8.2. Altura de banco**

Corresponde a la separación vertical entre 2 niveles o, de manera equivalente, desde la base del banco hacia la cabeza o cima superior de la misma.

El establecimiento de la medida de los bancos se determina en función del tamaño del equipo de carga a utilizar y perforación, y en ocasiones, considerando condiciones vinculadas a la composición mineral. La guía principal para fijar la medida de los bancos es la dimensión máxima de trabajo de equipos de carguío. La medida se determina según la aptitud de carguío de los equipos, por tal razón, en su momento, guarda relación con la tasa prevista de producción.

### **2.2.8.3. Talud de banco**

Es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea de máxima pendiente de la cara del banco.

La pared o talud de la minería es la superficie inclinada que surge de la secuencia de las caras perpendiculares de los bancos y las plataformas correspondientes. Esta superficie exhibe una pendiente que varía entre  $58^\circ$  y  $45^\circ$  con relación a la horizontal, según las características geotécnicas (fracturación, dureza, presencia de agua, alteración) de las rocas que constituyen el talud.

### **2.2.8.4. Talud de trabajo**

Corresponde al ángulo conformado por las bases de los bancos, las cuales se sitúa alguna de las áreas de plataformas o tajos operativos. En resumen, es una inclinación temporal de excavación.

### **2.2.8.5. Vías o caminos de transporte**

Se refieren a las vías internas de una operación minera, por las cuales se realiza la extracción de materiales estériles y minerales, así como los desplazamientos de servicios y equipos entre distintos puntos de la instalación. Se destacan principalmente por su inclinación y anchura en un diseño espacial específico.

Las operaciones a cielo abierto demandan al menos una vía de transporte, en ocasiones, incluso más de una, según la disposición específica del yacimiento a explotar hasta llegar a la profundidad final. Planificar la trayectoria de la vía de transporte adentro del pit, con el objetivo de optimizar la reconquistación económica de la reservación mineral, reduciendo los gastos de transporte y garantizando las condiciones operativas, representa una tarea de diseño sumamente compleja.

La disposición de vías adopta una estructura en espiral, originándose desde la zona superior. Al definir la posición final del trayecto de transporte, es esencial tener en cuenta los siguientes factores: La ubicación de acceso a la mina, la incorporación de curvas en forma de "U", la pendiente de la ruta y el radio mínimo de virajes en las curvas.

También, será necesario contemplar un diseño en espiral en el entorno de la minería, un camino en un solo lado de la misma con curvas en forma de "U" o una mezcla de ambos enfoques. La orientación y las dimensiones del yacimiento, su localización de las reservas más valiosas y las características geotécnicas en las diferentes secciones del talud, influirán significativamente en esta elección.

Consideraciones de diseño significativas para las propiedades superficiales de las vías de transporte involucran la elección de materiales en la superficie, el establecimiento de crestas y canales para el drenaje, el ancho del camino, la inclinación de las curvas en el camino y la planificación de las medidas de seguridad, como las vías de escape o bermas. La inclinación (pendiente) de la vía constituye un aspecto de diseño de gran importancia que debe ser tenido en cuenta.

#### **2.2.8.6. Rampas de acceso**

Vías ocasionales destinadas al ingreso de los equipos, comúnmente de arranque a los tajos. Los anchos son reducidos, y podrían ser rutas con 2 carriles o un solo carril; las inclinaciones son mayores que las de las vías principales.

Es la ruta inclinada que facilita el desplazamiento de los equipos desde la superficie hasta los distintos bancos en proceso de extracción. Presenta una amplitud apropiada adaptada a los equipos de mayor tamaño de la operación, garantizando así la circulación segura de tonelaje de camiones considerable en ambas direcciones.

#### **2.2.8.7. Bermas o plataformas**

Es la parte superior del nivel o banco. Se emplea para el desplazamiento de los vehículos y el carguío, contribuyendo así a fortalecer las condiciones de seguridad y la continuidad de un talud.

Es el tramo horizontal de la superficie de un nivel o banco, similar a un borde, destinado específicamente a contener del material los posibles derrames dentro del tajo. Su amplitud fluctúa entre 12 y 8m.

Las plataformas o bermas cumplen la función de zonas de recogida para los materiales que se filtran a través de las paredes de la minería. También, actúan como puntos de entrada en lo extenso de dichas paredes.

La amplitud de la plataforma utilizada está sujeta a la dimensión del equipo empleado para la excavación y a la pared de la cara del nivel o banco. Cuando está pared es menor a 45° y el material perdido se acumula en bloques, es probable que el desplazamiento sea más propenso al deslizamiento que a la caída. En este caso, es habitual establecer una berma o plataforma por cada tres bancos. En situaciones habituales, cuando el talud de la superficie es de 75 a 80 grados, con una voladura controlada y una eficiente limpieza a medida que se avanza en cada nivel o banco, es frecuente encontrar una berma o plataforma por cada dos o tres elevaciones.

#### **2.2.8.8. Límites finales de la mina**

Se refieren a las ubicaciones finales alcanzadas por las excavaciones. La delimitación horizontal establece la parte inferior definitiva de la operación, mientras que los límites laterales indican las paredes de la misma final.

Los confines en profundidad de una minería a cielo abierto están principalmente condicionados por el yacimiento geológico y por consideraciones económicas relacionadas con



los costos de extraer el material estéril en comparación con el valor del mineral extraído. La determinación de estos límites también se ve afectada por preocupaciones relacionadas con la estabilidad de los taludes, las propiedades geomecánicas del lecho rocoso y las tensiones generadas por las rocas al formar el hueco. Incluso, los tamaños mínimos del área de trabajo necesarias para las máquinas también influyen en la definición de estos límites.

#### **2.2.8.9. Talud final de explotación**

Se trata de la inclinación del talud estable delimitado por la horizontal, definido por la línea que conecta el extremo inferior del banco (pie de banco) con la parte superior del banco.

La planificación de los Pit de la excavación debe contemplar los factores de fuerza del material que constituye los taludes, la dirección de la formación rocosa, la distancia y la amplitud de la berma. En muchas ocasiones, la inclinación del Pit total sigue principalmente la decisión sobre la altura de un nivel específico, el espacio entre las bermas, su amplitud y la pared de la cara, en lugar de depender de otras consideraciones geotécnicas.

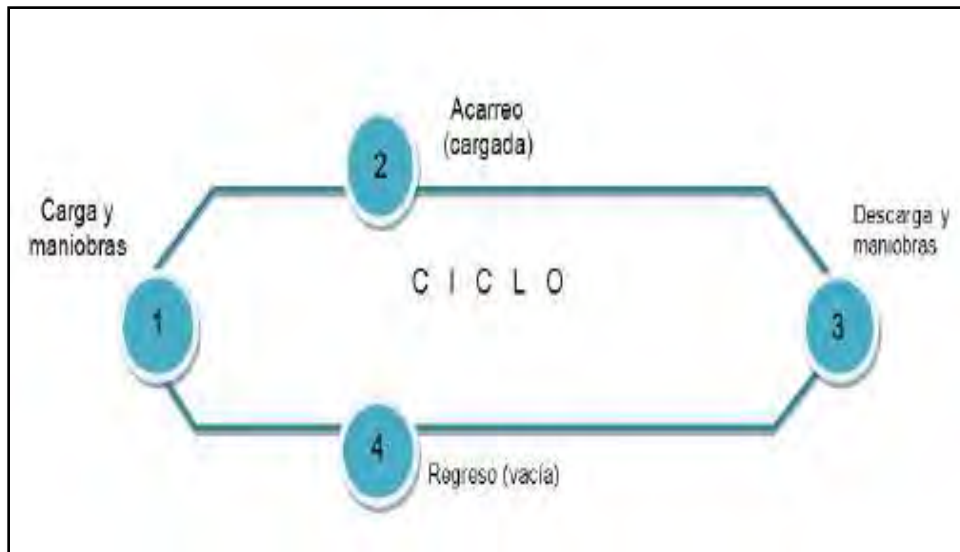
Es imprescindible llevar a cabo un estudio geotécnico para verificar la seguridad de la inclinación o ángulo total en relación con la profundidad proyectada de la operación minera. En ocasiones, este análisis sugerirá que las pendientes considerablemente más empinadas pueden ser estables, una situación que no se puede aprovechar si los parámetros mencionados se determinan mediante otras consideraciones.

#### **2.2.9. Ciclo de acarreo en operación mina**

Conceptualiza el ciclo de acarreo como el periodo empleado por el equipo de acarreo para poder transportar material desde un punto de inicio hasta un punto final, es importante mencionar que para la consideración del ciclo de acarreo tendremos tiempos fijos que ya están estandarizados en maniobras en los puntos de carguío y descarga, como así mismo el tiempo

empleado durante toda la ruta de acarreo, este vendría a ser un tiempo variable, es considerado así porque para cada ciclo las condiciones de la ruta es variable respecto a los obstáculos que se puedan presentar. Esto se resume en el siguiente gráfico:

**Figura 6:** Ciclo de acarreo de un camión en operación mina



*Fuente:* (Juan and Andrés, 2016), *En la imagen se observa el ciclo de acarreo de un camión.*

### 2.2.10. Factor de acoplamiento (Match Factor) de un proceso de carguío – acarreo

Existe muchas definiciones relacionadas al respecto cuyo propósito en común es calcular el número óptimo de máquinas de acarreo para una máquina de carguío en específico en función al rendimiento operativo, por lo que en este punto se brindan algunos alcances de este factor ampliamente empleados en movimiento de tierras y trabajos mineros, el cual también será útil para dimensionar equipos de acarreo.

Frente a esa introducción este factor se refiere a la proporción entre la producción del equipo de acarreo de tierras y la producción del equipo de carguío.

A continuación se muestra la fórmula de Match Factor (Factor de acoplamiento) que se empleara en el trabajo de investigación.

$$MF = \frac{\text{Produccion equipo de transporte}}{\text{Produccion equipo de carguío}} = \frac{N.P \text{ camión}}{C.P \text{ cargador}} \text{ ----- (1)}$$

Donde:

**MF:** Match Factor

**N:** Se refiere al número de camiones

**C:** Se refiere al número de cargadores

**P camión:** El rendimiento de un camión

**P cargador:** El rendimiento de un cargador

Según el autor (Ortiz Oswaldo, Canchari, Iglesias and Gonzales, 2007) en términos de la efectividad de la unidad del sistema de carguío - acarreo, el indicador MF (match factor) puede dar lugar a tres resultados potenciales:

Si  $MF < 1$ , En otras palabras, esto indica que hay una insuficiencia en la cantidad de camiones disponibles. Se expresa que "falta camión", lo que implica que la máquina de carga debe ajustarse al ritmo de llegada de los camiones, quedando a la espera sin la posibilidad de cargar hasta que llegue un nuevo camión al área designada, resultando en la incapacidad de aprovechar toda su capacidad de carga.

Si  $MF > 1$ , En otras palabras, hay un exceso en la cantidad de camiones disponibles. Se menciona que "sobra camión", lo que implica que estos deben ajustarse al ritmo de carga, esperando su turno para ser cargados y sin poder aprovechar completamente su suficiencia de transporte.

Si  $MF = 1$ , Es decir se refiere al calce perfecto entre equipo de carguío – acarreo en cuanto a la productividad.

### 2.2.11. Criterios operativos directos de un proceso de carguío – acarreo

Es importante conocer que, en la ingeniería minera, la directriz principal para el diseño es la siguiente: La maquinaria establece el proceso de carguío - acarreo y la configuración geométrica del diseño de la minería. Conocer esta regla es muy importante en la industria minera, porque una mala decisión en función lo mencionado líneas arriba podría representar un gran costo y una gran pérdida en la producción.

#### 2.2.11.1. Indicadores o KPI en un proceso de carguío – acarreo

Los KPI, que son las siglas en inglés de Indicadores Clave de Rendimiento (Key Performance Indicators), evalúan integralmente el procedimiento basándose en el rendimiento, identificando deficiencias y corrigiéndolas, así como identificando resultados positivos y promoviéndolos. Para nuestro caso de estudio mencionaremos ciertos KPI'S que ayudan a la operación mina tener un mayor control de los recursos que se utilizan para poder acarrear un m<sup>3</sup> o tonelada de material.

#### 2.2.11.2. Rendimiento en el proceso de carguío – acarreo

En la minería se emplea la palabra “producción” con la misma acepción que “rendimiento”, donde estos términos de ingeniería se refieren a “la magnitud o cantidad generada, en un periodo específico”. Tal vez una descripción más precisa de estos términos, cuando se utilizan en la industria del movimiento de tierras como, "la labor efectiva realizada". Se puede calcular matemáticamente a través de la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad}}{\text{Tiempo}} ; (\text{m}^3/\text{hr} \text{ o } \text{Tn}/\text{hr})$$

Donde:

**Cantidad:** Expresado en volumen

**Tiempo:** Es expresado términos de días, horas, jornal, etc.

Con esta relación podremos tener un diagnóstico de cómo esta nuestra operación operativamente si es rentable o no.

### 2.2.11.2.1. Rendimiento en el proceso de carguío

De acuerdo al autor (Malpica Quijada, 2014) para poder determinar el rendimiento de un equipo de carguío (excavadora) se fundamenta en el tiempo que demora en completar un ciclo de trabajo y se establece un factor de eficacia conforme a las condiciones particulares de cada labor.

Posteriormente, la cantidad de volumen excavado por hora será:

$$R = \frac{3600 * Q * E * K}{T * FV} \text{ m}^3/\text{Hr} \quad \text{----- (2)}$$

En donde:

**R**= Es el rendimiento (m3/Hora)

**Q**= Es el volumen o capacidad del cucharón (m3)

**K**= El factor de llenado del cucharón (depende de las dimensiones y capacidad del cucharón)

**E**= Indica el factor de eficiencia

**T**= Indica el tiempo de un ciclo (s)

**FV**= Es el factor de abundamiento

### 2.2.11.2.2. Tiempo de ciclo por pala

El tiempo de ciclo por cada pala es fundamental ya que será de importancia para determinar el tiempo de carguío por volquete y será de la siguiente manera:

$$T. \text{ ciclo pala.} = Tc + Tl + Tg + To + Tr \text{ (Seg.)} \text{----- (3)}$$

**Donde:**

**Tc:** Tiempo de corte (Seg.)

**Tl:** Tiempo de levante (Seg.)

**Tg:** Tiempo de giro (Seg.)

**To:** Tiempo de descarga (Seg.)

**Tr:** Tiempo de retorno (Seg.)

### 2.2.11.2.3. Rendimiento en el proceso de acarreo

Según (Malpica Quijada, 2014) los equipos de acarreo en este caso los volquetes son usados para acarrear material suelto procedente de la voladura que podría ser mineral o desmonte, esto sujeto a la estratigrafía y mineralogía del yacimiento. Los volquetes realizan un trabajo eficaz en el acarreo de mineral o desmonte. Estas unidades de acarreo realizan un trabajo ideal por que se desplazan a velocidades bastante elevadas y al mismo tiempo pueden trasladar grandes volúmenes de material.

El rendimiento del equipo de acarreo, incluye en forma general a los volquetes dentro y fuera de las carreteras, serán calculados con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{Q * 60 * E}{T} ; m3/hr \quad \text{-----} (4)$$

Donde:

**R=** Es el rendimiento de volquete (m3/hora) (Medidos en banco)

**Q=** La capacidad del equipo (m3).

**T=** El tiempo necesario para completar un ciclo completo (m)

**E=** El factor de rendimiento del trabajo

### 2.2.11.2.4. Tiempo de ciclo de acarreo

Se refiere a la suma total de los tiempos o intervalos de maniobras que realizan los volquetes para concluir un ciclo, y está conformado por los siguientes elementos:

$$T = T1 + T2 + T3 + T4 \text{ (min)} \text{ ----- (5)}$$

**T1**= Tiempo de maniobras y posicionamiento (min)

**T2**= Tiempo de ida (min)

**T3**= Tiempo de descarga (min)

**T4**= Tiempo de vuelta (min)

#### **2.2.11.2.5. Tiempo de espera de los volquetes**

El tiempo de espera de los camiones en cada uno de los ciclos, puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$Et = (N - 1)Tc - Tt \text{ ----- (6)}$$

Donde:

Et: Tiempo de espera de los volquetes.

N: Numero de volquetes

Tc: Tiempo de Carga.

Tt: Tiempo de Transporte.

#### **2.2.11.3. Eficiencia horaria en el proceso de carguío – acarreo**

La eficiencia horaria se refiere a la proporción de tiempo en que la máquina está activa durante la jornada de trabajo. Este factor es determinado de acuerdo a las condiciones de horario de trabajo y típicamente es de 5/6 indicando que la máquina trabaja 50 minutos de cada 60.

(Manzaneda Castillo, 2015)

La eficiencia máxima solo se logra al combinar una ejecución adecuada de la aplicación y la planificación de las relevantes prácticas operativas adaptadas a las condiciones y circunstancias específicas que surgen en los lugares de trabajo en cada momento.

Cuyo factor de eficiencia (E) está dada por la siguiente formula:

$$E = \frac{\text{Tiempo efectivo de trabajo en una hora (45 – 50min)}}{\text{Duración de tiempo (60 min)}} (\%)$$

Donde:

**E:** Factor de eficiencia horaria

Entonces las horas trabajadas efectivamente en una jornada de trabajo vendrían a ser:

$$\text{Eficiencia horaria} = Ht * E$$

Donde:

**Ht:** Horas trabajadas durante una jornada de trabajo

### 2.2.11.3.1. Disponibilidad y utilización de equipos en el proceso de carguío – acarreo

Estos últimos 2 indicadores operativos son de soporte administrativo para poder tener un control del funcionamiento operativo de los equipos durante la jornada de trabajo, estos indicadores son reportados de manera porcentual en función al tiempo total de trabajo. Para poder entender la distribución que pueda tener un equipo en una jornada de trabajo se aprecia el siguiente diagrama que se muestra en la siguiente figura:

**Figura 7:** Total, de horas utilizados de un equipo en una jornada normal.



Fuente: Elaboración propia, en la imagen se aprecia las horas utilizadas de un equipo de una jornada.



#### **2.2.11.3.1.1. Disponibilidad de equipos en el proceso de carguío – acarreo**

La capacidad operativa de un equipo es una evaluación que analiza el desempeño de los componentes que llevan a cabo una tarea específica en un instante y durante un lapso particular, basándose en los estándares de confiabilidad, mantenimiento y respaldo para el cuidado de la maquinaria.

En resumen, se tiene que la disposición es un dato que depende del área de mantenimiento, ya que este representara el tiempo total en el que el equipo está en una demora por mantenimiento, lo más aceptable para la operación es que el equipo no pase las 3 hrs por esta demora, solo así podremos lograr una disponibilidad mayor a los 85% que es un dato aceptable para toda operación.

#### **2.2.11.3.1.2. Utilización de equipos en el proceso de carguío – acarreo**

La utilización de un equipo se refiere al periodo de operatividad neto en relación con el tiempo total disponible para el equipo. Este dato indica qué proporción del tiempo disponible se utiliza el equipo en actividades productivas, esto es importante para poder tener un control administrativo y saber en tiempo real el estado de un equipo en la jornada de trabajo.

Al igual que la disponibilidad este es un indicador que también se da a conocer mediante un porcentaje de un total.

#### **2.2.12. Actividades complementarias para optimizar un proceso de carguío – acarreo**

La importancia de la ejecución de actividades complementarias dentro de la operación mina ayudaran a generar alternativas de continua mejora en el proceso de acarreo y carguío, siendo objeto de planificación y programación diaria para el desarrollo de estas actividades en el tiempo y espacio oportuno cuyo aporte será en la minimización de periodos poco productivos de los equipos empleados para el proceso de carguío - acarreo, frente a este concepto la actividad de

perforación y voladura jugará un rol importante para el operación unitaria de carguío como así para el proceso de mine to mill, y para el caso del acarreo el mantenimiento de vías, serán el mayor soporte, a continuación desarrollaremos las actividades más principales que son el soporte para el buen desarrollo del carguío – acarreo..

#### **2.2.12.1. Trabajos auxiliares en operación mina**

Los trabajos auxiliares dentro de la operación mina son actividades esenciales para poder generar una operación segura y de alto rendimiento, por ende, darle la importancia en el tiempo y espacio es fundamental, como así mismo tener una planificación diaria, semanal y mensual de estas actividades será una oportunidad de mejora con el único objetivo de poder tener una operación óptima.

##### **2.2.12.1.1. Mantenimiento de vías de acarreo**

El mantenimiento de vías en todas las rutas de acarreo, son fundamentales por 2 motivos: En primer lugar, para prolongar la duración de los neumáticos el segundo por el consumo disminuido del combustible por un menor esfuerzo del motor ya sea cargado o vacío. Es por ello que el mantenimiento de vías juega un rol importante dentro de la operación mina, todo esto con el objetivo de disminuir los costos por los motivos mencionados líneas arriba, hoy por hoy es un reto y toda una ciencia la aplicación del mantenimiento de vías en campo, esto por la complejidad del relieve in situ con la que se presenta en campo en condiciones de diseño, dimensiones, y como la misma granulometría del material a emplear para poder realizar el manteamiento de vías, es por ello la importancia de la existencia del área específica en operaciones mina, denominada como servicios auxiliares, quienes son los encargados directos de realizar los trabajos y los responsables si pudiese ver algún incremento en los costos por neumáticos o combustible.

En resumen, un buen mantenimiento de vías ayudara a tener una operación mina más fluida de ida y vuelta sin demoras y tiempos muertos por inconvenientes en las vías de acarreo.

#### **2.2.12.1.2. Habilitación de frentes de trabajo y puntos de descarga de material botadero**

##### **DME y Stock pile**

Los diseños de los botaderos deben estar bien elaborados en la parte operativa como en la parte de calidad, este aporte ayudara a garantizar la operatividad y estabilidad de las plataformas y áreas de descarga, con la finalidad de dar fluidez de descarga a los equipos de acarreo, garantizando la seguridad del personal conductor. Todo este proceso también ayudara a garantizar una operación mina sin retrasos.

En cuanto a los Stock Pile es importante coordinar con el área de geología y ore control para que ellos nos asignen áreas de descarga para cada ley de mineral (alta, media y baja ley), esto con la finalidad de tener identificado la ruta para cada descarga, previo al envío de los camiones, todo para poder evitar tiempos muertos por la espera a la asignación de descarga, la identificación oportuna de dichas áreas ayudara a eliminar estos tiempos.

Por otro lado, la habilitación de los frentes de trabajo, en un arranque inicial es fundamental identificar 2 puntos como son la estabilidad, nivelación de la plataforma de carguío y el ancho operativo de la plataforma de carguío para el libre giro de los camiones, también todo esto con la única finalidad de poder tener fluidez en nuestra operación y eliminar los tiempos muertos por espera de equipos de acarreo y carguío. En resumen, tenemos que los 3 ítems desarrollados líneas arriba, mencionan algo en común que son la eliminación de tiempos muertos para los equipos de carguío y acarreo, es importante saber que, en minería, si hablamos de tiempo automáticamente se nos tiene que reflejar costo.

## 2.3. Marco conceptual

### 2.3.1. Conceptos operativos

En el presente trabajo se presentarán la definición básica de términos importantes usados en el estudio del presente trabajo los cuales brindarán información para un mejor entendimiento y comprensión.

Los términos cuya definición se brindan son los siguientes:

- **CICLO DE CARGA:** Corresponde al lapso que se registra cuando el operador libera la primera carga de material en el camión hasta que concluye cuando el operador de la excavadora señala con la bocina al camión, indicando que este se encuentra lleno.
- **CARGUÍO:** Fase en la operación minera que se dedica a establecer las orientaciones de carguío (cantidad de equipos de carguío, frentes de carguío,), las áreas de carga y la destinación de los materiales conforme a la ley que se presenta.
- **ACARREO:** Asimismo conocido como transporte, se trata de una acción que implica mover elementos, seres vivos o individuos desde un lugar determinado (punto de partida) hacia otro (punto de llegada). En el ámbito minero, esto se refiere al acarreo o transporte de diversos materiales, ya sean minerales, orgánicos, estériles y entre otros.
- **CAMIÓN VOLQUETE:** Es un vehículo empleado en actividades de construcción y minería diseñado para transportar distintos materiales, compuesto por una caja bascular o tolva.
- **EXCAVADORA:** Una máquina que se distingue por su capacidad para aferrarse eficazmente a cualquier tipo de terreno es este equipo autopropulsado de orugas. Esta maquinaria, con una estructura al chasis independiente, tiene la habilidad de realizar giros continuos de 360° en cualquier dirección. En el ámbito minero, se usa para la excavación de terrenos, pero su función principal es el carguío. Esto se logra gracias a

su capacidad para elevar una carga, realizar giros y descargar el material a través de la acción de la cuchara mediante un sistema de balancín, sin requerir mover la estructura de soporte.

- **DISPONIBILIDAD:** El tiempo en el cual el equipo está disponible y preparado para operar mecánicamente.
- **RENDIMIENTO:** Se refiere a la producción teórica que puede lograrse con una máquina.
- **PENDIENTE:** Se refiere a la inclinación del terreno en relación con la superficie horizontal se denomina pendiente. En minería a cielo abierto, se aconseja una pendiente entre el 12% y el 8% para la edificación de rampas.
- **PERALTE:** Se trata de la elevación adicional en el lado externo de una curva, diseñada para afrontar la fuerza centrífuga que se manifiesta en las curvaturas.
- **TALUD MINERO:** En el ámbito minero, se empleará este término para mencionar las estructuras verticales presentes en un tajo minero, originadas como resultado del diseño minero. Estas paredes o taludes empinados se representan utilizando un modelo de bloques y ofrecen una primera visión de la forma que tomará el tajo durante el proceso de extracción. Fundamentados en bloques de dimensiones uniformes en x, y, y z, los elementos vinculados a un talud minero comprenden: la parte inferior (pie), la parte superior (cresta), la base (W), la altura (H) y el ángulo de la pared o talud o ( $\alpha$ ).
- **DESBROCE:** Esta labor implica la preparación y acondicionamiento del terreno natural en las áreas destinadas a los trabajos del proyecto vial, así como las zonas laterales asignadas para la vía. Este proceso abarca la eliminación de rastrojos, bosques, maleza, pastizales, cultivos y entre otros, y comprende la extracción de

desechos, tocones, escombros y raíces, asegurando que la superficie quede libre de vegetación y lista para las fases subsiguientes. Asimismo, incluye la disposición adecuada, con la autorización del Supervisor y en conformidad con las normativas legales vigentes, de todos los materiales resultantes de las operaciones de limpieza y desbroce, ya sea dentro o fuera del área del proyecto.

- **PRODUCTIVIDAD:** Se refiere a la producción efectiva en relación con el tiempo, implicando una comparación conveniente entre la cantidad de recursos empleados y la cantidad de bienes y servicios generados.
- **UTILIDAD NETA:** Incluye la duración completa de la carga y el tiempo asociado a las actividades de planificación no productivas inherentes a la operación del equipo, las cuales no pueden ser eliminadas.
- **UTILIZACION:** Corresponde al lapso del tiempo disponible en el cual la máquina se encuentra desempeñando la tarea para lo que fue planificada o diseñada.
- **VIAS DE TRANSPORTE:** Son las vías internas de una operación minera (explotación) que facilitan el transporte de minerales y materiales estériles, así como el desplazamiento de servicios y equipos entre distintos puntos. Estas rutas se distinguen por su amplitud y su inclinación variable, adaptándose a las condiciones específicas de cada explotación a cielo abierto.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicado, se realizó una relación causa efecto, donde las causas son, el rendimiento del equipo de carguío y el costo operativo unitario. El efecto es la baja producción del proceso de carguío – acarreo.

##### **3.1.2. Nivel de investigación**

El nivel de esta investigación es descriptivo y correlacional, es descriptivo por la evaluación que se realizara el proceso de carguío – acarreo, así como determinar los rendimientos de los equipos de carguío – acarreo, es correlacional porque se busca incrementar la producción a un menor costo operativo, considerando los rendimientos de los equipos de carguío – acarreo.

##### **3.1.3. Diseño de la investigación**

El diseño metodológico del presente estudio es no experimental, para lo cual el estudio comprende las siguientes etapas:

###### **a. Trabajo de Campo**

Se basa en la observación, descripción toma de datos in situ; así como la toma de tiempos del ciclo de carguío y ciclo de volquete.

###### **b. Trabajo en gabinete**

Donde se ordena, tabula y elabora la información obtenida en el campo, y se realiza los reportes para operaciones mina del tajo Santa Este.

## **3.2. Población y Muestra**

### **3.2.1. Población**

La población tomada para el respectivo trabajo de estudio es la zona de minado del tajo Santa Este tales como la zona sur, norte e intermedia, donde se realizan las actividades de minado, para materiales de mineral y desmante.

### **3.2.2. Muestra**

Para el estudio se toma como muestra los volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R, en el acarreo.

En el carguío se considera la excavadora CAT 349D L, CAT 374D L y la excavadora CAT 390D L.

## **3.3. Descripción de la zona de trabajo**

El área de trabajo del presente estudio es específicamente es la zona de minado del tajo Santa Este, donde se ejecutan los trabajos de carguío - acarreo de mineral y desmante, pero para este caso se analizarán específicamente los diferentes frentes de trabajo, para ello será importante realizar la evaluación del sistema de carguío - acarreo, en dicha zona de estudio para así hacer una selección optima de la alternativa con menor costo y mayor producción.

Para este estudio se usó el sistema de carguío - acarreo: Excavadora (CAT 349D L) y Volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R

El área de trabajo corresponde específicamente a las zonas de minado que se tiene en la operación del tajo Santa Este, como así mismo los lugares de destino:

Mineral (tajo Santa Este – Stock pile y rosita 1,2,3)

Desmante (tajo Santa Este – Botadero tinyag)



### 3.3.1. Descripción de las rutas de acarreo tomadas para la muestra

Para la ruta de acarreo tendremos presente los frentes de trabajo ya definidos dentro de la zona de minado del tajo Santa Este, donde los puntos de carguío para mineral y desmonte están en el tajo Santa Este y los puntos de descarga son los que corresponden de acuerdo al tipo de material, para ello lo mencionaremos:

- ❖ **Mineral (Tajo Santa Este – stock pile):** para el caso de acarreo de mineral la distancia de recorrido de los volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R es de 8 Km hasta el stock pile donde están las canchas de almacenamiento de mineral de acuerdo a la ley.
- ❖ **Desmonte (Tajo Santa Este – botadero tinyag):** para los trabajos de acarreo en desmonte es necesario conocer que la ruta de acarreo tiene una distancia de 6 Km hasta el botadero tinyag, cuya ruta es ejecutado por los volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R.

**Figura 8:** Ruta de acarreo mineral y desmonte del Tajo Santa Este



*Fuente: Elaboración propia, en la imagen se aprecia la ruta de acarreo para el mineral y desmonte.*

### **3.3.2. Descripción de los equipos de carguío y acarreo usados en el sistema de carguío – acarreo**

#### **3.3.2.1. Equipos de Carguío**

Para este estudio de tesis sobre evaluación e implementación del proceso de carguío - acarreo para el punto de mineral y desmonte, se tomó como muestra las excavadoras CAT 349D L, 374D L y 390D L cuyas características principales se detallarán en el siguiente apartado.

##### **3.3.2.1.1. Excavadora hidráulica CAT 349D L**

La excavadora hidráulica CAT 349D L, es un equipo que se utiliza para el acarreo en operaciones mineras de mediana envergadura, en bancos de mediana altura

Tiene capacidad de cucharón de 3.2 m<sup>3</sup>.

##### **❖ Características básicas**

- Potencia: 380Hp
- Peso: 45,250 Kg
- Velocidad de giro: 8.7 rpm
- Velocidad máxima de avance: 4.5Km/h
- Capacidad de cilindro de combustible: 186 Gal.
- Cilindros: 6

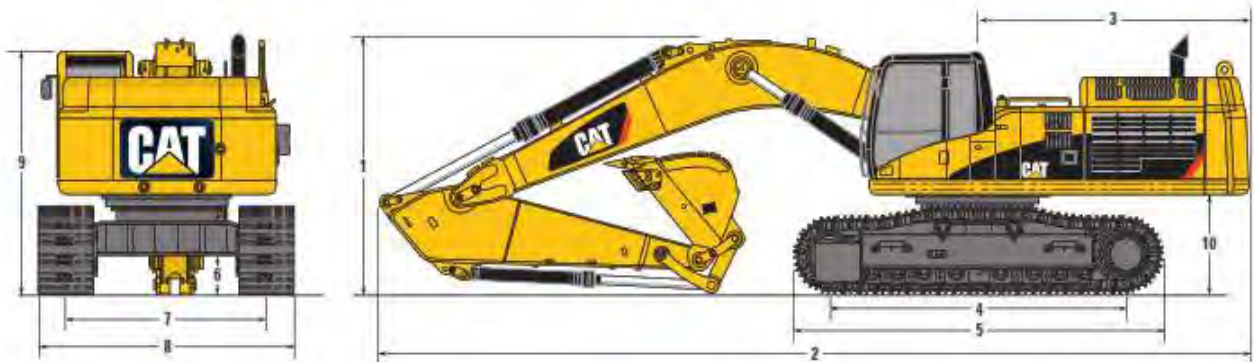
Para más detalles las medidas relevantes de la Excavadora CAT 349D L se muestra a continuación.

**Figura 9:** Descripción de medidas de la excavadora CAT 349D L

## Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 349D L

### Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.



Pluma	Pluma de alcance HD		Pluma para excavación en gran volumen	
	6,9 m (22'8")		6,55 m (21'6")	
Brazo	R3.9TB (12'10")	R3.35TB (11'0")	M3.0UB (9'10")	M2.5UB (8'2")
1 Altura de embarque	3.660 mm (12'0")	3.690 mm (12'1")	4.020 mm (13'2")	3.960 mm (13'0")
2 Longitud de embarque	11.950 mm (39'2")	11.940 mm (39'2")	11.640 mm (38'2")	11.710 mm (38'5")
3 Radio de giro de la cola	3.770 mm (12'4")	3.770 mm (12'4")	3.770 mm (12'4")	3.770 mm (12'4")
<b>Tren de rodaje</b>				
4 Longitud hasta el centro de los rodillos	4.360 mm (14'4")			
5 Longitud de la cadena	5.360 mm (17'7")			
6 Espacio libre sobre el suelo	510 mm (1'8")			
7 Entrevia	2.740 mm (9'0")			
8 Ancho de la cadena*	3.640 mm (11'11")			
9 Altura de la cabina	3.210 mm (10'6")			
10 Altura del contrapeso (hasta la parte inferior)	1.320 mm (4'4")			

\* El ancho de cadena que se muestra es para zapatas de cadena de 900 mm (36"). Reste 150 mm (6") para zapatas de cadena de 750 mm (30").

Fuente: (Cat, 2012)

### 3.3.2.1.2. EXCAVADORA HIDRÁULICA CAT 374D L

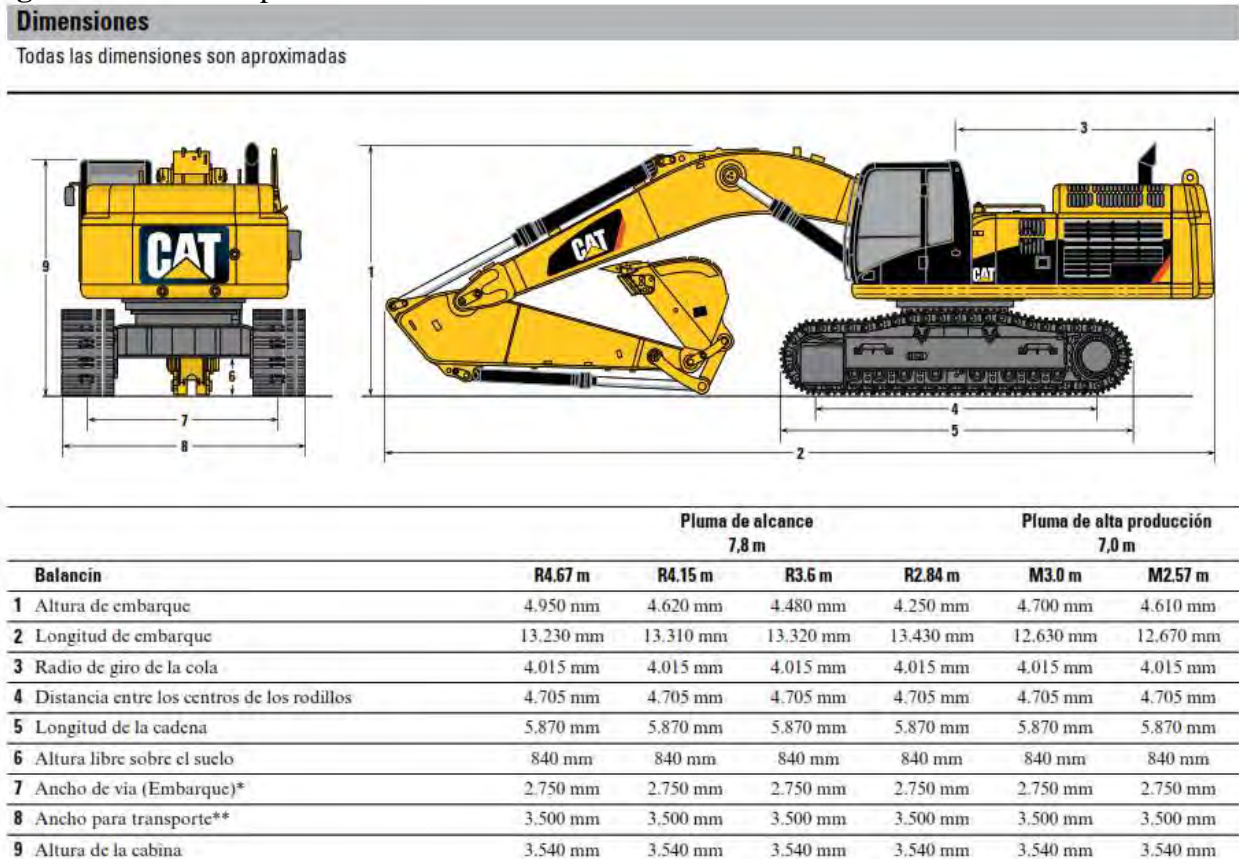
La excavadora hidráulica CAT 374D L, es un equipo que se utiliza para el acarreo en operaciones mineras de mediana envergadura, en bancos de mediana altura

Tiene capacidad de cucharón de 4.6 m<sup>3</sup>.

### ❖ Características básicas

- Potencia: 476Hp
- Peso: 73,695 Kg
- Velocidad de giro: 6.4 rpm
- Velocidad máxima de avance: 4.1 Km/h
- Capacidad de cilindro de combustible: 935 Lt.
- Cilindros: 7

**Figura 10:** Descripción de medidas de la excavadora CAT 374D L



Fuente: (Cat, 2012)

### 3.3.2.1.3. EXCAVADORA HIDRÁULICA CAT 390D L

La excavadora hidráulica CAT 390D L, es un equipo que se utiliza para el acarreo en operaciones mineras de mediana envergadura, en bancos de mediana altura

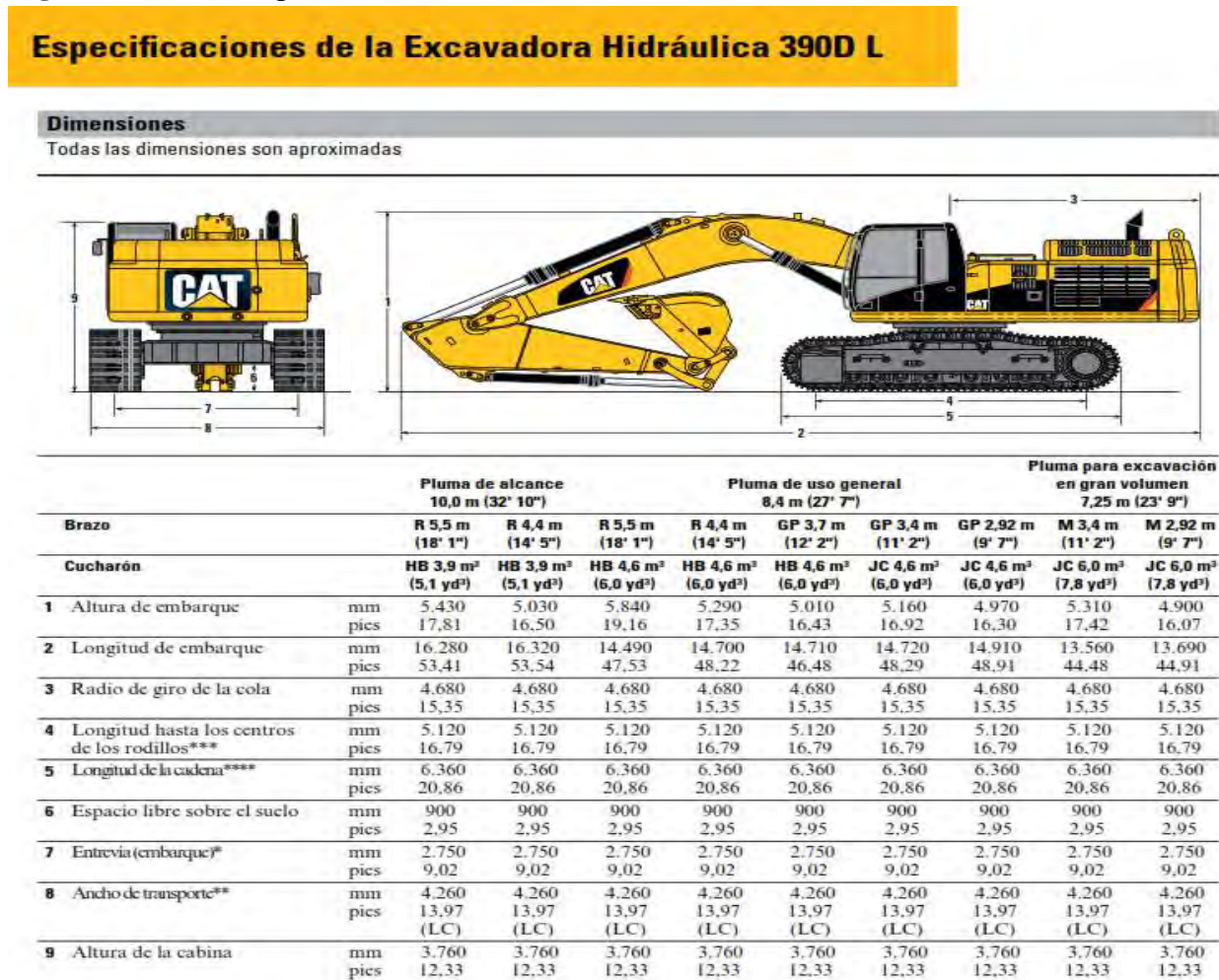


Tiene capacidad de cucharón de 6.0 m<sup>3</sup>.

❖ **Características básicas**

- Potencia: 523Hp
- Peso: 86,190 Kg
- Velocidad de giro: 6.2 rpm
- Velocidad máxima de avance: 4.5Km/h
- Capacidad de cilindro de combustible: 327.57 Gal.
- Cilindros: 8

**Figura 11:** Descripción de medidas de la excavadora 390D L



Fuente: (Cat, 2012)

### 3.3.2.2. Equipo de acarreo

El equipo de acarreo en operación mina es de importancia en la producción diaria de la operación mina, para el presente estudio se tomó como muestra los volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R, y sus características básicas se detallarán en el siguiente apartado.

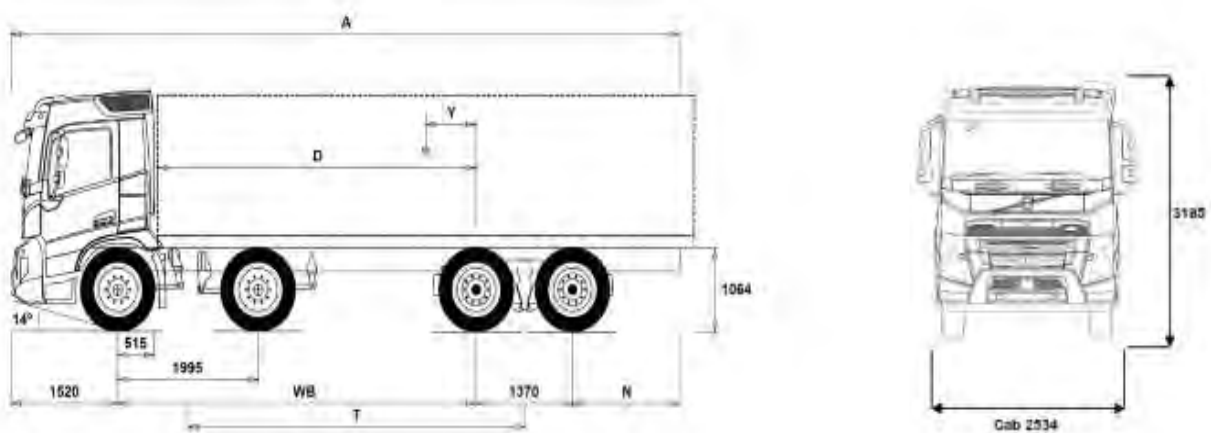
#### 3.3.2.2.1. Volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R

Estos volquetes son usados en mayor parte por las medianas minerías, y este diseño en particular tiene una capacidad de 25m<sup>3</sup> y se acopla a las excavadoras que se mencionaron anteriormente.

##### ❖ Características básicas

- Potencia de motor: 540 Hp
- Velocidad máxima: 42-62 Km/Hr
- Torque: 1050-1450 rpm
- Carga útil: 60 Ton
- Capacidad de tolva: 25m<sup>3</sup>
- Capacidad de combustible: 400Lts

**Figura 12:** Descripción de las medidas del volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R



Fuente: Catalogo volvo

**Figura 13:** EXC. CAT - 349D L y Volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R



*Fuente: Elaboración Propia, en la imagen se aprecia la Excavadora CAT 349D L y el Volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R, que son los equipos utilizados actualmente en el proceso de carguío – acarreo.*

**Figura 14:** Proceso de carguío – acarreo del Tajo Santa Este



*Fuente: Elaboración propia, en la imagen se observa el proceso de carguío – acarreo del tajo Santa Este.*

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

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos tomados en el lugar de estudio en los frentes de trabajo de la operación de minado en el tajo Santa Este, como las diferentes fuentes afines al tema se lograron mediante la aplicación de los siguientes ítems:

#### **3.4.1. Técnicas de recolección de datos**

- Observación directa
- Entrevistas
- Encuestas
- Revisión bibliográfica

#### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

- Ficha de observación.
- Guía de entrevista.
- Cuestionarios
- Revisión libros, normas y reglamentos

### **3.5. Procesamiento de datos**

Los datos serán procesados mediante una secuencia sistemática relacionando los datos teóricos con los datos numéricos para ver el comportamiento de las variables identificadas y poder demostrar mediante gráficos estadísticos como es el dicho comportamiento.

Estos datos también serán procesados con orden y claridad y por consiguiente relacionados mediante cuadros, tablas los cuales brindarán información de un solo fin en común.



## CAPITULO IV

### EVALUACION DEL PROCESO DE CARGUÍO - ACARREO EN FUNCION AL RENDIMIENTO Y MATCH FACTOR (FACTOR DE ACOMPLAMIENTO)

#### 4.1. ANÁLISIS DEL PROCESO DE CARGUÍO - ACARREO EN EL TAJO SANTA ESTE.

##### 4.1.1. Calculo y análisis del rendimiento, eficiencia en el proceso de carguío - acarreo

Para poder realizar una correcta evaluación de un proceso de carguío y acarreo será necesario conocer los parámetros que tienen los equipos de carguío - acarreo para posteriormente elegir la mejor alternativa.

##### 4.1.2. Rendimiento de los equipos de carguío y acarreo

Para realizar los cálculos de rendimientos de equipos de carguío – acarreo se necesita realizar toma de datos en campo.

##### 4.1.2.1. Rendimiento de los equipos de carguío – excavadoras del Tajo Santa Este

Para el presente estudio se considera las siguientes excavadoras que ya se mencionó líneas atrás, posterior a eso se elegirá el equipo que se acople de mejor manera a los volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R, a continuación, se detalla las excavadoras.

*Tabla 3: Equipos de Carguío que se emplearan para el presente estudio.*

ITEM	EQUIPO DE CARGUIO	MARCA	MODELO	CAPACIDAD CUCHARA (m3)
1	Excavadora	Caterpillar	349D L	3.2
2	Excavadora	Caterpillar	374D L	4.6
3	Excavadora	Caterpillar	390D L	6.0

*Fuente: Elaboración propia, se tomó en cuenta las características básicas de las excavadoras en mención.*

Ya considerando los equipos de carguío en la operación minera, se procedió a la toma de tiempos en el ciclo de carguío para calcular el rendimiento actual de la excavadora 349D L y realizar la simulación de las excavadoras 374D L y 390D L propuestas para su implementación, para lo cual se empleará la ecuación (2).

Para este cálculo necesitamos conocer fundamentalmente la duración del ciclo de carguío de la excavadora 349D L, la cual se calculará con la ecuación (3).

En la operación de minado del tajo Santa Este se mina el mineral y el desmonte, por lo cual la empresa minera Iscaycruz. dimensiono sus equipos asignando 1 excavadora 349D L y los volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R para el carguío de mineral y otra excavadora 349D L y los volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R para el carguío de desmonte.

#### **4.1.2.1.1. Rendimiento de la excavadora CAT 349D L**

La Excavadora CAT 349D L se encuentra actualmente realizando los trabajos de carguío en el punto de carguío del mineral y desmonte para lo cual se tomó datos de campo para realizar el cálculo del rendimiento actual, ya que será un valor fundamental para poder analizar la productividad.

Teniendo esa previa se realizó la toma de tiempos del ciclo de carguío en el punto de carguío de mineral y desmonte y a continuación se muestra dichos valores.

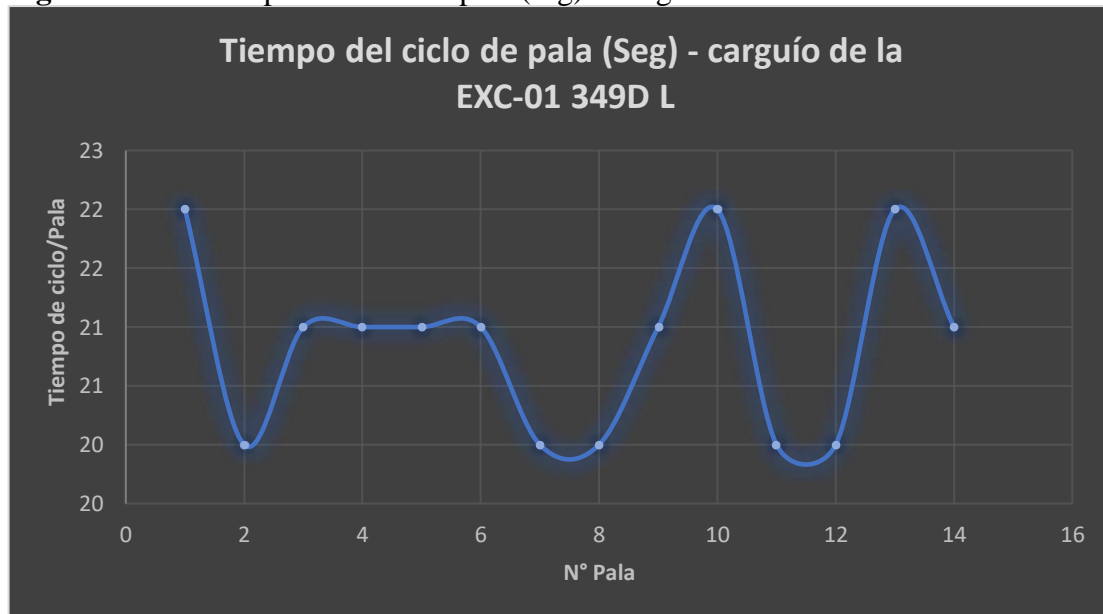
- ❖ **Mineral:** Para realizar el cálculo del rendimiento en el punto de carguío del mineral se considerará los siguientes datos de la tabla 6 que se tomaron en campo y se aplicará la ecuación (2):

**Tabla 4:** Tiempo del ciclo de pala de la excavadora 349D L en mineral

Equipo de carguío 349D L	Tiempo de corte (seg)	Tiempo de levante (seg)	Tiempo de giro (seg)	Tiempo de descarga (seg)	Tiempo de retorno (seg)	Tiempo del Ciclo de la pala (seg)	Tipo de Material
EXC-01	6	3	4	6	3	22	Mineral
EXC-01	5	2	5	5	3	20	Mineral
EXC-01	6	3	4	5	3	21	Mineral
EXC-01	5	2	4	6	4	21	Mineral
EXC-01	4	3	5	6	3	21	Mineral
EXC-01	5	2	5	5	4	21	Mineral
EXC-01	4	3	4	5	4	20	Mineral
EXC-01	4	3	4	4	5	20	Mineral
EXC-01	5	3	4	5	4	21	Mineral
EXC-01	6	2	5	4	5	22	Mineral
EXC-01	4	3	4	5	4	20	Mineral
EXC-01	4	2	4	5	5	20	Mineral
EXC-01	5	3	4	6	4	22	Mineral
EXC-01	5	3	5	4	4	21	Mineral
<b>Promedio</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>21</b>	<b>Mineral</b>

Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra el ciclo de pala para llenar la tolva del volquete en el punto de carguío de mineral, En promedio según la tabla se tiene un total de 21 segundos por pala, este dato será fundamental para el cálculo de rendimiento de la excavadora en el punto de carguío del mineral.

**Figura 15:** Tiempo del ciclo de pala (seg) – carguío de la EXC-01 349D L



Fuente: Elaboración propia, en el grafico se muestra el ciclo de pala por carguío para mineral.

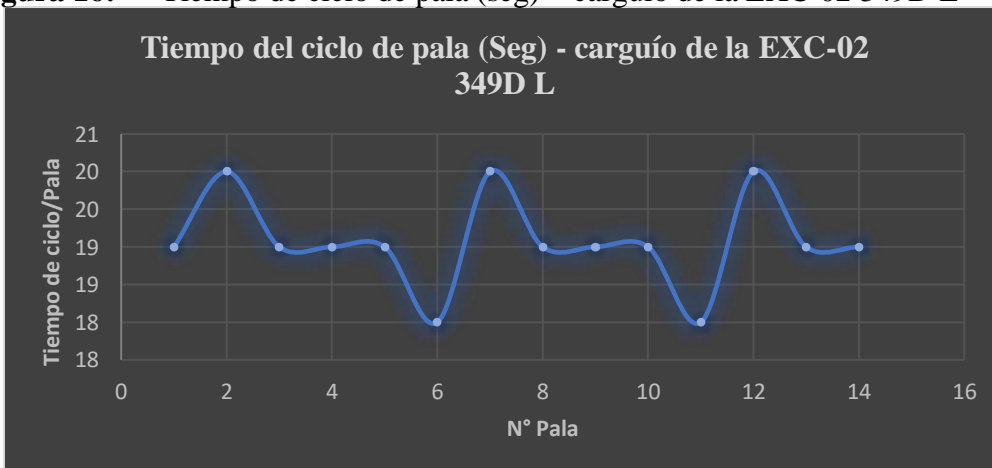
- ❖ **Desmante:** Para el caso del desmante se realizó el mismo procedimiento para obtener el ciclo por cada pala en el punto de carguío del desmante y se aplica la ecuación (2).

**Tabla 5:** Tiempo de ciclo de pala de la excavadora 349D L en desmante.

Equipo de carguío 349D L	Tiempo de corte (seg)	Tiempo de levante (seg)	Tiempo de giro (seg)	Tiempo de descarga (seg)	Tiempo de retorno (seg)	Tiempo de Ciclo de la pala (seg)	Tipo de Material
EXC-02	4	2	5	4	4	19	Desmante
EXC-02	5	3	4	5	3	20	Desmante
EXC-02	5	2	4	4	4	19	Desmante
EXC-02	4	2	5	5	3	19	Desmante
EXC-02	4	3	4	4	4	19	Desmante
EXC-02	4	2	4	4	4	18	Desmante
EXC-02	6	2	4	5	3	20	Desmante
EXC-02	5	2	4	4	4	19	Desmante
EXC-02	4	3	5	4	3	19	Desmante
EXC-02	4	2	4	5	4	19	Desmante
EXC-02	5	2	4	4	3	18	Desmante
EXC-02	4	2	5	5	4	20	Desmante
EXC-02	4	3	4	4	4	19	Desmante
EXC-02	4	3	4	4	4	19	Desmante
<b>Promedio</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>Desmante</b>

Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra el ciclo de pala para llenar la tolva del volquete en el punto de carguío de desmante, En promedio según la tabla se tiene un total de 19 segundos por pala, este dato será fundamental para el cálculo de rendimiento de la excavadora en el punto de carguío del desmante.

**Figura 16:** Tiempo de ciclo de pala (seg) – carguío de la EXC-02 349D L



Fuente: Elaboración propia, en el grafico se muestra el ciclo de pala por carguío para desmante

Teniendo el ciclo por pala en cada punto de carguío del mineral y desmorte se podrá calcular el rendimiento de las 2 excavadoras a continuación, se muestra el resumen.

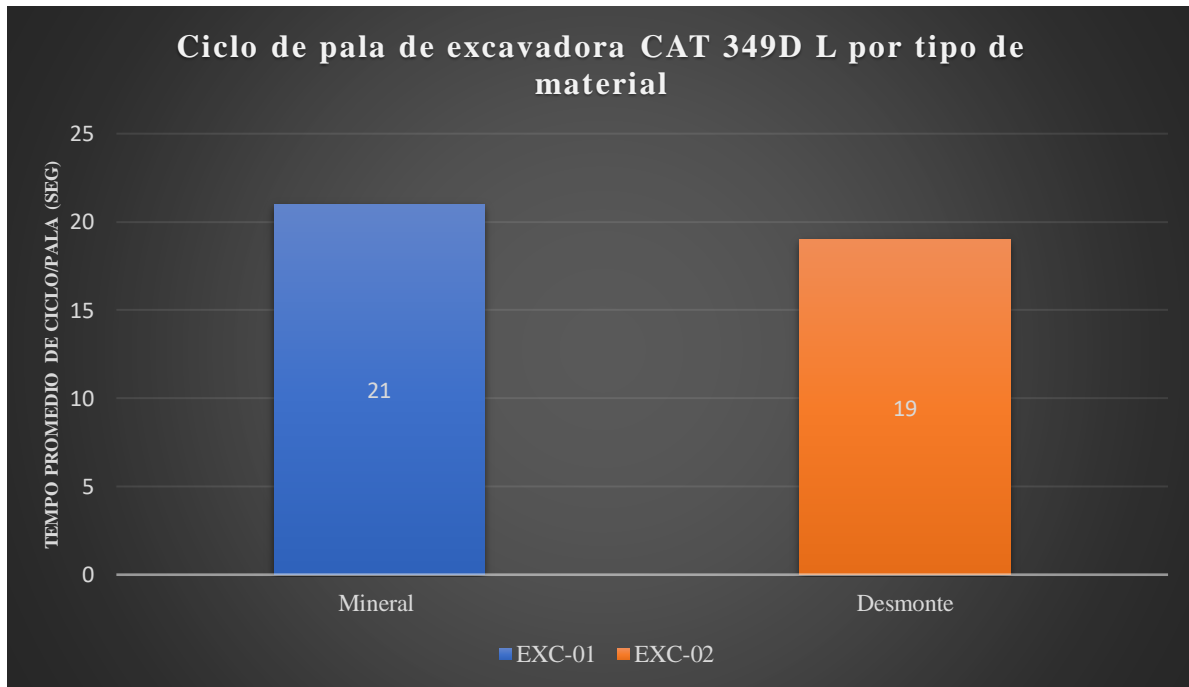
**Tabla 6:** Resumen de tiempos por ciclo de pala para cada material.

Equipos de carguío 349D L	Tiempo promedio del ciclo de pala (seg)	
	Mineral	Desmorte
EXC-01	21	
EXC-02		19

Fuente: Elaboración propia, en la tabla se aprecia el ciclo de cada pala en cada punto de carguío según el tipo de material.

Gráficamente se muestra los datos obtenidos del ciclo de cada pala por el tipo de material de la tabla 6

**Figura 17:** Tiempo promedio de ciclo de pala de la EXC - 349D L por tipo de material



Fuente: Elaboración propia, en la figura se muestra el resumen del ciclo de carguío en cada punto de carguío según el tipo de material.

Según el resumen se aprecia que hay una diferencia en tiempos por ciclo de carguío a pesar de que para los dos puntos de carguío (mineral y desmonte) se asignó el mismo modelo de excavadora CAT 349D L.

Esta diferencia se debe a los diferentes factores que se presentan en los trabajos de cada punto de carguío y a continuación, mencionamos los más fundamentales.

- ❖ Las características y la granulometría del material volado
- ❖ La resistencia y dificultad que el material a cargar ofrece al momento de realizar el carguío del material.
- ❖ Condiciones del área de trabajo para la excavadora.
- ❖ El peso específico según tipo de material ya que en mineral se tiene el plomo siendo este el mineral más pesado.

Con estos datos obtenidos en campo se procede a calcular el rendimiento de cada excavadora en cada punto de carguío (mineral y desmonte) aplicando la ecuación (2)

A continuación, se muestra un cuadro de datos complementarios para el cálculo de rendimiento según la ecuación (2).

**Tabla 7:** Datos para el cálculo de rendimiento en el punto de carguío (mineral y desmonte)

<b>Equipo de carguío EXC - 349D L</b>	<b>Capacidad de cucharón (Q) (m3)</b>	<b>Factor de Eficiencia (E)</b>	<b>Factor de llenado de cucharón (K)</b>	<b>Factor de abundamiento (FV)</b>	<b>Tiempo de un ciclo (T) (Seg)</b>
EXC-01	3.2	0.83	0.65	1.3	21
EXC-02	3.2	0.83	0.70	1.3	19

*Fuente: Elaboración propia, en la tabla se aprecia los datos que servirán para calcular el rendimiento en cada punto de carguío de material (mineral y desmonte)*

Los datos que se muestra en la tabla 7 se calculó de la siguiente manera:

**Capacidad de cucharon (Q):** Según las especificaciones técnicas de la excavadora 349D

L para trabajos exigentes del cucharon la capacidad es de 3.2m<sup>3</sup>.

**Factor de Eficiencia (E):** La minera Iscaycruz en todos sus procesos tiene como estándar demoras establecidas de 10 min por lo cual la excavadora trabaja 50 min efectivamente por cada 60 min de trabajo, entonces se toma la siguiente ecuación para el cálculo.

$$E = \frac{50 \text{ min}}{60 \text{ min}}$$

$$E = 0.83$$

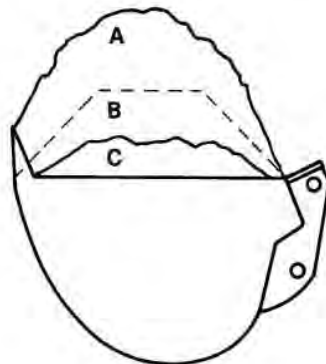
Este dato se tomará en cuenta para todas las maquinas, ya que son horarios establecidos por la misma empresa.

**Factor de llenado del cucharon (K):** Este dato se obtiene en función de la granulometría del material y tipo de material a continuación, mostramos un cuadro indicando el factor de llenado.

**Tabla 8:** Factor de llenado del cucharon para excavadora hidráulica

MATERIAL	Factor de llenado (porcentaje de la capacidad colmada del cucharon)
Marga mojada o arcilla arenosa	A----100-110%
Arena y Grava	B-----95-110%
Arcilla dura y compacta	C-----80-90%
Roca bien fragmentada por voladura	60-75%
Roca mal fragmentada por voladura	40-50%

Fuente: (Cat, 2012)



Para nuestro cálculo se consideró 65% para el factor de llenado en el mineral y 70% para el factor de llenado en desmonte.

**Factor de abundamiento (FV):** El área de geología estimó el factor de esponjamiento de 30% por cada material fragmentado, por lo tanto; el factor de abundamiento es de 1.3.

Ya con todos los datos obtenidos se procede a realizar el cálculo del rendimiento en la ecuación (2)

#### **Rendimiento mineral (EXC-01)**

$$R = \frac{3600 * 3.2 * 0.83 * 0.65}{21 * 1.3}$$
$$R = \frac{6,215.04}{27.3} = 227.66 \text{ m}^3/\text{hr}$$

#### **Rendimiento desmonte (EXC-02)**

$$R = \frac{3600 * 3.2 * 0.83 * 0.70}{19 * 1.3}$$
$$R = \frac{6,693.12}{24.7} = 270.98 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Estos datos serán fundamentales para el dimensionamiento de la flota y poder calcular los costos en la operación mina.

#### **4.1.2.1.2. Rendimiento de la excavadora CAT 374D L**

La excavadora 374D L es la excavadora que se propone para la implementación en uno de los puntos de carguío para reducir las colas en los puntos de carguío.

Para lo cual se realiza el análisis del rendimiento y costo operativo aplicando Match Factor (Factor de acoplamiento).

A continuación, se muestra los datos de la excavadora 374D L que servirá para realizar el cálculo de los rendimientos.



**Tabla 9:** Datos de la excavadora 374D L para el cálculo del rendimiento en el carguío (Mineral y desmonte)

Equipo de carguío EXC - 374D L	Capacidad de cucharón (Q) (m3)	Factor de Eficiencia (E)	Factor de llenado de cucharón (K)	Factor de abundamiento (FV)	Tiempo de un ciclo (T) (Seg)
EXC-01	4.6	0.83	0.65	1.3	24
EXC-02	4.6	0.83	0.70	1.3	22

Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra los datos de la excavadora 374D L que servirá para el cálculo del rendimiento según tipo de material (Mineral y Desmonte).

Los datos que se muestra en la tabla 9 se calculó y se obtuvo de la siguiente manera:

**Capacidad de cucharón (Q):** Según las especificaciones técnicas de la excavadora 374D L para trabajos exigentes del cucharón la capacidad es de 4.6 m3.

**Factor de Eficiencia (E):** La minera Iscaycruz en todos sus procesos tiene como estándar demoras establecidas de 10 min por lo cual la excavadora trabaja 50 min efectivamente por cada 60 min de trabajo, entonces se toma la siguiente ecuación para el cálculo.

$$E = \frac{50 \text{ min}}{60 \text{ min}}$$

$$E = 0.83$$

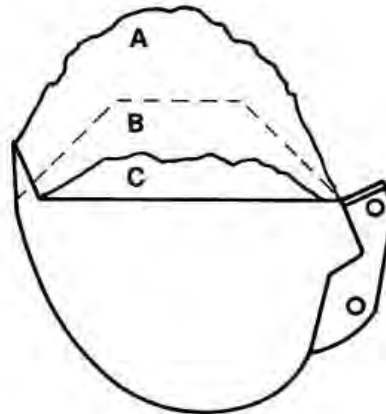
Este dato se tomará en cuenta para todas las maquinas, ya que son horarios establecidos por la misma empresa.

**Factor de llenado del cucharón (K):** Este dato se obtiene en función de la granulometría del material y tipo de material a continuación, mostramos un cuadro indicando el factor de llenado.

**Tabla 10:** Factor de llenado del cucharon para excavadora hidráulica

MATERIAL	Factor de llenado (porcentaje de la capacidad colmada del cucharon)
Marga mojada o arcilla arenosa	A----100-110%
Arena y Grava	B-----95-110%
Arcilla dura y compacta	C-----80-90%
Roca bien fragmentada por voladura	60-75%
Roca mal fragmentada por voladura	40-50%

Fuente: (Cat, 2012)



Para nuestro cálculo se consideró 65% para el factor de llenado en el mineral y 70% para el factor de llenado en desmonte.

**Factor de abundamiento (FV):** El área de geología estimó el factor de esponjamiento de 30% por cada material fragmentado, por lo tanto; el factor de abundamiento es de 1.3.

Ya con todos los datos obtenidos se procede a realizar el cálculo del rendimiento en la ecuación (2)

**Rendimiento mineral (EXC-01)**

$$R = \frac{3600 * 4.6 * 0.83 * 0.65}{24 * 1.3}$$

$$R = \frac{8,934.12}{31.2} = 286.35 \text{ m}^3/\text{hr}$$

### Rendimiento desmante (EXC-02)

$$R = \frac{3600 * 4.6 * 0.83 * 0.70}{22 * 1.3}$$

$$R = \frac{9,621.36}{28.6} = 336.41 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Estos datos serán fundamental para la simulación del nuevo dimensionamiento de la flota y calcular el costo beneficio en ciclo de carguío – acarreo.

#### 4.1.2.1.3. Rendimiento de la excavadora 390D L

La excavadora 390D L es otra excavadora que se propone para la implementación en uno de los puntos de carguío para reducir las colas en los puntos de carguío.

A continuación, se muestra los datos de la excavadora 390D L que servirá para realizar el cálculo de los rendimientos.

**Tabla 11:** Datos de la excavadora 390D L para el cálculo de rendimiento en el carguío (Mineral y desmante)

Equipo de carguío 390D L	Capacidad de cucharón (Q) (m <sup>3</sup> )	Factor de Eficiencia (E)	Factor de llenado de cucharón (K)	Factor de abundamiento (FV)	Tiempo de un ciclo (T) (Seg)
EXC-01	6.0	0.83	0.65	1.3	27
EXC-02	6.0	0.83	0.70	1.3	25

*Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra los datos de la excavadora 390D L que servirá para el cálculo del rendimiento según tipo de material (Mineral y Desmante).*

Los datos que se muestra en la tabla 11 se calculó y se obtuvo de la siguiente manera:

**Capacidad de cucharón (Q):** Según las especificaciones técnicas de la excavadora 390D

L para trabajos exigentes del cucharón la capacidad es de 6.0 m<sup>3</sup>.

**Factor de Eficiencia (E):** La minera Iscaycruz en todos sus procesos tiene como estándar demoras establecidas de 10 min por lo cual la excavadora trabaja 50 min efectivamente por cada 60 min de trabajo, entonces se toma la siguiente ecuación para el cálculo.

$$E = \frac{50 \text{ min}}{60 \text{ min}}$$

$$E = 0.83$$

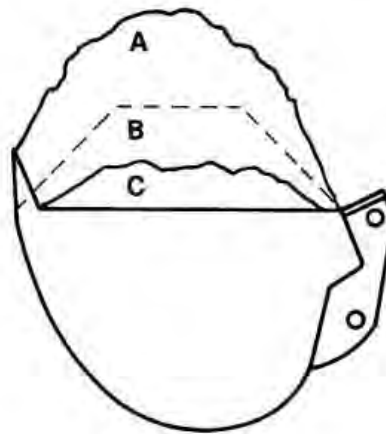
Este dato se tomará en cuenta para todas las maquinas, ya que son horarios establecidos por la misma empresa.

**Factor de llenado del cucharón (K):** Este dato se obtiene en función de la granulometría del material y tipo de material a continuación, mostramos un cuadro indicando el factor de llenado.

**Tabla 12:** Factor de llenado del cucharón para excavadora hidráulica

MATERIAL	Factor de llenado (porcentaje de la capacidad colmada del cucharón)
Marga mojada o arcilla arenosa	A----100-110%
Arena y Grava	B-----95-110%
Arcilla dura y compacta	C-----80-90%
Roca bien fragmentada por voladura	60-75%
Roca mal fragmentada por voladura	40-50%

Fuente: (Cat, 2012)



Para nuestro cálculo se consideró 65% para el factor de llenado en el mineral y 70% para el factor de llenado en desmonte.

**Factor de abundamiento (FV):** El área de geología estimó el factor de esponjamiento de 30% por cada material fragmentado, por lo tanto; el factor de abundamiento es de 1.3.

Ya con todos los datos obtenidos se procede a realizar el cálculo del rendimiento en la ecuación (2)

#### **Rendimiento mineral (EXC-01)**

$$R = \frac{3600 * 6.0 * 0.83 * 0.65}{27 * 1.3}$$

$$R = \frac{11,653.2}{35.1} = 332 \text{ m}^3/\text{hr}$$

#### **Rendimiento desmonte (EXC-02)**

$$R = \frac{3600 * 6.0 * 0.83 * 0.70}{25 * 1.3}$$

$$R = \frac{12,549.6}{32.5} = 386.14 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Estos datos serán fundamental para la simulación del nuevo dimensionamiento de la flota y calcular el costo beneficio en ciclo de carguío – acarreo.

#### **4.1.2.1.4. Resumen de Rendimientos calculados de las excavadoras CAT 349D L, CAT 374D L y CAT 390D L**

Este resumen que se detalla a continuación será de mucha importancia ya que podremos observar el rendimiento de la excavadora actual 349D L en función a las excavadoras que se están proponiendo para su implementación, EXC CAT - 374D L y excavadora CAT - 390D L, y así proponer la excavadora que más se adecue a la cantidad de volquetes asignados a cada punto de carguío mineral – desmonte.

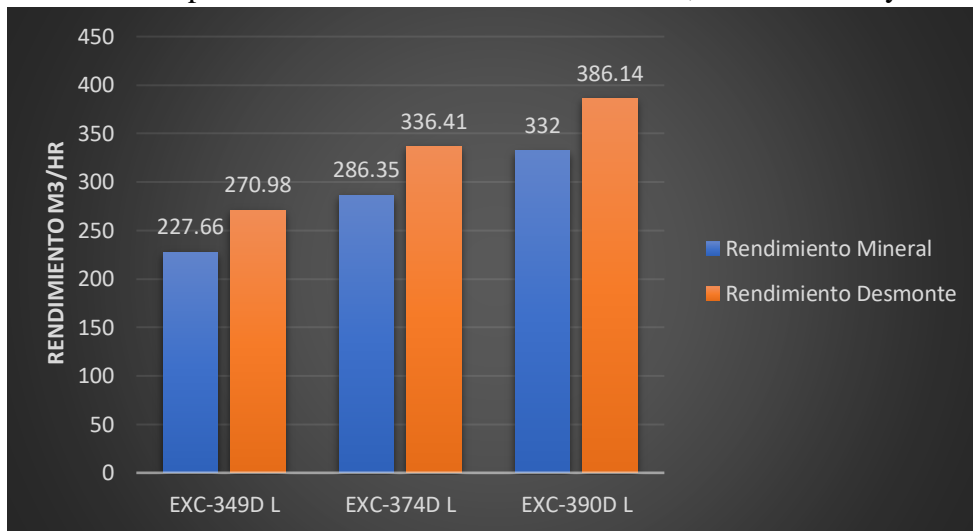
**Tabla 13:** Comparación de rendimientos de las excavadoras 349D L, 374D L y 390D L

Rendimiento de excavadora según tipo de material (Mineral y Desmorte) m <sup>3</sup> /hr		
Equipo de carguío	Mineral	Desmorte
EXC-349D L	227.66	270.98
EXC-374D L	286.35	336.41
EXC-390D L	332.00	386.14

Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra un resumen comparativo de rendimientos de equipos de carguío según tipo de material Mineral y Desmorte.

A continuación, se muestra gráficamente la tabla 13.

**Figura 18:** Comparativo de rendimientos EXC-349D L, EXC-374D L y EXC-390D L



Fuente: Elaboración propia, en el gráfico se muestra un resumen de los rendimientos en el mineral y desmorte de la EXC-349D L, EXC 374D L y EXC-390D L

#### 4.1.2.2. Rendimiento del volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R

Para el cálculo del rendimiento del volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R asignado para cada punto de carguío de mineral y desmorte respectivamente se tomará en cuenta la ecuación (4).

Cabe mencionar que en la unidad minera la velocidad de recorrido con carga es de 17 Km/hr y la velocidad de recorrido descargado es de 20 Km/hr.

Para este cálculo se debe calcular primeramente el ciclo de acarreo de cada volquete empleando la ecuación (5):

Teniendo esa previa se procedió a realizar la toma de tiempos para calcular el ciclo de cada volquete en cada punto asignado (mineral y desmonte).

- ❖ **Mineral:** Para el cálculo de tiempos del mineral dentro de la operación mina se tomó en cuenta el punto de carguío del mineral y el punto de descarga donde está ubicado la chancadora primaria, esta ruta de acarreo tiene un total de 8 Km de distancia, que tiene forma espiral, a continuación; se muestra la toma de datos considerando la ecuación (5).

**Tabla 14:** *Tiempo de ciclo por volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R en mineral*

<b>Volquete FMX 540 MAX 8x4R</b>	<b>Maniobras y posicionamiento (min)</b>	<b>Tiempo de ida (min)</b>	<b>Tiempo de descarga (min)</b>	<b>Tiempo de vuelta (min)</b>	<b>Tiempo total (min)</b>	<b>Tipo de material</b>
1	0.40	28.20	1.20	24.50	54.30	Mineral
2	0.39	29.00	1.25	23.60	54.24	Mineral
3	0.41	28.50	1.30	24.10	54.31	Mineral
4	0.40	31.00	1.28	23.80	56.48	Mineral
5	0.38	32.00	1.40	24.60	58.38	Mineral
6	0.39	29.50	1.42	22.90	54.21	Mineral
7	0.43	28.40	1.23	22.50	52.56	Mineral
8	0.45	30.00	1.28	23.60	55.33	Mineral
9	0.39	29.40	1.32	23.70	54.81	Mineral
10	0.35	28.00	1.40	24.40	54.15	Mineral
11	0.38	30.20	1.33	22.80	54.71	Mineral
12	0.40	31.15	1.28	23.00	55.83	Mineral
13	0.44	33.00	1.22	24.90	59.56	Mineral
14	0.38	34.00	1.29	25.00	60.67	Mineral
15	0.45	29.80	1.36	23.50	55.11	Mineral
<b>Promedio</b>	<b>0.40</b>	<b>30.14</b>	<b>1.30</b>	<b>23.79</b>	<b>55.64</b>	<b>Mineral</b>

*Fuente: elaboración propia, en la tabla se muestra tiempos de ciclos por viaje para el mineral.*

En promedio según la tabla 14 se tiene un total de 55.64 minutos por ciclo de viaje en acarreo de mineral, este dato será fundamental para el cálculo de rendimiento del volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R en acarreo de mineral.

- ❖ **Desmante:** para el punto de inicio del desmante se considera el punto de carguío del desmante, y el punto final de acarreo que es el botadero Tinyag, La ruta de ese tramo es de 6 Km, a continuación; se muestra la toma de datos y cálculo de tiempos según ecuación (5).

**Tabla 15:** *Tiempo de ciclo por volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R en desmante*

<b>Volquete FMX 540 MAX 8x4R</b>	<b>Posicionamiento del camión para carguío (min)</b>	<b>Tiempo de ida (min)</b>	<b>Tiempo de descarga (min)</b>	<b>Tiempo de vuelta (min)</b>	<b>Tiempo total (min)</b>	<b>Tipo de material</b>
1	0.38	21.00	1.24	18.00	40.62	Desmante
2	0.37	21.80	1.27	18.40	41.84	Desmante
3	0.41	22.00	1.22	18.68	42.31	Desmante
4	0.37	22.60	1.27	18.90	43.14	Desmante
5	0.42	23.10	1.23	19.00	43.75	Desmante
6	0.44	20.80	1.30	18.30	40.84	Desmante
7	0.39	21.30	1.33	19.10	42.12	Desmante
8	0.41	22.80	1.28	18.50	42.99	Desmante
9	0.46	21.50	1.25	19.60	42.81	Desmante
10	0.38	20.60	1.32	19.00	41.30	Desmante
11	0.41	20.90	1.37	18.24	40.92	Desmante
12	0.36	22.30	1.31	17.80	41.77	Desmante
13	0.39	21.20	1.28	19.60	42.47	Desmante
14	0.37	22.00	1.21	18.20	41.78	Desmante
15	0.43	21.40	1.29	18.90	42.02	Desmante
<b>Promedio</b>	<b>0.40</b>	<b>21.69</b>	<b>1.28</b>	<b>18.68</b>	<b>42.05</b>	<b>Desmante</b>

*Fuente: elaboración propia, en la tabla se muestra tiempos de ciclos por viaje para el desmante.*

En promedio según la tabla 15 se tiene un total de 42.05 minutos por ciclo de viaje en acarreo de desmante, este dato será fundamental para el cálculo de rendimiento del volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R en acarreo de desmante.



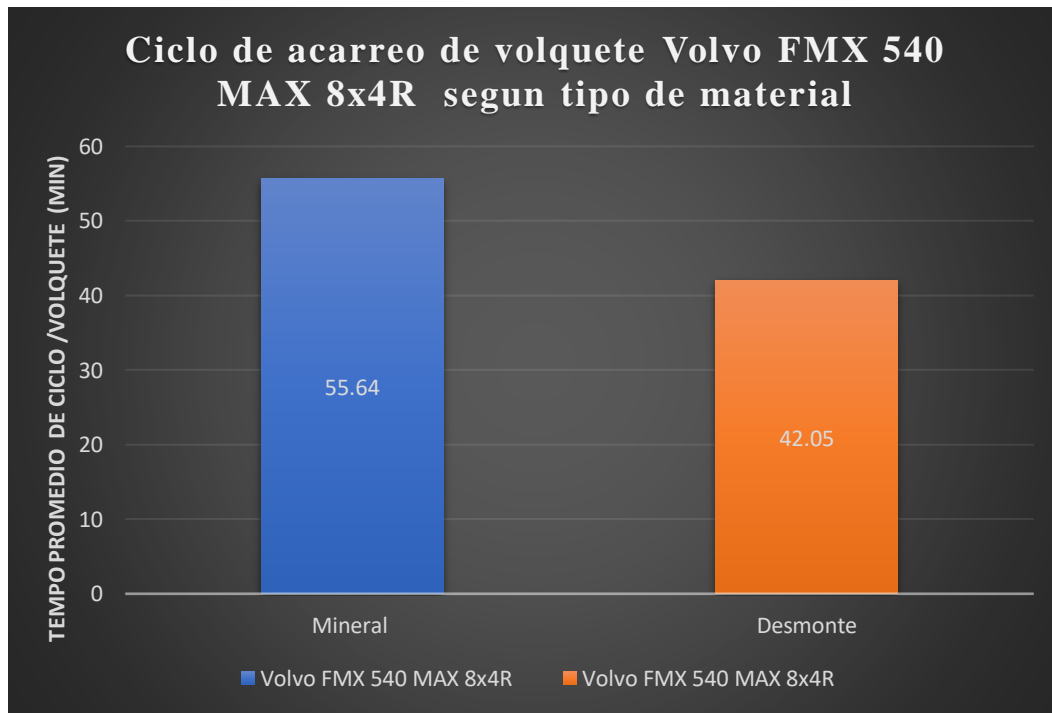
A continuación, se muestra un resumen de todos los cálculos realizados con anterioridad, para poder realizar el cálculo de rendimiento de los volquetes.

**Tabla 16:** Resumen de ciclo de volquete por material

ITEM	Tiempo por ciclo (min)	
	Mineral	Desmante
1	55.64	
2		42.05

Fuente: Elaboración propia, en el cuadro se observa el resumen en promedio por ciclo de cada volquete según el tipo de material.

**Figura 19:** Tiempo promedio de ciclo de acarreo del volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R según tipo de material (mineral y desmante)



Fuente: Elaboración propia, en la figura se aprecia el resumen del tiempo promedio que realiza cada volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R según tipo de material (mineral y desmante)

A continuación, se muestra un cuadro de datos complementarios para el cálculo de rendimiento según la ecuación (4)

**Tabla 17:** Datos para el cálculo de rendimiento de acarreo para el (mineral y desmonte)

Material	Capacidad de tolva (Q) (M3)	Factor de eficiencia (E)	Tiempo de un ciclo (T), (min)
Mineral	25	0.83	55.64
Desmonte	25	0.83	42.05

Fuente: Elaboración propia, en la siguiente tabla se muestra un resumen que servirá para realizar el cálculo del rendimiento del equipo de acarreo en la zona de mineral y desmonte.

A continuación, explicaremos los datos que se muestra en la tabla 17.

- ❖ **Capacidad de tolva (Q):** Según ficha técnica los volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R cargan hasta 25m<sup>3</sup> de material, para su acarreo correspondiente.
- ❖ **Factor de Eficiencia (E):** La minera Iscaycruz en todos sus procesos tiene como estándar demoras establecidas de 10 min por lo cual cada volquete trabaja efectivamente 50 min por cada 60 min de trabajo, entonces se toma la siguiente ecuación para el cálculo.

$$E = \frac{50 \text{ min}}{60 \text{ min}}$$

$$E = 0.83$$

Ya justificando los datos se procede a realizar el cálculo de rendimiento según la ecuación (4) tal como se muestra a continuación.

- ❖ **Rendimiento de acarreo en mineral**

$$R = \frac{Q * 60 * E}{T} ; m3/hr$$

$$R = \frac{25 * 60 * 0.83}{55.64}$$

$$R = \frac{1245}{55.64} = 22.38 \text{ m3/hr}$$

❖ **Rendimiento de acarreo en desmonte**

$$R = \frac{Q * 60 * E}{T} ; m3/hr$$

$$R = \frac{25 * 60 * 0.83}{42.05}$$

$$R = \frac{1245}{42.05} = 29.61 m3/hr$$

Una vez obtenido los datos de rendimiento de acarreo junto con los rendimientos de los equipos de carguío podremos realizar el dimensionamiento de la flota de carguío – acarreo, así mismo podremos calcular el costo del carguío – acarreo en el tajo Santa Este.

**4.1.3. Aplicación del factor de acoplamiento (Match Factor) y cálculo de indicadores económicos para la operación de carguío - acarreo del tajo Santa Este**

Para realizar los cálculos de los indicadores económicos y la aplicación del Match factor, aplicaremos los rendimientos ya calculados líneas atrás para poder interpretar la distribución de equipos en el proceso de carguío – acarreo.

**4.1.3.1. Aplicación del Factor de acoplamiento (Match Factor) para el carguío – acarreo en la operación mina del tajo Santa Este**

Para el cálculo del Factor de Acoplamiento (Match factor) y realizar la interpretación se tomará en cuenta la ecuación (1) y los cálculos de los rendimientos de los equipos asignados para mineral y desmonte.

**4.1.3.1.1. Factor de acoplamiento (Match Factor) para la Excavadora 349D L y los volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R en Mineral.**

Para el cálculo de la distribución de equipos asignados para trabajos de carguío – acarreo en mineral se tomará en cuenta los rendimientos ya calculados con anterioridad, a continuación, se muestra la tabla.

**Tabla 18:** Rendimientos del equipo de carguío 349D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en mineral

Equipo	Rendimiento (m3/hr)
	Mineral
Excavadora 349D L	227.66
Volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R	22.38

Elaboración propia, En la tabla se aprecia los rendimientos de los equipos de carguío – acarreo, asignados para el Mineral.

Con estos datos se podrá aplicar el factor de acoplamiento (Match Factor) y así calcular la distribución de equipos e interpretar el costo/beneficio para este proceso de carguío – acarreo.

Para la aplicación del Match factor consideraremos MF=1, ya que la teoría indica que es un acoplamiento óptimo, y así saber el número de volquetes que se debe asignar para el mineral.

$$1 = \frac{N * 22.38}{1 * 227.66}$$

$$N = \frac{227.66}{22.38} = 10.17 = \mathbf{10 \text{ Volquetes}}$$

Redondeando el cálculo, el número de camiones óptimo para el carguío en mineral es de 10 Volquetes.

Con esto se tiene que para la excavadora que trabajo en el mineral se debe asignar 10 volquetes, esto según los datos que se obtuvo en campo, para esto no se ve reflejado en campo ya que la excavadora realiza los trabajos con 14 Volquetes, con esto concluimos que la productividad está en perdida.

frente a esto nos surge una nueva incógnita: **¿cuánto tiempo tienen que esperar los volquetes en el punto de carguío del mineral?**

Por lo tanto, el tiempo de espera de los camiones en cada uno de los ciclos, puede calcularse mediante la ecuación (6):

$$Et = (N - 1)Tc - Tt$$

Donde el tiempo de ciclo por viaje (Tt) en mineral se calculó en la tabla 14 y es de 55.64 min/volquete, el tiempo de carguío (Tc) en mineral se calcula de la siguiente manera:

$$\textit{Tiempo de carguío (min.)} = Te * Np$$

Donde:

**Te:** Tiempo de ciclo del equipo de carguío (excavadora) (min.)

**Np:** Numero de pases.

El tiempo por pase de la Excavadora 349D L en el punto de carguío del mineral se calculó en la tabla 6 y es de 21seg./ Pase = 0.35min./Pase.

El número de pases se calcula de la siguiente manera.

$$Np = \frac{\textit{Capac. volquete (m3)}}{\textit{Capac. Cuchara (m3)}}$$

$$Np = \frac{25 \text{ m3}}{3.2\text{m3} * 0.65}$$

$$Np = 12.2 = \mathbf{13 \textit{ Pases por volquete}}$$

$$\textit{Tiempo de carguío (min.)} = 0.35\textit{min./pase} * 13\textit{Pase/volquete}$$

$$\textit{Tiempo de carguío (min.)} = 4.55\textit{min./volquete}$$

se adiciona el tiempo de culateo para el carguío de cada volquete de 45 seg. = 0.75min

$$\textit{Tiempo de carguío (min.)} = 4.55\textit{min./volquete} + 0.75\textit{min.}$$

$$\mathbf{\textit{Tiempo de carguío (min.)} = 5.3\textit{min./volquete (Mineral)}}$$

Ahora reemplazamos en la ecuación (6) para calcular el tiempo de espera del volquete por cola, en el punto de carguío del mineral.

$$Et = (N - 1)Tc - Tt$$

$$Et = (14 - 1)5.3 - 55.64$$

$$Et = 13.26min = \text{Tiempo de espera por cola (Mineral)}$$

Con lo calculado podemos interpretar que el volquete está perdiendo tiempo de 13.26 minutos por viaje en el punto de carguío del mineral producto de las colas generando acumulativamente sobrecostos para la empresa minera.

Ahora calcularemos el número de volquetes que se debe asignar en el punto de carguío del mineral en función al ciclo de acarreo y tiempo de carguío, para lo cual se tiene lo siguiente.

$$N^{\circ}volquetes = \frac{\text{Ciclo de acarreo}}{\text{Tiempo de carguío/volq.}}$$

$$N^{\circ}volquetes = \frac{55.64 \text{ min}}{5.3 \text{ min/volquete}}$$

$$N^{\circ}volquetes = 10.4 = \mathbf{10 Volquetes}$$

De la misma manera el cálculo en función al ciclo de acarreo y tiempo de carguío nos da que la excavadora CAT 349D L en el mineral solo debe realizar los trabajos con 10 volquetes, pero actualmente se tiene 14, y se reafirma que existe cola en el punto de carguío del mineral.

#### ❖ **Cálculo del nuevo rendimiento en mineral aplicando Match Factor**

A continuación, calculamos el nuevo rendimiento de la excavadora CAT 349D L para que el Match Factor sea igual a 1 (MF=1), y sea el acoplamiento óptimo en función al número de volquetes asignados para este punto de carguío.

$$P. \text{Cargadora} = (N * P. \text{volquete})$$

$$P. \text{Cargadora} = 10 * 22.38 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$P. \text{Cargadora} = 223.8 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Esto significa que el rendimiento de la excavadora se reduce en 1.7% (3.86 m<sup>3</sup>/hr), debido a que la excavadora sede su rendimiento al 100% para que los volquetes realicen la máxima producción.

**Figura 20:** Carguío de la EXC-349D L a los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R (Mineral)



*Fuente: Elaboración propia, en la imagen se aprecia las colas de los volquetes, en el punto de carguío del mineral.*

#### 4.1.3.1.2. Factor de acoplamiento (Match Factor) para la Excavadora 349D L y el volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R en Desmante.

Para el cálculo de la distribución de equipos, excavadora CAT 349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R asignados para trabajos de carguío – acarreo en desmante se tomará en cuenta los rendimientos ya calculados con anterioridad, a continuación, se muestra la tabla.

**Tabla 19:** Rendimientos del equipo de carguío 349D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en desmante

Equipo	Rendimiento (m <sup>3</sup> /hr) Desmante
Excavadora 349D L	270.98
Volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R	29.61

*Elaboración propia, En la tabla se aprecia los rendimientos de los equipos de carguío – acarreo, para el Desmante.*

Para la aplicación del Match factor consideraremos MF=1, ya que la teoría indica que es un acoplamiento óptimo, con este cálculo se obtendrá el número de volquetes que se debe asignar para el desmante.

$$1 = \frac{N * 29.61}{1 * 270.98}$$

$$N = \frac{270.98}{29.61} = 9.15 = \mathbf{9 Volquetes}$$

Redondeando el cálculo al inmediato inferior, el número de camiones óptimo para el carguío en desmante es de 9 Volquetes.

Con esto se tiene que para la excavadora que trabajo en el desmante se debe asignar 9 volquetes, esto según los datos que se obtuvo en campo, para esto no se ve reflejado en campo ya que la excavadora realiza los trabajos con 11 Volquetes, con esto concluimos que la productividad está en perdida.

frente a esto nos surge una nueva incógnita: **¿cuánto tiempo tienen que esperar los volquetes en el punto de carguío del desmante?**

Por lo tanto, el tiempo de espera de los camiones en cada uno de los ciclos, puede calcularse mediante ecuación (6):

$$Et = (N - 1)Tc - Tt$$

Donde el tiempo de ciclo por viaje (Tt) en desmante se calculó en la tabla 15 y es de 42.05 min/volquete, el tiempo de carguío (Tc) en desmante se calcula de la siguiente manera:

$$Tiempo\ de\ carguío\ (min.) = Te * Np$$

El tiempo por pase de la Excavadora 349D L en el punto de carguío del desmante se calculó en la tabla 7 y es de 19 seg/ Pase = 0.32 min/Pase.

El número de pases se calcula de la siguiente manera.



$$Np = \frac{\text{Capac. volquete (m3)}}{\text{Capac. Cuchara (m3)}}$$

$$Np = \frac{25 \text{ m3}}{3.2\text{m3} * 0.70}$$

$$Np = 11.2 = \mathbf{12 \text{ Pases por volquete}}$$

$$\text{Tiempo de carguío (min.)} = 0.32\text{min./pase} * 12\text{Pase/volquete}$$

$$\text{Tiempo de carguío (min.)} = 3.84\text{min./volquete}$$

se adiciona el tiempo de culateo para el carguío de cada volquete de 45 seg = 0.75 min

$$\text{Tiempo de carguío (min.)} = 3.84\text{min./volquete} + 0.75\text{min.}$$

$$\mathbf{\text{Tiempo de carguío (min.)} = 4.59\text{min./volquete (Desmorte)}}$$

Ahora reemplazamos en la ecuación (6) para calcular el tiempo de espera del volquete por cola, en el punto de carguío del desmorte.

$$Et = (N - 1)Tc - Tt$$

$$Et = (11 - 1)4.59 - 42.05$$

$$Et = 3.88\text{min} = \mathbf{\text{Tiempo de espera por cola (Desmorte)}}$$

Con lo calculado podemos interpretar que el volquete está perdiendo tiempo de 3.88 minutos en el punto de carguío del desmorte producto de las colas generando acumulativamente sobrecostos para la empresa minera.

Ahora calcularemos el número de volquetes que se debe asignar en el punto de carguío del desmorte en función al ciclo de acarreo y tiempo de carguío, para lo cual se tiene:

$$N^{\circ}\text{volquetes} = \frac{\text{Ciclo de acarreo}}{\text{Tiempo de carguío/volq.}}$$

$$N^{\circ}\text{volquetes} = \frac{42.05 \text{ min}}{4.59 \text{ min/volquete}}$$

$$N^{\circ}\text{volquetes} = 9.16 = \mathbf{9 \text{ Volquetes}}$$

De la misma manera el cálculo en función al ciclo de acarreo y tiempo de carguío nos da que la excavadora CAT 349D L en el desmote solo debe realizar los trabajos con 9 volquetes, pero actualmente se tiene 11, y se reafirma que existe cola en el punto de carguío del desmote.

#### ❖ Cálculo del nuevo rendimiento en desmote aplicando Match Factor

A continuación, calculamos el nuevo rendimiento de la excavadora CAT 349D L para que el Match Factor sea igual a 1 (MF=1), y sea el acoplamiento optimo en función al número de volquetes asignados para este punto de carguío.

$$P. \text{Cargadora} = 9 * 29.61 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$P. \text{Cargadora} = 266.49 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Esto significa que el rendimiento de la excavadora se reduce en 1.7% (4.49 m<sup>3</sup>/hr), debido a que la excavadora sede su rendimiento al 100% para que los volquetes realicen la máxima producción.

**Figura 21:** Carguío de la EXC-349D L a los volquetes FMX 540 MAX 8x4R (Desmote)



Volquete Esperando para su carguío, así mismo 1 volquete está en llegada.

Fuente: Elaboración propia, en la imagen se aprecia las colas de los volquetes, en el punto de carguío del desmote

**4.1.3.1.3. Factor de acoplamiento (Match Factor) para la Excavadora 374D L y el volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R en mineral.**

Para el cálculo de la nueva distribución de equipos de carguío - acarreo, excavadora CAT 374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en mineral, se tomará en cuenta los rendimientos para la EXC 374D L ya calculados con anterioridad, a continuación, se muestra la tabla 20 indicando el resumen.

**Tabla 20:** *Rendimientos del equipo de carguío 374D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en mineral*

Equipo	Rendimiento (m3/hr)
	Mineral
Excavadora 374D L	286.35
Volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R	22.38

*Fuente: Elaboración propia, en el cuadro se muestra el resumen de los rendimientos de los equipos de carguío – acarreo que se propone en mineral.*

Con estos datos se podrá aplicar el factor de acoplamiento (Match Factor) y así calcular la distribución de equipos e interpretar el costo/beneficio para este proceso de carguío – acarreo.

Para la aplicación del Match factor consideraremos MF=1, ya que la teoría indica que es un acoplamiento óptimo, y así saber el número de volquetes que se debe asignar para el mineral.

$$1 = \frac{N * 22.38}{1 * 286.35}$$

$$N = \frac{286.35}{22.38} = 12.79 = \mathbf{12 \text{ volquetes}}$$

Redondeando el cálculo, el número de camiones óptimo para el carguío en mineral es de 12 Volquetes.

Con esto se tiene que para la excavadora 374D L en el punto de carguío de mineral se debe asignar 12 volquetes, esto según Match Factor (Factor de acoplamiento), pero a la actualidad se tiene 14 volquetes y la excavadora 374D L no es la adecuada para este punto de carguío ya que según el cálculo en el punto de carguío esperarían 2 volquetes.

A continuación, calculamos el nuevo rendimiento de la excavadora CAT 374D L en el mineral para que el Match Factor sea igual a 1 (MF=1), y sea el acoplamiento optimo en función al número de volquetes asignados para este punto de carguío.

$$P. Cargadora = (N * P. volquete)$$

$$P. Cargadora = 12 * 22.38 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$P. Cargadora = 268.56 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Esto significa que el rendimiento de la excavadora se reduce en 6.2% (17.79 m<sup>3</sup>/hr), debido a que la excavadora sede su rendimiento al 100% para que los volquetes realicen la máxima producción.

#### **4.1.3.1.4. Factor de acoplamiento (Match Factor) para la Excavadora 374D L y el volquete**

##### **Volvo FMX 540 MAX 8x4R en desmonte.**

Para el cálculo de la nueva distribución de equipos de carguío - acarreo, excavadora CAT 374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en desmonte, se tomará en cuenta los rendimientos para la EXC 374D L ya calculados con anterioridad, a continuación, se muestra la tabla 21 indicando el resumen.

**Tabla 21:** Rendimientos del equipo de carguío 374D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en desmante

<b>Equipo</b>	<b>Rendimiento (m3/hr)</b>
	<b>Desmante</b>
Excavadora 390D L	336.41
Volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R	29.61

Fuente: Elaboración propia, en el cuadro se muestra el resumen de los rendimientos de los equipos de carguío – acarreo que se propone en desmante.

Para la aplicación del Match factor consideraremos MF=1, ya que la teoría indica que es un acoplamiento optimo, y así saber el número de volquetes que se debe asignar para el desmante.

$$1 = \frac{N * 29.61}{1 * 336.41}$$

$$N = \frac{336.41}{29.61} = 11.36 = \mathbf{11 \text{ Volquetes}}$$

Con esto se tiene que para la excavadora 374D L en el punto de carguío de desmante se debe asignar 11 volquetes, esto según Match Factor (Factor de acoplamiento), siendo optimo ya que actualmente se tiene asignado 11 volquetes en el punto de carguío del desmante.

**Con este dimensionamiento en el punto de carguío del desmante no habrá tiempos improductivos (colas) ni tiempos de espera de los volquetes.**

A continuación, calculamos el nuevo rendimiento de la excavadora CAT 374D L en el desmante para que el Match Factor sea igual a 1 (MF=1), y sea el acoplamiento optimo en función al número de volquetes asignados para este punto de carguío.

$$P. \text{Cargadora} = 11 * 29.61 \text{ m3/hr}$$

$$P. \text{Cargadora} = 325.71 \text{ m3/hr}$$

Esto significa que el rendimiento de la excavadora se reduce en 3.18 % (10.7 m<sup>3</sup>/hr), debido a que la excavadora sede su rendimiento al 100% para que los volquetes realicen la máxima producción.

**4.1.3.1.5. Factor de acoplamiento (Match Factor) para la Excavadora 390D L y el volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R en mineral.**

Para el cálculo de la distribución de equipos, excavadora CAT 390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en mineral se tomará en cuenta los rendimientos ya calculados con anterioridad, a continuación, se muestra la tabla 22.

*Tabla 22: Rendimientos del equipo de carguío 390D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en mineral*

<b>Equipo</b>	<b>Rendimiento (m<sup>3</sup>/hr) Mineral</b>
Excavadora 390D L	332
Volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R	22.38

*Fuente: Elaboración propia, en el cuadro se muestra el resumen de los rendimientos de los equipos de carguío – acarreo que se propone en mineral.*

Con estos datos se podrá aplicar el factor de acoplamiento (Match Factor) y así calcular la distribución de equipos e interpretar el costo/beneficio para este proceso de carguío – acarreo.

Para la aplicación del Match factor consideraremos MF=1, ya que la teoría indica que es un acoplamiento optimo, y así saber el número de volquetes que se debe asignar para el mineral.

$$1 = \frac{N * 22.38}{1 * 332}$$

$$N = \frac{332}{22.38} = 14.83 = \mathbf{14 \text{ Volquetes}}$$

Redondeando el cálculo, el número de camiones óptimo para el carguío en mineral es de 14 Volquetes.

Con esto se tiene que para la excavadora 390D L en el punto de carguío de mineral se debe asignar 14 volquetes, esto según Match Factor (Factor de acoplamiento), siendo óptimo ya que actualmente se tiene asignado 14 volquetes en el punto de carguío del mineral.

**Con este dimensionamiento en el punto de carguío del mineral no habrá tiempos improductivos (colas) ni tiempos de espera de los volquetes.**

A continuación, calculamos el nuevo rendimiento de la excavadora CAT 390D L en el mineral para que el Match Factor sea igual a 1 (MF=1), y sea el acoplamiento óptimo en función al número de volquetes asignados para este punto de carguío.

$$P. Cargadora = (N * P. volquete)$$

$$P. Cargadora = 14 * 22.38 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$P. Cargadora = 313.32 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Esto significa que el rendimiento de la excavadora se reduce en 5.63% (18.68 m<sup>3</sup>/hr), debido a que la excavadora se reduce su rendimiento al 100% para que los volquetes realicen la máxima producción.

#### **4.1.3.1.6. Factor de acoplamiento (Match Factor) para la Excavadora 390D L y el volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R en desmonte.**

Para el cálculo de la nueva distribución de equipos de carguío - acarreo, excavadora CAT 390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en desmonte, se tomará en cuenta los rendimientos para la EXC 390D L ya calculados con anterioridad, a continuación, se muestra la tabla 23 indicando el resumen.

**Tabla 23:** Rendimientos del equipo de carguío 390D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en desmonte

Equipo	Rendimiento (m3/hr)
Desmonte	
Excavadora 390D L	386.14
Volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R	29.61

Fuente: Elaboración propia, en el cuadro se muestra el resumen de los rendimientos de los equipos de carguío – acarreo que se propone en desmonte.

Para la aplicación del Match factor consideraremos MF=1, ya que la teoría indica que es un acoplamiento optimo, y así saber el número de volquetes que se debe asignar para el desmonte.

$$1 = \frac{N * 29.61}{1 * 386.14}$$

$$N = \frac{386.14}{29.61} = 13.04 = \mathbf{13 \text{ Volquetes}}$$

Redondeando el cálculo al inmediato inferior, el número de camiones óptimo para el carguío en desmonte es de 13 Volquetes.

Con esto se tiene que para la excavadora 390D L en el punto de carguío de desmonte se debe asignar 13 volquetes, esto según Match Factor (Factor de acoplamiento), no siendo optimo ya que actualmente se tiene asignado 11 volquetes en el punto de carguío del desmonte, analizando la excavadora tendría que esperar al volquete y generaría sobrecostos.

A continuación, calculamos el nuevo rendimiento de la excavadora CAT 390D L en el desmonte para que el Match Factor sea igual a 1 (MF=1), y sea el acoplamiento optimo en función al número de volquetes asignados para este punto de carguío.



$$P. \text{Cargadora} = (N * P. \text{volquete})$$

$$P. \text{Cargadora} = 13 * 29.61 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$P. \text{Cargadora} = 384.93 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Esto significa que el rendimiento de la excavadora se reduce en 0.3% (1.21 m<sup>3</sup>/hr), debido a que la excavadora sede su rendimiento al 100% para que los volquetes realicen la máxima producción.

#### 4.1.3.1.7. Resumen de los nuevos Rendimientos calculados aplicando Match Factor de las excavadoras CAT 349D L, CAT 374D L y CAT 390D L

Este resumen que se detalla a continuación son los rendimientos aplicando Match Factor (MF=1), y la teoría indica que es el calce perfecto en términos de productividad entre ambos conjuntos de unidades, y estos rendimientos serán de mucha importancia ya que podremos observar el rendimiento de la excavadora actual 349D L en función a las excavadoras que se están proponiendo CAT 374D L y excavadora CAT 390D L, y así proponer la excavadora que más se adecue a la cantidad de volquetes asignados a cada punto de carguío mineral – desmonte.

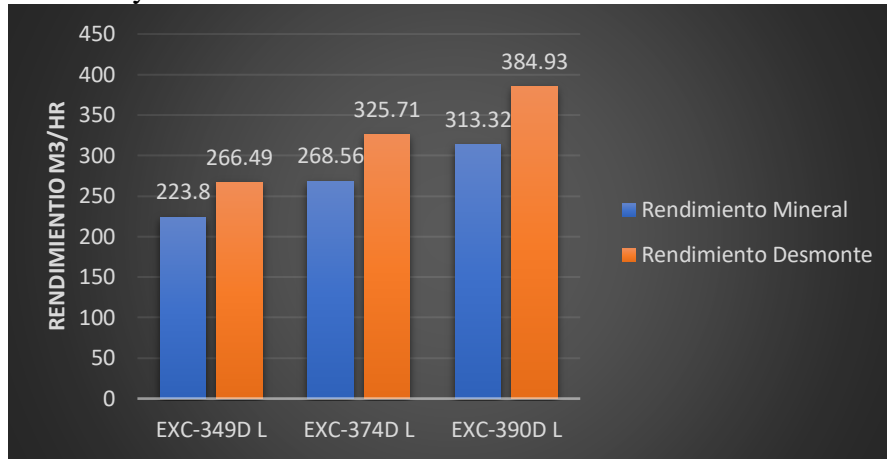
**Tabla 24:** Comparación de rendimientos aplicando Match Factor (Factor de acoplamiento) de las excavadoras 349D L, 374D L y 390D L

<b>Rendimiento de excavadora aplicando Match Factor según tipo de material (Mineral y Desmonte) m<sup>3</sup>/hr</b>		
<b>Equipo de carguío</b>	<b>Mineral</b>	<b>Desmonte</b>
EXC-349D L	223.8	266.49
EXC-374D L	268.56	325.71
EXC-390D L	313.32	384.93

Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra un resumen comparativo de rendimientos de equipos de carguío según tipo de material Mineral y Desmonte, aplicando Match Factor.

A continuación, se muestra gráficamente el comparativo de los rendimientos obtenidos aplicando Match Factor (Factor de acoplamiento).

**Figura 22:** Comparativo de rendimientos aplicando Match Factor de la EXC-349D L, EXC-374D L y EXC-390D L



Fuente: Elaboración propia, en el grafico se muestra el comparativo de los rendimientos aplicando Match factor de la EXC-349D L, 374D L y 390D L.

#### 4.1.3.1.8. Resumen de dimensionamiento de equipos de carguío – acarreo aplicando Match Factor (Factor de acoplamiento)

A continuación, se muestra el resumen de los equipos de carguío en función a los equipos de acarreo y su propuesta para la mejor asignación del equipo de carguío según Match Factor.

**Tabla 25:** Dimensionamiento óptimo de equipos de carguío – acarreo para el Tajo Santa Este de la minera Iscaycruz.

Equipo de carguío	Numero de volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R asignados para cada Excavadora							
	Asignación actual de volquetes		Asignación Real de volquetes aplicando Match Factor		Volquetes esperando		Asignación Propuesta para los 25 volquetes actuales	
	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte
Excavadora 349D L	14	11	10	9	4	2	-	-
Excavadora 374D L	-	-	-	-	-	-	12	11
Excavadora 390D L	-	-	-	-	-	-	14	13

Fuente: Elaboración propia, en el cuadro se muestra el resumen del dimensionamiento actual y la asignación propuesta en el carguío – acarreo del Tajo Santa Este.

#### **4.1.3.2. Indicador económico para el proceso de carguío – acarreo**

En el proceso de carguío – acarreo del tajo Santa Este es importante saber cuál es el costo total con el que se viene efectuando los trabajos de acuerdo al tipo de material, para realizar toma de decisiones para una operación de carguío – acarreo optima.

##### **4.1.3.2.1. Costo total del carguío – acarreo con la excavadora CAT 349D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en el mineral**

Se evaluará el costo/beneficio en trabajos con mineral del tajo Santa Este, realizando los cálculos correspondientes que se muestran líneas abajo.

###### **4.1.3.2.1.1. Costo carguío Excavadora CAT 349D L mineral**

Para el cálculo del costo de la excavadora en mención se tomará el dato de oficina técnica en cuanto al costo horario de la excavadora CAT 349D L es de 340 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de carguío en mineral se tomara el dato de rendimiento o producción calculado líneas arriba para la flota, y es de 223.8 m<sup>3</sup>/Hr, todo este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo carguío} = \frac{\text{Horas (h)} * \text{Costo Excavadora (S./Hr)}}{\text{Producción (m}^3\text{/Hr)}}$$

$$\text{Costo carguío} = \frac{1 * 340 \text{ S./Hr}}{223.8 \text{ m}^3\text{/Hr}} = 1.52 \text{ S./m}^3$$

###### **4.1.3.2.1.2. Costo acarreo volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R mineral**

Para el cálculo del costo del volquete en mención se tomará el dato de oficina técnica en cuanto al costo horario del volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y es de 170 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de acarreo en mineral se tomara el dato de rendimiento o producción calculado líneas arriba para la flota y es de 223.8 m<sup>3</sup>/Hr, este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo acarreo} = \frac{\text{Horas (h)} * N * \text{Costo Volquete (S./Hr)}}{\text{Producción (m}^3\text{/Hr)}}$$

$$\text{Costo acarreo} = \frac{1 * 10 * 170 \text{ S./Hr}}{223.8 \text{ m}^3\text{/Hr}} = 7.60 \text{ S./m}^3$$

Teniendo estos cálculos de costo de carguío – acarreo en mineral, se calculará el costo total para este proceso.

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 1.52 + 7.60$$

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 9.12 \text{ S./m}^3$$

Ya obteniendo el costo total del carguío – acarreo en mineral es importante mencionar que este valor representa la cantidad monetaria que representa mover un m<sup>3</sup> de material (mineral) dentro de la operación mina, a la vez es muy importante controlar y ejecutar el máximo rendimiento de los equipos, con estos datos se puede minimizar los costos de carguío – acarreo.

#### **4.1.3.2.2. Costo total del carguío – acarreo con la excavadora CAT 349D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en el desmante**

Se evaluará el costo/beneficio en trabajos con desmante del tajo Santa Este, realizando los cálculos correspondientes que se muestran líneas abajo.

##### **4.1.3.2.2.1. Costo carguío Excavadora CAT 349D L desmante**

Para el cálculo del costo de la excavadora en mención se tomará el dato de oficina técnica en cuanto al costo horario de la excavadora CAT 349D L y es de 340 S./Hr

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de carguío en desmante se tomara el dato de rendimiento o producción calculado líneas arriba para la flota, y es de 266.49 m<sup>3</sup>/Hr, todo este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo carguío} = \frac{\text{Horas (h)} * \text{Costo Excavadora (S./Hr)}}{\text{Producción (m3/Hr)}}$$

$$\text{Costo carguío} = \frac{1 * 340 \text{ S./Hr}}{266.49 \text{ m3/Hr}} = 1.28 \text{ S./m3}$$

#### 4.1.3.2.2.2. Costo acarreo volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R desmonte

Para el cálculo del costo del volquete en mención se tomará el dato de oficina técnica en cuanto al costo horario del volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y es de 170 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de acarreo en desmonte se tomara el dato de rendimiento o producción calculado líneas arriba para la flota y es de 266.49 m3/Hr, este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo acarreo} = \frac{\text{Horas (h)} * N * \text{Costo Volquete (S./Hr)}}{\text{Producción (m3/Hr)}}$$

$$\text{Costo acarreo} = \frac{1 * 9 * 170 \text{ S./Hr}}{266.49 \text{ m3/Hr}} = 5.74 \text{ S./m3}$$

Teniendo estos cálculos de costo de carguío – acarreo en desmonte, se calculará el costo total para este proceso.

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 1.28 + 5.74$$

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 7.02 \text{ S./m3}$$

Ya obteniendo el costo total del carguío – acarreo en desmonte es importante mencionar que este valor representa la cantidad monetaria que representa mover un m3 de material (desmonte) dentro de la operación mina, a la vez es muy importante controlar y ejecutar el máximo rendimiento de los equipos, con estos datos se puede minimizar los costos de carguío – acarreo en desmonte.

#### **4.1.3.2.3. Costo total del carguío – acarreo con la excavadora CAT 374D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en el mineral**

Se evaluará el costo/beneficio para la excavadora CAT 374D L y el volquete FMX 540 MAX 8x4R como parte de propuesta para su implementación en mineral, realizando los cálculos correspondientes que se muestran líneas abajo.

##### **4.1.3.2.3.1. Costo carguío Excavadora CAT 374D L mineral**

Para el cálculo del costo de la excavadora en mención se tomará el dato que se obtuvo mediante la cotización que se realizó a las empresas contratistas; dando el costo horario de la excavadora 374D L a 440 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de carguío en mineral se tomara el dato de rendimiento o producción calculado líneas arriba para la flota, y es de 268.56 m<sup>3</sup>/Hr, todo este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo carguío} = \frac{\text{Horas (h)} * \text{Costo Excavadora (S./Hr)}}{\text{Producción (m}^3\text{/Hr)}}$$

$$\text{Costo carguío} = \frac{1 * 440 \text{ S./Hr}}{268.56 \text{ m}^3\text{/Hr}} = 1.64 \text{ S./m}^3$$

##### **4.1.3.2.3.2. Costo acarreo volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R mineral**

Para el cálculo del costo del volquete en mención se tomará el dato de oficina técnica en cuanto al costo horario del volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y es de 170 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de acarreo en mineral se tomara el dato de rendimiento o producción calculado líneas arriba para la flota y es de 268.56 m<sup>3</sup>/Hr, este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo acarreo} = \frac{\text{Horas (h)} * N * \text{Costo Volquete (S./Hr)}}{\text{Producción (m3/Hr)}}$$

$$\text{Costo acarreo} = \frac{1 * 12 * 170 \text{ S./Hr}}{268.56 \text{ m3/Hr}} = 7.60 \text{ S./m3}$$

Teniendo estos cálculos de costo de carguío – acarreo en mineral, se calculará el costo total para este proceso.

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 1.64 + 7.60$$

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 9.24 \text{ S./m3}$$

Ya obteniendo el costo total del carguío – acarreo en mineral para la excavadora 374D L es importante mencionar que este valor representa la cantidad monetaria que representara mover un m3 de material (mineral) dentro de la operación mina.

#### **4.1.3.2.4. Costo total del carguío – acarreo con la excavadora CAT 374D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en el desmonte**

Se evaluará el costo/beneficio para la excavadora CAT 374D L y el volquete FMX 540 MAX 8x4R como parte de propuesta para su implementación en desmonte, realizando los cálculos correspondientes que se muestran líneas abajo.

##### **4.1.3.2.4.1. Costo carguío Excavadora CAT 374D L desmonte**

Para el cálculo del costo de la excavadora en mención se tomará el dato que se obtuvo mediante la cotización que se realizó a las empresas contratistas; dando el costo horario de la excavadora 374D L a 440 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de carguío en mineral se tomara el dato de rendimiento o producción calculado líneas arriba para la flota, y es de 325.71 m3/Hr, todo este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo carguío} = \frac{\text{Horas (h)} * \text{Costo Excavadora (S./Hr)}}{\text{Producción (m3/Hr)}}$$

$$\text{Costo carguío} = \frac{1 * 440 \text{ S./Hr}}{325.71 \text{ m3/Hr}} = 1.35 \text{ S./m3}$$

#### 4.1.3.2.4.2. Costo acarreo volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R desmonte

Para el cálculo del costo del volquete en mención se tomará el dato de oficina técnica en cuanto al costo horario del volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y es de 170 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de acarreo en desmonte se tomara el dato de rendimiento o producción calculado líneas arriba para la flota y es de 325.71 m3/Hr, este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo acarreo} = \frac{\text{Horas (h)} * N * \text{Costo Volquete (S./Hr)}}{\text{Producción (m3/Hr)}}$$

$$\text{Costo acarreo} = \frac{1 * 11 * 170 \text{ S./Hr}}{325.71 \text{ m3/Hr}} = 5.74 \text{ S./m3}$$

Teniendo estos cálculos de costo de carguío – acarreo en desmonte, se calculará el costo total para este proceso.

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 1.35 + 5.74$$

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 7.09 \text{ S./m3}$$

Ya obteniendo el costo total del carguío – acarreo en mineral para la excavadora 374D L es importante mencionar que este valor representa la cantidad monetaria que representara mover un m3 de material (desmonte) dentro de la operación mina.



#### **4.1.3.2.5. Costo total del carguío – acarreo con la excavadora CAT 390D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en el mineral**

Se evaluará el costo/beneficio para la excavadora CAT 390D L y el volquete FMX 540 MAX 8x4R como parte de propuesta para su implementación en mineral, realizando los cálculos correspondientes que se muestran líneas abajo.

##### **4.1.3.2.5.1.Costo carguío Excavadora CAT 390D L mineral**

Para el cálculo del costo de la excavadora en mención se tomará el dato que se obtuvo mediante la cotización que se realizó a las empresas contratistas; dando el costo horario de la excavadora 390D L a 540 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de carguío en mineral se tomara el dato de rendimiento o producción calculado líneas arriba para la flota, y es de 313.32 m<sup>3</sup>/Hr, todo este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo carguío} = \frac{\text{Horas (h)} * \text{Costo Excavadora (S./Hr)}}{\text{Producción (m}^3\text{/Hr)}}$$

$$\text{Costo carguío} = \frac{1 * 540 \text{ S./Hr}}{313.32 \text{ m}^3\text{/Hr}} = 1.72 \text{ S./m}^3$$

##### **4.1.3.2.5.2.Costo acarreo volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R mineral**

Para el cálculo del costo del volquete en mención se tomará el dato de oficina técnica en cuanto al costo horario del volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y es de 170 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de acarreo en mineral se tomara el dato de rendimiento o producción calculado líneas arriba para la flota y es de 313.32 m<sup>3</sup>/Hr, este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo acarreo} = \frac{\text{Horas (h)} * N * \text{Costo Volquete (S./Hr)}}{\text{Producción (m3/Hr)}}$$

$$\text{Costo acarreo} = \frac{1 * 14 * 170 \text{ S./Hr}}{313.32 \text{ m3/Hr}} = 7.60 \text{ S./m3}$$

Teniendo estos cálculos de costo de carguío – acarreo en mineral, se calculará el costo total para este proceso.

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 1.72 + 7.60$$

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 9.32 \text{ S./m3}$$

Ya obteniendo el costo total del carguío – acarreo en mineral para la excavadora 390D L es importante mencionar que este valor representa la cantidad monetaria que representara mover un m3 de material (mineral) dentro de la operación mina.

#### **4.1.3.2.6. Costo total del carguío – acarreo con la excavadora CAT 390D L y el equipo de acarreo volvo FMX 540 MAX 8x4R en el desmante**

Se evaluará el costo/beneficio para la excavadora CAT 390D L y el volquete FMX 540 MAX 8x4R como parte de propuesta para su implementación en desmante, realizando los cálculos correspondientes que se muestran líneas abajo.

##### **4.1.3.2.6.1. Costo carguío Excavadora CAT 390D L desmante**

Para el cálculo del costo de la excavadora en mención se tomará el dato que se obtuvo mediante la cotización que se realizó a las empresas contratistas; dando el costo horario de la excavadora 390D L a 540 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de carguío en mineral se tomara el dato de rendimiento o producción calculado líneas arriba para la flota, y es de 384.93 m3/Hr, todo este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo carguío} = \frac{\text{Horas (h)} * \text{Costo Excavadora (S./Hr)}}{\text{Producción (m3/Hr)}}$$

$$\text{Costo carguío} = \frac{1 * 540 \text{ S./Hr}}{384.93 \text{ m3/Hr}} = 1.40 \text{ S./m3}$$

#### 4.1.3.2.6.2. Costo acarreo volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R desmonte

Para el cálculo del costo del volquete en mención se tomará el dato de oficina técnica en cuanto al costo horario del volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y es de 170 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de acarreo en desmonte se tomara el dato de rendimiento o producción calculado líneas arriba para la flota y es de 384.93 m3/Hr, este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo acarreo} = \frac{\text{Horas (h)} * N * \text{Costo Volquete (S./Hr)}}{\text{Producción (m3/Hr)}}$$

$$\text{Costo acarreo} = \frac{1 * 13 * 170 \text{ S./Hr}}{384.93 \text{ m3/Hr}} = 5.74 \text{ S./m3}$$

Teniendo estos cálculos de costo de carguío – acarreo en desmonte, se calculará el costo total para este proceso.

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 1.40 + 5.74$$

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 7.14 \text{ S./m3}$$

Ya obteniendo el costo total del carguío – acarreo en mineral para la excavadora 390D L es importante mencionar que este valor representa la cantidad monetaria que representara mover un m3 de material (desmonte) dentro de la operación mina.

#### 4.1.3.2.7. Resumen comparativo de costos de carguío – acarreo por dimensionamiento.

A continuación, se muestra el resumen de análisis de costos de cada equipo de carguío con respecto al equipo de acarreo, para su análisis correspondiente para cada dimensionamiento.

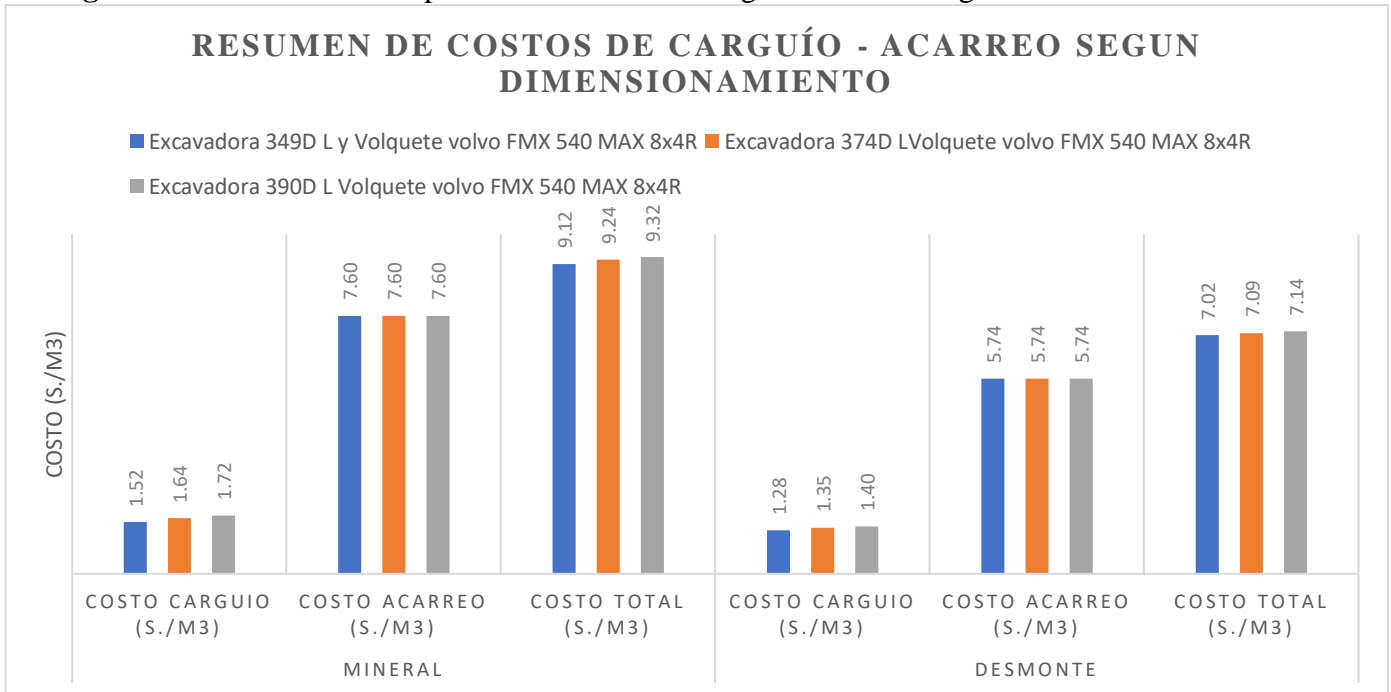
**Tabla 26:** Resumen comparativo de costos de carguío – acarreo según dimensionamiento.

Equipos	Mineral			Desmante		
	Costo carguío (S./m3)	costo acarreo (S./m3)	Costo Total (S./m3)	Costo carguío (S./m3)	costo acarreo (S./m3)	Costo Total (S./m3)
Excavadora 349D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	1.52	7.60	9.12	1.28	5.74	7.02
Excavadora 374D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	1.64	7.60	9.24	1.35	5.74	<b>7.09</b>
Excavadora 390D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	1.72	7.60	<b>9.32</b>	1.40	5.74	7.14

Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra el resumen de costos por cada equipo de carguío en función al equipo de acarreo.

A continuación, se muestra gráficamente la tabla 26.

**Figura 23:** Resumen comparativo de costos de carguío – acarreo según dimensionamiento



Fuente: Elaboración propia, en el grafico se muestra los costos operativos en el proceso de carguío – acarreo por dimensionamiento, según tipo de material (mineral y desmante)

#### **4.1.4. Evaluación actual de costos del proceso de carguío – acarreo (mineral)**

En los cálculos líneas arriba se obtuvo los costos según la aplicación del match factor, a continuación, tomaremos en cuenta los datos de la evaluación actual del proceso de carguío – acarreo en mineral para calcular el costo actual que se tiene en el proceso de carguío – acarreo en mineral del tajo Santa Este.

##### **4.1.4.1. Evaluación actual de costo carguío excavadora CAT 349D L mineral**

Para el cálculo del costo de la excavadora en mención se tomará el dato de oficina técnica en cuanto al costo horario de la excavadora CAT 349D L y es de 340 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de carguío en mineral se tomara el dato de rendimiento o producción calculado con los datos de campo para la flota, y es de 227.66 m<sup>3</sup>/Hr, todo este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo carguío} = \frac{\text{Horas (h)} * \text{Costo Excavadora (S./Hr)}}{\text{Producción (m}^3\text{/Hr)}}$$

$$\text{Costo carguío} = \frac{1 * 340 \text{ S./Hr}}{227.66 \text{ m}^3\text{/Hr}} = 1.49 \text{ S./m}^3$$

##### **4.1.4.2. Evaluación actual de costo acarreo volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R mineral**

Para el cálculo del costo del volquete en mención se tomará el dato de oficina técnica en cuanto al costo horario del volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y es de 170 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de acarreo en mineral se tomara el dato de rendimiento o producción calculado con los datos reales de campo para la flota, y es de 227.66 m<sup>3</sup>/Hr, se incluye los 14 volquetes que actualmente están asignados al equipo de carguío del mineral, todo este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo acarreo} = \frac{\text{Horas (h)} * N * \text{Costo Volquete (S./Hr)}}{\text{Producción (m3/Hr)}}$$

$$\text{Costo acarreo} = \frac{1 * 14 * 170 \text{ S./Hr}}{227.66 \text{ m3/Hr}} = 10.45 \text{ S./m3}$$

Teniendo estos cálculos de costo de carguío – acarreo en mineral, se calculará el costo total actual de carguío – acarreo en mineral del tajo Santa Este.

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 1.49 + 10.45$$

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 11.94 \text{ S./m3}$$

#### 4.1.5. Evaluación actual de costos del proceso de carguío – acarreo (desmante)

En los cálculos líneas arriba se obtuvo los costos según la aplicación del match factor, a continuación, tomaremos en cuenta los datos de la evaluación actual del proceso de carguío – acarreo en desmante para calcular el costo actual que se tiene en el proceso de carguío – acarreo en desmante del tajo Santa Este.

##### 4.1.5.1. Evaluación actual de costo carguío excavadora CAT 349D L desmante

Para el cálculo del costo de la excavadora en mención se tomará el dato de oficina técnica en cuanto al costo horario de la excavadora CAT 349D L y es de 340 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de carguío en desmante se tomara el dato de rendimiento o producción calculado con los datos de campo para la flota, y es de 270.98 m3/Hr, todo este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo carguío} = \frac{\text{Horas (h)} * \text{Costo Excavadora (S./Hr)}}{\text{Producción (m3/Hr)}}$$

$$\text{Costo carguío} = \frac{1 * 340 \text{ S./Hr}}{270.98 \text{ m3/Hr}} = 1.25 \text{ S./m3}$$

#### **4.1.5.2. Evaluación actual de costo acarreo volquete Volvo FMX 540 MAX 8x4R desmonte**

Para el cálculo del costo del volquete en mención se tomará el dato de oficina técnica en cuanto al costo horario del volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y es de 170 S./Hr.

Cabe mencionar que para el cálculo del costo de acarreo en desmonte se tomara el dato de rendimiento o producción calculado con los datos de campo para la flota, y es de 270.98 m<sup>3</sup>/Hr, se incluye los 11 volquetes que actualmente están asignados al equipo de carguío del mineral, todo este cálculo será en una hora de trabajo.

$$\text{Costo acarreo} = \frac{\text{Horas (h)} * N * \text{Costo Volquete (S./Hr)}}{\text{Producción (m}^3\text{/Hr)}}$$

$$\text{Costo acarreo} = \frac{1 * 11 * 170 \text{ S./Hr}}{270.98 \text{ m}^3\text{/Hr}} = 6.90 \text{ S./m}^3$$

Teniendo estos cálculos de costo de carguío – acarreo en desmonte, se calculará el costo total actual de carguío – acarreo en desmonte del tajo Santa Este.

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 1.25 + 6.90$$

$$\text{Costo total (Carguío + Acarreo)} = 8.15 \text{ S./m}^3$$

#### **4.1.6. Comparativo de costos de carguío - acarreo del estado actual y aplicando Match Factor (Factor de Acoplamiento)**

En este ítem veremos la comparación de costos de carguío – acarreo en mineral y desmonte tomando en cuenta los costos actuales y los costos óptimos aplicando match factor.

##### **4.1.6.1. Comparativo de costo carguío – acarreo mineral**

Para este comparativo se tendrá en cuenta el dato calculado líneas arriba del costo óptimo de carguío – acarreo en mineral aplicando match factor y es de 9.12 S./m<sup>3</sup>.

También se tendrá en cuenta el costo de la evaluación actual de carguío – acarreo en mineral que es de 11.94 S./m<sup>3</sup>.

Ya teniendo los dos datos se procede a realizar la diferencia, dando como resultado 2.82 S./m<sup>3</sup> lo que hace esta diferencia la perdida que se tiene actualmente en la operación de minado en el proceso de carguío – acarreo en mineral del Tajo Santa Este.

#### **4.1.6.2. comparativo de costo carguío – acarreo desmonte**

Para este comparativo se tendrá en cuenta el dato calculado líneas arriba del costo óptimo de carguío – acarreo en desmonte aplicando match factor y es de 7.02 S./m<sup>3</sup>.

También se tendrá en cuenta el costo de la evaluación actual de carguío – acarreo en desmonte que es de 8.15 S./m<sup>3</sup>.

Ya teniendo los dos datos se procede a realizar la diferencia, dando como resultado 1.13 S./m<sup>3</sup> lo que hace esta diferencia la perdida que se tiene actualmente en la operación de minado en el proceso de carguío – acarreo en desmonte del Tajo Santa Este.

Todo este análisis se mostrará en un cuadro de resumen líneas abajo con todo el detalle operativo y económico el cual reflejara los aspectos negativos que se tiene en la operación por la mala asignación de volquetes al equipo de carguío según tipo de material, y así proponer una implementación de un nuevo equipo de carguío.

#### **4.1.7. Resumen comparativo actual de datos operativos y económicos aplicando Match**

##### **Factor de la operación de carguío – acarreo del Tajo Santa Este.**

Con los datos calculados anteriormente realizaremos el cuadro de resumen, mostrando el diagnostico general de la operación de carguío – acarreo según tipo de material para el Tajo Santa Este, también se apreciará la parte operativa como la parte económica.



**Tabla 27:** Resumen comparativo de datos operativos y económicos actuales en función a Match Factor (Factor de acoplamiento) del proceso de carguío – acarreo del Tajo Santa Este

Resumen comparativo actual de costos de la operación de carguío - acarreo del Tajo Santa Este															
Ítem	Dimensionamiento	Opciones de dimensionamiento	Equipo	Indicadores Operativos						Indicadores Económico					
				N° de unidades	Precio hora maquina (S./h)	Producción Horaria del sistema (m3/h)	Horas efectivas de trabajo (h)	Prod. Por turno (m3/guardia)	Prod. Por dia (m3/dia)	Prod. Teórica (m3/dia)	Diferencia de producción	Costo unitario carguío / acarreo (S./m3)	Costo total (S./m3)	Sobrecosto (S./m3)	
Mineral	Exc- CAT 349D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	Opción 1 aplicando Match factor	Exc- CAT 349 D L	1	340							1.52			
			Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	10	170	223.8	9.5	2126.10	4252.2	5800	-1547.8	7.60	9.12		
		Opción 2 Evaluación actual	Exc- CAT 349 D L	1	340								1.49		-2.82
			Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	14	170	227.66	9.5	2162.77	4325.54	5800	-1474.46	10.45	11.94		
Desmorte	Exc- CAT 349D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	Opción 1 aplicando Match factor	Exc- CAT 349 D L	1	340							1.28			
			Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	9	170	266.49	9.5	2531.655	5063.31	6000	-936.69	5.74	7.02		
		Opción 2 Evaluación actual	Exc- CAT 349 D L	1	340								1.25		-1.13
			Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	11	170	270.98	9.5	2574.31	5148.62	6000	-851.38	6.90	8.15		

Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra los datos calculados de los indicadores operativos y económicos que se tiene en el proceso de carguío – acarreo según tipo de material del Tajo Santa Este cuyos valores representan el estado actual y la evaluación aplicando match factor.

Para concluir y poder dar el diagnostico actual del proceso de carguío – acarreo según el tipo de material, se explicará los datos obtenidos en la tabla 27:

**❖ Para el trabajo carguío – acarreo en mineral se tiene:**

El rendimiento de la opción 1 evaluación aplicando match factor, se tiene que el rendimiento refleja lo real considerando demoras operativas de los equipos que se presentan durante el día de trabajo, en la opción 2 evaluación actual de mineral, el cálculo de rendimiento no se considera esas demoras operativas ya que se realizó el cálculo con la formula a máximo rendimiento de los equipos.

Comparando la producción se tiene que para la opción 1 evaluación aplicando match factor, la cual son 10 volquetes su producción no está lejos de la opción 2 evaluación actual, que realiza los trabajos con 14 volquetes con una diferencia de 4 volquetes.

Analizando costos se tiene que en la opción 1 evaluación aplicando match factor, el costo operativo del proceso de carguío – acarreo es óptimo, en la opción 2 evaluación actual, es todo lo contrario ya que se tiene un costo operativo del proceso de carguío – acarreo más elevado, todo esto debido al mal dimensionamiento de equipo de carguío – acarreo en mineral.

Concluyendo se tiene que el sobre costo al valor optimo es de 2.86 (\$./m<sup>3</sup>), con esto se puede asumir que hay grandes pérdidas en el proceso de carguío – acarreo para el mineral ya que cada día se mueve grandes volúmenes de material (mineral).

**❖ Para el trabajo carguío – acarreo en desmonte se tiene:**

El rendimiento de la opción 1 evaluación aplicando match factor, se tiene que el rendimiento refleja lo real considerando demoras operativas de los equipos que se presentan durante el día de trabajo, en la opción 2 evaluación actual de mineral, el cálculo de rendimiento no se considera esas demoras operativas ya que se realizó el cálculo con la formula a máximo rendimiento de los equipos.

Comparando la producción se tiene que para la opción 1 evaluación aplicando match factor, la cual son 9 volquetes su producción no está lejos de la opción 2 evaluación actual, que realiza los trabajos con 11 volquetes con una diferencia de 2 volquetes.

Analizando costos se tiene que en la opción 1 evaluación aplicando match factor, el costo operativo del proceso de carguío – acarreo es óptimo, en la opción 2 evaluación actual, es todo lo contrario ya que se tiene un costo operativo del proceso de carguío – acarreo más elevado, todo esto debido al mal dimensionamiento de equipo de carguío – acarreo en desmante.

Concluyendo se tiene que el sobrecosto al valor optimo es de 1.13 (S./m<sup>3</sup>), con esto se puede asumir que hay grandes pérdidas en el proceso de carguío – acarreo para el desmante ya que cada día se mueve grandes volúmenes de material (desmante).

#### **4.1.8. Diseño de gestión complementaria del cambio de recursos**

Como ya se analizó en lo ítems anteriores, el principal inconveniente en la operación mina para la explotación del Tajo Santa Este, es la mala asignación de volquetes al equipo de carguío, reflejado en los bajos indicadores operativos y económicos, que perjudican en lo global a la empresa minera.

En la tabla 30 que se muestra a continuación detallaremos los medios de mejora complementarios para las causas principales que afectan a la operación mina, ya que la mina se encuentra operativamente en negativo.

Para ello conocer datos operativos como parte del diagnóstico de la operación será muy importante, ya que estos serán los indicadores de partida para que luego se compare con los datos obtenidos de la propuesta de mejora, ya que se busca obtener una operación más rentable operativamente y económicamente.

**Tabla 28:** *Diseño complementario para la mejora del proceso de carguío – acarreo del tajo Santa Este.*

<b>Diseño de mejora en el proceso de carguío - acarreo</b>									
<b>Medios</b>	<b>Acciones</b>	<b>Recursos</b>	<b>cronograma</b>						<b>responsable</b>
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>Conocimiento amplio en gestión de operaciones mineras</b>	Planificación y distribución correcta de equipos de carguío – acarreo para frentes de trabajo	Jefe de Guardia							Jefes de Guardia/Operaciones mina Jefe de Entrenamiento/Mantenimiento mina
	Optimización del uso de los equipos auxiliares para sostener la operación de carguío - acarreo fluida	operaciones							
	Capacitación permanente al personal del proceso de carguío - acarreo	Instructor de equipos							
<b>Registro y control de producción eficiente</b>	Control efectivo de los recursos empleados para la operación de carguío - acarreo	Dispositivos							Jefe de Costos/Planeamiento mina
	Identificación de las rutas críticas dentro de del proceso de acarreo								
	Monitoreo efectivo de volúmenes in situ para el cumplimiento del planeamiento de mina	Ingeniero Junior							
<b>Buen análisis y control estadístico</b>	Monitoreo permanente en control de HH (horas hombre) y HM (horas máquina)	Ingeniero Junior							Jefe de Oficina Técnica/Planeamiento mina
	Evaluación costo/beneficio de los equipos de carguío – acarreo periódicamente								
<b>Adecuado control operativo/campo</b>	Monitoreo de los indicadores operativos y económicos del proceso de carguío - acarreo	Controlador de equipos							Jefes de Guardia/Operaciones mina
	Control y monitoreo de tiempos para equipos de carguío - acarreo								
<b>Adecuado conocimiento de operaciones mineras (Carguío- acarreo)</b>	Dimensionamiento de flota para los equipos de carguío	Ingeniero de planificación							Planeamiento mina/Operaciones mina
	Evaluación de rendimiento de equipo de carguío								

*Fuente: Elaboración propia, en el cuadro se muestra las acciones a tomar en el proceso de carguío – acarreo para mejorar la productividad y optimizar costos.*

Para nuestro estudio es importante mencionar los medios más relevantes para mejorar la productividad y optimizar costos en el proceso de carguío – acarreo del Tajo Santa Este.

Para ello es muy importante la participación de cada responsable de área para poder realizar el cumplimiento de las acciones que se plantean para la mejora y obtención de resultados positivos para la operación de carguío – acarreo.

Asimismo, la buena coordinación entre las áreas responsables para cada acción, es de suma importancia dentro de la organización para lograr el objetivo en común, que es mejorar la productividad y optimizar los costos del proceso de carguío – acarreo.

El tener un cronograma ayudara a tener mapeado las rutas críticas y poder realizar el seguimiento de cada acción, para ello poder cumplir con el cronograma es de vital importancia debido a que aplicando las acciones correspondientes podremos mejorar la productividad y optimizar costos en el proceso de carguío - acarreo del Tajo Santa Este.

Cabe mencionar que para el desarrollo de la tabla 28 fue importante el análisis de datos técnicos operativos que se tenía en la operación del proceso de carguío – acarreo del Tajo Santa Este.

#### **4.1.8.1. Conocimiento amplio en gestión de operaciones mineras**

Para la gestión de operaciones mineras de los equipos de carguío – acarreo y los equipos auxiliares del Tajo Santa Este fue importante tener el registro de la disponibilidad mecánica y la utilización de equipos de carguío – acarreo y equipos auxiliares como un diagnóstico inicial en la operación de carguío – acarreo, ya que esta disponibilidad refleja la productividad de los equipos de carguío – acarreo en la jornada de trabajo.

A continuación, se muestra los cuadros correspondientes de las disponibilidades utilizations tomadas en campo.

**Tabla 29:** Disponibilidad mecánica y utilización de equipos de carguío - acarreo

<b>Excavadora CAT 349D L</b>				
<b>Mes</b>	<b>Equipo</b>	<b>KPI</b>	<b>REAL</b>	
		<b>DISP. %</b>	<b>Disponibilidad %</b>	<b>Utilización %</b>
1	EXC-01	85	86	95
2	EXC-01	85	84	96
3	EXC-01	85	83	97
4	EXC-01	85	85	95
5	EXC-01	85	84	96
6	EXC-01	85	86	97
<b>Promedio</b>			<b>84.67</b>	<b>96.00</b>

<b>Excavadora CAT 349D L</b>				
<b>Mes</b>	<b>Equipo</b>	<b>KPI</b>	<b>REAL</b>	
		<b>DISP. %</b>	<b>Disponibilidad %</b>	<b>Utilización %</b>
1	EXC-02	85	85	97
2	EXC-02	85	86	95
3	EXC-02	85	87	93
4	EXC-02	85	84	96
5	EXC-02	85	85	95
6	EXC-02	85	86	94
<b>Promedio</b>			<b>85.50</b>	<b>95.00</b>

<b>Volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R</b>				
<b>Mes</b>	<b>Equipo</b>	<b>KPI</b>	<b>REAL</b>	
		<b>DISP. %</b>	<b>Disponibilidad %</b>	<b>Utilización %</b>
1	Volquetes	85	87	96
2	Volquetes	85	86	97
3	Volquetes	85	85	95
4	Volquetes	85	87	98
5	Volquetes	85	86	97
6	Volquetes	85	84	96
<b>Promedio</b>			<b>85.83</b>	<b>96.50</b>

*Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra el promedio por mes de la disponibilidad mecánica y utilización de equipos de carguío – acarreo del Tajo Santa Este.*

De la tabla mostrada se puede interpretar lo siguiente con respecto a la parte operativa del proceso de carguío – acarreo.

- ❖ La disponibilidad de carguío – acarreo se encuentra dentro del intervalo de 83 – 87 %, dato que está dentro de los parámetros, sin embargo, se podría mejorar un poco más, ya que se detectó que el engrase del equipo por parte de mantenimiento

lo realizaban dentro de la jornada laboral, con una duración de 15 a 20 min por equipo, generando pérdida en producción.

- ❖ Para la Utilización, se encontró que estaban dentro del rango permitido para la operación de carguío – acarreo, sin embargo, se observó que se podía mejorar un poco empleando las horas efectivas del motor en la producción y no mantener motor prendido por tiempos muertos.

#### 4.1.8.2. Registro y control de producción eficiente

Para llevar este control fue de importancia analizar la producción programada y ejecutada del mineral y desmorte en el Tajo Santa Este del último semestre y se detalla a continuación.

**Tabla 30:** *Producción mensual de mineral y desmorte (Planeado – Ejecutado)*

Mes	Producción mineral / desmorte				Déficit	
	Planeado (TM/mes)		Ejecutado (TM/mes)		Mineral	Desmorte
	Mineral	Desmorte	Mineral	Desmorte		
1	400200	378000	305100	330300	-95100	-47700
2	413540	390600	315100	341320	-98440	-49280
3	413540	390600	318500	342100	-95040	-48500
4	373520	352800	280520	305100	-93000	-47700
5	413540	390600	319200	340950	-94340	-49650
6	400200	378000	306050	329500	-94150	-48500
<b>Total</b>	<b>2414540</b>	<b>2280600</b>	<b>1844470</b>	<b>1989270</b>	<b>-570070</b>	<b>-291330</b>

*Fuente: Área de planeamiento, Minera Iscaycruz, En la tabla se muestra el vs de lo programado y ejecutado en mineral y desmorte del primer semestre del 2023.*

Con la información que se tiene de lo programado y ejecutado se observa la diferencia en negativo, indicando el incumplimiento de la programación mensual de mineral y desmorte.

Este incumplimiento que se detalla es debido al bajo rendimiento del equipo de carguío excavadora CAT 349D L, ya que por este problema se está generando colas en los puntos de carguío, para lo cual se debe analizar una alternativa de mejorar el rendimiento en el punto de carguío y así cumplir la programación mensual.

#### 4.1.8.3. Buen análisis y control estadístico

Para el caso de un correcto análisis y control estadístico fue importante realizar el análisis de los datos que se tomó en campo para el cálculo de las horas efectivas de trabajo y también el análisis de los datos obtenidos del área de oficina técnica, en función a los datos operativos y económicos los cuales se detallaran:

##### 4.1.8.3.1. Distribución de horas efectivas de trabajo en una guardia

Esta evaluación fue muy importante ya que con la toma de tiempos de cada demora se pudo obtener las horas efectivas de trabajo, y el resumen se muestra a continuación.

**Tabla 31:** *Horas efectivas de trabajo en una jornada de trabajo*

<b>DISTRIBUCIÓN DE HORAS POR JORNADA DE TRABAJO</b>			
<b>Duración de una guardia</b>		<b>720 min</b>	<b>12 h</b>
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Duración (min)</b>	<b>Duración (h)</b>
Demoras operativas	Seguridad	20	0.33
	Combustible	20	0.33
Servicios mecánicos	Disparo / Voladura	30	0.50
	Lubricación	15	0.25
Demoras estandarizadas	Refrigerio	50	0.83
	Termino de guardia	10	0.17
Stand By de equipos	Sin operador	5	0.08
<b>Total</b>		<b>150</b>	<b>2.5</b>
<b>Horas efectivas de trabajo</b>		<b>570</b>	<b>9.5</b>

*Fuente: Elaboración propia, en el cuadro se observa los tiempos de demoras por actividades programadas en una guardia.*

##### 4.1.8.3.2. Costo del proceso de carguío - acarreo (Mineral y Desmorte)

El costo de operación de minado es fundamental para la empresa minera Iscaycruz ya que se busca optimizar costos y obtener la máxima productividad, para lo cual el área de planeamiento reporta el siguiente resumen de costos operativos de la operación de minado del Tajo Santa Este.



**Tabla 32:** Costo estimado y ejecutado del proceso de carguío – acarreo del mineral y desmonte del Tajo Santa Este.

<b>COSTO DE LA OPERACIÓN DE CARGUÍO - ACARREO</b>						
<b>Mes</b>	<b>Costo estimado Mineral y Desmonte (S.)</b>		<b>Costo ejecutado Mineral y Desmonte (S.)</b>		<b>déficit del mineral y desmonte (S.)</b>	
	<b>costo carguío-acarreo mineral (S.)</b>	<b>Costo carguío-acarreo desmonte (S.)</b>	<b>Costo carguío-acarreo mineral (S.)</b>	<b>Costo carguío-acarreo desmonte (S.)</b>	<b>Déficit carguío-acarreo mineral (S.)</b>	<b>Déficit carguío-acarreo desmonte (S.)</b>
1	1740000	1440000	2077560	1467000	-337560	-27000
2	1798000	1488000	2146812	1515900	-348812	-27900
3	1798000	1488000	2146812	1515900	-348812	-27900
4	1624000	1344000	1939056	1369200	-315056	-25200
5	1798000	1488000	2146812	1515900	-348812	-27900
6	1740000	1440000	2077560	1467000	-337560	-27000
<b>Total</b>	<b>10498000</b>	<b>8688000</b>	<b>12534612</b>	<b>8850900</b>	<b>-2036612</b>	<b>-162900</b>

*Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra el versus de los costos estimados y los ejecutados del primer semestre del 2023.*

En la tabla 32 se aprecia el déficit que se aprecia en el proceso de carguío – acarreo del último semestre del Tajo Santa Este, los cuales se concluye que se está gastando más de lo programado debido a la evaluación del bajo rendimiento del equipo de carguío y una mala asignación de volquetes a los equipos de carguío.

#### **4.1.8.4. Adecuado control operativo/campo**

Se realiza este proceso de control adecuado operativo/campo por las demoras operativas que se van presentando en los puntos de carguío – acarreo, esto se realiza en base a un tiempo de ciclo piloto estimado, que se planteó en la oferta para la ejecución de carguío – acarreo, para ello se tiene lo siguiente:

**Tabla 33:** *Tiempo promedio de ciclo de carguío – acarreo.*

<b>Tiempo de ciclo en carguío/Volquete</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Desmonte</b>		<b>Mineral</b>	
	<b>Tiempo ofertado (min)</b>	<b>Tiempo empleado (min)</b>	<b>Tiempo ofertado (min)</b>	<b>Tiempo empleado (min)</b>
1		4.5		5.2
2		4.4		5.2
3		4.1		5.1
4		4.3		5.3
5		4.2		5.4
6	3.6	4.4	4.0	5.2
7		4.6		5.0
8		4.7		5.1
9		4.7		5.3
10		4.6		5.2
<b>Total</b>	<b>3.6</b>	<b>4.6</b>	<b>4.0</b>	<b>5.3</b>

<b>Tiempo de ciclo en acarreo</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Desmonte</b>		<b>Mineral</b>	
	<b>Tiempo ofertado (min)</b>	<b>Tiempo empleado (min)</b>	<b>Tiempo ofertado (min)</b>	<b>Tiempo empleado (min)</b>
1		40.6		54.3
2		41.8		54.2
3		42.3		54.3
4		43.1		56.5
5		43.8		58.4
6	38	40.8	52	54.2
7		42.1		52.6
8		43.0		55.3
9		42.8		54.8
10		41.3		54.2
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>42.2</b>	<b>52</b>	<b>54.9</b>

*Fuente: Elaboración propia, en los cuadros se aprecia el tiempo promedio ofertado frente al tiempo ejecutado en campo*

En la tabla 33 podemos apreciar que el ciclo ofertado es menor a lo ejecutado así concluyendo que existe demoras operativas en el proceso de carguío- acarreo, según la evaluación es importante ver el material en banco, si la voladura es lo correcto o si la resistencia de la roca es mucho mayor a la estimada, por ello realizar la toma de datos en campo es

fundamental para poder identificar la falla de acuerdo al factor patrón, así será reportado inmediatamente para que la supervisión tome las decisiones para la mejora continua.

En resumen, general el diseño de mejora se realizará en base a la toma de datos operativos en campo, la cual se verificará si está afectando a la operación mina con todas las demoras en todo el proceso de carguío - acarreo, para ello es importante realizar una mejora que ayude a mitigar estos impactos, desde el control operativo en campo como primera etapa y el procesamiento de datos reales en oficina como última etapa y así verificar la trazabilidad de la operación con los días de avance.

#### 4.1.8.5. Adecuado conocimiento de operaciones mineras (Carguío – acarreo)

Para este proceso se verifico el dimensionamiento de la flota actual del proceso de carguío – acarreo en función al calculo que se realizó aplicando Match Factor y se obtuvo lo siguiente:

**Tabla 34:** *Dimensionamiento de la flota de equipos de carguío – acarreo.*

Equipo	Dimensionamiento de flota de equipos			
	Mineral		Desmonte	
	Dimensionamiento o actual	dimensionamiento o aplicando Match Factor	Dimensionamiento o actual	dimensionamiento o aplicando Match Factor
Excavadora	1	1	1	1
Volquetes	14	10	11	9

*Fuente: Elaboración propia. en la tabla se muestra un comparativo del dimensionamiento actual y el dimensionamiento ideal aplicando Match Factor.*

De esto se concluye que el dimensionamiento en el proceso de carguío acarreo no es lo ideal ya que se observa que para cada equipo de carguío solo se debe asignar 9 volquetes y así aprovechar al máximo el rendimiento de la excavadora y volquetes.

## CAPITULO V

### ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA LA ELECCIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO OPTIMO DEL PROCESO DE CARGUÍO – ACARREO

Con los datos obtenidos en base al cálculo de rendimiento de los equipos de carguío – acarreo, y la aplicación del match Factor (Factor de Acoplamiento), se realizará la comparación e interpretación de resultados para poder proponer el nuevo dimensionamiento de la flota de equipos de carguío – acarreo en mineral y desmote del Tajo Santa Este.

##### 5.1.1. Análisis comparativo entre un dimensionamiento de Excavadora CAT 349D L con respecto a la excavadora CAT 374D L y los volquetes FMX 540 MAX 8x4R.

En este punto veremos la comparación de rendimientos, costo operativo y la producción de una excavadora 349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R con respecto a la excavadora CAT 374D L y los volquetes FMX 540 MAX 8x4R que se propone implementar en el punto de carguío del mineral y desmote del tajo Santa Este.

Para la elección del mejor dimensionamiento se considerará los siguientes puntos.

**Producción por guardia/día:** La producción por día es muy importante para la minera Iscaycruz, en base a eso se debe tener una producción mínima por día en mineral de 5800 m<sup>3</sup>/día y en desmote 6000 m<sup>3</sup>/día del tajo Santa Este.

**Nº de unidades de equipos de carguío y acarreo:** Debe ser acorde a las capacidades de carguío – acarreo para poder cumplir con la producción por día.

**Evaluación económica:** Se evaluará el costo total del carguío - acarreo.

A continuación, se muestra los cálculos con sus respectivas comparaciones.

**Tabla 35:** Comparativo de la excavadora CAT 349D L – volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y la primera propuesta de implementación (excavadora 374D L - volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R)

Comparativo del dimensionamiento de la excavadora CAT 349D L - volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y la excavadora 374D L - volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R														
Item	Material	Dimensionamiento	Opciones de dimensionamiento	Equipo	Indicadores Operativos							Indicadores Económicos		
					N° de unidades	Precio hora maquina (S./h)	Producción Horaria del sistema (m3/h)	Horas efectivas de trabajo (h)	Prod. Por turno (m3/guardia)	Prod. Por día (m3/día)	Prod. Teórica (m3/día)	Diferencia de producción (m3/día)	Costo unitario carguío / acarreo (S./m3)	Costo total carguío - acarreo (S./m3)
ESTADO ACTUAL	MINERAL	Exc- CAT 349D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	Evaluación actual	Exc- CAT 349 D L	1	340							1.49	
				Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	14	170	227.66	9.5	2162.77	4325.54	5800	-1474.46	10.45	11.94
	DESMONTE	Exc- CAT 349D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	Evaluación actual	Exc- CAT 349 D L	1	340							1.25	
				Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	11	170	270.98	9.5	2574.31	5148.62	6000	-851.38	6.90	8.15
PROPUESTA 1	MINERAL	Exc- CAT 374D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	Opción 1	Exc- CAT 374 D L	1	440							1.64	
				Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	12	170	268.56	9.5	2551.32	5102.64	5800	-697.36	7.60	9.24
	DESMONTE	Exc- CAT 374D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	Opción 2	Exc- CAT 374 D L	1	440							1.35	
				Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	11	170	325.71	9.5	3094.245	6188.49	6000	188.49	5.74	7.09

Fuente: Elaboración propia, en el cuadro se aprecia un análisis comparativo de una excavadora 349D L – volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R con respecto a la excavadora 374D L - volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R.

De los datos proporcionados de la tabla 36 podemos deducir la producción por día y el costo de carguío – acarreo según el tipo de dimensionamiento

- Para el caso del mineral que actualmente está con la excavadora 349D L y los 14 volquetes Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R se tiene una diferencia de producción de -1474.46 m3/día con un costo de carguío - acarreo de 11.94 S./m3 lo que hace que se esté generando perdidas, realizando la simulación para la excavadora 374D L y 12 volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R se tiene una pérdida de -697.36 m3/día con un costo operativo de 9.24 S./m3, lo que hace que la primera simulación en mineral no sea lo adecuado.
- Para el caso del desmonte que actualmente está con la excavadora 349D L y los 11 volquetes Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R se tiene una diferencia de producción de -851.38 m3/día con un costo de carguío - acarreo de 8.15 S./m3 lo que hace que se esté generando perdidas, realizando la simulación para la excavadora 374D L y 11 volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R se tiene que supera la producción estimada por día en 188.49 m3/día con un costo operativo de 7.09 S./m3, lo que hace que la primera simulación en desmonte es lo adecuado.
- Teniendo estos datos se tiene que para la primera simulación de implementación de la excavadora 374D L y los actuales volquetes volvos FMX 540 MAX 8x4R se debe implementar este dimensionamiento de equipo de carguío – acarreo en el punto de carguío del desmonte, ya que con esto se puede observar que se cumplirá la producción diaria con la misma cantidad de volquetes que se cuenta actualmente.

### **5.1.2. Análisis comparativo entre un dimensionamiento de Excavadora CAT 349D L con respecto a la excavadora CAT 390D L y los volquetes FMX 540 MAX 8x4R.**

En este punto veremos la comparación de rendimientos, costo operativo y la producción de una excavadora 349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R con respecto a la excavadora CAT 390D L y los volquetes FMX 540 MAX 8x4R que se propone implementar en el punto de carguío del mineral y desmonte del tajo Santa Este.

Para la elección del mejor dimensionamiento en el sistema de carguío – acarreo se considerará los siguientes puntos.

**Producción por guardia/día:** La producción por día es muy importante para la minera Iscaycruz, en base a eso se debe tener una producción mínima por día en mineral de 5800 m<sup>3</sup>/día y en desmonte 6000 m<sup>3</sup>/día del tajo Santa Este.

**Nº de unidades de equipos de carguío y acarreo:** Debe ser acorde a las capacidades de carguío – acarreo para poder cumplir con la producción por día.

**Evaluación económica:** Se evaluará el costo total del carguío - acarreo

A continuación, se muestra los cálculos con sus respectivas comparaciones, la cual nos permitirá elegir el mejor dimensionamiento de carguío – acarreo en el mineral y desmonte.

A continuación, se muestra la tabla 36 mostrando el comparativo de dimensionamiento de la EXC-349D L y la EXC-390D L y los volquetes FMX 540 MAX 8x4R.

**Tabla 36:** Comparativo de la excavadora CAT 349D L – volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y la segunda propuesta de implementación (excavadora 390D L - volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R).

Ccomparativo del dimensionamiento de la excavadora CAT 349D L - volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R y la excavadora 390D L - volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R														
Ítem	Material	Dimensionamiento	Opciones de dimensionamiento	Equipo	Indicadores Operativos								Indicadores Económicos	
					N° de unidades	Precio hora maquina (S./h)	Producción Horaria del sistema (m3/h)	Horas efectivas de trabajo (h)	Prod. Por turno (m3/guardia)	Prod. Por día (m3/día)	Prod. Teórica (m3/día)	Diferencia de producción (m3/día)	Costo unitario carguío / acarreo (S./m3)	Costo total carguío - acarreo (S./m3)
ESTADO ACTUAL	MINERAL	Exc- CAT 349D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	Evaluación actual	Exc- CAT 349 D L	1	340							1.49	
				Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	14	170	227.66	9.5	2162.77	4325.54	5800	-1474.46	10.45	11.94
	DESMONTE	Exc- CAT 349D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	Evaluación actual	Exc- CAT 349 D L	1	340							1.25	
				Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	11	170	270.98	9.5	2574.31	5148.62	6000	-851.38	6.90	8.15
PROPUESTA 2	MINERAL	Exc- CAT 390D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	Opción 1	Exc- CAT 390 D L	1	540							1.72	
				Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	14	170	313.32	9.5	2976.54	5953.08	5800	153.08	7.60	9.32
	DESMONTE	Exc- CAT 390D L y Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	Opción 2	Exc- CAT 390 D L	1	540							1.40	
				Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R	13	170	384.93	9.5	3656.835	7313.67	6000	1313.67	5.74	7.14

Fuente: Elaboración propia, en el cuadro se aprecia un análisis comparativo de una excavadora 349D L – volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R con respecto a la excavadora CAT 390D L - volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R.

- Para el caso del mineral que actualmente está con la excavadora 349D L y los 14 volquetes Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R se tiene una diferencia de producción de -1474.46 m3/día con un costo de carguío - acarreo de 11.94 S./m3 lo que hace que se esté generando perdidas, realizando la simulación para la excavadora 390D L y 14 volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R se tiene que supera la producción estimada por día en 153.08 m3/día con un costo operativo de 9.32 S./m3, lo que hace que con esta segunda simulación en mineral sea el adecuado para este punto de carguío.
- Para el caso del desmonte que actualmente está con la excavadora 349D L y los 11 volquetes Volquete volvo FMX 540 MAX 8x4R se tiene una diferencia de producción de -851.38 m3/día con un costo de carguío - acarreo de 8.15 S./m3 lo que hace que se esté generando perdidas, realizando la simulación para la excavadora 390D L y 13 volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R se tiene que supera la producción estimada por día en 1313.67 m3/día con un costo operativo de 7.14 S./m3, lo que hace que la segunda simulación en desmonte no sea el adecuado debido a que actualmente se cuenta con 11 volquetes asignados en este punto y la simulación se realizó con 13 volquetes.
- Teniendo estos datos se tiene que para la segunda simulación de implementación de la excavadora 390D L y los actuales volquetes volvos FMX 540 MAX 8x4R se debe implementar este dimensionamiento de equipo de carguío – acarreo en el punto de carguío del mineral, ya que con esto se puede observar que se cumplirá la producción diaria con la misma cantidad de volquetes que se cuenta actualmente.

### 5.1.3. Resumen operacional y económico por tipo de material (mineral y desmonte)

A continuación, mostraremos un resumen de la mejor opción que se analizó del comparativo de las 2 propuestas de implementación en el mineral y desmonte del tajo Santa Este, minera Iscaycruz.

**Tabla 37:** *Resumen operacional y económico en el mineral y desmonte.*

descripción	sistema carguío - acarreo	producción por día (m3/día)	diferencia de producción (m3/día)	rendimiento (m3/hr)	costo carguío- acarreo (S./m3)
<b>Mineral</b>	EXC.-349D L y Volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R	4325.54	-1474.46	227.66	11.94
	EXC.-390D L y Volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R	<b>5953.08</b>	<b>153.08</b>	<b>313.32</b>	<b>9.32</b>
<b>Desmonte</b>	EXC.-349D y Volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R	5148.62	-851.38	270.98	8.15
	EXC.-374D y Volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R	<b>6188.49</b>	<b>188.49</b>	<b>325.71</b>	<b>7.09</b>

*Fuente: Elaboración propia, en la tabla se tiene el resumen operacional y económico de lo actual con respecto a lo propuesto.*

En este resumen apreciamos que para el punto del mineral se debe asignar a la excavadora 390D L y los 14 Volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R, así mismo para el punto del desmonte se debe asignar la excavadora CAT 374D L y los 11 Volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.

Asignando estos dimensionamientos en el punto de carguío del mineral y desmonte se ha reducido el costo de carguío – acarreo según el tipo de material (mineral y desmonte) y se ha mejorado la producción por día.



## 5.2. Beneficio de reemplazo del sistema EXC-349D L y volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R con un sistema EXC-374D L, 390D L y volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R

En este punto veremos los resultados de la producción y los costos de operación en mineral y desmote del primer semestre del 2023 de la EXC-349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en función al nuevo dimensionamiento de la excavadora 374D L, excavadora 390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.

### 5.2.1. Resultados de la producción del tajo Santa Este en el semestre.

En este ítem se vera la producción del primer semestre del 2023 del proceso actual en función a lo propuesto en mineral y desmote del Tajo Santa Este, para ver el comportamiento del nuevo dimensionamiento de equipo de carguío – acarreo.

#### 5.2.1.1. Resultado de producción del dimensionamiento Excavadora 349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R

A continuación, se detalla los siguientes datos.

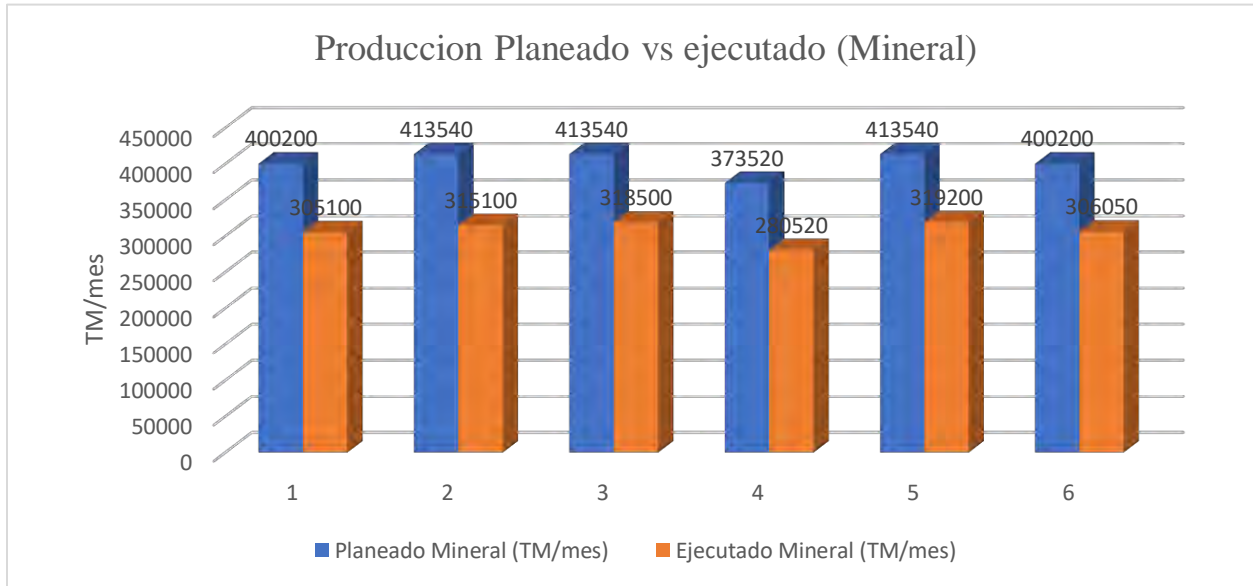
**Tabla 38:** *Resumen total de producción con el dimensionamiento EXC-349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R*

Mes	Producción mineral / desmote					
	Planeado (TM/mes)		Ejecutado (TM/mes)		Déficit	
	Mineral	Desmote	Mineral	Desmote	Mineral	Desmote
1	400200	378000	305100	330300	-95100	-47700
2	413540	390600	315100	341320	-98440	-49280
3	413540	390600	318500	342100	-95040	-48500
4	373520	352800	280520	305100	-93000	-47700
5	413540	390600	319200	340950	-94340	-49650
6	400200	378000	306050	329500	-94150	-48500
<b>Total</b>	<b>2414540</b>	<b>2280600</b>	<b>1844470</b>	<b>1989270</b>	<b>-570070</b>	<b>-291330</b>

*Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra el resumen de producción en mineral y desmote con el dimensionamiento existente EXC-349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.*

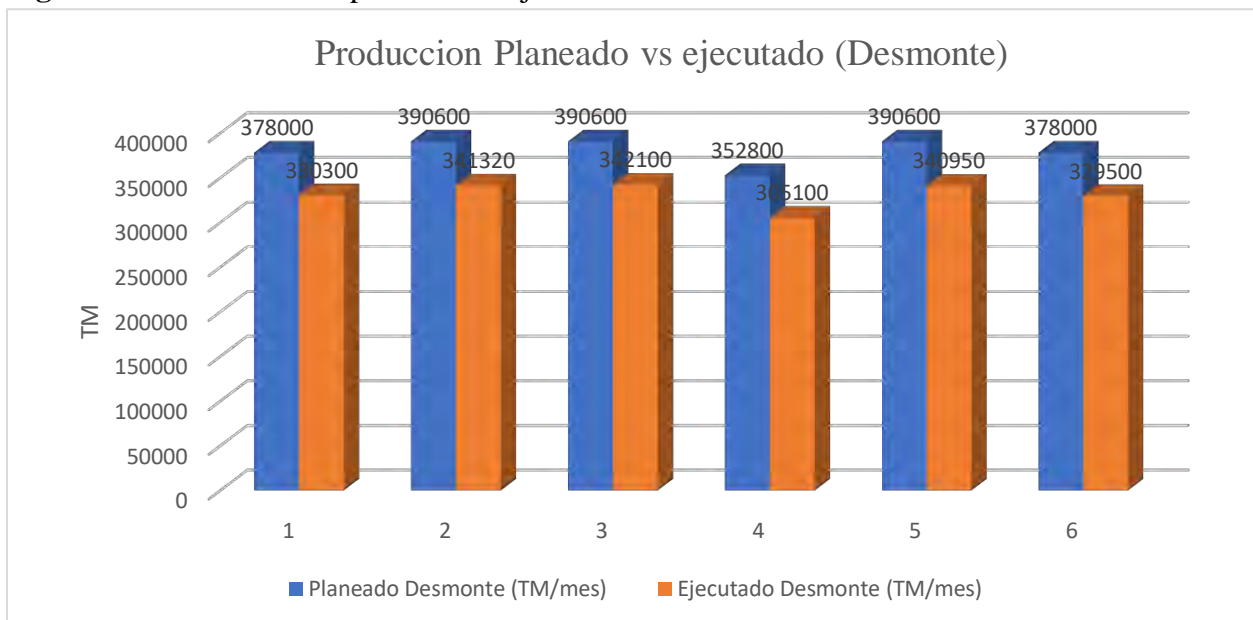
A continuación, se muestra los gráficos de la tabla 38 para ver la producción planeada vs lo ejecutado en mineral y desmante.

**Figura 24:** Producción planeada vs ejecutado con la EXC-349D L en el mineral



Fuente: Elaboración propia, en el grafico se muestra la producción planeada vs lo ejecutado en el primer semestre del 2023 con la EXC-349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en el mineral.

**Figura 25:** Producción planeada vs ejecutado con la EXC-349 D L en el desmante



Fuente: Elaboración propia, en el grafico se muestra la producción planeada vs lo ejecutado en el primer semestre del 2023 con la EXC-349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en el desmante.

**5.2.1.2. Resultado de producción en mineral del dimensionamiento Excavadora 390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R**

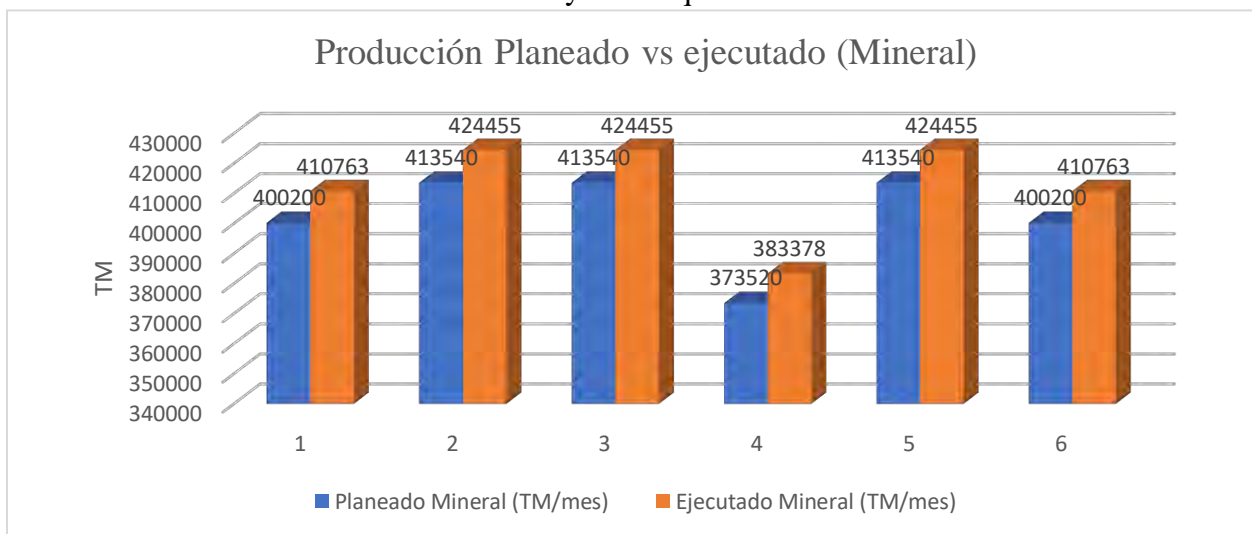
A continuación, se detalla los siguientes datos.

**Tabla 39:** Resumen de producción en el mineral con el dimensionamiento EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R

<b>Producción desmonte con el dimensionamiento EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R</b>			
<b>Mes</b>	<b>Planeado (TM/mes)</b>	<b>Ejecutado (TM/mes)</b>	<b>Déficit</b>
	<b>Mineral</b>	<b>Mineral</b>	<b>Mineral</b>
1	400200	410763	10563
2	413540	424455	10915
3	413540	424455	10915
4	373520	383378	9858
5	413540	424455	10915
6	400200	410763	10563
<b>Total</b>	<b>2414540</b>	<b>2478269</b>	<b>63729</b>

Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra el resumen de producción del primer semestre del 2023 en mineral con el sistema propuesto EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.

**Figura 26:** Producción planeada vs ejecutado del semestre en mineral con el dimensionamiento EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.



Fuente: Elaboración propia, en el grafico se muestra el resumen de la producción del primer semestre del 2023 en mineral con la EXC 390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R, se aprecia el cumplimiento de lo planeado.

**5.2.1.3. Resultado de producción en desmonte del dimensionamiento Excavadora 374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R**

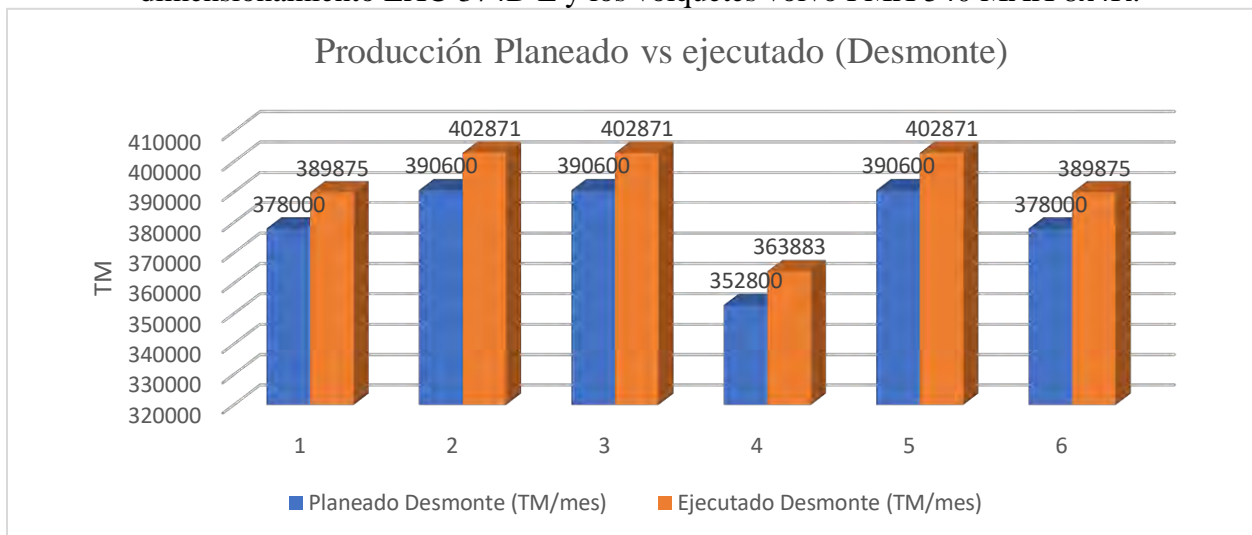
A continuación, se detalla los siguientes datos.

**Tabla 40:** Resumen de producción en el desmonte con el dimensionamiento EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R

<b>Producción desmonte con el dimensionamiento EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R</b>			
<b>Mes</b>	<b>Planeado (TM/mes)</b>	<b>Ejecutado (TM/mes)</b>	<b>Déficit</b>
	<b>Desmonte</b>	<b>Desmonte</b>	<b>Desmonte</b>
1	378000	389875	11875
2	390600	402871	12271
3	390600	402871	12271
4	352800	363883	11083
5	390600	402871	12271
6	378000	389875	11875
<b>Total</b>	<b>2280600</b>	<b>2352246</b>	<b>71646</b>

Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra el resumen de producción del primer semestre del 2023 en desmonte con el dimensionamiento propuesto EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.

**Figura 27:** Producción planeada vs ejecutado del semestre en desmonte con el dimensionamiento EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.



Fuente: Elaboración propia, en el grafico se muestra el resumen de la producción del primer semestre del 2023 en desmonte con la EXC 374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R, se aprecia el cumplimiento de lo planeado

En resumen, se tiene que para el mineral con el dimensionamiento EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R la producción en el semestre incremento en un 34% es decir 633,799 TM.

En el desmote con el dimensionamiento EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R la producción en el semestre incremento en un 18% es decir en 362,976 TM.

### 5.2.2. Resultados económicos del tajo Santa Este en el semestre.

En este ítem se verá el resumen económico por mes del proceso actual en función a lo propuesto en mineral y desmote del Tajo Santa Este, para ver el comportamiento del nuevo dimensionamiento de equipo de carguío – acarreo.

#### 5.2.2.1. Resultado económico del dimensionamiento Excavadora 349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R

A continuación, detallaremos el resumen de resultados de la EXC-349D L y los volquetes Volvo FMX 540 MAX 8x4R.

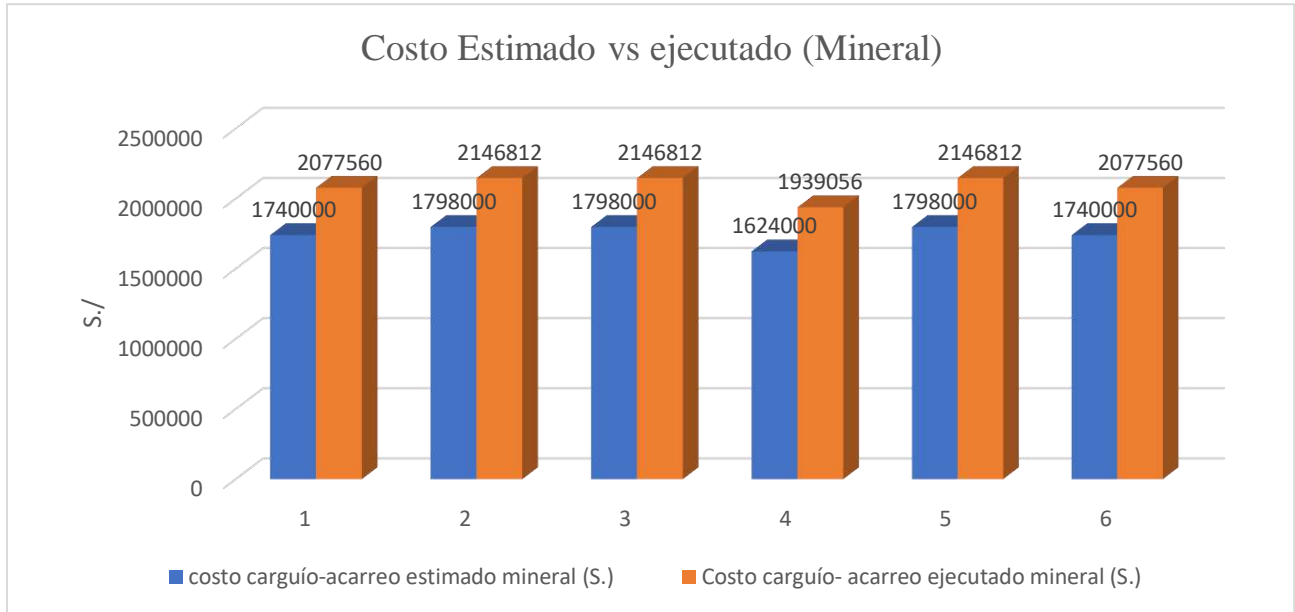
**Tabla 41:** *Resumen del costo total de carguío - acarreo en mineral y desmote con el dimensionamiento de la EXC-349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R*

<b>COSTO DE LA OPERACIÓN DE CARGUÍO - ACARREO</b>						
	<b>Costo estimado Mineral y Desmote (S.)</b>		<b>Costo ejecutado Mineral y Desmote (S.)</b>		<b>déficit del mineral y desmote (S.)</b>	
<b>Mes</b>	<b>costo carguío-acarreo mineral (S.)</b>	<b>Costo carguío-acarreo desmote (S.)</b>	<b>Costo carguío-acarreo mineral (S.)</b>	<b>Costo carguío-acarreo desmote (S.)</b>	<b>Déficit carguío - acarreo mineral (S.)</b>	<b>Déficit carguío-acarreo desmote (S.)</b>
1	1740000	1440000	2077560	1467000	-337560	-27000
2	1798000	1488000	2146812	1515900	-348812	-27900
3	1798000	1488000	2146812	1515900	-348812	-27900
4	1624000	1344000	1939056	1369200	-315056	-25200
5	1798000	1488000	2146812	1515900	-348812	-27900
6	1740000	1440000	2077560	1467000	-337560	-27000
<b>Total</b>	<b>10498000</b>	<b>8688000</b>	<b>12534612</b>	<b>8850900</b>	<b>-2036612</b>	<b>-162900</b>

*Fuente elaboración propia, en la tabla se muestra el resumen de costos en mineral y desmote con el*

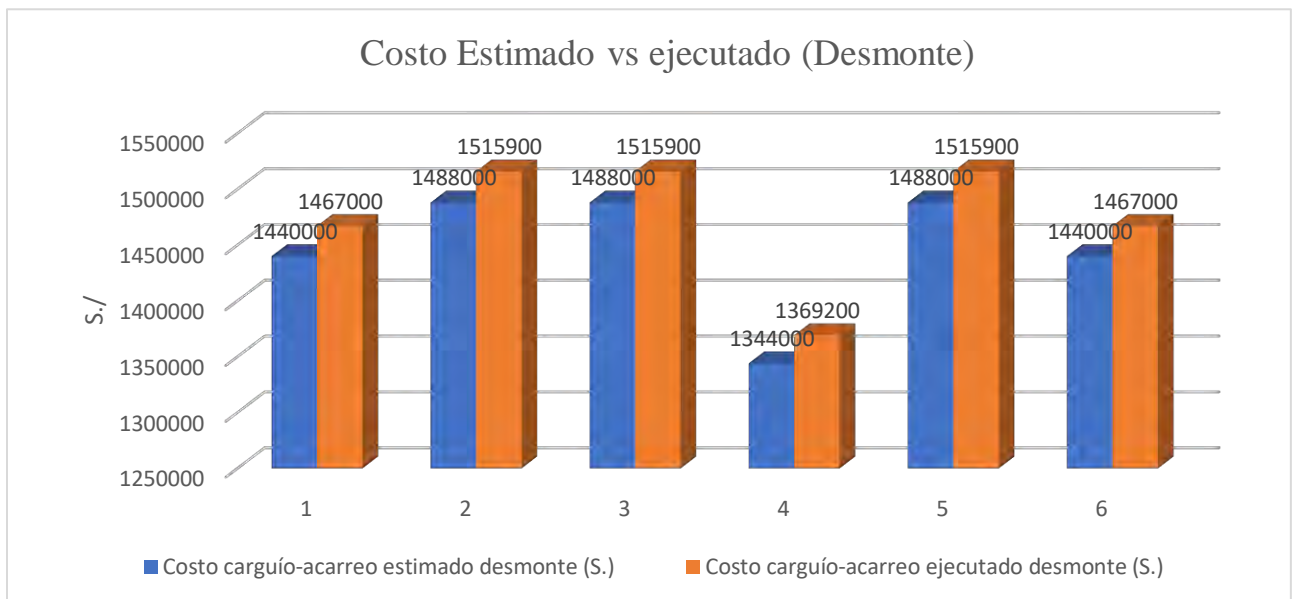
*dimensionamiento existente EXC-349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.*

**Figura 28:** Costos estimados vs ejecutados del semestre en mineral con la EXC 349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R



Fuente: Elaboración propia, en el grafico se muestra el costo estimado vs lo ejecutado en el primer semestre del 2023 con la EXC-349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en el mineral.

**Figura 29:** Costos estimados vs ejecutados del semestre en desmote con la EXC 349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R



Fuente: Elaboración propia, en el grafico se muestra el costo estimado vs lo ejecutado en el primer semestre con la EXC-349D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en el desmote.

**5.2.2.2. Resultado económico en mineral del dimensionamiento Excavadora 390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R**

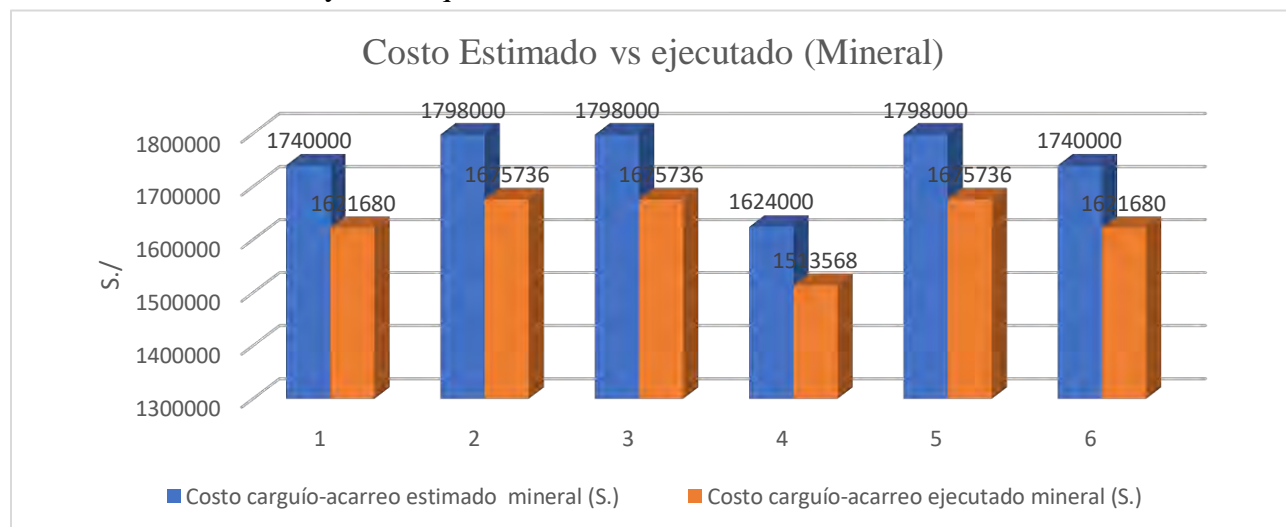
A continuación, se detallan los siguientes datos.

**Tabla 42:** Resumen de costos en el mineral con el dimensionamiento EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R

<b>COSTO DE LA OPERACIÓN DE CARGUÍO - ACARREO MINERAL</b>			
<b>Mes</b>	<b>Costo estimado Mineral (S.)</b>	<b>Costo ejecutado Mineral (S.)</b>	<b>déficit del mineral (S.)</b>
	<b>Costo carguío-acarreo mineral (S.)</b>	<b>Costo carguío-acarreo mineral (S.)</b>	<b>Déficit carguío-acarreo mineral (S.)</b>
1	1740000	1621680	118320
2	1798000	1675736	122264
3	1798000	1675736	122264
4	1624000	1513568	110432
5	1798000	1675736	122264
6	1740000	1621680	118320
<b>Total</b>	<b>10498000</b>	<b>9784136</b>	<b>713864</b>

Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra el resumen de costos del primer semestre del 2023 en mineral con el dimensionamiento propuesto EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.

**Figura 30:** Costos estimados vs ejecutados del semestre en mineral con el dimensionamiento EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.



Fuente: Elaboración propia, en el gráfico se muestra los costos del primer semestre del 2023 en mineral con la EXC 390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R, se aprecia que el costo ejecutado es menor a lo estimado

**5.2.2.3. Resultado económico en desmote del dimensionamiento Excavadora 374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R**

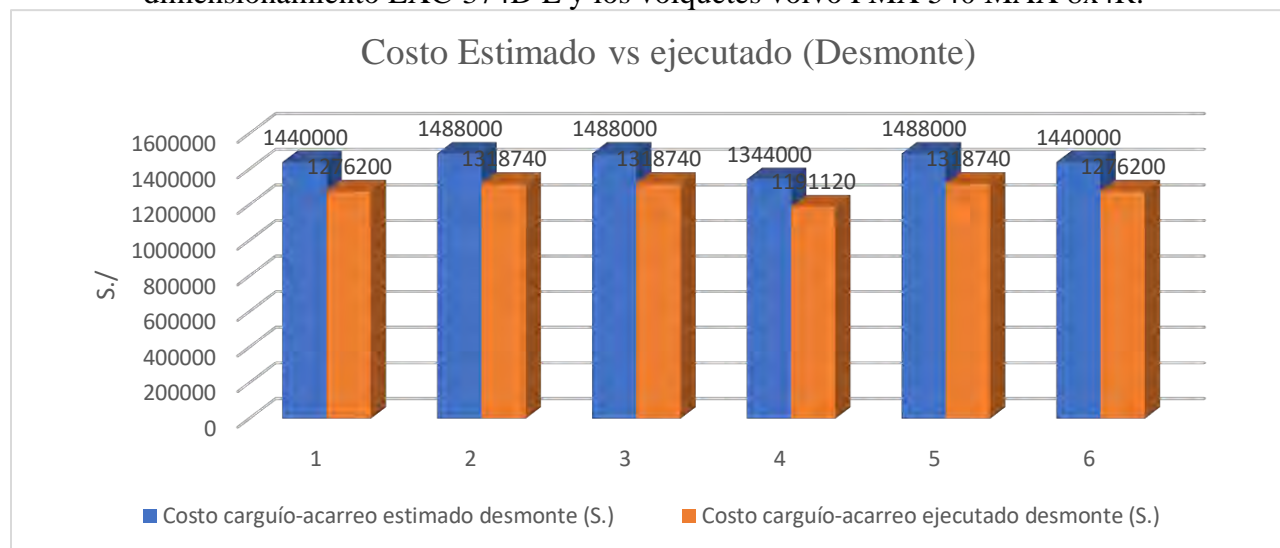
A continuación, se detallan los siguientes datos.

**Tabla 43:** Resumen de costos en el desmote con el dimensionamiento EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R

<b>COSTO DE LA OPERACIÓN DE CARGUÍO – ACARREO DESMORTE</b>			
<b>Mes</b>	<b>Costo estimado Desmote (S.)</b>	<b>Costo ejecutado Desmote (S.)</b>	<b>déficit del desmote (S.)</b>
	<b>Costo carguío-acarreo desmote (S.)</b>	<b>Costo carguío-acarreo desmote (S.)</b>	<b>Déficit carguío-acarreo desmote (S.)</b>
1	1440000	1276200	163800
2	1488000	1318740	169260
3	1488000	1318740	169260
4	1344000	1191120	152880
5	1488000	1318740	169260
6	1440000	1276200	163800
<b>Total</b>	<b>8688000</b>	<b>7699740</b>	<b>988260</b>

Fuente: Elaboración propia, en la tabla se muestra el resumen de costos del primer semestre del 2023 en desmote con el dimensionamiento propuesto EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.

**Figura 31:** Costos estimados vs ejecutados del semestre en desmote con el dimensionamiento EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R.



Fuente: Elaboración propia, en el grafico se muestra los costos del primer semestre del 2023 en desmote con la EXC 374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R, se aprecia que el costo ejecutado es menor a lo estimado.



En resumen, se tiene que para el mineral con el dimensionamiento EXC-390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R el costo total en el semestre disminuyo en un 22% es decir S./ 2,750,476.

En el desmonte con el dimensionamiento EXC-374D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R el costo total en el semestre disminuyo en un 13% es decir en S./ 1,151,160.

## CONCLUSIONES

Con el presente trabajo de investigación se llegó a la siguiente conclusión

1. Con la evaluación e implementación del nuevo dimensionamiento del proceso de carguío – acarreo se logró incrementar la producción de 4325.54 m<sup>3</sup>/día a 5953.08 m<sup>3</sup>/día y reducir los costos operativos de 11.94 S./m<sup>3</sup> a 9.32 S./m<sup>3</sup> en el punto de carguío – acarreo del mineral, así mismo en el punto de carguío – acarreo del desmonte se logró incrementar la producción de 5148.62 m<sup>3</sup>/día a 6188.49 m<sup>3</sup>/día y reducir los costos operativos de 8.15 S./m<sup>3</sup> a 7.09 S./m<sup>3</sup>.
2. Con la implementación de la excavadora 390D L en el punto de carguío - acarreo del mineral se redujo el tiempo improductivo (Colas) de los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R de 13.26 minutos (tiempo de espera en cola) a 0 minutos, así mismo con la implementación de la Excavadora 374D L en el punto de carguío - acarreo del desmonte se redujo el tiempo improductivo (Colas) de los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R de 3.88 minutos (tiempo de espera en cola) a 0 minutos.
3. Con la aplicación del Match Factor (Factor de acoplamiento) se logró determinar los rendimientos dando como resultado lo siguiente:
  - Rendimiento con el nuevo dimensionamiento EXC – 390D L y volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en el mineral: Es de 313.32 m<sup>3</sup>/hr, siendo 37.6% (85.66 m<sup>3</sup>/hr) más en comparación del dimensionamiento inicial.
  - Rendimiento con el nuevo dimensionamiento EXC – 374D L y volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en el desmonte: Es de 325.71 m<sup>3</sup>/hr, siendo 20% (54.73 m<sup>3</sup>/hr) más en comparación del dimensionamiento inicial.

4. Se determino los costos operativos de la nueva propuesta para el proceso de carguío – acarreo en desmote y en mineral, dando como resultado lo siguiente.
- Costo operativo con el nuevo dimensionamiento EXC – 390D L y los volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en el mineral: Es de 9.32 S./m<sup>3</sup>, siendo 22% (2.62 S./m<sup>3</sup>) menos al costo operativo inicial.
  - Costo operativo con el nuevo dimensionamiento EXC – 374D L y volquetes volvo FMX 540 MAX 8x4R en el desmote: Es de 7.09 S./m<sup>3</sup>, siendo 13% (1.06 S./m<sup>3</sup>) menos al costo operativo inicial.

## RECOMENDACIONES

1. Para el numero necesario de volquetes se debe tener en cuenta lo siguiente:
  - la distancia a transportar el mineral o desmonte, ya que con este dato se podrá obtener el ciclo de acarreo.
  - El rendimiento de los equipos de carguío
  - La producción planeada por día.
  - La eficiencia horaria.
  - La capacidad del equipo de acarreo.

Con esto se podrá decidir la cantidad necesaria de volquetes a un menor costo operativo.

2. Capacitación permanente al personal responsable de operar los equipos de carguío - acarreo para reducir los tiempos muertos e improductivos.
3. Realizar reportes permanentes de la producción y concientizar a todo el personal en la importancia de cumplir la programación por guardia y por día.
4. Se recomienda dar más énfasis al personal a cargo de los equipos de carguío – acarreo, recompensando por cumplimiento de producción, ya que el capital humano es el motor de la operación del cumplimiento de producción, con esto los trabajadores se sentirán más identificados con la empresa.

## BIBLIOGRAFIA

- Aeromarine (2014) ‘LA IMPORTANCIA DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN’. Available at: <https://aeromarinesoftware.wordpress.com/2014/12/04/la-importancia-de-la-optimizacion-de-la-produccion/>.
- Amau Torres, G. (2019) ‘Optimización de equipos de carguío y transporte para el incremento de producción en la CIA Minera Antapaccay Espinar – Cusco’, *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*, 1. Available at: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2692065>.
- Berrios Ttito, Y. and Reinhard, O. de O.G. *Optimización en el sistema de carguío y transporte en minería superficial CIA Minera ANABI SAC. ARUNTANI/*.
- Cat (2012) ‘Manual de rendimiento Caterpillar 42’, p. 1600.
- Gómez Gómez, G.D. (2017) ‘Disponibilidad de equipos auxiliares para optimizar la productividad en el carguío y acarreo de las fases 01,03 y 07 del Tajo Constancia Empresa Especializada Stracon GYM S.A.’.
- HUDSON, J.. (2003) ‘Factores que afectan productividad y costo en el carguío y transporte’. Available at: <http://www.editec.cl/mchilena/dic2003/Articulo/informe.htm>.
- Juan, C.T. and Andrés, G.A. (2016) ‘Construcciones Industriales’, *Construcciones Industriales*, 5, p. 144.
- Malpica Quijada, C.F. (2014) “‘Evaluación De Rendimientos De Equipos En Las Operaciones De Movimiento De Tierras En El Minado Yanacocha – Cajamarca’”, *UPN*, p. 358.
- Manzaneda Castillo, J. (2015) ‘Optimizacion de la flota de carguio y acarreo para el incremento de produccion de material de desbroce de 400k a 1000k bcm - u.e.a. el brocal consorcio pasco stracon g y m’.

- Murga Vargas, A.E. (2016) ‘Mejora de la productividad en el ciclo de carguío y acarreo en mina Pucamarca - MINSUR SA.’
- Ortiz Oswaldo, Canchari, G., Iglesias, S. and Gonzales, M. (2007) ‘Simulación determinística y estocástica para dimensionar, y seleccionar equipo y elegir alternativas de minado en la explotación minera superficial’, *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 10. Available at:  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/522>.
- Rondan, E. (2014) ‘Producción Real Vs. Producción Potencial De Equipos De Carguío Y Acarreo Y Aplicación Del Match Factor Para Determinar El Número Óptimo De Volquetes Mina Arasi’.
- Saavedra Aguilar, J.J. (2016) ‘Simulación y evaluación de escenarios de minado para generar alternativas de mejora en las operaciones de carguio y acarreo de la Cia. Minera Las Bambas - Cotabambas, Apurímac’, *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*.
- Salas M., E. (2000) *Geología del yacimiento de Iscaycruz*. Ingemmet.
- Seguridad minera (2017) ‘El carguío y transporte y su relación con otras etapas de la explotación’, *20 de marzo*. Available a:  
<https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/el-carguio-y-transporte-y-su-relacion-con-otras-etapas-de-la-explotacion/>.

## ANEXO 1

### GENERALIDADES DEL AMBITO DE ESTUDIO

#### 1. ASPECTOS GENERALES DEL AMBITO DE ESTUDIO

##### 1.1. Ubicación

La minería Iscaycruz está ubicada en el departamento de Lima, provincia de Oyon, distrito de Pachangara, a una altura de 4800 metros sobre el nivel del mar.

**Figura 32:** Ubicación de la mina Iscaycruz



*Fuente: Unidad minera Iscaycruz*

## **1.2. Ubicación del tajo Santa este**

### **1.2.1. Ubicación Geográfica**

El proyecto Santa Este está situado geográficamente en la parte occidental de la cordillera de los andes, que se encuentra rodeado por un valle glaciar y montañas típicas de los Andes del Perú. La zona del proyecto se localiza a una altitud promedio de 4800 msnm, tomando en cuenta la zona central de operaciones de exploración.

### **1.2.2. Ubicación Política**

La ubicación política de la zona de investigación es la siguiente:

Departamento : Lima  
Provincia : Oyón  
Distrito : Oyón – Pachangara

Las 15 concesiones mineras está elaborada por la compañía minera LOS QUENUALES S.A., Proyecto Santa Este, Unidad ISCA YCRUZ. Se trata de una empresa minera que se dedica a la producción del Zn y Pb, y que esta ubicada a 8 hrs. aproximadamente partiendo de Lima.

### **1.2.3. Coordenadas geográficas**

Latitud (sur) : 10°48°  
Longitud (oeste) : 76°43°

- ❖ Vértice NW 8,819,000 N 303,050 E
- ❖ Vértice NE 8,821,000 N 307,700 E
- ❖ Vértice SW 8,797,200 N 312,850 E
- ❖ Vértice SE 8,799,200 N 317,450 E



### 1.2.4. Coordenadas UTM

Las coordenadas UTM del tajo Santa Este, están comprendidas entre:

Este : 312529 a 312914  
Norte : 8805067 a 8806868

### 1.3. Accesibilidad

Los puntos de entrada a la instalación minera Iscaycruz LOS QUENUALES S.A., se realiza desde:

- ❖ La ruta panamericana norte, en el segmento que va de Lima a Huacho, está pavimentada. Después de llegar a Huacho, se toma una desviación por la carretera afirmado que dice bordear el río Huaura, lo que lleva a Río Seco, Sayan, Churín, Oyón y como punto final llegando a la minería Iscaycruz, como se aprecia los detalles en la tabla 3.

**Tabla 44:** *La duración del tiempo de trayecto de Lima - Iscaycruz*

De	A	Tipo de vía	Km.	Tiempo
Lima	Huacho	Asfaltada	146	3 Hrs
Huacho	Iscaycruz	Afirmado	154	5 Hrs

*Fuente: Elaboración propia.*

### 1.4. Clima, vegetación y relieve

#### 1.4.1. Clima

Tiene un clima característico denominado “Puna” tipo al de la Sierra alta, que es seco y frío con extremas variaciones de temperatura durante el día y la noche, alcanzando incluso valores tan bajos como (-10°C). Se distinguen dos estaciones climáticas claramente definidas: una muy fría y seca que abarca de mayo a octubre, y otra lluviosa, con posibilidad de nevadas, que ocurre de noviembre a abril.(Salas M., 2000)

### **1.4.2. Vegetación**

En el área de trabajo se registran 4 Divisiones, 16 órdenes, 21 familias y 31 especies de flora. La flora registrada presenta una frecuencia variada, encontrándose algunas especies más frecuentes que otras como *Werneria pymaea* y *Astragalus garbancillo* con 7.20 % y 6.7 % respecto a otras especies como *Elaphoglossum* sp., *Werneria dactylophylla* Senecio y *canescens* con 0.98 %. La mayor cobertura vegetal corresponde a las unidades de Césped de Puna (20.15 %) y Pajonal de Puna (11.17%). No se identificaron especies de flora en situación protegida.

### **1.4.3. Relieve**

La ubicación del yacimiento de Iscaycruz se sitúa en una zona geográfica notablemente accidentada, caracterizada por la presencia de valles y quebradas con pendientes pronunciadas. En la zona cercana a la mina se encuentran diversas lagunas formadas por glaciares.

### **1.5. Recursos hidrológicos**

Las lagunas Tinyag, Quellaycocha y Mancacuta son las cuencas hidrográficas más esenciales de la región.

Estas tres cuencas tienen una hidrología típica, con una extensión limitada y pendientes pronunciadas. A pesar de la ausencia de un drenaje superficial, la cuenca Tinyag drena subterráneamente en dirección al Suroeste a través de la quebrada Yarahuaino, mientras que las cuencas Quellaycocha y Mancacuta, drenan transversalmente hacia el Suroeste a través de la quebrada Pachangara. en dirección NW-SE. La laguna Quellaycocha es la que se destaca como la opción más viable para el suministro de agua en Iscaycruz entre las lagunas presentes en la zona, incluso durante épocas muy secas. Otra opción relevante la representan las lagunas Huanda, por tales que pueden ser embalsadas para asegurar un suministro de agua adecuado en la zona de la minería.

## **1.6. Propiedades de la roca y del macizo rocoso**

La conformación Santa está compuesta por calizas de tonalidad gris-azulada, con una estratificación delgada. La creación Santa se encuentra en la parte central del área de Iscaycruz y es esencial debido a la presencia de cuerpos mineralizados por procesos de reemplazamiento, que tiene una capacidad de espesor de 40 a 80 metros.

La forma del mineral y la caja techo del mineral se componen en esta forma. En el que construyeron los cruceros y la galería en mineral. La roca tiene los siguientes valores:

Correlación entre RMR y Q =59

RMR ajustado = 44

Calidad de roca = Regular

Roca = Caliza

## **1.7. Geología de la unidad minera Iscaycruz**

### **1.7.1. Geología general**

Iscaycruz cuenta con minerales de zinc, plomo, plata y cobre y se presenta en forma de mantos dentro de las calizas de la formación Santa y este yacimiento se distribuye de manera discontinua a lo largo de aproximadamente 12 kilómetros, a partir de Canaypata en el extremo norte a Antapampa en el sur.

La mineralización se muestra en la superficie en forma de manganeso y óxidos de hierro, que son el resultado de la oxidación de los sulfuros primarios, que se componen fundamentalmente de marmatita y esfalerita con presencia secundaria de calcopirita y galena. Los minerales accesorios se identifican como la siderita, especularita, calcita, arsenopirita, especularita y cuarzo, los cuales son considerados minerales de ganga. El cuerpo de pirita masiva se compone esencialmente por pirita en asociación de marcasita y pirrotita, a veces están

enriquecidos con galena y esfalerita. La epidota, tremolita, cuarzo y granate son minerales presentes en el Skarn. La argilización, silicificación, sideritización, dolomitización y sericitización son las transformaciones más apreciables que experimenta la roca encajonante.

### **1.7.2. Geología regional**

El territorio de Iscaycruz se encuentra en un entorno de rocas sedimentarias que pertenecen a la región de la cuenca del Cretáceo. Se encuentra en una región de sobre escurrimientos en la parte central de la Occidental Cordillera y pliegues.

A exclusión de la conformación Santa, que está constituida por calizas, la secuencia sedimentaria de la era cretácica se compone, en la sección inferior, de rocas clásticas como areniscas silíceas, lutitas, areniscas y entre otras. La sección superior está formada por una pequeña cantidad de lutitas bituminosas y una serie de rocas calcáreas. Las formaciones de Pariahuanca, Pariatambo, Santa, Jumasha y Chulec representan la serie calcárea y las formaciones de Chimu, Farrat, Oyón y Carhuaz Oyón representan las rocas clásticas en el área. Los volcánicos de la era terciaria de la formación Calipuy han cubierto discrepantemente estas formaciones en el entorno, que están instruidos por rocas ígneas de composición pórfidos graníticos dacítica y tonalítica. Desde el punto de vista estructural, la región se encuentra ubicada en una zona caracterizada por sobre escurrimiento y plegamientos. La serie sedimentaria era intensamente plegada durante la Andina Orogenia, principalmente en la dirección N 20° W y 75° y 80° SE. Los sinclinales y anticlinales se dispersan por cientos de kilómetros, alternando con áreas de sobre escurrimiento de manera paralela al principal eje.

### **1.7.3. Estratigrafía**

#### **1.7.3.1. Formación Oyón (Berriasiano inferior)**

Constituye en el sostén de la columna estratigráfica en la región, conformada por una

alternancia de gris lutitas oscuro, capas de carbón y grises areniscas. Se encuentra en la región central del anticlinal, al este de Iscaycruz.

#### **1.7.3.2. Formación Chimú (Berriasiano)**

La conformación está compuesta por un grano intermedio de ortocuarcita, con una intensiva textura y un color blanquinoso a nivel litológico. Se puede encontrar en bancos que tienen hasta 3m de espesor., mostrando fracturas y diaclasas, y conforma la parte escabrosa de las colinas.

#### **1.7.3.3. Formación Santa (Valanginiano)**

En la región, la conformación Santa se compone por caliza de tonalidad gris-azulada con delgada estratificación, así como capas de dolomíticas y calizas arcillosas que contienen nódulos de sílex o chert.

Dentro de la región de Iscaycruz, la conformación Santa se extiende con una longitud en su parte axial y adquiere relevancia de albergar cuerpos con minerales mediante procesos de sustitución. Su espesor oscila entre 40 y 80 metros.

#### **1.7.3.4. Formación Carhuaz (Hauteriviano – Barremiano)**

Esta conformación está formada por areniscas abigarradas y lutitas (de color rojo, amarillo y verde) que pueden alcanzar una altura de 600 m en la región. Se encuentra en la zona de Iscaycruz, la conformación Santa al oeste.

#### **1.7.3.5. Formación Farrat (Aptiano)**

Está compuesta por blancas areniscas con abundancia de cuarzo y areniscas grises friables que transicionan hacia capas calcáreas en la parte superior, representando así una transición hacia la formación Pariahuanca.

### 1.7.3.6. Formación Pariahuanca (Albiano medio)

La secuela calcárea se basa de calizas masivas con una tonalidad gris en gruesos estratos que es esencial en la región por la situación de la forma de Skarn.

### 1.7.3.7. Formación Chulec (Albiano medio)

Esta elaboración está compuesta en la base por margas, continua de capas de calizas con media estratificación, las cuales tienen un color inicial gris que, al intemperizarse, adquieren tonalidades crema amarillentos.

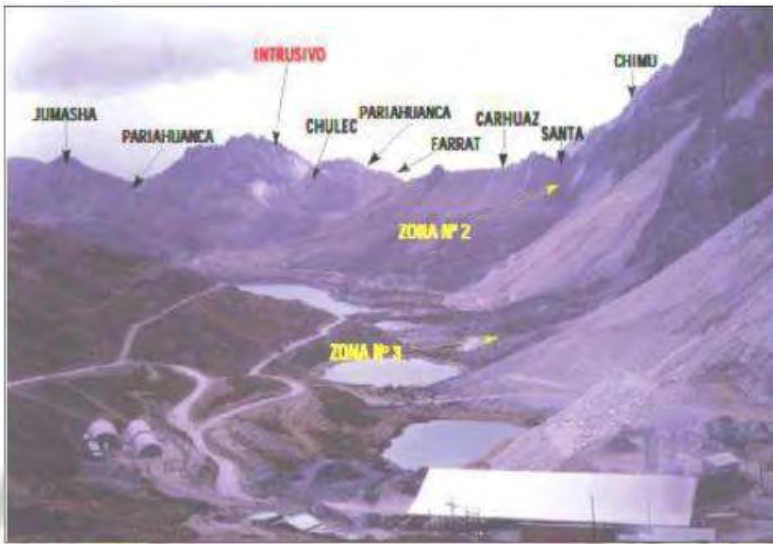
### 1.7.3.8. Formación Pariatambo (Albiano medio a superior)

Se compone principalmente de margas con una tonalidad marrón oscuro alternadas de nodulares calizas chérticas de horizonte bituminoso y fina estratificación.

### 1.7.3.9. Formación Jumasha (Cenomaniano – Turoniano)

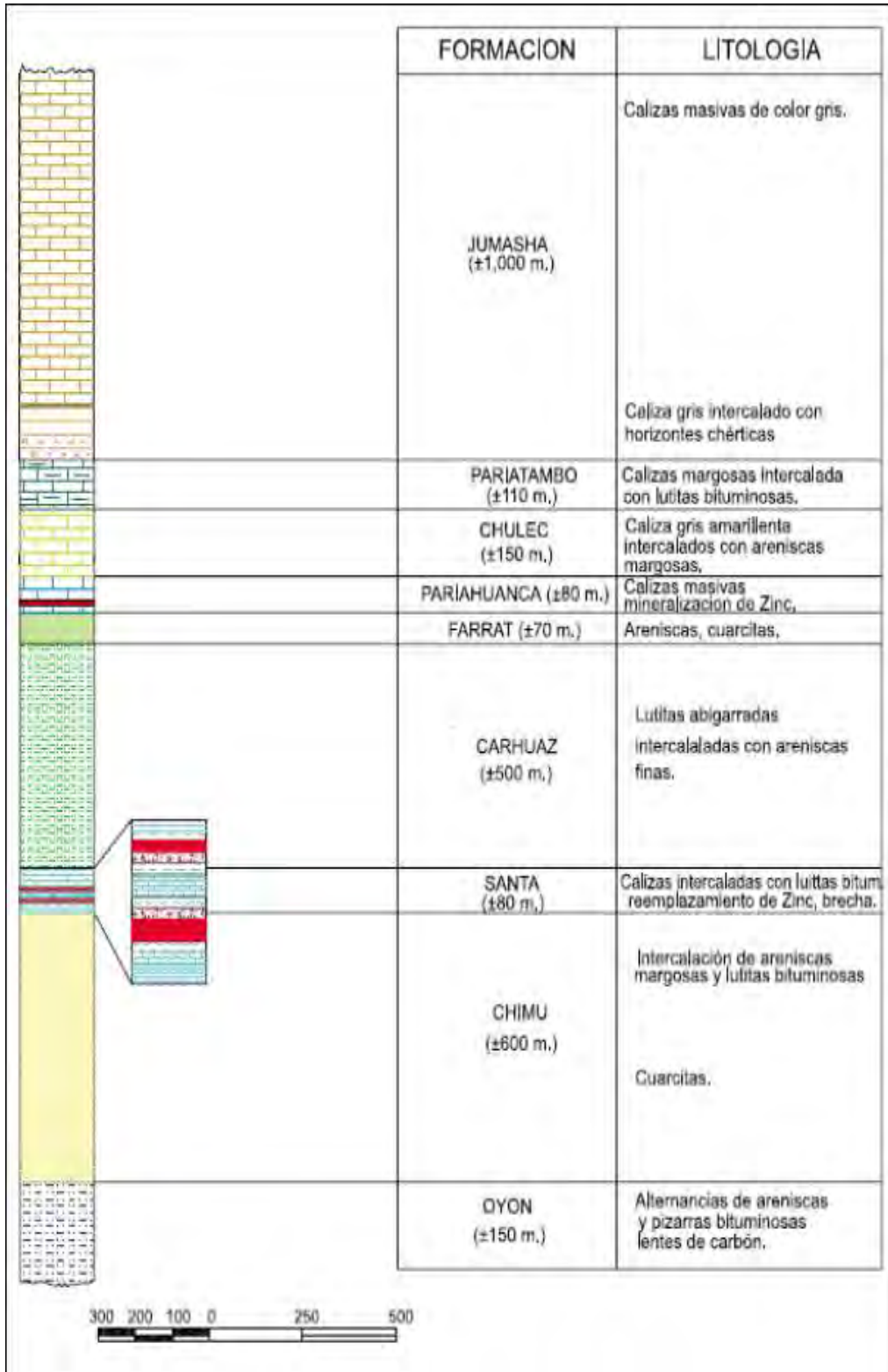
Se constituye por fracturas recién cortadas de calizas con tonalidades gris azulado-gris claro que revela una gruesa estratificación.

**Figura 33:** Se muestra la localización de las formaciones



*Fuente: Área de geología minera Iscaycruz., en la imagen se aprecia las formaciones estratigráficas de la minera Iscaycruz*

**Figura 34:** Columna estratigráfica del área de Iscaycruz



Fuente: Área de geología minera Iscaycruz.

## **1.8. Geología estructural**

### **1.8.1. Plegamiento**

El método de plegadura Pico Yanqui en la región es bifurcado y está formado por los anticlinales Pico Yanqui Este y Pico Yanqui Oeste, así como el sinclinal Oyón situadas en medio de ambos donde todos estos elementos se encuentran al este de Iscaycruz. El plegamiento de Rapaz, ubicado al oeste de este modelo, posee una perseverancia constante y fue modelado por la secuela calcárea de un cretáceo.

### **1.8.2. Fracturamiento**

Las deficiencias centrales de un tipo usual se encuentran en los horizontes con escasa competencia, en particular en la conformación Santa. Además se reconoció un modelo de deficiencias en el sur bocamina (nivel de extracción) y Limpe al norte. Existen deficiencias intraformacional del mineral que se extiende a un nivel regional. En la zona se identifica una falla en la bocamina a nivel 4690, se ubica a lo largo de la elaboración Santa y se divide al acceder de norte a sur al yacimiento sustancial (Centro Limpe), con un ramal en el Piso y otro en el techo estratigráfico. Además, se observan deficiencias transversales en los cuerpos con minerales (Olga y Estela), que se encuentran en el rumbo N entre  $60^\circ$  y  $70^\circ$  W y con buzamientos entre  $55^\circ$  y  $65^\circ$  SW. Poco de estas deficiencias regulan la mineralización de cada cuerpo de manera independiente.

## **1.9. Geología económica**

### **1.9.1. Esquema**

En la zona de Limpe (Tajo Santa Este), existe una mena de zinc con una ley elevada constituida fundamentalmente de esfalerita, por otro lado, los minerales de ganga son principalmente cuarzo vinculados con siderita y clorita, según el estudio de rayos X difractado.



Una brechada relevante es una cualidad megascópica de la mena. Las encajonantes rocas brechadas han sido reemplazadas por esfalerita. Además, se ha descubierto esfalerita de otra categoría que fue precipitado en los intersticios de la materia brechada mineralizada, posiblemente relacionada con galena y pirita. En algunos casos, se incluyen brechamientos no mineralizados.

### **1.9.2. Ocurrencia de la esfalerita**

La mena esfalerita tiene tres variedades diferentes de ocurrencia:

- a) Esfalerita verdosa gris oscuro: Contiene calcopirita demasiado fina y una forma de exsolución. Se compone principalmente de esfalerita y cuenta con regulaciones que logran el 40% al 50% de zinc.
- b) Esfalerita de tonalidad oscuro-marrón: Contiene agregados y puntos de galena y pirita donde cuenta con regulaciones que logran el 30 % al 40 % de Zinc.
- c) Esfalerita pálido-amarillento marrón: Generalmente tiene un color transparente y pálido y se cree que tiene menos Hierro. Esta esfalerita se puede distinguir por sus disseminaciones y finas suturas.

### **1.9.3. Ocurrencia de la pirita**

Cuando la pirita y la mena se encuentran, se pueden observar las siguientes variaciones en sus frecuencias y/o ocurrencias:

- a) Pirita con broches. La esfalerita se precipita o se reemplaza parcialmente en las grietas.
- b) La pirita se puede encontrar en forma de puntos o agregados en una gran cantidad de esfalerita. Se sabe que la pirita se ha corroído y sustituido por la esfalerita.
- c) La pirita se consigue en la esfalerita intensiva en adicionar dendríticos.

- d) La pirita se sitúa en las venillas, y puede estar relacionada con calcopirita, esfalerita, galena, entre otros.

En pocos casos, este modelo de pirita es euhédrico.

#### **1.9.4. Consideración de la Genesis**

De acuerdo con las características nombradas de los minerales de ganga y mena y los yacimientos, se pueden inferir las siguientes cualidades de yacimientos:

- a) En el transcurso del tiempo de mineralización, ocurrió un importante desplazamiento estructural.
- b) Es necesario que haya al menos dos o tres etapas de mineralizar.
- c) Se cree que, en condiciones de temperaturas bastante bajas, los minerales de mena pueden haber precipitado prontamente a corto plazo.
- d) La mineralización esta bastante cerca del fracturamiento y brechamiento.

#### **1.10. Geología local**

A partir del norte de la cima de Iscaycruz hacia el sur Antapampa, la elaboración Santa tiene manifestaciones con minerales enseñada intermitentemente a lo largo de 12 km. La mineralización superficial varía con sus ocurrencias.

Un gossan intensivo de tonalidad negro-marrón oscuro se encuentra entre la cima de Quellaycocha e Iscaycruz, que se compone fundamentalmente de limonita y cuarzo con cristales inferiores a hematita y goethita. También se puede encontrar chiquitas formas de pirita intensiva.

En la parte axial de Limpe, en la cima de Huanda, se pueden apreciar revestimientos de gossan que contiene esfalerita oxidado, una pequeña cantidad de calcopirita y galena. Así mismo, al sur de la cima de Huanda se puede visualizar una pirita de grano fino compactada-masiva.

La zona de Tinyag tiene minerales de cambio de skarn tales como la magnetita, granate, actinolita y epidota. También se observa una franja de intenso cambio hidrotermal con asistencia de hematitas y cuarzo.

En la región sur de Antapampa, se puede encontrar esfalerita y galena esparcidas en una materia de cuarzo, siderita manganífera y óxidos de hierro.

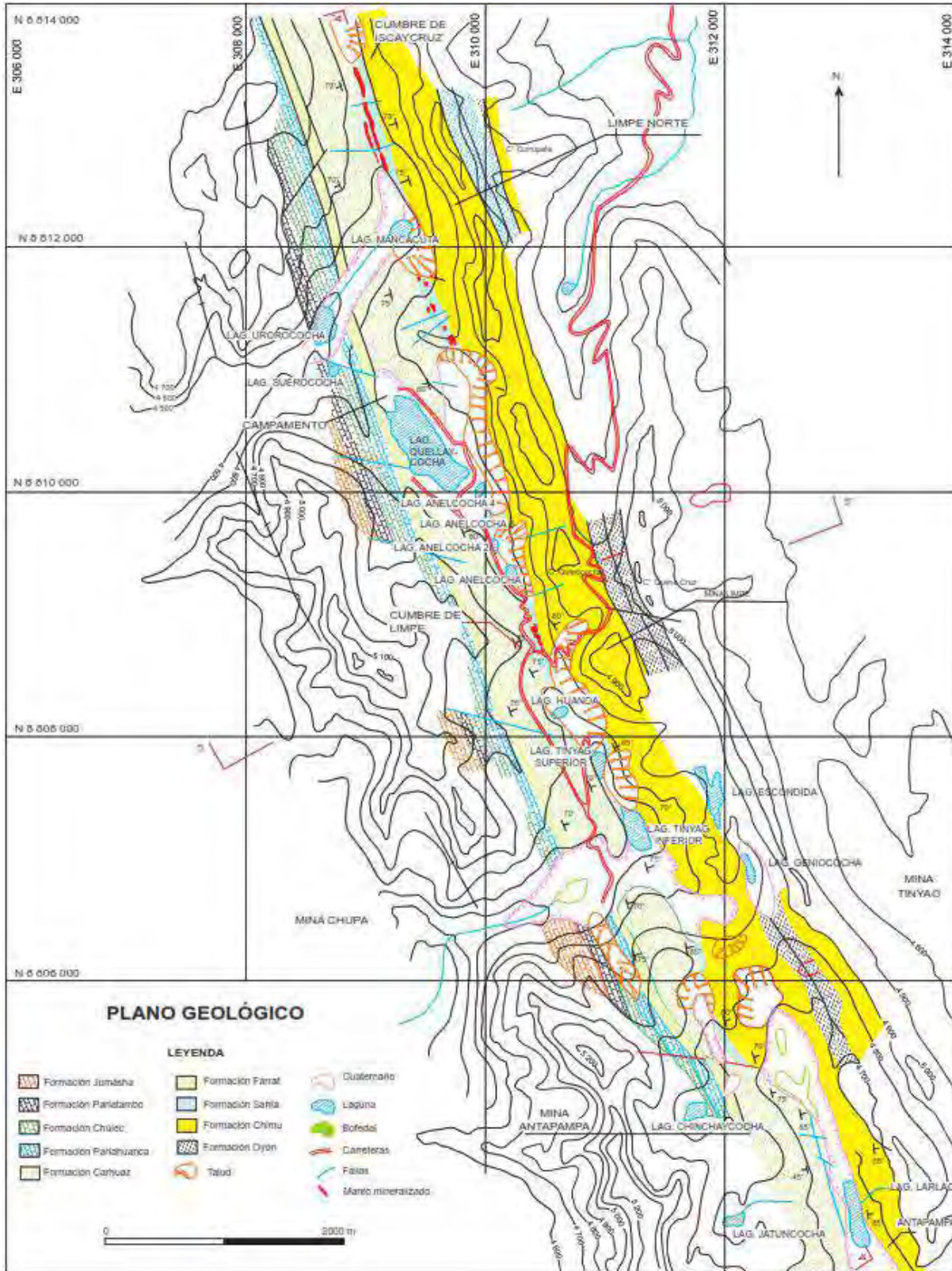
La minería Chupa se encuentra en calizas Pariahuanca con minerales asequibles de Zn y es un metasomático yacimiento de conexión en skarn. En la superficie se visualiza una intensa oxidación con asistencia de hematitas y limonitas.

La concentración ocasional del mineral de mena muestra los minerales ocurridos a extenso de la elaboración Santa. No obstante, se puede visualizar un área de mineral de mena en la región. En la zona norte de la cima de Cunsha Punta, que se encuentra más próxima al axial de la actividad ácida ígnea, se encuentran depósitos de skarn como Tinyag y Chupa. Estos depósitos contienen minerales como pirrotita, calcopirita, pirita, magnetita y esfalerita.

Se construyeron elementos de sulfuros intensivos en los flancos sur y norte de esta región mineralizada, en el entorno de la cima de Limpe y la cima de Cunsha Punta al este. La esfalerita y galena se encuentran esparcidas en la materia de manganífera siderita en lugares externos como Antapampa.

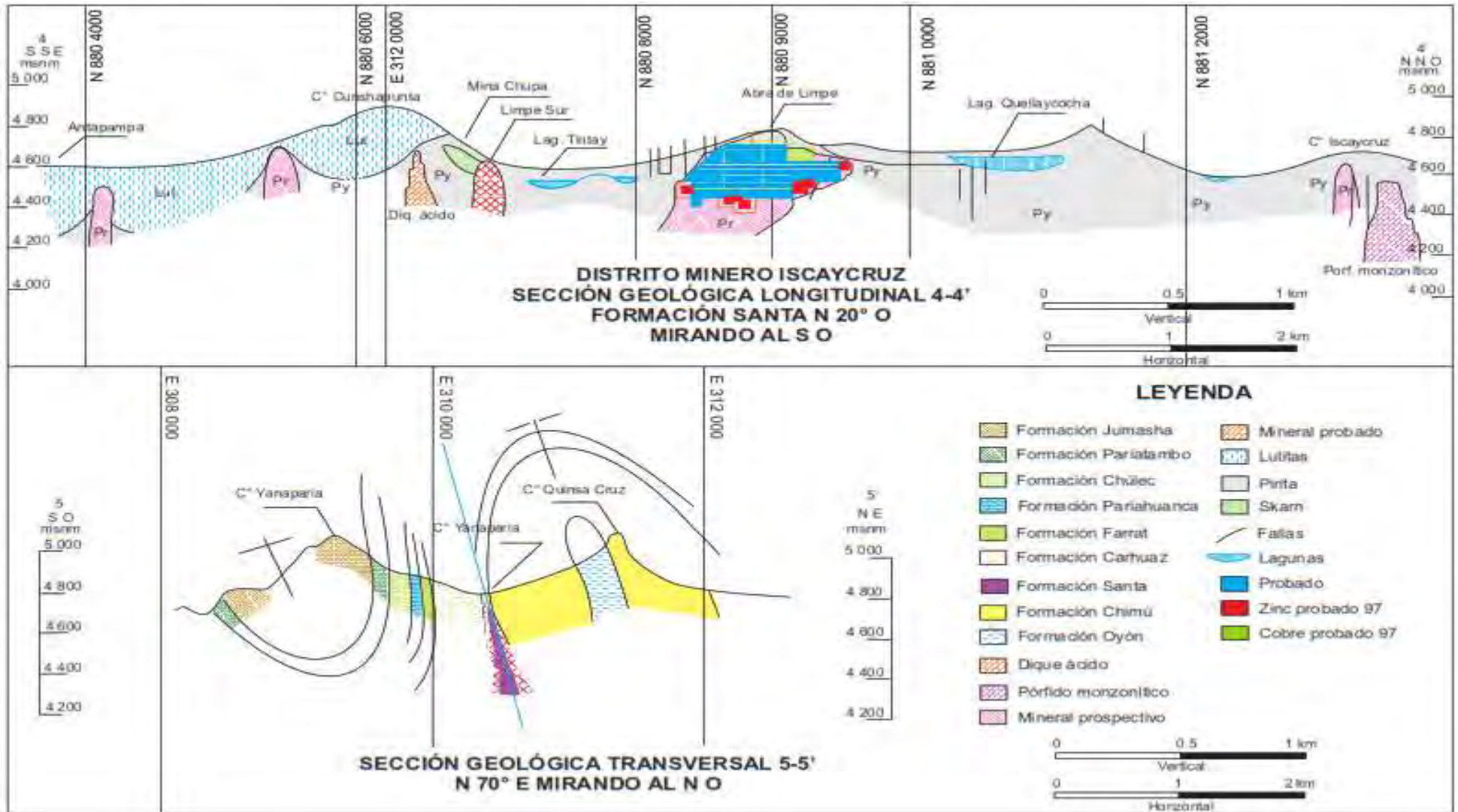
Se cree que esta variación del tipo de mineral de mena y la mineralización es el resultado de diversas soluciones mineralizadas que deriva del núcleo ígneo ácido.

**Figura 35:** Plano Geológico de Iscaycruz



Fuente: Are de geología, Minera Iscaycruz

**Figura 36:** Secciones geológicas 4-4' y 5-5' del yacimiento polimetálico Iscaycruz.



Fuente: Área de geología, minera Iscaycruz.

### **1.10.1. Sector Tinyag**

La sustitución metasomática de 2 horizontes subparalelas de Calizas, que se sitúa en los extremos, del techo y del piso de la elaboración Santa, que están separados entre sí de 30m a 40m, se conocen como “Cuerpo Olga” y “Cuerpo Estela”. Estos horizontes representan el yacimiento en esta zona.

La mineralización no se vincula con un cuerpo cercano intrusivo. No obstante, se presentan signos de mineralización y alteración que parecen estar relacionados con un proceso de sustitución.

En relación con génesis del distrito de Iscaycruz minero, se debe a un proceso de metasomatismo de conexión durante el tiempo postmagmático y una sustitución hidrotermal durante de la formación Santa.

### **1.11. Alteración y mineralización**

La alteración o cambio hidrotermal afecta a la encajonante roca en los dos cuerpos mineralizados, destacando El Cuerpo Estela como mayor. Se puede apreciar piritización en el techo, propilitización y argilitización en el área de intersección contra las deficiencias transversales fundamentales. Hacia la base, se puede notar una leve dolomitización unido con silicificación moderada.

Debido a la insuficiencia de minerales Skarn, no pudo definir un zonamiento tradicional.

No obstante, en la región sur del Centro Limpe se observó la aparición de granate-grosularia y una mayor cantidad de pirrotita.

Esta corporación puede representar la región central de zonificación débil y estar vinculado con la mayor proximidad del intrusivo a profundo; o podría representar la zona central donde se elevan soluciones de temperatura más alta en el área.



En el transcurso de la conformación Santa, se diferencian 4 procesos de mineralización. La primera fase incluye la formación de longitudinales mantos de una masiva pirita o amplios cuerpos a través del reemplazo de calcáreos estratos y la asociación con Pirrotita y Marcasita.

Como segundo proceso de la mineralización involucra la acumulación del mineral Skarn en la estructura de pirita, que está formado por calcopirita, pirita y esfalerita que se sitúa en el cuerpo axial de Limpe.

La tercera fase se produce después de la fase anterior, en la que se depositan minerales de plata junto con galena con preferencia por el cuerpo Estela.

En la fase conclusiva, se habría registrado el depósito de la asociación de calcopirita, hematita y especularita en una proporción baja, con una zonificación fundamentalmente dirigida a los límites o bordes del cuerpo esencial de esfalerita, tanto en dirección transversal como longitudinal a las cajas. En este final escenario, se han situado formaciones de paralelas vetas en la zona intermedia y en la caja techo de los cuerpos Olga y Estela, dando lugar a destacados afloramientos en la cima de Limpe.

La mineralización del cobre se presentó como una fase hidrotermal subsiguiente en el transcurso del área de fractura entre los cuerpos Olga y Estela. El cobre ganó las áreas más penetrables para depositarse y ascender.

Una intensa lixiviación y oxidación han impactado la mineralización primaria en los dos cuerpos en gran medida de la superficie. La caolinita, la goethita (óxidos de hierro), y la siderita, junto con los  $MnO_2$ , forman la mineralización. Los minerales secundarios se encuentran en forma de  $Ag_2CO_3$  y  $ZnCO_3$  que tiene valores esenciales en el sombrero de hierro.

#### **1.11.1. Secuencia de formación de minerales**

La secuencia siguiente se deriva del análisis minerográfico de muestras:

1. La mineral ganga
2. La pirita I
3. La (Ni+Pirita) Pirita II
4. Pirrotita, Esfalerita, Enargita, Estannita, Calcopirita
5. La Galena, Bornita, Galena argentífera
6. Fractura de esfalerita en un mineral secundario (Covelita)
7. Calcopirita, especularita, hermatita.

### **1.11.2. Cuerpos mineralizados**

Hay dos concentraciones de sulfuros intensivos de Zn, uno de ellos es Cuerpo Olga en la parte superior y el otro Cuerpo Estela en la parte inferior de la elaboración Santa. Ambos se encuentran dentro de un extenso depósito de pirita intensiva, divididos por capas silicificadas de calizas.

Simultáneamente los cuerpos se encuentran en un área de 300 m en el centro de Limpe.

Debido a un fallo regional en la región intermedia de los cuerpos Olga y Estela, se estructuró dos cuerpos de brecha en el piso y el techo de los dos cuerpos, ha llevado al descenso del cuerpo Estela con respecto al cuerpo Olga, cuya superficie contiene sulfuros de Zn.

### **1.11.3. Cuerpo mineralizado Tinyag**

El depósito mineralizado en Tinyag representa una extensión de los cuerpos mineralizados Olga y Estela en el centro de Limpe.

En la región de análisis, se presentan como una única estructura con 6 estratos en la superficie y dos horizontes esenciales en las capas más profundas. La mineralización está dispersa en el Skarn y constituye cuerpos intensivos de pirita, magnetita, esfalerita (Marmatita), calcopirita, entre otros.

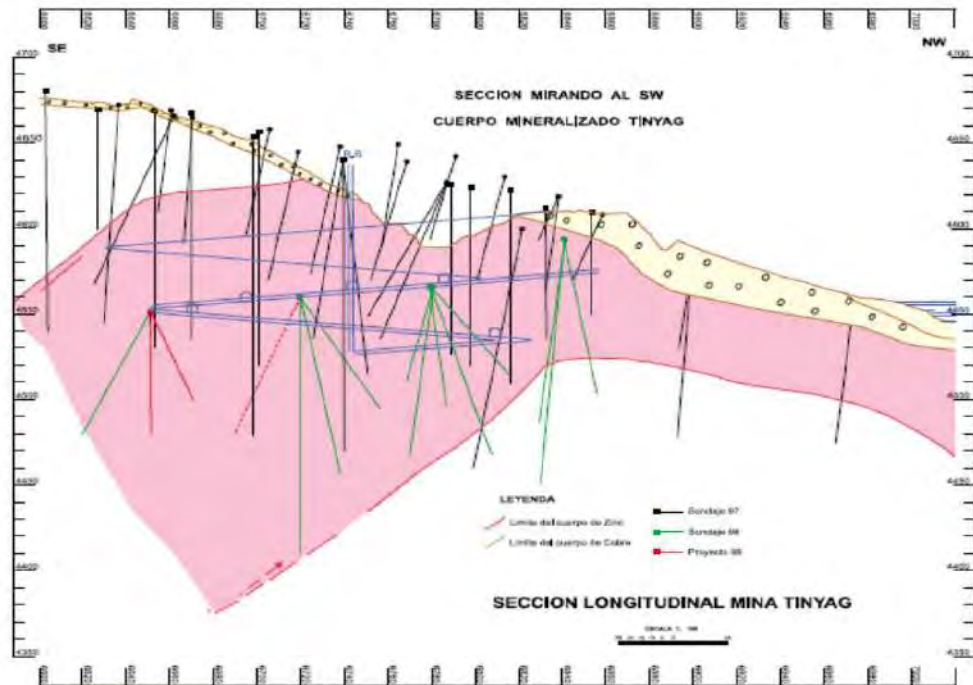


Los cuerpos esenciales se han registrado con concentraciones promedio elevadas en el horizonte desde un 1 % de Cu y 28.89 % de Zn, y bajos valores de plomo (0.02 %) y plata (6.53 g/t).

La formación del Skarn se produjo a través de un proceso pirometasomático, desencadenado por la interacción entre fluidos silicatados y rocas carbonatadas y, mediante la difusión de sílice y calcio a elevadas temperaturas.

El exoskarn es caracterizado por la ausencia de afloramientos de intrusiva roca y está compuesto por una diversidad de minerales, incluyendo granates de composición intermedia como andradita y grosularia, además de tremolita, actinolita, magnetita, hedenbergita, calcita especularita y cuarzo. También se encuentran en proporciones menores minerales como epidota, clorita y entre otros. Los granates exhiben tonalidades verde-amarillentas con algunos matices marrones, presentando una textura que varía entre masiva y granular.

**Figura 37:** Sección Longitudinal del Tajo Tinyag (Santa Este)



Fuente: Área de geología, minera Iscaycruz.

**Figura 38:** Formación de cuerpos masivos de esfalerita (Tajo Santa Este)



*Fuente: Área de geología minera Iscaycruz.*

De acuerdo con la categorización química, se clasificaría como un Skarn de Fe-Si-Ca debido a su categorización mineralógica. Como se mencionó con anterioridad, sería un Skarn sin expuestos intrusivos.

El Skarn de Tinyag exhibe características más distintivas y típicas en comparación con el Skarn del Centro Limpe, donde la presencia de características no es muy evidente, identificándose solo una combinación de granates débil.

### **1.12.Mineralogía**

El depósito de Iscaycruz se compone principalmente de dos cuerpos mineralizados claramente demarcados y con propiedades distintivas, identificados como el cuerpo Olga y el cuerpo Estela, previamente denominados como cuerpos Oeste y Este, respectivamente.

La forma de los cuerpos se encuentra en la conformación Santa y se encuentran en los contactos superior e inferior, correspondientemente.

### **1.13.Control de la mineralización**

En los yacimientos Skarn, los controles estructurales y estratigráficos son los más cruciales.

### 1.14. Control estratigráfico

Las calizas de la formación Parihuanca, compuestas principalmente por rocas calcáreas, experimentaron el proceso de metasomatismo al ser invadidas por intrusiones de rocas ácidas, dando lugar a la formación de áreas skarnizadas que posteriormente fueron utilizadas por las soluciones tardías de mineralizantes.

Además, se nota que ciertos estratos de la caliza no presentan condiciones propicias para la skarnización y, por consiguiente, por los minerales.

#### 1.14.1. Control estructural

La colocación de la mineralización siguió vías creadas por la fracturación del cuerpo de skarn, generada por tensiones que posteriormente han sido utilizadas por las soluciones mineralizantes para reemplazar y llenar la ruptura del skarn, así como para llenar los poros de este mismo.

Hay una falla postmineral que regula el cuerpo de mineralización en la superficie y a niveles más profundos también hay fragmentación transversal en la forma mineralizado. No se nota una superficial lixiviación significativa ni un incremento secundario, probablemente en virtud de la mineralización en el skarn es bastante compacta.

### 1.15. Reservas de mineral

La estimación de las reservas de la minera Iscaycruz son los siguientes.

**Tabla 45:** *Estimación de reservas*

Reservas	TMS	% Zn	% Pb	% Cu	Oz.Ag/Tc
Probado	4,040,000	17.41%	1.75%	0.43%	1.54
Probable	1,000,000	12.78%	1.00%	0.20%	1.00

*Fuente: Área de geología minera Iscaycruz*

## ANEXO 2

### PLAN DE MINADO DEL TAJO SANTA ESTE

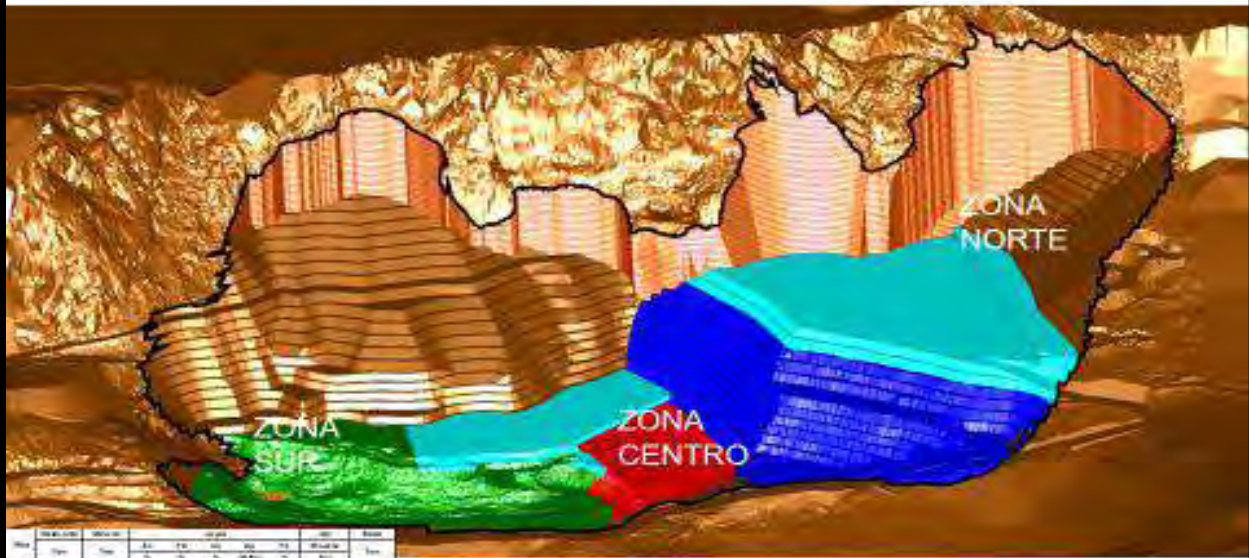






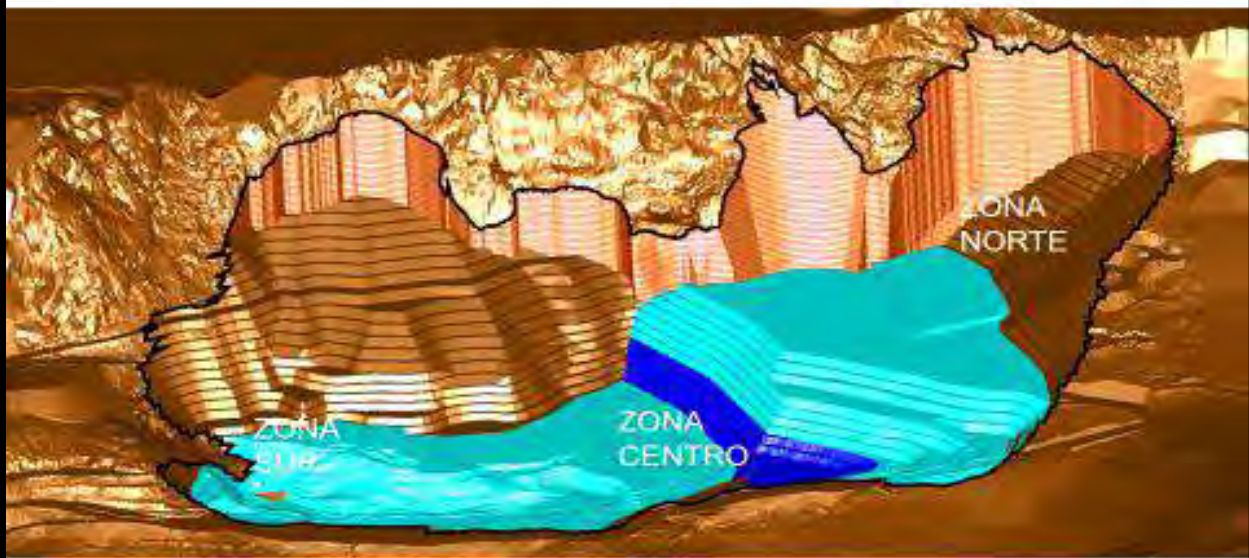


PLAN DE MINADO – DIC 2022



Módulo	Superficie	Volumen	Grado				Reserva	Reserva
			Zn	Pb	Cu	Ag		
Ton	Ton	Ton	%	%	%	g/ton	Ton	
100	100,000	100,000	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00
101	100,000	100,000	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00
102	100,000	100,000	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00
103	100,000	100,000	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00
104	100,000	100,000	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00
105	100,000	100,000	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00
106	100,000	100,000	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00
107	100,000	100,000	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00
108	100,000	100,000	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00
109	100,000	100,000	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00
110	100,000	100,000	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00
TOTAL	1,000,000	1,000,000	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00

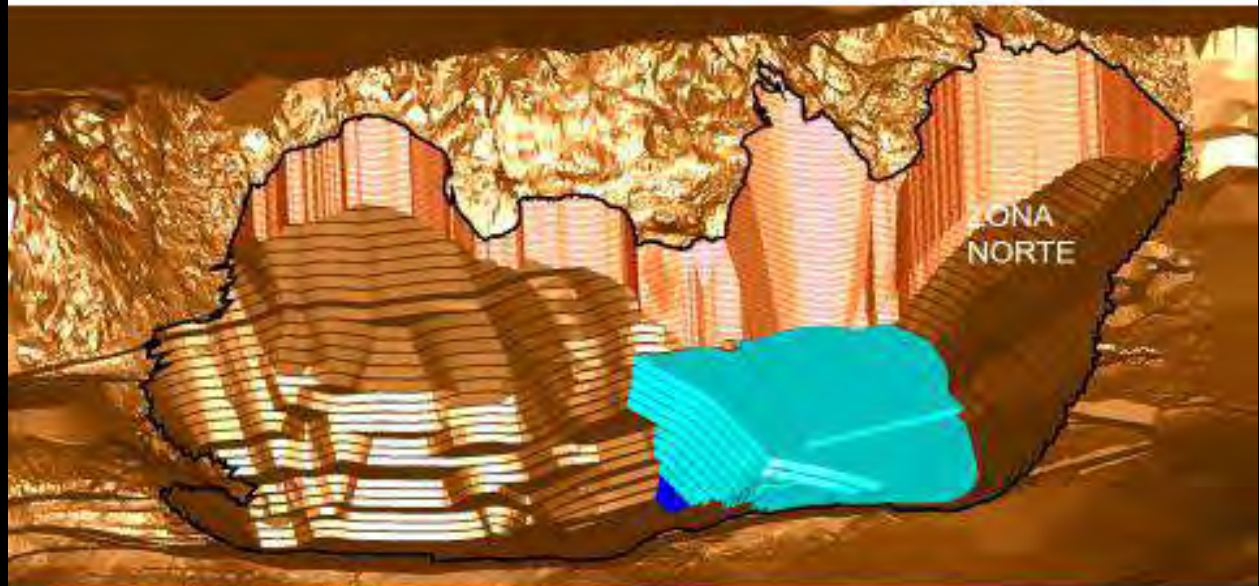
PLAN DE MINADO – ENR 2023



Módulo	Work		Ore		Grade					SR
	Ton	Ton	Zn	Pb	Cu	Ag	Fe			
	Ton	Ton	%	%	%	g/ton	%			
2026	5,404,585	1,280,173	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00		
TOTAL	5,404,585	1,280,173	5.00	0.72	0.24	1.34	24.91	5.00		



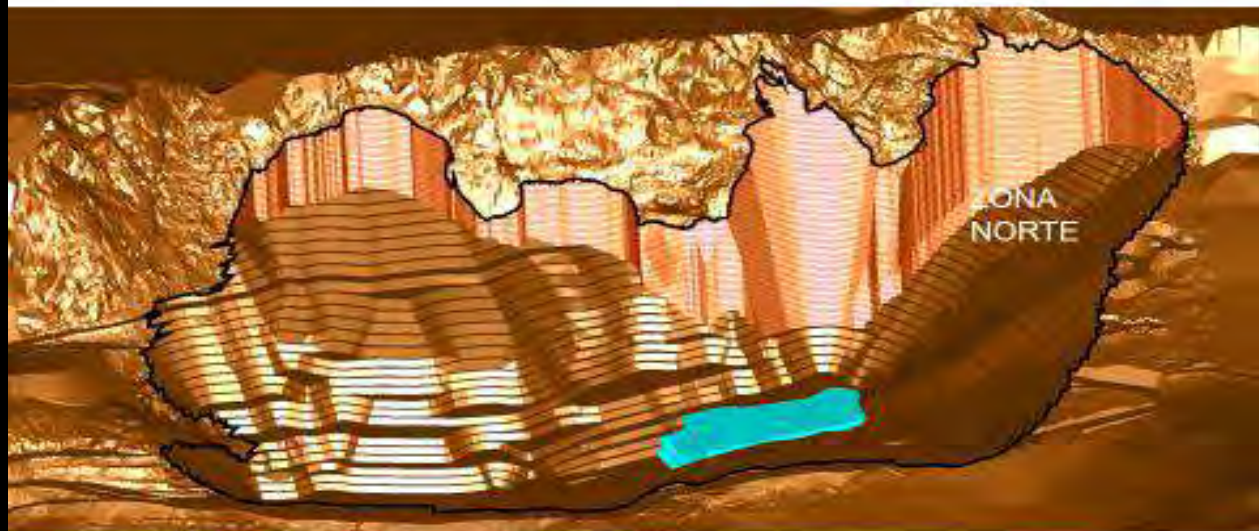
PLAN DE MINADO – FEB 2023



Month	Works		Grade						SR
	Ore		Zn	Pb	Cu	Ag	Fe		
	Ton	Dr						%	
2021	3,550,614	1,134,104	0.69	0.75	0.14	1.08	20.09	2.16	
TOTAL	3,550,614	1,134,104	0.69	0.75	0.14	1.08	20.09	2.16	

GLENORE 15

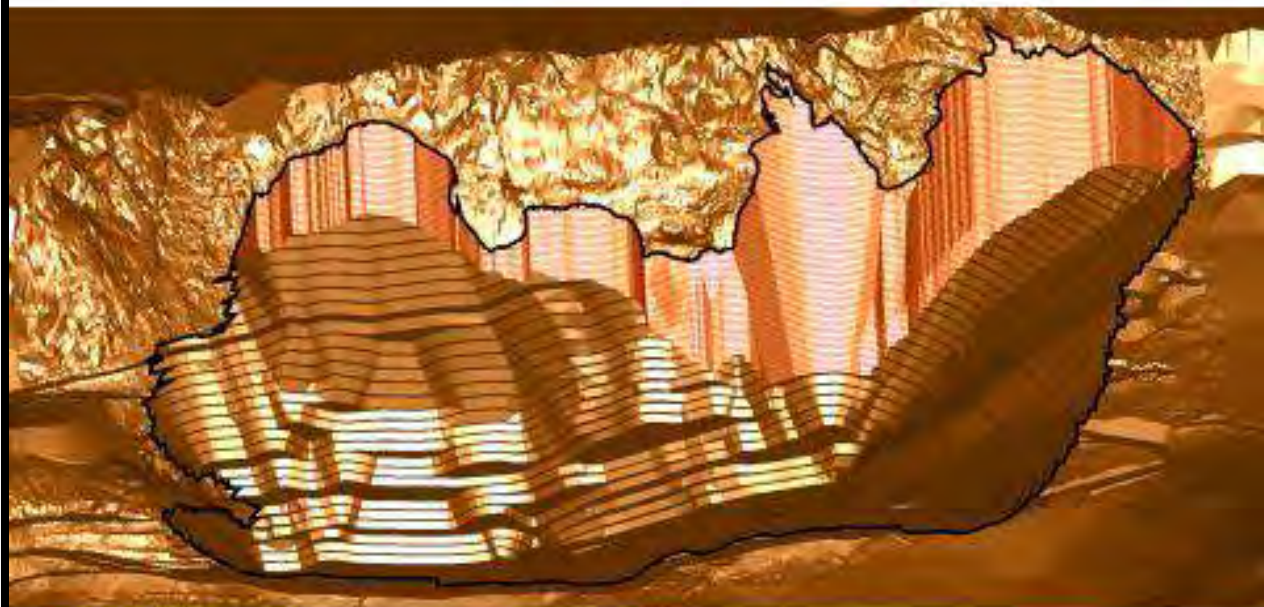
PLAN DE MINADO – MAR 2023



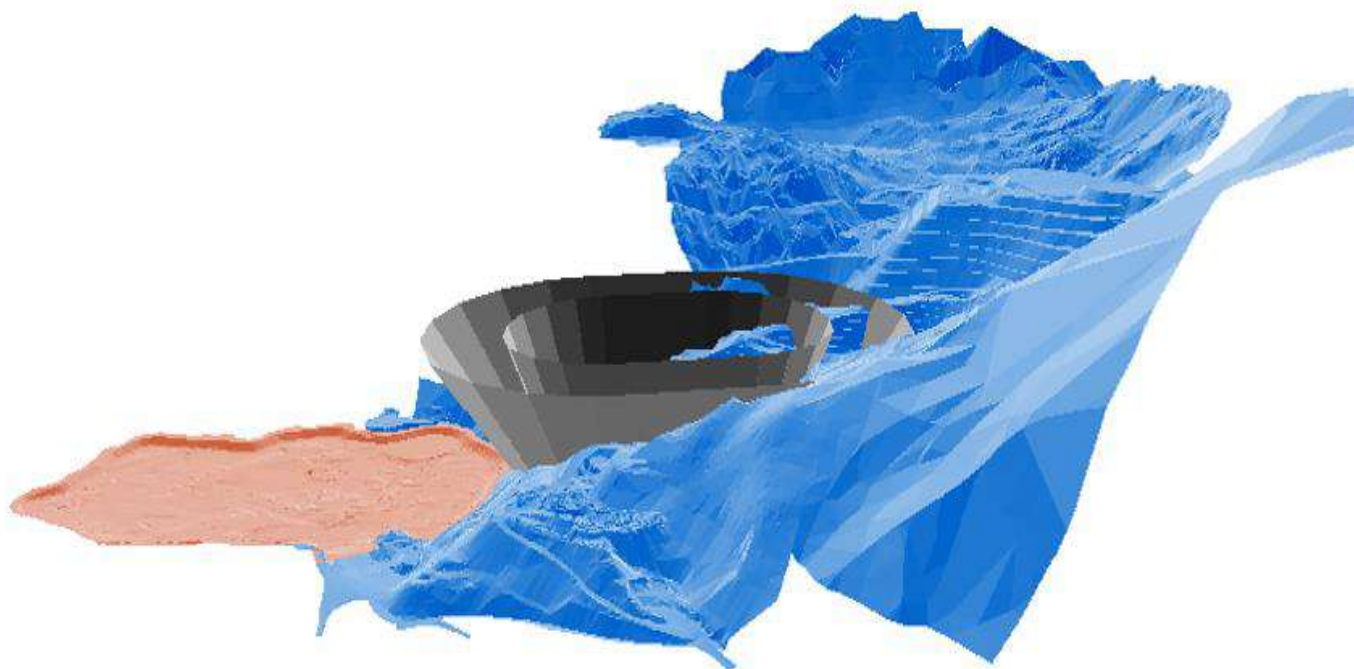
Month	Works		Grade						SR
	Ore		Zn	Pb	Cu	Ag	Fe		
	Ton	Dr						%	
JAN	142,487	209,632	0.77	0.93	0.05	1.35	22.15	0.59	
TOTAL	142,487	209,632	0.77	0.93	0.05	1.35	22.15	0.59	

GLENORE 17





ÁNGULOS DE DESPLOME Y FRACTURA MIENTO





## ANEXO 3

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO - ACARREO

## FICHA TÉCNICA

### VOLVO FMX 8X4 R MAX 540 cv

#### Motor

**Modelo:** VOLVO D13C Euro 5 SCR.

**Características:** 12,8 litros, 6 cilindros en línea. Unidades individuales de inyector bomba.

**Torques:** 2.600 Nm (1.000 a 1.400 rpm).

#### Caja de velocidades

**Modelo:** Volvo I-Shift ULC AT2612F

**Tipo:** Automatizada sin sincronizados.

**Marchas:** 14 marchas, 12 + 2 súper reducidas (32,04:1 / 19,38:1).

#### Suspensión delantera

**Tipo:** Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora.

**Capacidad:** 20.000 kg

#### Diferencial

**Modelo:** RTH3815 con red. de cubos.

**Relación de reducción:** 4,14 / 4,58 / 5,43 / 7,22.

**Capacidad de arrastre:** 150 Tn (consultar para mayores capacidades).

#### Frenos

**Tipo:** Frenos a tambor con EBS/ABS y control de tracción.

**Freno auxiliar:** Freno de motor VEB+ a través de válvulas y retardador hidráulico (1120 cv de potencia de frenado total).

#### Suspensión trasera

**Tipo:** Ballestas semielípticas con amortiguadores y barra estabilizadora.

**Capacidad:** 38.000 kg

Volvo Trucks. Acelerando el futuro



#### Tanques de combustible

**Tipo:** Rectangular plástico.

**Capacidad:** 400 lts.

#### Neumáticos y llantas

**Neumáticos:** 324/95R24,00 (consultar disponibilidad)

**Llantas:** Acero 8,5" reforzadas.

#### Pesos y capacidades (kg)

**Capacidad técnica** 58.000

**Peso del chasis \*** 11.385

\*Pesos estimados con 100 lts de combustible, sin chofer.

## DIMENSIONES

Cabina: Cabina extendida, Opcional: Cabina Dormitorio T. Normal / Globetrotter. Suspensión mecánica. Paragolpes de acero y mayor ángulo de ataque.



(A) Altura desde suelo al techo. (B) Altura desde centro de eje de dirección a 5º del eje trasero de cabina. (C) Carga máxima permitida. (D) Carga máxima permitida. (E) Carga máxima permitida en eje (1000).  
\*Tabla de referencias con fines informativos, para mayor información consulte con el representante de Volvo.

## Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 349D L

Motor	
Modelo del motor	Cat® C13 ACERT™
Potencia neta – ISO 9249	283 kW 380 hp
Potencia neta – SAE J1349	283 kW 380 hp
Potencia bruta – SAE J1895	305 kW 409 hp
Calibre	130 mm 5.1"
Carrera	157 mm 6.2"
Cilindrada	12.5 L 763 pulg <sup>3</sup>
Cilindros	6

- La potencia neta publicada es la potencia disponible en el volante cuando el motor está equipado con ventilador, filtro de aire, silenciador y alternador.
- No se requiere reducción de potencia del motor hasta 2 300 m (7 500 pies).

Pesos	
Peso en orden de trabajo - Tren de rodaje largo	45,250 kg 99,700 lb
• Pluma de excavación en gran volumen, brazo de excavación en gran volumen M2.5 (82"), zapatas de cadena de 750 mm (30"), tren de rodaje de entrelaça fija, largo, cucharón para servicio exigente de 3.21 m <sup>3</sup> (4.2 yd <sup>3</sup> )	

Mecanismo de giro	
Velocidad de giro	8.7 rpm
Par de giro	148.5 kNm 109,560 lb-pie

Mando	
Velocidad máxima de desplazamiento	4.5 km/h 2.8 mph
Fuerza de arrastre máxima en la barra de tiro - Tren de rodaje largo	337.7 kN 75,920 lb

Capacidades de llenado de servicio	
Capacidad del tanque de combustible	705 L 186 gal EE.UU.
Sistema de enfriamiento	35.5 L 9.4 gal EE.UU.
Aceite del motor	42 L 11 gal EE.UU.
Mando de giro (cada uno)	10 L 2.6 gal EE.UU.
Mando final (cada uno)	15 L 4 gal EE.UU.
Sistema hidráulico (incluido el tanque)	570 L 150 gal EE.UU.
Tanque hidráulico	243 L 64 gal EE.UU.

Sistema hidráulico	
Sistema principal - Flujo máximo (Total)	734 L/min 194 gal EE.UU./min
Presión máxima - Equipo - Normal	35.000 kPa 5.080 lb/pulg <sup>2</sup>
Presión máxima - Equipo - Levantamiento de carga pesada	38.000 kPa 5.511 lb/pulg <sup>2</sup>
Presión máxima - Desplazamiento	35.000 kPa 5.080 lb/pulg <sup>2</sup>
Presión máxima - Giro	31.400 kPa 4.550 lb/pulg <sup>2</sup>
Sistema piloto - Flujo máximo	43 L/min 11 gal EE.UU./min
Sistema piloto - Presión máxima	4.110 kPa 596 lb/pulg <sup>2</sup>
Cilindro de la pluma - Calibre	160 mm 6.3"
Cilindro de la pluma - Carrera	1.575 mm 62"
Cilindro del brazo - Calibre	190 mm 7.5"
Cilindro del brazo - Carrera (para frentes de largo alcance y de alcance)	1.778 mm 70"
Cilindro del brazo - Carrera (para frentes de excavación en gran volumen)	1.758 mm 69.2"

Cilindro del cucharón de la Familia TB - Calibre	160 mm 6.3"
Cilindro del cucharón de la Familia TB - Carrera	1.356 mm 53.4"
Cilindro del cucharón de la Familia UB - Calibre	170 mm 6.7"
Cilindro del cucharón de la Familia UB - Carrera	1.396 mm 55"
Presión de alivio normal principal	35.000 kPa 5.080 lb/pulg <sup>2</sup>

Rendimiento firme	
Rendimiento	ANSI/SAE J1166 MAY 90 cumple con los requisitos de la OSHA y la MSHA.

- Cuando se ha instalado correctamente y se le ha realizado el mantenimiento establecido, la cabina ofrecida por Caterpillar, probada con las puertas y las ventanillas cerradas y de acuerdo con la norma ANSI/SAE J1166 OCT 98, cumple con los requisitos de la OSHA y la MSHA sobre los límites de exposición al ruido para el operador, vigentes en la fecha de fabricación.
- Es posible que se necesite protección auditiva cuando se trabaja durante mucho tiempo en una estación del operador y una cabina abiertas (si no cuentan con el mantenimiento correcto o tienen las puertas/ventanillas abiertas) o en un entorno ruidoso.

Normas	
Frenos	SAE J11026 APR 90
Cabina/FOGS	SAE J1356 FEB 88 e ISO 10262-1998



## Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 374D L

### Motor

Modelo de motor	Cat C15 ACERT (ATAAC)
Potencia: ISO 9249/SAE J1349 (sistema métrico)	355 kW (483 hp)
Potencia: ISO 14396 (sistema métrico)	378 kW (514 hp)
Potencia neta: CEE 80/1269	355 kW (476 hp)
Calibre	137 mm
Carrera	171 mm
Cilindrada	15,2 L

- La 374D L cumple la normativa sobre colisiones Stage IIIA o Stage II de la Unión Europea.
- No se precisa reducción de potencia del motor por debajo de los 2300 m de altitud.
- La potencia neta anunciada es la potencia disponible al volante cuando el motor está equipado con ventilador, filtro de aire, silenciador y alternador.

### Masas

Peso de funcionamiento: tren de rodaje largo 71 132 kg

- Pluma de alcance, balancín R3.6, cucharón de 3,8 m<sup>3</sup> y zapatas de 650 mm.

### Cadena

Opcional para el tren de rodaje largo	900 mm
Opcional para el tren de rodaje largo	750 mm
Opcional para el tren de rodaje largo	650 mm
Número de zapatas a cada lado: tren de rodaje estándar	47
Número de rodillos de la cadena a cada lado: tren de rodaje largo	8
Número de rodillos superiores a cada lado	3

### Mecanismo de giro

Velocidad de giro	6,4 rev/min
Par de giro	214,8 kN m

### Transmisión

Velocidad de desplazamiento máxima	4,1 km/h
Máxima fuerza de tracción en la barra de tiro	492,5 kN
Subida de pendientes	35%/70%

### Sistema hidráulico

Sistema principal: caudal máximo (total)	880 L/min
Sistema de giro: caudal máximo	360 L/min
Presión máxima: equipo - normal	35 000 kPa
Presión máxima: desplazamiento	35 000 kPa
Presión máxima: giro	29 400 kPa
Sistema piloto: caudal máximo	880 L/min
Sistema piloto: presión máxima	4120 kPa
Cilindro de la pluma: calibre	190 mm
Cilindro de la pluma: carrera	1792 mm
Cilindro del balancín: calibre	210 mm
Cilindro del balancín: carrera	2118 mm
Cilindro del cucharón tipo VB2: calibre	190 mm
Cilindro del cucharón tipo VB2: carrera	1443 mm
Cilindro del cucharón tipo WB2: calibre	200 mm
Cilindro del cucharón tipo WB2: carrera	1457 mm

### Capacidades de llenado de servicio

Capacidad del depósito de combustible	935 L
Sistema de refrigeración	95 L
Aceite del motor	65 L
Mando del giro (cada uno)	12 L
Mando final (cada uno)	15 L
Capacidad de aceite del sistema hidráulico (incluido el depósito)	705 L
Aceite del depósito hidráulico	360 L

### Niveles de ruido

Rendimiento Cumple las normas especificadas

- Nivel de ruido en la cabina: el nivel de ruido interior medido de acuerdo con los procedimientos especificados en la norma ISO 6396:2008 es de 76 dB (A), para las cabinas ofrecidas por Caterpillar, cuando están instaladas y mantenidas correctamente, y con las puertas y ventanillas cerradas.
- Nivel de ruido exterior: el nivel de potencia acústica, medido según los procedimientos de prueba y condiciones especificados en la directiva 2000/14/CE, es de 107 dB(A).
- Se recomienda el uso de protectores auditivos cuando se trabaje en ambientes con mucho ruido o durante periodos prolongados en un puesto del operador o cabina abiertos (en el caso de que no haya sido mantenida correctamente o las puertas/ventanillas estén abiertas).

### Normas

Frenos	SAE J1026 APR 90
Cabina/FOGS	SAE J1356 FEB88, ISO 10262

- OPS según ISO 10262, frontal y superior
- FOGS según ISO J1356, frontal y superior

## Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 390D L

### Motor

Modelo del motor	Cat® C18 ACERT™ (ATAAC)	
Potencia neta: ISO 9249	390 kW	523 hp
Potencia neta: SAE J1349	390 kW	523 hp
Potencia neta: EEC 80/1269	390 kW	523 hp
Calibre	145 mm	5,71"
Carrera	171 mm	6,73"
Cilindrada	18,1 L	1.104,5 pulg <sup>3</sup>

- La 390D L cumple con los requisitos Tier 3 sobre emisiones en todo el mundo.
- No se requiere reducción de potencia del motor a una altitud menor de 2.300 m (7.500').
- La potencia neta especificada es la potencia disponible al volante cuando el motor está equipado con ventilador, filtro de aire, silenciador y alternador.

### Pesos

Peso en orden de trabajo - Tren de rodaje largo	86.190 kg	190.016 lb
-------------------------------------------------	-----------	------------

- Pluma de uso general de 8,4 m (27,5'), brazo de 4,4 m (14,4'), cucharón de servicio pesado de 4,6 m<sup>3</sup> (6,0 yd<sup>3</sup>) y zapatas de 650 mm (26").

### Cadena

Cantidad de zapatas (por lado) para el tren de rodaje largo	51
Cantidad de rodillos de cadena (por lado) para el tren de rodaje largo	9
Cantidad de rodillos portadores (por lado)	3

### Mecanismo de giro

Velocidad de giro	6,2 rpm	
Par de giro	260 kN·m	191.766 lb·pie

### Mando

Velocidad máxima de desplazamiento	4,5 km/h	2,8 mph
Tracción máxima en la barra de tiro	590 kN	132.637 lb

### Sistema hidráulico

Sistema principal: Flujo máximo (Total)	980 L/min	258,89 gal/min
Sistema de rotación: flujo máximo	460 L/min	121,52 gal/min
Presión máxima: Equipo: Normal	35.000 kPa	5.076,3 lb/pulg <sup>2</sup>
Presión máxima: Desplazamiento	35.000 kPa	5.076,3 lb/pulg <sup>2</sup>
Presión máxima: Giro	26.000 kPa	3.770,9 lb/pulg <sup>2</sup>
Sistema piloto: flujo máximo	90 L/min	23,78 gal EE.UU./min
Sistema piloto: presión máxima	4.120 kPa	597,56 lb/pulg <sup>2</sup>
Cilindro de la pluma - Calibre	210 mm	8,27"
Cilindro de la pluma - Carrera	1.967 mm	77,44"
Calibre del cilindro del brazo	220 mm	8,66"
Cilindro del brazo - Carrera	2.262 mm	89,05"
Cilindro del cucharón de la Familia HB2 - Calibre	200 mm	7,87"
Cilindro del cucharón de la Familia HB2 - Carrera	1.451 mm	57,13"
Cilindro del cucharón de la Familia JC - Calibre	220 mm	8,66"
Cilindro del cucharón de la Familia JC - Carrera	1.586 mm	62,44"

### Capacidades de llenado de servicio

Capacidad del tanque de combustible	1.240 L	327,57 gal EE.UU.
Sistema de enfriamiento	101 L	26,68 gal EE.UU.
Aceite del motor	65 L	17,17 gal EE.UU.
Mando de giro (cada uno)	19 L	5,02 gal EE.UU.
Mando final (cada uno)	21 L	5,55 gal EE.UU.
Sistema hidráulico (incluido el tanque)	995 L	262,85 gal EE.UU.

### Nivel de ruido

Rendimiento	ANSI/SAE J1166 OCT98
-------------	----------------------

- Cuando se ha instalado correctamente y se le han realizado los procedimientos de mantenimiento establecidos, la cabina ofrecida por Caterpillar, probada con las puertas y las ventanas cerradas y de acuerdo con la norma ANSI/SAE J1166 OCT 98, cumple con los requisitos de la OSHA y la MSHA sobre los límites de exposición al ruido para el operador, vigentes en la fecha de fabricación.
- Es posible que se necesite protección auditiva cuando se trabaja durante mucho tiempo en una estación del operador y una cabina abierta (si no cuentan con el mantenimiento correcto o tienen las puertas/ventanas abiertas), o en un entorno ruidoso.

### Normas

Frenos	SAE J1026 APR90
Cabina/FOGS	SAE J1356 FEB88/ISO 10262



## ANEXO 4

### EQUIPOS DE CARGUÍO – ACARREO DEL TAJO SANTA (ISCAYCRUZ)

