

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

**OPTIMIZACIÓN DE LA FASE DE TRANSPORTE
PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD
EN LA EMPRESA MINERA CORI PUNO S.A.C.,**

2019

TESIS

Presentada por:

Bach. Elthon Hair Maquera Chipana

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

TACNA – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

OPTIMIZACIÓN DE LA FASE DE TRANSPORTE

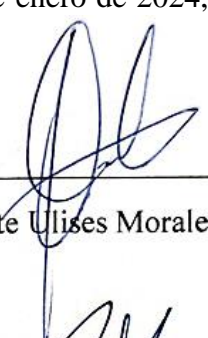
PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

EN LA EMPRESA MINERA CORI PUNO S.A.C.,

2019


Tesis sustentada y aprobada el día martes 16 de enero de 2024, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE




Dr. Dante Ulises Morales Cabrera

1er Miembro
(SECRETARIO)




Dr. Carlos Huisa Ccori

2do Miembro
(VOCAL)



Mtr. Salomón Medardo Ortiz Quintanilla

ASESOR



Dr. Edgar Faustino Taya Osorio

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Dr. EDGAR FAUSTINO TAYA OSORIO, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N°06794-2021/FAIN/UNJBG de la tesis titulado:

“OPTIMIZACIÓN DE LA FASE DE TRANSPORTE PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MINERA CORI PUNO S.A.C., 2019”. Presentado por el Bachiller ELTHON HAIR MAQUERA CHIPANA, Para optar título profesional de Ingeniero de Minas.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajo de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del **software de similitud textual Tornitin** cuenta con el **nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 10** % Por lo que, **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis enunciado líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para la obtención de título profesional, según corresponda consiguientemente la publicación en el repositorio institucional.

FIRMA ASESOR

Nombres y apellidos, DNI

EDGAR TAYA OSORIO
DNI 00426060



Huella digital

FIRMA TESISISTA

Nombres y apellidos, DNI

Elthon Hair Maguera Chipana
DNI 70843100



Huella digital

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios, quién me guio y orientó, da fuerzas para seguir adelante y no rendirme, enseñándome a enfrentar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres: Claudia Chipana y Javier Maquera por enseñarme a crecer, apoyarme y guiarme. Por ser los pilares fundamentales en mi formación profesional.

A mi hermano; Braddy Maquera a quien admiro por el rol de padre que desempeña a su temprana edad, pese a las adversidades presentadas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios supremo y eterno, por concederme salud y vida para seguir trabajando por el bienestar de la familia.

A mi alma mater Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por brindar la oportunidad de realizar mis estudios superiores.

A la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas y personal docente por haberme transmitido los conocimientos, experiencias y orientación vocacional para mi formación profesional como Ingeniero de Minas.

Mi especial agradecimiento a la empresa minera Cori Puno S.A.C. por haberme brindado la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	4
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2.1 PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.3.1 PROBLEMA GENERAL	7

1.3.2	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	8
1.4	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	9
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.5	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.6	LIMITACIONES.....	10
1.7	VIABILIDAD DEL ESTUDIO	10
1.8	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	11
1.8.1	HIPÓTESIS GENERAL	11
1.8.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	11
1.9	VARIABLES	12
1.9.1	VARIABLE INDEPENDIENTE	12
1.9.2	VARIABLE DEPENDIENTE	12
1.10	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	12
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO		13
2.1	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	13
2.2	BASES TEÓRICAS.....	18

2.2.1	TRANSPORTE EN MINERÍA SUBTERRÁNEA	18
2.2.2	TRANSPORTE DE MINERAL	18
2.2.3	CARGUÍO.....	18
2.2.4	PRODUCCIÓN.....	18
2.2.5	PRODUCTIVIDAD.....	19
2.2.6	PERFORMANCE DE LA MÁQUINA.....	19
2.2.7	DISPONIBILIDAD MECÁNICA.....	19
2.2.8	UTILIZACIÓN EFECTIVA.....	19
2.2.9	CAPACIDAD	20
2.2.10	CICLO DE OPERACIÓN	20
2.2.11	ESTUDIO DE TIEMPOS	21
2.2.12	EFICIENCIA	21
2.2.13	OPTIMIZACIÓN	22
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	22
2.3.1	TRANSPORTE	22
2.3.2	SCOOPTRAM	22
2.3.3	VOLQUETE.....	25
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO		28
3.1	PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	28
3.1.1	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	28

3.1.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	28
3.2.1	POBLACIÓN	28
3.2.2	MUESTRA.....	29
3.3	EQUIPOS Y MATERIALES.....	29
3.3.1	SCOOPTRAM	29
3.3.2	MATERIAL TRANSPORTADO POR LOS EQUIPOS.....	31
3.3.3	VOLQUETE.....	31
3.3.4	FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS DEL SCOOPTRAM	32
3.3.5	FORMATO PARA LA TOMA DE TIEMPOS DEL VOLQUETE	32
3.4	PROCEDIMIENTO DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES	32
3.5	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	32
3.5.1	ESTUDIO DE TIEMPOS	32
3.5.2	DIAGRAMA DE PARETO.....	33
3.6	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS	33
3.6.1	PLANEAMIENTO DE MINADO	33
3.6.2	CARACTERÍSTICAS DE LA LABOR	34

3.6.3	ANÁLISIS DEL SCOOPTRAM	35
3.6.4	RENDIMIENTO DEL SCOOPTRAM	42
3.6.5	ANÁLISIS DEL VOLQUETE	43
3.6.6	RENDIMIENTO DEL VOLQUETE	47
3.6.7	OPTIMIZACIÓN DEL SCOOPTRAM.....	48
3.6.8	RENDIMIENTO DEL SCOOPTRAM OPTIMIZADO	51
3.6.9	INTERPOLACIÓN LINEAL DEL CICLO Y RENDIMIENTO DEL SCOOPTRAM OPTIMIZADO	52
3.6.10	TIEMPOS OPTIMIZADOS DE LAS ACTIVIDADES DEL SCOOPTRAM	54
3.6.11	DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS SCOOPTRAM..	54
3.6.12	COMPARATIVA DE RENDIMIENTOS DEL SCOOPTRAM	56
3.6.13	COMPARATIVA DEL KPI'S DEL SCOOPTRAM	57
3.6.14	COSTO HORARIO DEL SCOOPTRAM.....	58
3.6.15	COMPARATIVA DEL COSTO UNITARIO DEL CARGUÍO	59
3.6.16	FACTOR DE ACOPLAMIENTO (MATCH FACTOR)....	61
3.6.17	INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO DEL VOLQUETE	67
3.6.18	TONELAJE EXTRAÍDO OPTIMIZADO	68

3.6.19	COSTO HORARIO DEL VOLQUETE.....	69
3.6.20	COSTO UNITARIO DE TRANSPORTE	71
3.6.21	COSTO UNITARIO DE TRANSPORTE TOTAL.....	73
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		74
4.1	DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES	74
4.1.1	KPI'S DEL SCOOPTRAM Y VOLQUETE OPTIMIZADO	74
4.2	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS	74
4.2.1	TONELAJE EXTRAÍDO.....	74
4.3	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	76
4.3.1	COSTO UNITARIO DE TRANSPORTE TOTAL.....	76
CAPÍTULO V DISCUSIÓN.....		77
5.1	PRUEBAS DE VALIDACIÓN	77
5.2	APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA.....	79
5.3	CONTRASTE DE INVESTIGACIONES	80
CONCLUSIONES		83
RECOMENDACIONES.....		85

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS.....	90
9.1 TIEMPO DE LAS ACTIVIDADES DEL SCOOPTRAM.....	90
9.2 TIEMPOS DEL SCOOPTRAM.....	92
9.3 FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS DEL SCOOPTRAM	95
9.4 DISTANCIAS Y TIEMPOS DEL SCOOPTRAM.....	96
9.5 VELOCIDAD Y RENDIMIENTO DEL SCOOPTRAM.....	97
9.6 DISTANCIA TRANSPORTADA POR EL VOLQUETE	98
9.7 TIEMPOS DE VOLQUETES	99
9.8 CICLO DE VOLQUETES	101
9.9 FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS DEL VOLQUETE..	103
9.10 TIEMPO DE LAS ACTIVIDADES DEL VOLQUETE	104
9.11 DISTANCIAS Y TIEMPOS DEL SCOOPTRAM	
OPTIMIZADO.....	105

9.12	TIEMPOS OPTIMIZADOS DE LAS ACTIVIDADES DEL SCOOPTRAM.....	106
9.13	TIEMPOS DEL SCOOPTRAM OPTIMIZADO	108
9.14	COSTO HORARIO DEL SCOOPTRAM.....	111
9.15	COSTO HORARIO DEL VOLQUETE.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación unidad minera Cori Puno SAC	1
Figura 2. Scooptram de 4,2 yd ³ (3,2 m ³) R1300G.....	24
Figura 3. Dimensiones Scooptram de 4,2 yd ³ (3,2 m ³) R1300G	24
Figura 4. Dimensiones Volquete FMX 6x4.....	26
Figura 5. Volquete FMX 6x4 de 18 m ³	27
Figura 6. Diagrama de pareto de las actividades del scooptram	37
Figura 7. Ciclo del Scooptram.....	40
Figura 8. Velocidad del Scooptram	41
Figura 9. Rendimiento del Scooptram.....	43
Figura 10. Tiempos improductivos del volquete (horas)	44
Figura 11. Ciclo de Scooptram optimizado	49
Figura 12. Velocidad del Scooptram optimizado.....	50
Figura 13. Rendimiento del Scooptram optimizado	51
Figura 14. Ciclo optimizado del carguío.....	52
Figura 15. Rendimiento optimizado del carguío.....	53
Figura 16. Indicadores optimizados del Scooptram	55
Figura 17. Comparativa de rendimientos del Scooptram	56
Figura 18. Costo horario del Scooptram	58
Figura 19. Costo unitario de carguío.....	60
Figura 20. Factor de acoplamiento para 100m	64

Figura 21. Distribución óptima de volquetes	66
Figura 22. Análisis anterior y optimizado del volquete	67
Figura 23. Utilización efectiva del volquete optimizado.....	68
Figura 24. Costo horario del volquete	70
Figura 25. Costo unitario de transporte.....	72
Figura 26. Comparativa anterior y optimizada	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	12
Tabla 2	Características del scooptram.....	23
Tabla 3	Especificaciones Volquete FMX 6X4	25
Tabla 4	Dimensiones Volquete FMX 6x4.....	27
Tabla 5	Velocidad del scooptram.....	30
Tabla 6	Factor de corrección del scooptram.....	30
Tabla 7	Velocidades máximas permisibles	31
Tabla 8	Plan anual de producción.....	34
Tabla 9	Características de la labor	35
Tabla 10	Horas no operacionales	36
Tabla 11	Disponibilidad mecánica del volquete	45
Tabla 12	Velocidad del volquete	47
Tabla 13	Ciclo y Rendimiento del carguío optimizado	53
Tabla 14	Kpi's del Scooptram	57
Tabla 15	Costo horario del Scooptram	59
Tabla 16	Costo unitario de carguío	60
Tabla 17	Ciclo de carguío y volquete.....	61
Tabla 18	Factor de acoplamiento 100m.....	62
Tabla 19	Factor de acoplamiento 150m.....	62
Tabla 20	Factor de acoplamiento 200m.....	63

Tabla 21	Factor de acoplamiento 250m.....	63
Tabla 22	Tiempos de espera de los volquetes	65
Tabla 23	Fuente: Área de Planeamiento Cori Puno SAC	65
Tabla 24	Distribución óptima de volquetes	66
Tabla 25	Kpi's del volquete	67
Tabla 26	Costo horario del volquete	70
Tabla 27	Costo unitario de transporte.....	72
Tabla 28	Costo unitario de transporte total	73
Tabla 29	Kpi's del scooptram y volquete optimizado	74
Tabla 30	Tonelaje de mineral extraído.....	75
Tabla 31	Porcentaje de optimización	75

RESUMEN

En la unidad minera Cori Puno S.A.C, es de importancia conocer los procesos que intervienen en la fase de transporte desde interior mina hacia la planta de beneficio. Se lleva a cabo mediante la transferencia de equipos de bajo perfil Scooptram de 4,2 yd³ (3,2 m³) de capacidad los cuales realizan la limpieza desde los frentes de las labores de explotación, para posteriormente realizar el carguío en las cámaras hacia los volquetes de 26 toneladas promedio de capacidad. La presente investigación evalúa los tiempos de las actividades que intervienen en la fase de transporte de mineral desde su carguío hasta su descarga, con una utilización efectividad optimizada mayor al 60% durante una guardia de 12 horas. Posteriormente se calculó el rendimiento de los equipos que influyeron directamente en la productividad para concretar las 4 400 tms/día necesarias para el cumplimiento de lo programado. Esta optimización permitió el incremento de la productividad en 8% y la reducción de costos operativos unitarios en 10%, Siendo la fase de transporte un parámetro importante de analizar e influye de manera directa con los objetivos establecidos.

Palabras clave: Fase de transporte, transferencia de equipos, utilización efectiva y rendimiento de equipos.

ABSTRACT

In the Cori Puno S.A.C mining unit, it is important to know the processes involved in the transport phase from inside the mine to the beneficiation plant. It is carried out by transferring low-profile scooptram equipment with a 4.2 yd³ (3.2 m³) capacity, which cleans from the fronts of the exploitation work, to later carry out the loading in the chambers towards the dump trucks with an average capacity of 26 tons. The present investigation evaluates the times of the activities that intervene in the mineral transport phase from its loading to its unloading, with an optimized effectiveness use greater than 60% during a 12-hour guard. Subsequently, the performance of the equipment that directly influenced productivity was calculated to specify the 4,400 tms/day necessary for compliance with the schedule. This optimization allowed the increase in productivity by 8% and the reduction of unit operating costs by 10%, the transportation phase being an important parameter to analyze and directly influences the established objectives.

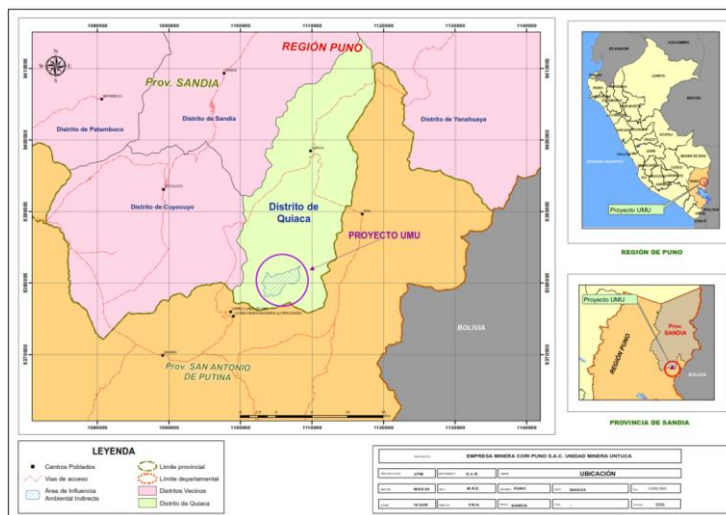
Key words: Transportation phase, equipment transfer, effective utilization and equipment performance.

INTRODUCCIÓN

La empresa Cori Puno S.A.C. de la unidad minera Untuca, está ubicada en el distrito de Quiaca, Provincia de Sandía, Departamento de Puno, en el flanco oriental de los Andes del Sur, que tiene orientación NW-SE y que está conformada por cumbres que sobrepasan los 4000 m.s.n.m. hasta alcanzar altitudes mayores a 5000 m.s.n.m. El campamento de unidad minera Untuca, se localiza a 192 km al noreste de Juliaca, a una altura de 4305 m.s.n.m. y la zona de operaciones a 4900 m.s.n.m.

Figura 1.

Ubicación unidad minera Cori Puno SAC.



Nota: Tomado de Área de Proyectos Unidad minera Cori Puno SAC.

Realiza la principal actividad de explotación minera aurífera, tiene como objetivo la extracción de la materia prima que será utilizada para

beneficio económico de la empresa. Las actividades de perforación, voladura, carguío y acarreo, constituyen como una de las etapas más importantes para su ejecución y es necesario enfocarnos en la fase de transporte evaluando, analizando y mejorando la distribución óptima de equipos, lo cual permitirá reducir los tiempos muertos, así como la mejora de nuestros índices traducido en un incremento de la productividad. Considerando estos fundamentos se desarrolla la presente tesis titulada: “Optimización de la fase de transporte para el incremento de la productividad en la empresa minera Cori Puno S.A.C. 2019”. La investigación se detalla en los siguientes capítulos.

Capítulo I: Planteamiento del problema, relacionado con la descripción de la realidad problemática sobre los efectos que causa al personal y equipos ocasionando las demoras en el proceso productivo de la unidad minera Untuca. Así mismo, encontramos la descripción, formulación, justificación, alcances, limitaciones, objetivos que persigue el estudio e hipótesis de la posible optimización para su aplicación.

Capítulo II: Marco teórico, analizando las bases teóricas fundamentales, antecedentes, bases y definiciones conceptuales para la realización del trabajo de investigación.

Capítulo III: Se describe el proceso del marco metodológico de la investigación y la operacionalización de variables.

Capítulo IV: Se plantea el análisis de resultado y las discusiones.

Capítulo V: Se menciona las conclusiones del presente trabajo de investigación resaltando los resultados obtenidos para concretar los objetivos propuestos.

Capítulo VI: En este capítulo se hace mención a las recomendaciones a tener en cuenta para concretar los objetivos planteados en un inicio.

Capítulo VII: Se describe las referencias bibliográficas que fueron consultadas durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

Capítulo VIII: Se muestra los anexos correspondientes a los cuadros que contienen información del procesamiento de datos del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Para cumplir con las actividades y objetivos trazados por la gerencia de Cori Puno SAC, se requieren de equipos con capacidad de operar diariamente los trabajos y sometidos a su vez, a grandes esfuerzos durante su vida económica útil.

Existe variedad de equipos en el mercado para la correcta selección, no siendo esta un impedimento para el cumplimiento del determinado trabajo según lo requerido.

El beneficio económico de la empresa, se obtiene de la explotación minera que consiste en la extracción del mineral. Todos los procesos del ciclo de minado se interrelacionan para lograr este objetivo común. Una de las actividades más importantes del proceso del ciclo de minado implica el transporte de materiales fragmentados ya que depende de la producción en las compañías mineras de acuerdo a una correcta distribución y dimensionamiento de equipos.

La adquisición de conocimientos en la industria minera y los criterios técnicos deberían permitir el estudio en esta fase, su desarrollo se utilizará para los problemas que han ocurrido y los puntos identificados a dar

solución permiten mejorar consolidándolas. Con este planteamiento, sugerimos mejorar la fase de transporte con optimización en los rendimientos que podrán aumentar la productividad.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa minera Cori Puno S.A.C, actualmente viene explotando el yacimiento aurífero, mediante el método de cámaras y pilares utilizando las labores subterráneas como galerías, cruceros, chimeneas, by pass, ventanas de extracción y estocadas. Durante la explotación actual del yacimiento, se ha realizado el programa de producción que se establece día a día, mes a mes y para un año de operaciones, es decir, a corto plazo.

Para esto se toma en cuenta los siguientes factores:

- Las reservas de minerales accesible
- Las reservas de minerales parcialmente accesibles de ser requeridas para completar el plan anual.
- La capacidad de producción
- La capacidad de tratamiento
- Programa de avances lineales (exploración, desarrollo, preparación y explotación).
- Levantamiento topográfico, información geológica y leyes de corte.
- Labores de preparación requeridas para acceder a los bloques de

Explotación

Actualmente, se trabaja en interior mina trackless. Para la fase de transporte de mineral se realiza con unidades de marca Volvo de 26 toneladas de capacidad promedio, con una flota de 16 equipos. Las distancias varían según el lugar o la zona donde se realiza el carguío en la cámara correspondiente para después transportar el mineral. Para nuestro conocimiento la distancia debe ser lo menor posible, ya que a mayor distancia es inversamente proporcional la productividad.

La empresa a su vez cuenta con 5 equipos de bajo perfil Scooptram cat con una capacidad de 4,2 yd³. Siendo de vital importancia el seguimiento del rendimiento de equipos en las operaciones para la ejecución eficiente de labores dentro del ciclo de minado.

De acuerdo al plan anual de minado, se estima un incremento para el año 2019 a 4 400 tms/d. Pero con los equipos presentados para el carguío y transporte de mineral, no se cumple en su totalidad, llegando entregar a planta de beneficio 4 000 tms/d incumpliendo la meta programada.

1.2.1 Problemática de la investigación

Se presenta un rendimiento promedio de equipos Scooptram de 64 t/h y rendimiento de la flota de volquetes de 17 t/h llegando a extraer 4 000 tms/d siendo insuficiente para el cumplimiento de producción programado por el área de planeamiento del cual solicita 4 400 tms/d.

De acuerdo a los análisis previos se tiene una deficiencia en la utilización efectiva de los equipos, siendo una de las causantes de la generación de actividades no productivas como: Ausencia de equipos, demora por tráfico y congestión vehicular, evidenciando la incorrecta distribución de equipos en la operación minera.

El análisis de la presente investigación se realiza durante el primer trimestre del año 2019 ante la necesidad del incremento del tonelaje de acuerdo al programa de producción anual.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 Problema general

¿La empresa Cori Puno SAC, considera que la optimización para el incremento de la productividad en la fase de transporte permite alcanzar los objetivos propuestos?

1.3.2 Problemas específicos

Para el procesamiento de mineral en la planta de beneficio es importante el ciclo de transporte; para lo cual, es de importancia conocer aquellos procesos que afectan e intervienen. El transporte se inicia por medio de equipos Scooptram, los cuales realizan la limpieza del material fragmentado para después realizar la transferencia mediante el carguío a los volquetes en las cámaras correspondientes para su posterior transporte hacia superficie.

Debido a las constantes exigencias para el cumplimiento de la producción programada considerando la seguridad como prioridad en la empresa minera Cori Puno S.A.C, es necesario realizar un estudio de tiempos que nos permita obtener los indicadores clave de desempeño de estos equipos que intervienen en la fase de transporte.

Con la finalidad de optimizar la utilización efectiva de estos equipos para el mejor uso de los recursos, al menor costo posible.

El transporte tiene una gran influencia en el rendimiento de la operación, ya que requiere de una correcta distribución de equipos en la operación minera. A su vez, se observa tiempos improductivos evitables, para lo cual, será necesario la evaluación de las actividades más resaltantes para el correcto dimensionamiento y el factor de acoplamiento

de la flota de volquetes evitando la ausencia, espera, congestión y demoras operativas.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Evaluar si la optimización de la fase de transporte permite el incremento de la productividad en la empresa minera Cori Puno SAC.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Identificar y optimizar tiempos improductivos de la fase de transporte en la empresa minera Cori Puno SAC.
- b) Determinar el dimensionamiento de equipos Scooptram y flota óptima de volquetes para el incremento de la productividad en la empresa minera Cori Puno SAC.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación pretende evaluar si la optimización de la fase de transporte permitirá el incremento de la productividad en la empresa minera Cori Puno S.A.C. Proponiendo una alternativa de solución ante la necesidad del cumplimiento del programa anual de producción propuesta por el área de planeamiento mina.

Asimismo, el presente trabajo sirve de guía a futuros investigadores sobre la problemática de la optimización de la fase de transporte para el incremento de la productividad de la organización minera.

1.6 LIMITACIONES

El trabajo se realiza con el estudio de las operaciones de la fase de transporte de la empresa minera Cori Puno S.A.C, es así, como se procede al análisis de los trabajos que involucra la investigación del ciclo de minado a optimizar a finales del trimestre del año 2018 y primer trimestre del año 2019.

Entre algunas limitaciones del presente trabajo de investigación es la toma de datos a compilar, siendo necesaria la contratación de personal con experiencia en el ámbito, lo cual, corresponde designar un presupuesto adicional para realizar el estudio de las actividades de interés.

La poca información proporcionada por la minera Cori Puno S.A.C. siendo de difícil acceso por políticas internas de resguardo de información y por ser de confidencialidad.

1.7 VIABILIDAD DEL ESTUDIO

La empresa minera Cori Puno S.A.C. con fines de plantear alternativas de factibilidad y solución al problema planteado, tendrá que

optar por la contratación de personal capacitado y con experiencia en el ámbito realizando una serie de gestiones administrativas en coordinaciones con las áreas de mina, planeamiento, seguridad y recursos humanos.

Con respecto a la restricción de información de acuerdo a las políticas internas de la empresa minera Cori Puno S.A.C contemplará tolerancias puntuales para proporcionar los datos con fines de alcanzar los objetivos propuestos.

1.8 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.8.1 Hipótesis general

La optimización de la fase de transporte permite el incremento de la productividad en la empresa minera Cori Puno SAC.

1.8.2 Hipótesis específica

- a) La identificación y optimización de tiempos improductivos de la fase de transporte permite el incremento de la productividad en la empresa minera Cori Puno SAC.
- b) El dimensionamiento de los equipos Scooptram y flota óptima de volquetes permite el incremento de la productividad en la empresa minera Cori Puno SAC.

1.9 VARIABLES

1.9.1 Variable independiente

La fase de transporte en la empresa minera Cori Puno SAC.

1.9.2 Variable dependiente

La productividad en la empresa minera Cori Puno SAC.

1.10 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Escala de medición
	Demoras operativas	Tiempo
Independiente: Fase de transporte	Control de tiempos	Tiempo/ciclo
	Flota de volquetes	Número de volquetes
	Incremento de la productividad	Tm/h
Dependiente: Productividad	Reducción de costos	\$/T

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Para el presente trabajo se consultaron fuentes secundarias relacionados a la presente tesis: Optimización de la fase de transporte para el incremento de la productividad en la empresa minera Cori Puno S.A.C. 2019; que a continuación se presentan:

- Riveros, J. (2016), en su tesis titulada Cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la unidad minera Arcata 2016. Universidad Nacional del Altiplano, indica que “los procesos que intervienen y afectan el transporte de mineral de interior mina hacia la planta de beneficio. Este ciclo se ejecuta de dos formas: la primera con equipos Scooptram mecánicos y eléctricos, los cuales cargan, transportan y descargan el material directamente hacia los volquetes Volvo FMX de 25 t y la segunda mediante ore pass directamente hacia los volquetes.

La investigación consistió en el estudio de tiempos que permitió calcular la productividad horaria de los volquetes, la cual resultó 10,16 tm/h de promedio, los factores que influyeron en el cálculo de la productividad son: tiempo, eficiencia del equipo y personal. Determinando el número óptimo de 8 volquetes, con una producción de 1 560 tmh/d y una tarifa unitaria promedio de 4,31 \$/t.”

- Apaza, M. (2019) en su tesis titulada: Optimización del sistema de transporte de mineral para el incremento de la productividad en Cía. minera Ares, Universidad Nacional del Altiplano, menciona que “carece de un sistema de trabajo estandarizado en el sistema de transporte de minerales, siendo el trabajo deficiente en las demoras operativas y dimensionamiento de equipos. Tiene como objetivo el incremento de la productividad en el sistema de transporte y por lo tanto una reducción en los costos operativos. Como resultado de la investigación se presenta la reducción de la flota de volquetes a un total de 8 unidades con precio unitario de 3,27 \$/t, produciendo 1 600 tmh/d de mineral.

Con estándares de velocidad monitoreado por el área de seguridad: Velocidad máxima en interior mina cargado 12 km/h y vacío 15 km/h, mientras la velocidad máxima en superficie cargado 15 km/h y vacío 25 km/h regulado de acuerdo al sistema de infracciones vehiculares establecido en la empresa minera.”

- Anchiraico, A. & Rojas, K. (2020) en la tesis titulada: “Optimización del sistema de acarreo y transporte en labores de preparación de las zonas de profundización mediante la metodología Six Sigma operada por la E.C.M. Zicsa en la unidad minera Inmaculada”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, presentan trabajos en las labores de profundización en el acarreo mediante 3 Scooptram de 6yd³ y el transporte se realiza con 5 volquetes marca Volvo de 27 t. Aplicando la optimización, concluye en la ejecución de un punto de transferencia by pass con un costo de 178 146,3 \$ y la utilización de una flota óptima de 6 volquetes con un ciclo promedio de 1,25 horas que extraen 2 400 tmh/d.
- Salas, L. (2013), en su tesis titulada: “Estudio de kpi’s en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3 000 a 3 600 tmh/d en la mina Pallancata – Hochschild mining”, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa,

tiene como objetivo determinar las demoras operativas de los equipos de perforación, carguío y acarreo para optimizar sus indicadores clave de desempeño, logrando un incremento en la producción del 20%. Para esto realizó diagnóstico de las características operacionales de perforación, carguío y acarreo. Registrando los tiempos de las actividades referente a sus ciclos de operación específicamente para el carguío la utilización de 4 equipos Scooptram Cat r1600g con un rendimiento de 75 t/h, utilización efectiva 62,05%, mientras que en el transporte con una flota de 19 volquetes. Concluyendo una utilización efectiva mayor al 50% en el transporte.

- Mayhua, Y. (2020) en su tesis titulada: “El acarreo de mineral y producción de la sección I – empresa minera Los Quenuales S.A. Huarochiri”, Universidad Nacional del Centro del Perú, realiza un estudio para determinar como el acarreo de mineral influye en la producción de la sección I, siendo fundamental los factores como el estado de pistas, selección y distribución de equipos.

Utilizando 2 equipos Scooptrams de 4,2 yd³ (3,2 m³) con un rendimiento promedio de 37 t/h con una utilización efectiva 68% y 93% de disponibilidad mecánica resaltando que la empresa minera. La empresa minera los Quenuales maneja estándares mínimos de 85% disponibilidad mecánica y 60% utilización efectiva.

- Chuquicallata, F. (2022) en la tesis: “Optimización del sistema de carguío con el uso de scooptram para la extracción de minerales en la unidad minera Orcopampa compañía de minas Buenaventura S.A.A.”, Universidad Nacional del Altiplano, emplea equipos Scooptrams de 6 yd³ (4,6 m³) trasladándose un promedio de 30 metros para llenar un volquete en 4 pases, concluyendo en la reducción del ciclo de carguío de 6,7 min a 5,4 min, incrementando del rendimiento de 253 t/h a 316 t/h con costo unitario de 0,65 \$/t a 0,57 \$/t.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Transporte en minería subterránea

Los equipos Scooptram y volquetes como medios para el transporte o acarreo de material deben ser seleccionados, de tal manera, que cumplan con el requisito de las operaciones, en los cuales, se trabaja con grandes volúmenes de material para el cumplimiento de la producción programada. Estos datos numéricos se expresan en unidades de peso o volumen por unidad de tiempo.

2.2.2 Transporte de Mineral

Producto de voladura de los frentes de explotación, el mineral fragmentado es transportado hasta superficie, cancha de mineral para su posterior procesamiento en planta.

2.2.3 Carguío

En la carga de material mineralizado del yacimiento para transportarlo al destino programado.

2.2.4 Producción

Es la cantidad expresada en volumen o peso de material manipulado en la operación, ya sea mineral o desmonte, siendo lo conveniente para

medir el mineral en unidad de peso y el desmonte en unidad de volumen.
La producción se trabaja de manera diaria, mensual o anual.

2.2.5 Productividad

Es la producción real por unidad de tiempo, considerando los factores de eficiencia también como tasa neta de producción por unidad de tiempo o producción por unidad de mano de obra y tiempo.

2.2.6 Performance de la máquina

Una óptima performance de la máquina se mide el costo horario mínimo posible entre la productividad máxima posible.

$$\text{Costo mínimo por tonelada} = \frac{\text{Costo horario}}{\text{Rendimiento}} \quad [13]$$

2.2.7 Disponibilidad mecánica

Se define como la disponibilidad de equipos. Esto es equivalente a la relación entre las horas de trabajo y el tiempo utilizado para la reparación.

2.2.8 Utilización efectiva

Es el tiempo disponible que la máquina realizar el trabajo de manera efectiva.

2.2.9 Capacidad

Es la cantidad de material que puede soportar el equipo a operar: Presentando capacidad al ras y colmada, siendo esta última presente en las operaciones mineras con la característica de superar la altura de los lados de la estructura del equipo según las propiedades del material a cargar.

2.2.10 Ciclo de operación

Es el ciclo de operación unitaria que puede ser de carguío y transporte, para ser dividida en sub operaciones siendo los elementos comunes en el transporte de la operación minera: Carga, traslado, descarga y retorno. La suma de los tiempos tomados de las actividades específicas que intervienen en esta, se denominará tiempo de ciclo.

$$C_{sc} = T_{cf} + T_{tm} + T_c + T_d + T_r + T_{tv} \quad [2]$$

Donde:

C_{sc}: Ciclo del scooptram

T_{cf}: Tiempo de carguío en el frente

T_{tm}: Tiempo de traslado con mineral

T_c: Tiempo de cuadrado

T_d: Tiempo de descarga

Tr: Tiempo de retroceso

$$Ctr = Cc + Cvolq \quad [5]$$

Donde

Ctr: Ciclo de transporte

Cc: Ciclo de carguío

Cvolq: Ciclo del volquete

2.2.11 Estudio de tiempos

Es una actividad para establecer un estándar de tiempo de actividad específico, teniendo en cuenta la fatiga, el retraso de la cirugía y el retraso inevitable. En este caso, el cálculo de la toma de tiempo del ciclo de la operación minera, a fin de llegar a un promedio de tiempo de los datos registrados.

Se puede registrar los datos de los tipos de ciclo de la operación como, por ejemplo: tiempo de carguío, tiempo de traslado, tiempo de descarga, tiempo de retorno, tiempo de espera.

2.2.12 Eficiencia

Es el porcentaje de producción real de un equipo en la operación minera que relaciona la tasa de producción de la máquina, tiempo o condición del personal.

$$\text{Utilización productiva (\%)} = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Horas totales}} \times 100\% \quad [14]$$

2.2.13 Optimización

Es lograr el funcionamiento de la mejor manera, utilizando de la mejor forma los recursos.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

2.3.1 Transporte

Es una actividad dentro del ciclo de minado que consisten en el traslado de material para su posterior procesamiento en la planta de beneficio.

Este traslado se realiza desde los puntos de carguío en interior mina hasta superficie.

2.3.2 Scooptram

Es un equipo de bajo perfil por sus siglas en inglés LHD (low, haul, dump). Uno de los más usados en la minería subterránea e importante en el proceso operativo de mina para el carguío de material fragmentado producto de la voladura.

Tabla 2**Características del Scooptram**

	Item	Descripción
	Modelo	Cat 3306B
		DITA
Motor	Potencia del motor	117 kW (157 hp)
	Calibre	120,7 mm
	Cilindrada	10,5 litros
Especificaciones de operación	Capacidad de carga útil nominal	6 800 kg
	Peso bruto de la máquina	29 702 kg
	Fuerza de desprendimiento	12 020 kg
Dimensiones de giro	Radio de espacio libre exterior	5 717 mm
	Radio de espacio libre interior	2 825 mm
	Oscilación del eje	10°
	Ángulo de articulación	42,5°
Neumáticos	Tamaño de neumáticos	17,5 x R25
Capacidad	Capacidad del cucharón	3,4 m ³

Nota: Tomado de Cat.

Figura 2.

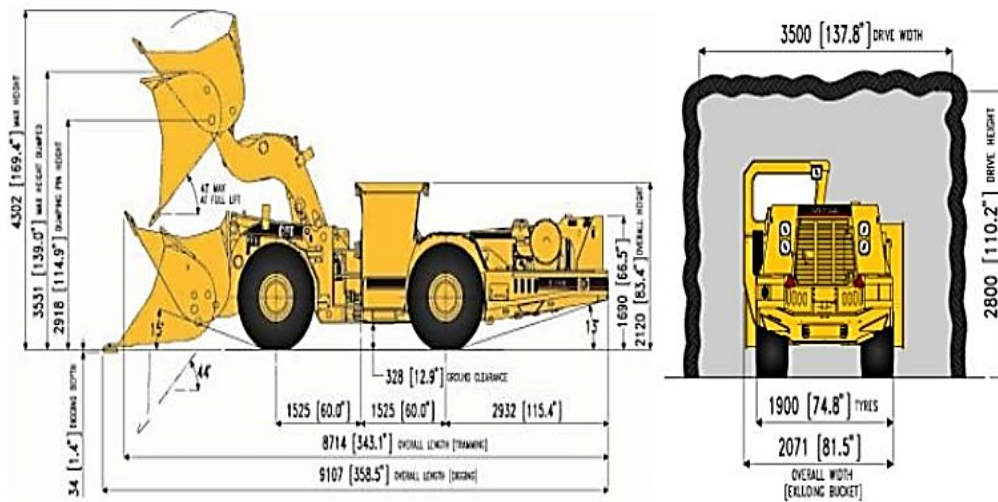
Scooptram de 4,2 yd³ (3,2 m³) R1300G



Nota: Tomado de Cat.

Figura 3.

Dimensiones Scooptram de 4,2 yd³ (3,2 m³) R1300G



Nota: Tomado de Cat

2.3.3 Volquete

Es un equipo diseñado para el transporte de material, cuenta con un dispositivo mecánico para volcar y depositar el material. Se detalla las especificaciones y dimensiones del equipo a utilizar para el transporte de material:

Tabla 3
Especificaciones Volquete FMX 6X4

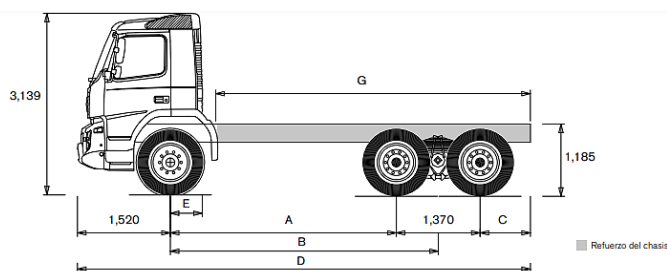
	Ítem	Descripción
Motor D13A500	Tipo de inyección	Inyectores bomba unitarios
	Número de cilindros	6
	Cilindrada	12,8 dm ³ (litros)
	Potencia	500 cv (1 400 rpm)
	Torque (Par motor)	2 500 Nm (1 050 rpm)
	Emisiones	Euro V
Suspensión	Freno motor	Freno de compresión + taponamiento de los gases de escape (510 cv)
	Delantera	Parabólica de 3 hojas, con amortiguadores de doble acción y barra estabilizadora

	Trasera	Semi eléptica de 11 hojas con amortiguadores de doble acción y barra estabilizadora
Velocidades	Régimen económico	50 km/h
	velocidad máxima	
	Rango óptimo	57,4 km/h
Tanque de combustible	Tipo	Rectangular plástico
	Capacidad	400 litros
Neumáticos y llantas	Neumáticos	13,00 R 22,5
	Llantas	Acero 9"
Peso y capacidad	Capacidad técnica	28 500 kg
	Peso del chasis	9600 kg

Nota: Tomado de Volvo

Figura 4.

Dimensiones Volquete FMX 6x4



Nota: Tomado de Volvo.

Tabla 4

Dimensiones Volquete FMX 6x4

Item	Medida (mm)
A.- Entre ejes	3 700
B.- Distancia entre ejes teórica	4 385
C.- Voladizo posterior	825
D.- Longitud total	7 415
E.- Distancia eje delantero - final de cabina	522
F.- Distancia eje delantero - implemento	572
G.- Largo carrozable	5 323
Radio de giro	8 443

Fuente: Volvo

Figura 5.

Volquete FMX 6x4 de 18 m³



Nota: Tomado de Volvo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1.1 Tipo de la Investigación

El tipo de metodología utilizada para el presente trabajo de investigación es descriptivo de estudio correlacional, referente a la optimización de la fase de transporte para el incremento de la productividad en la empresa minera Cori Puno SAC. La investigación será de forma aplicada

3.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de la metodología consiste en determinar los tiempos improductivos evitables, dimensionamiento y factor de acoplamiento de equipos que interviene en la fase de transporte para el incremento de la productividad.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

Se tomó como población a todos los equipos de la empresa minera Cori Puno SAC.

3.2.2 Muestra

Está constituida por los siguientes equipos:

- 16 volquetes Volvo FMX 6x4
- 05 Scooptram Cat R1300G

3.3 EQUIPOS Y MATERIALES

Como parte de los equipos a utilizar que forman parte del presente trabajo de investigación se tiene:

3.3.1 Scooptram

El equipo de bajo perfil Scooptram que contempla como parte de las operaciones del presente estudio con fines de realizar el carguío y acarreo de material.

3.3.1.1 Velocidad del Scooptram

La empresa minera Cori Puno SAC., estableció estándares de velocidad máxima de los equipos Scooptram monitoreado por el área de seguridad.

Tabla 5

Velocidad del Scooptram

Scooptram	velocidad	unidad
Cargado	6	km/h
Vacío	8	km/h

Nota: Tomado de Área de Planeamiento Cori Puno SAC.

3.3.1.2 Factor de corrección del Scooptram

Es el factor que se considera a partir del tipo de material fragmentado después de la voladura. En este caso el material a cargar y analizado es mineralizado, según las condiciones de la voladura será: Bien fragmentado, con un factor de 80%.

Tabla 6

Factor de corrección del Scooptram

Roca	Factor
Bien fragmentado	80 - 95%
Fragmentación mediana	75 - 80%
Mal fragmentación con lascas o bloques	60 - 75%

Nota: Tomado de Área de Planeamiento Cori Puno SAC.

3.3.2 Material transportado por los equipos

El material a ser transportado por los equipos es mineralizado considerando sus características y propiedades de las cuales considerando una humedad de 3,5%, densidad in situ de 3.1 t/m³ y con un factor de esponjamiento 50%.

3.3.3 Volquete

El volquete está diseñado para el transporte de material mineralizado y pertenece como parte de las operaciones siendo el nexo desde interior mina hasta la cancha de mineral en superficie.

3.3.3.1 Velocidad máxima permisible del volquete

El área de seguridad de la unida minera Cori Puno SAC estableció velocidades máximas permisibles para el transporte de material en interior mina y superficie.

Tabla 7

Velocidades máximas permisibles

Volquete	Interior	Superficie
Cargado	13 km/h	16 km/h
Vacío	15 km/h	25 km/h

Nota: Tomado de Área de Planeamiento Cori Puno SAC.

3.3.4 Formato para toma de tiempos del Scooptram

(Cuadro presente en el anexo 9.3)

3.3.5 Formato para la toma de tiempos del volquete

(Detallado en el anexo 9.9)

3.4 PROCEDIMIENTO DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

Para la recolección de información el personal designado, capacitado y con experiencia realizó uso de los formatos estándares que están establecidos dentro de las herramientas para el registro de datos en campo, con el objetivo de tener una muestra representativa de la situación actual de la fase transporte y los equipos que involucran.

Posteriormente toda la información pasó a ser registrada en la base de datos para el análisis técnico respectivo como corresponde al trabajo netamente de gabinete.

3.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos se utilizó las herramientas de gestión de formato para el registro correspondiente y para la aplicación de técnicas se utilizó.

3.5.1 Estudio de tiempos

Registrando los tiempos empleados para concretar cada actividad que involucra para el transporte de material.

3.5.2 Diagrama de Pareto

Este análisis establecerá las actividades prioritarias, para posteriormente identificar, analizar y realizar las acciones para la aplicación de la optimización. Proporciona una muestra significativa para la toma de decisiones.

3.6 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS

3.6.1 Planeamiento de minado

El programa de producción tiene como objetivo un desarrollo económico para la empresa, se presenta una programación anual 1,58 millones de toneladas para el año 2019.

El programa anual de producción presenta un incremento para los siguientes años a comparación de los anteriores con el objetivo del desarrollo económico de la empresa minera.

Tabla 8**Plan anual de producción**

Año	Tonelaje		Ley Au	Finos	Finos
	mll TMS/año	miles TMS/mes	g Au/tn	miles Kg Au/año	miles Oz Au/año
2015	1,35	113	3,81	5,1	165,4
2016	1,40	117	3,41	4,8	153,5
2017	1,42	118	3,01	4,3	137,4
2018	1,44	120	2,65	3,8	122,7
2019	1,58	132	3,03	4,8	153,9
2020	1,57	131	3,64	5,7	183,7
2021	1,56	130	4,12	6,4	206,6
2022	1,57	131	3,93	6,2	198,4
Promedio	1,49	124	3,46	5,1	165,2
Total	11,89				1321,6

Nota: Tomado del Área de planeamiento Cori Puno SAC.

3.6.2 Características de la labor

Las labores de explotación presentan características que debemos tomar en campo para el análisis respectivo.

Tabla 9

Características de la labor

Descripción	Valor	Unidad
Sección	12,25	m ²
Avance	3,00	m
Volumen	36,75	m ³
Peso específico insitu	3,10	t/m ³
Peso específico suelto	1,45	t/m ³
Tonelaje por frente	113,9	t
Factor esponjamiento	53	%
Volumen roto	56	m ³

Nota: Extraído del Área de Planeamiento Cori Puno SAC.

3.6.3 Análisis del Scooptram

Estos equipos de bajo perfil de 4,2 yd³ (3,2 m³) de capacidad de cuchara, marca Cat modelo R1300G. Realizan la limpieza desde los frentes de ataque hacia las cámaras de carguío, los cuales son 5 equipos Scooptram, que son exclusivamente para los trabajos de explotación. A continuación, se procedió a calcular los siguientes aspectos para obtener los indicadores correspondientes.

3.6.3.1 Estudio de tiempos del Scooptram

Son las actividades realizadas en una guardia de 12 horas, se clasificaron de acuerdo al tipo de trabajo ejecutado. Véase anexo 9.2

3.6.3.2 Análisis de Pareto a las actividades del Scooptram

De los tiempos obtenidos se procede a filtrar las actividades: Horas de pérdida operacional, mantenimiento y reserva con su equivalencia en porcentaje.

Tabla 10

Horas no operacionales

Actividad	Tiempo (h)	Acumulado
Almuerzo o refrigerio	1,0	15,56%
Ausencia de equipo	0,8	27,37%
Mantenimiento programado	0,8	39,04%
Reparto de guardia	0,6	48,12%
Traslado a otra labor	0,4	54,60%
Acumulación de carga	0,4	60,31%
Cambio de guardia	0,3	65,50%
Traslado de labor a refugio	0,3	70,69%
Traslado a taller	0,3	75,88%
Check list	0,3	81,06%
Abastecimiento combustible	0,3	85,73%
Traslado a superficie	0,3	89,62%
Llenado de reporte	0,3	93,51%
Traslado a interior mina	0,3	97,41%
Traslado de refugio a labor	0,2	100,00%
Total, general	6,4	

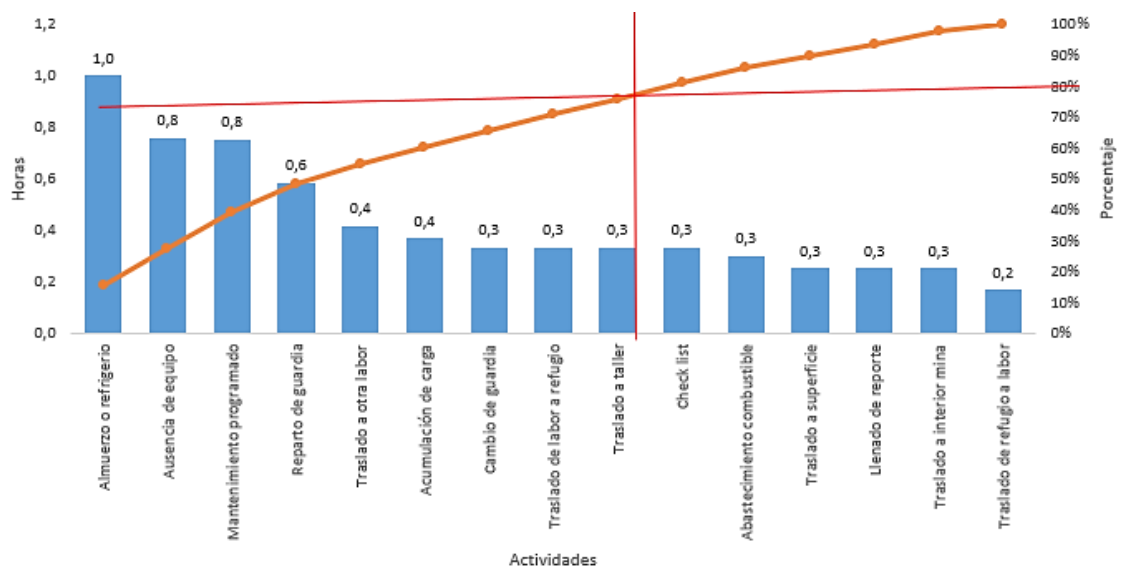
Nota: Área de Planeamiento Cori Puno SAC.

Del anexo 9.1 se genera la tabla 10 mediante el uso de tablas dinámicas en el software Excel y se ordenó los tiempos de manera ascendente con su respectiva equivalencia en porcentaje.

Se genera el diagrama de Pareto para poder identificar el 80% de los problemas de las actividades del Scooptram.

Figura 6.

Diagrama de Pareto de las actividades del Scooptram



Nota: Elaboración propia.

La Figura 6 nos muestra detrás de la línea del 80% las actividades críticas como: almuerzo o refrigerio, ausencia de equipo, mantenimiento programado, reparto de guardia, traslado a otra labor, acumulación de carga, cambio de guardia, traslado de labor a refugio y traslado a taller.

Siendo la más resaltante como tiempo improductivo evitable y ausencia de equipo con un tiempo de 0,8 horas.

3.6.3.3 Número de pases

Para el análisis del ciclo del Scooptram, se considera la ecuación [1]:

$$N^{\text{a}} \text{ de pases} = \frac{Q \times F_v}{C_s \times F_c \times E_{sp} \times P_e} \quad [1]$$

Donde:

Q: Tonelaje promedio del volquete (tm)

Fv: Factor de llenado del volquete (%)

Cs: Capacidad del scooptram (m³)

Fc: Factor de llenado de la cuchara (%)

Esp: Esponjamiento de la roca (%)

Pe: Peso específico de la roca (tm/m³)

Reemplazando en la ecuación [1]:

$$N^{\text{a}} \text{ de pases} = \frac{18 \times 0,86}{4,2 \times 0,9 \times 0,54 \times 3,12}$$

$$N^{\text{a}} \text{ de pases} = 4$$

3.6.3.4 Distancia transportada del Scooptram

Son las distancias recorridas por el Scooptram para completar el ciclo de carguío, estas distancias varían desde 100 hasta 250 metros. Véase anexo 9.4

3.6.3.5 Ciclo del Scooptram

Se procedió a la toma de datos de las distancias recorridas y tiempos correspondientes que intervino en el ciclo de carguío. Véase anexo 9.4

Para determinar el ciclo de carguío del Scooptram, se considera la ecuación [2].

$$Csc = Tcf + Ttm + Tc + Td + Tr + Ttv \quad [2]$$

Donde:

Csc: Ciclo del scooptram

Tcf: Tiempo de carguío en el frente

Ttm: Tiempo de traslado con mineral

Tc: Tiempo de cuadrado

Td: Tiempo de descarga

Tr: Tiempo de retroceso

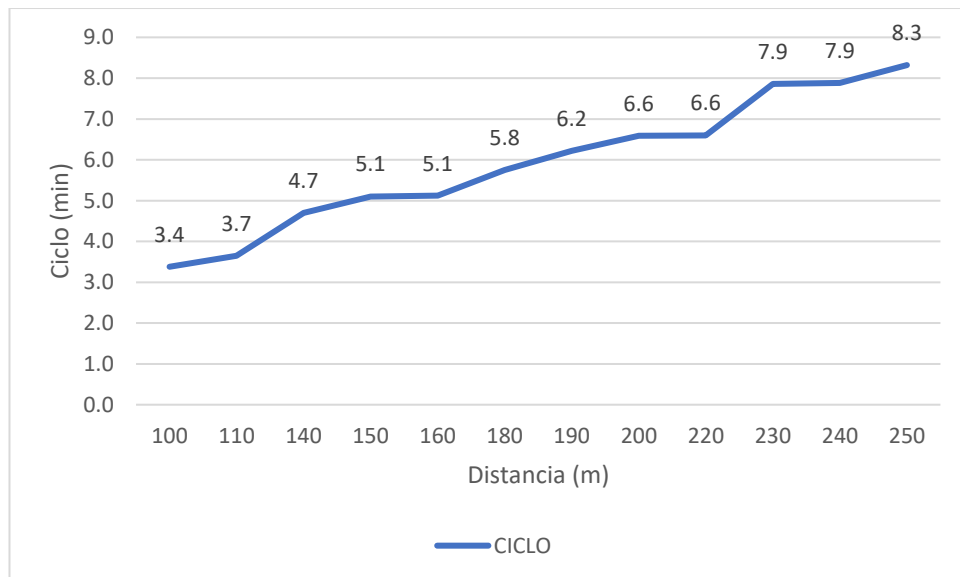
Ttv: Tiempo de traslado vacío

Reemplazando los datos del anexo 9.4 en la ecuación [2], se obtiene un promedio de:

$$C_{sc} = 5,9 \text{ min}$$

Figura 7.

Ciclo del scooptram



Nota: Elaboración propia.

3.6.3.6 Velocidad del Scooptram

De los datos obtenidos en campo se calculó las velocidades del Scooptram cargado y vacío. Véase anexo 9.5.

Se considera la ecuación [3].

$$V = \frac{D}{T}$$

[3]

Donde

V: Velocidad

D: Distancia

T: Tiempo

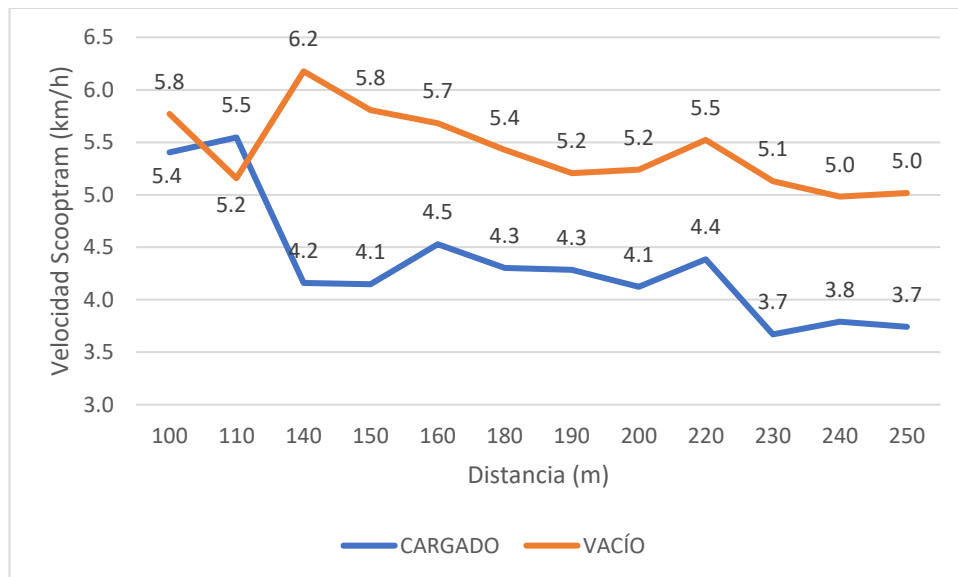
De la Figura 7 se obtuvo las velocidades del Scooptram cargado y vacío promedio:

Velocidad de traslado cargado 4,3 km/h

Velocidad de traslado vacío 5,4 km/h

Figura 8.

Velocidad del Scooptram



Nota:

Elaboración propia.

La Figura 8 muestra las velocidades del Scooptram cargado y vacío que se transporte desde los de tramos de 100 hasta los 250 metros.

3.6.4 Rendimiento del Scooptram

De acuerdo a la recopilación de datos, se obtuvo el rendimiento de cada uno de los tramos analizados. (Véase anexo 9.5). Se considera la ecuación [4].

$$R_s = \frac{V_e}{T_l} \quad [4]$$

Donde

R_s : Rendimiento de Scooptram

V_e : Volumen esponjado

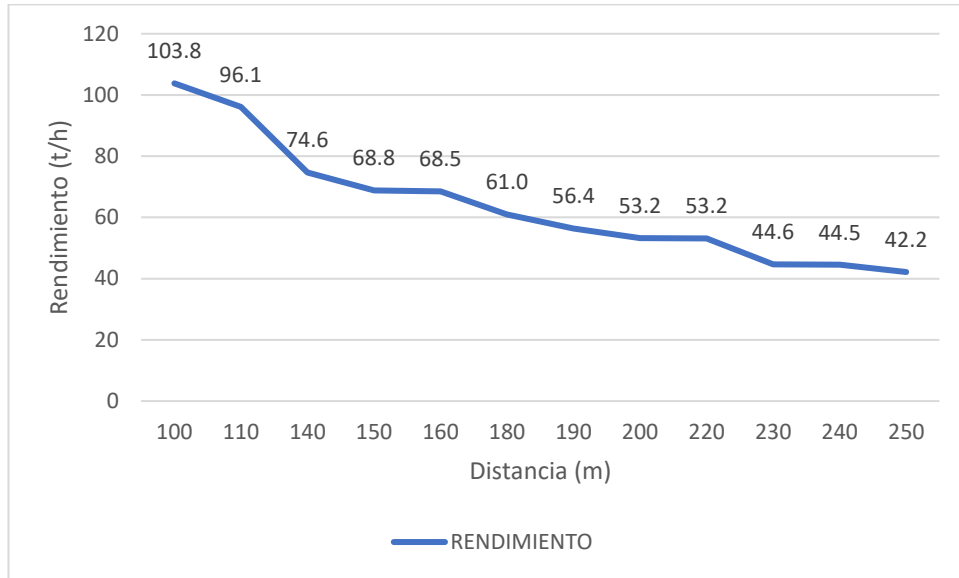
T_l : Tiempo de limpieza

Reemplazando en la ecuación [4]

$$R_s = 64 \frac{T}{h}$$

Figura 9.

Rendimiento del Scooptram



Nota: Elaboración propia.

La Figura 9 muestra el comportamiento del rendimiento inversamente proporcional a la distancia. El promedio del rendimiento del Scooptram es 64 t/h.

3.6.5 Análisis del volquete

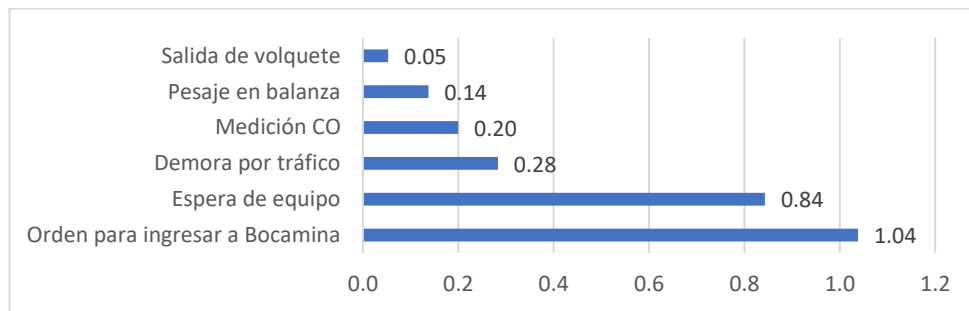
Los volquetes marca Volvo modelo FMX de capacidad de tolva 18 m³ son los encargados de transportar el mineral desde la cámara de carguío hasta la cancha de mineral. La flota de 16 volquetes que se encargan de abastecer a la planta concentradora con 4 000 tms/d, lo cual, no está

cumpliendo con el tonelaje de acuerdo al plan de minado de incremento al partir del año 2019.

3.6.5.1 Tiempo de las actividades improductivas del volquete

Figura 10.

Tiempos improductivos del volquete (horas)



Nota: Elaboración propia.

De la Figura 10 estos tiempos de las actividades del volquete está comprendida en la fase de transporte durante una guardia de 12 horas, siendo las más resaltantes: Orden para ingresar a boca mina, espera de equipo y demora por tráfico. Estos tiempos de pérdida operacional influyen directamente con el rendimiento de la flota de volquetes.

3.6.5.2 Distancia transportada del volquete

Estas distancias corresponden desde el punto de carguío hasta la cancha de mineral, la distancia en interior mina es de 1 800 metros y la

distancia en superficie de 4 100 metros, con una distancia total de 5 900 metros (Véase anexo 9.6).

3.6.5.3 Disponibilidad mecánica

Durante el primer trimestre del año 2 019 correspondiente al análisis, se presenta la siguiente disponibilidad mecánica proporcionada por el área de mantenimiento.

Tabla 11

Disponibilidad mecánica del volquete

Mes	Disponibilidad mecánica
Enero	85%
Febrero	86%
Marzo	86%

Nota: Tomado de Área de Mantenimiento Cori Puno SAC.

Durante los meses enero, febrero y marzo del 2019 se obtuvo una disponibilidad promedio del 86%.

3.6.5.4 Ciclo de transporte

Está conformada desde que el volquete inicia el proceso de carguío alimentado por el Scooptram en la cámara correspondiente hasta la descarga en la cancha de gruesos. Según los datos tomados se obtuvo un promedio de. Véase anexo 9.8 se considera la ecuación [5].

$$C_{tr} = C_c + C_{volq} \quad [5]$$

Donde

C_{tr}: Ciclo de transporte

C_c: Ciclo de carguío

C_{volq}: Ciclo del volquete

Reemplazando en la ecuación [5]

$$C_{tr} = 79 \text{ min}$$

3.6.5.5 Velocidad del volquete

Se utilizó la siguiente fórmula a partir de los tiempos tomado en campo. Véase en anexo 9.8 se considera la ecuación [6].

$$V = \frac{D}{T} \quad [6]$$

Donde

V: Velocidad

D: Distancia

T: Tiempo

Según los tramos se obtuvo las velocidades promedio como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12

Velocidad del volquete

Ruta	Cargado	Vacío
	km/h	km/h
Interior mina	11,0	11,6
Superficie	13,8	15,7

Nota: Tomado de Área Planeamiento Cori Puno SAC.

3.6.5.6 Número de ciclos

La cantidad de viajes por horas que realizó un volquete, se considera la ecuación [7].

$$Nc = \frac{60}{Ctr} \quad [7]$$

Donde

Nc: Número de ciclo por hora

Ctr: Ciclo de transporte

Reemplazando en la ecuación [7], se obtuvo

$$Nc = 0,8 \frac{ciclos}{hora}$$

3.6.6 Rendimiento del volquete

Para la obtención del rendimiento del volquete se utilizó, se considera la ecuación [8].

$$R_{volq} = N^{\circ}c \times T \quad [8]$$

Donde

Rvolq: Rendimiento del volquete

N^oc: Número de ciclos

T: Tonelaje por viaje

Se procedió a reemplazar los datos en la ecuación [8], se obtuvo un rendimiento promedio.

$$R_{volq} = 17 \frac{t}{h}$$

Con el rendimiento calculado y la flota de 16 volquetes se logra una extracción diaria de 4 072 tms/d, siendo insuficiente para el cumplimiento de la meta programada por el área de planeamiento, siendo necesaria la evaluación de los tiempos improductivos y optimización para el incremento de la productividad.

3.6.7 Optimización del Scooptram

3.6.7.1 Mantenimiento de vías

Las vías de acceso de las labores de explotación en la empresa minera Cori Puno SAC. no se encuentran en buen estado por la presencia de grietas, desniveles, montículos de material y charcos.

Por lo que, dificulta el libre tránsito y limita el rendimiento del Scooptram en el ciclo a realizar.

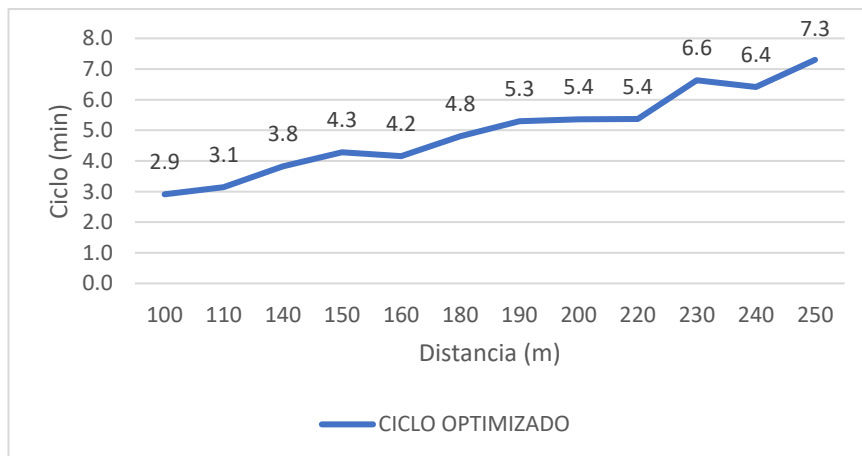
3.6.7.2 Ciclo de Scooptram optimizado

Se procedió a tomar nuevamente los datos en campo y teniendo identificadas las actividades críticas mediante el análisis de Pareto. Se registró los nuevos tiempos del ciclo del Scooptram. Véase anexo 9.13 se considera la ecuación [2] para calcular el ciclo del Scooptram optimizado obteniendo un promedio.

$$C_{scoop} = 5 \text{ min}$$

Figura 11.

Ciclo de Scooptram optimizado



Nota: Elaboración propia.

De la Figura 11 se muestra el nuevo ciclo del Scooptram con un promedio de 5 min. Este nuevo valor muestra una disminución de 0,9 min con el anterior ciclo.

3.6.7.3 Velocidad del Scooptram optimizado

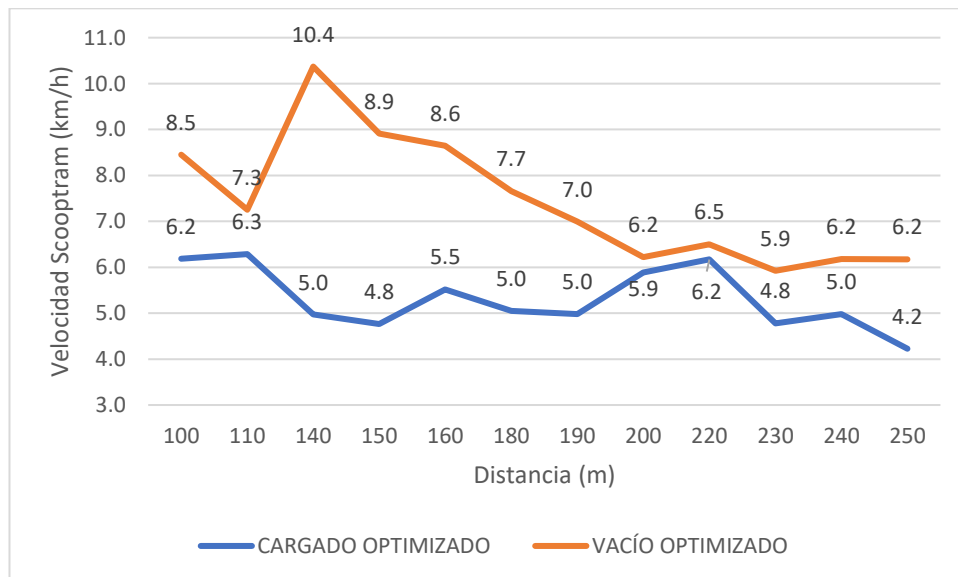
De los datos obtenidos se calculó la velocidad del Scooptram optimizada, se considera la ecuación [3]. Véase el anexo 9.13

Velocidad de traslado cargado 5,3 km/h

Velocidad de traslado vacío 7,4 km/h

Figura 12.

Velocidad del Scooptram optimizado



Nota: Elaboración propia.

De la Figura 12, la velocidad de traslado cargado y la velocidad de traslado vacío se redujeron como se esperó a 5,3 km/h y 7,4 km/h respectivamente.

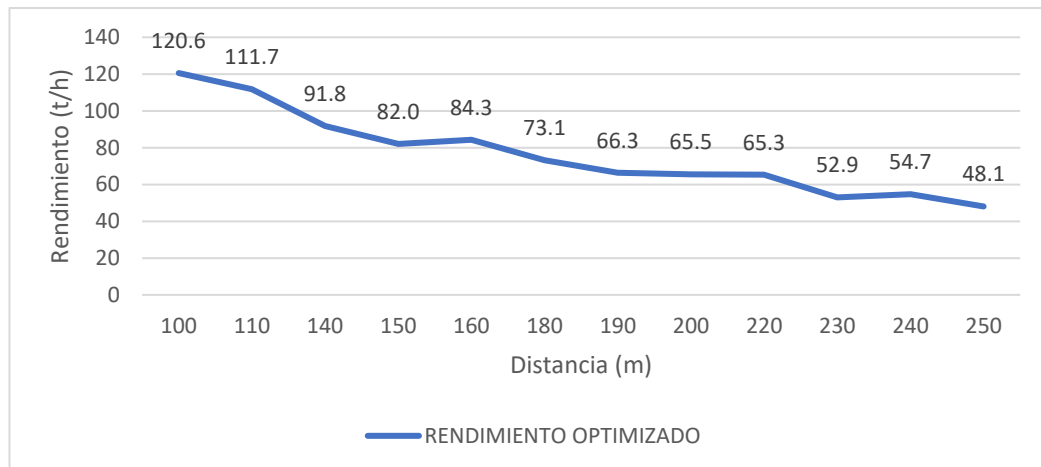
3.6.8 Rendimiento del Scooptram optimizado

Se calculó el rendimiento del Scooptram optimizado, se considera la ecuación [4]. Véase en el anexo 9.13

$$R_s = 76 \frac{T}{h}$$

Figura 13.

Rendimiento del Scooptram optimizado



Nota: Elaboración propia.

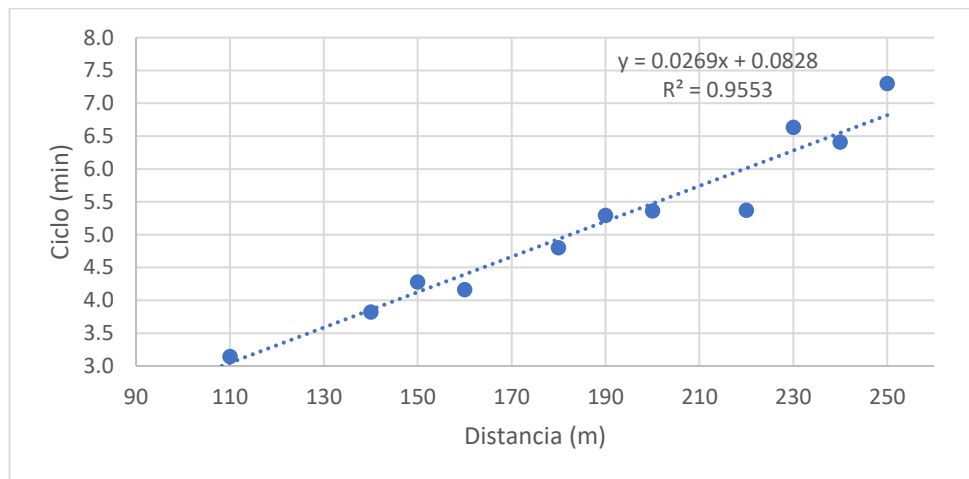
En la Figura 13 se muestra el nuevo rendimiento del Scooptram de comportamiento inversamente proporcional según las distancias recorrida, obteniendo un promedio de 76 t/h.

3.6.9 Interpolación lineal del ciclo y rendimiento del Scooptram optimizado

Para determinar los ciclos y rendimientos optimizados en los tramos de 100, 150, 200 y 250 metros, se realizó la interpolación lineal el cual se compiló los tiempos tomados en campo. Se detalla en el anexo 9.11 9.12 y 9.13, permitiendo generar una nube de puntos para su análisis estadístico.

Figura 14.

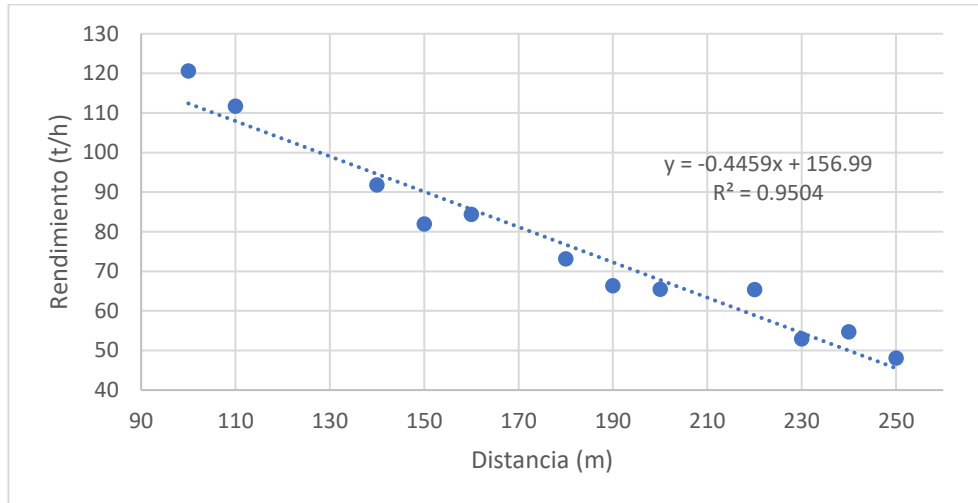
Ciclo optimizado del carguío



Nota: Elaboración propia.

Figura 15.

Rendimiento optimizado del carguío



Nota: Elaboración propia.

En las Figuras presentadas 14 y 15, generadas se obtuvo la ecuación lineal producto de la interpolación, para estimar los ciclos y rendimientos en las distancias que se requiere como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13

Ciclo y Rendimiento del carguío optimizado

Distancia (m)	Ciclo scooptram optimizado (min)	Rendimiento (t/h)
100	2,8	112
150	4,1	90
200	5,5	68
250	6,8	45

3.6.10 Tiempos optimizados de las actividades del Scooptram

Se procedió a realizar la toma de tiempo optimizado de las actividades del Scooptram, obteniéndose un incremento en la utilización efectiva al 61%, Véase anexo 9.12

3.6.11 Dimensionamiento de equipos Scooptram

De acuerdo a lo requerido por el área de planeamiento según el incremento programado a partir del año 2 019, se calculará el número de equipos Scooptram, se considera la ecuación [9].

$$N^{\circ} = \frac{Tr}{R \times G \times Ue \times 2} \quad [9]$$

Donde:

Nº: Número de equipos Scooptram

Tr: Tonelaje requerido

R: Rendimiento del Scooptram

G: Horas por guardia

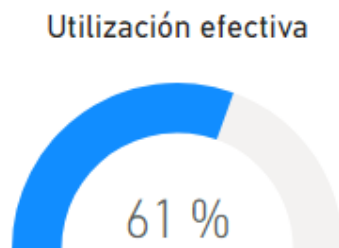
Ue: Utilización efectiva

De la base de datos recopilada en campo se procede a realizar el análisis de datos en el software Power Bi que es una excelente herramienta

que utilizan actualmente las empresas mineras para analizar gráficamente datos de manera interactiva.

Figura 16.

Indicadores optimizados del Scooptram



Nota: Elaboración propia.

Considerando y reemplazando en la ecuación [4] se obtiene un rendimiento promedio optimizado.

$$R_s = 76 \frac{T}{h}$$

Posteriormente, para determinar el número de equipos Scooptram necesarios, se considera la ecuación [9].

$$N^{\circ} = \frac{4\,400 \text{ Tms}}{\frac{76 \text{ t}}{h} \times 12 \text{ h} \times 0,61 \times 2}$$

$$N^{\circ} = 4$$

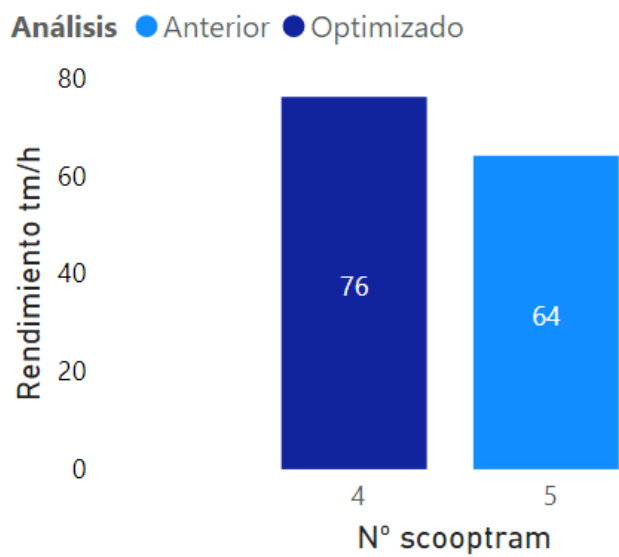
Con el rendimiento optimizado e incremento de la utilización efectiva se necesita 4 equipos Scooptram para mover el tonelaje requerido para su extracción.

3.6.12 Comparativa de rendimientos del Scooptram

Mediante el software Power Bi se genera una comparativa de la situación anterior y optimizada del Scooptram

Figura 17

Comparativa de rendimientos del Scooptram



Nota: Elaboración propia.

3.6.13 Comparativa del kpi's del Scooptram

Los indicadores clave de desempeño del Scooptram nos permitirá tener un panorama claro de la optimización, mediante la siguiente tabla generada.

Tabla 14

Kpi's del Scooptram

Análisis	Nº Scooptram	Rendimiento (t/h)	Utilización efectiva	Disponibilidad mecánica
Anterior	5	64	51%	91%
Optimizado	4	76	61%	92%

De la Tabla 14 se muestra una comparativa de los análisis mediante los indicadores clave de desempeño donde incrementa el rendimiento de 64 t/h a 76 t/h y la utilización efectiva de 51% a 61%.

Con este nuevo rendimiento y utilización efectiva será necesario 4 equipos de bajo perfil Scooptram para completar el tonelaje por día según lo requerido por planeamiento de mina.

3.6.14 Costo horario del Scooptram

Para calcular el costo unitario de carguío, se debe calcular previamente el costo horario del Scooptram Cat R1300G. Se detalla en el anexo 9.14.

Figura 18

Costo horario del Scooptram

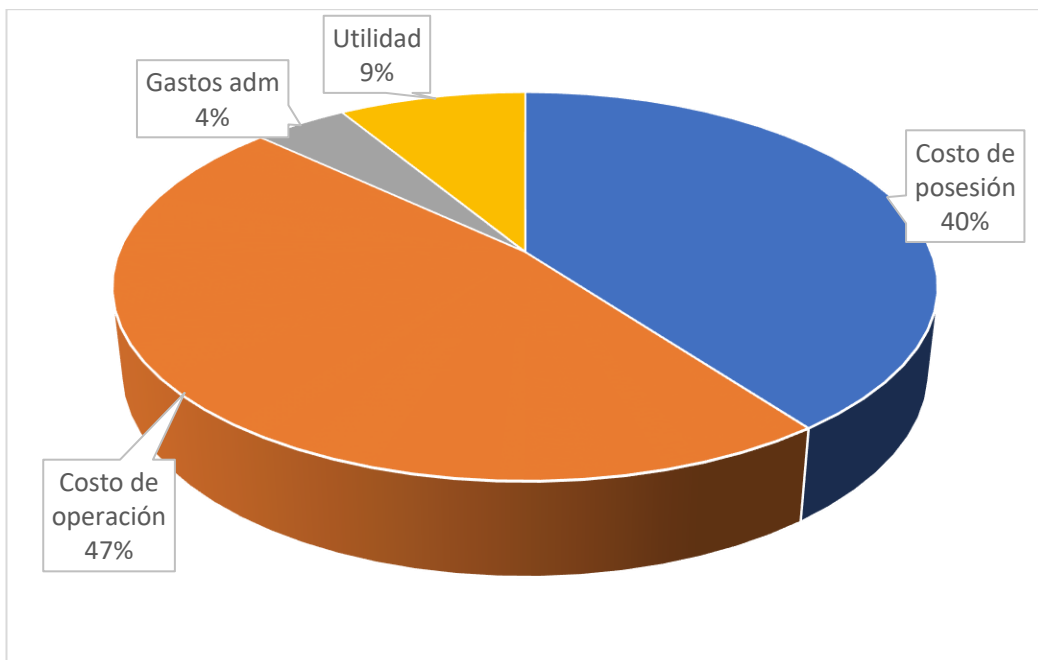


Tabla 14

Costo horario del Scooptram

Datos	Valor	Unidad
Costo de posesión	59,25	\$/h
Costo de operación	70,16	\$/h
Gastos administrativos	6,47	\$/h
Utilidad	12,94	\$/h
Costo horario	148,82	\$/h

El costo horario del Scooptram será igual a la sumatoria del costo de posesión, costo de operación, gastos administrativos y utilidad resultando 148 \$/h.

3.6.15 Comparativa del costo unitario del carguío

Con el costo horario obtenido se procede a calcular el costo unitario de carguío mediante, se considera la ecuación [10].

$$C_{uc} = \frac{Chs}{Rs} \quad [10]$$

Donde:

Cuc: Costo unitario de carguío \$/t

Chs: Costo horario del Scooptram \$/h

Rs: Rendimiento del Scooptram t/h

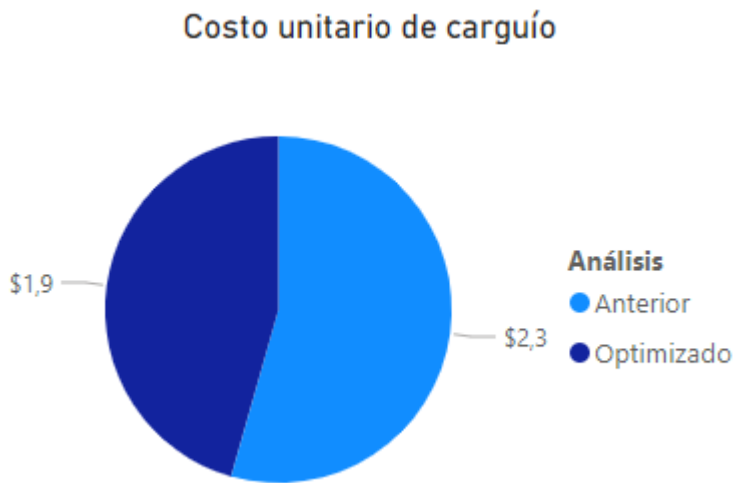
Tabla 15

Costo unitario de carguío

	Nº	Costo horario Scooptram (\$/h)	Costo unitario de carguío (\$/t)
Análisis	Scooptram		
Anterior	5	149	2,3
Optimizado	4	149	1,9

Figura 19

Costo unitario de carguío



De los datos procesados mediante el Power Bi se muestra gráficamente una reducción del costo unitario de carguío de 2,3 \$/t a 1,9 \$/t.

3.6.16 Factor de acoplamiento (match factor)

El factor de acoplamiento permite determinar la flota óptima de volquetes para disminuir los tiempos improductivos evitables, demoras operativas mediante la transferencia del Scooptram al volquete para su posterior extracción, se considera la ecuación [11].

$$Fa = \frac{N^{\circ}v \times Cv}{Cc} \quad [11]$$

Donde:

Fa: Factor de acoplamiento

Nºv: Número de volquetes

Cv: Ciclo del volquete

Cc: Ciclo del carguío

De la siguiente tabla 14, se obtiene los ciclos de carguío y volquete que serán necesarios para reemplazar en la ecuación [11].

Tabla 16

Ciclo de carguío y volquete

Distancia (m)	Ciclo de carguío (min)	Ciclo de volquete (min)
100	11	55
150	16	55
200	22	55

250	27	55
-----	----	----

De los ciclos presentados en la Tabla 16, se reemplaza en la ecuación [11] para determinar el número de volquetes óptimos de los tramos 100, 150, 200, 250 metros que debe transportarse el Scooptram para completar su ciclo de carguío. Se obtiene los siguientes resultados según las distancias correspondientes.

Tabla 17

Factor de acoplamiento 100m

Nº volquete	Fa
4,00	81%
4,95	100%
5,20	105%
5,50	111%

Tabla 18

Factor de acoplamiento 150m

Nº volquete	Fa
3,0	90%
3,4	100%
4,0	120%
4,3	129%

Tabla 19

Factor de acoplamiento 200m

Nº volquete	Fa
2,0	79%
2,5	100%
3,0	119%
3,5	139%

Tabla 20

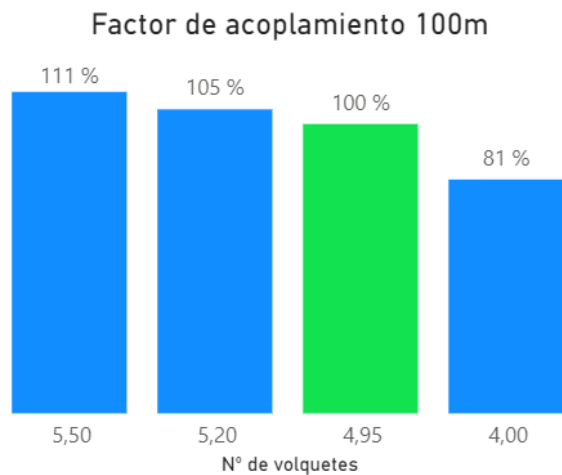
Factor de acoplamiento 250m

Nº volquete	Fa
1,5	74%
2,0	100%
2,5	124%
3,0	148%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 20

Factor de acoplamiento para 100m



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 20 que representa gráficamente la tabla 18, se muestra el factor de acoplamiento en porcentaje según el número de volquetes.

Fa < 1 Habrá un sobredimensionamiento del Scooptram

Fa > 1 Habrá un sobredimensionamiento de volquetes

Fa = 1 El factor de acoplamiento es el óptimo, 100%

El factor de acoplamiento debe ser igual al 100% que será equivalente a la distribución óptima de volquetes para el Scooptram como se muestra en la Figura 19, barra de color verde.

Para los resultados en decimales, se considera el valor mayor entero ya que existe una holgura por parte de la flota de volquetes de acuerdo al estudio realizado, se muestra la siguiente tabla.

Tabla 21

Tiempos de espera de los volquetes

Distancias (m)	Tiempos de espera (min)
	2,2
100	3,0
	4,1
	2,1
150	3,5
	4,5
	3,8
200	6,4
	5,8
	4,8
250	7,1
	6,5

Nota: Tomado de Área de Planeamiento Cori Puno SAC.

A continuación, se muestra la distribución óptima de volquetes y el rendimiento para los tramos 100, 150, 200, 250 metros.

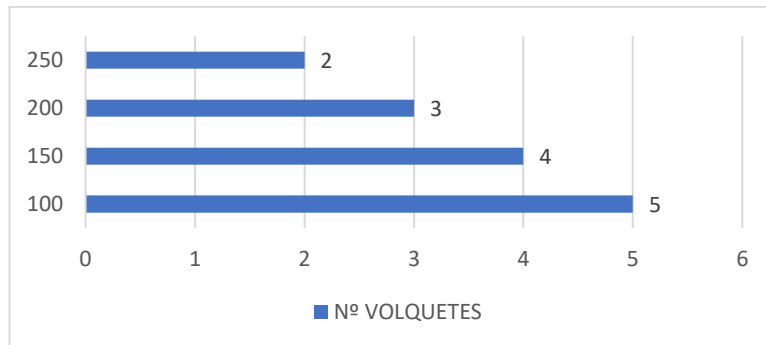
Tabla 22

Distribución óptima de volquetes

Distancia (m)	Nº volquetes	Rendimiento (t/h)
100	5	90
150	4	72
200	3	54
250	2	36

Figura 21

Distribución óptima de volquetes



De la Figura 21, de los datos procesados se muestra la distribución óptima de volquetes según los tramos 100, 150, 200, 250 recorridos por el Scooptram para realizar el carguío.

3.6.17 Indicadores clave de desempeño del volquete

Mediante el procesamiento de datos en el Microsoft Excel se genera los kpi's del volquete comparando los análisis anterior y optimizado denotando el incremento del desempeño esperado.

Tabla 24

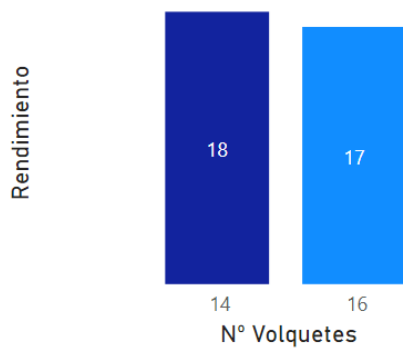
Kpi's del volquete

	Nº Volquetes	Rendimiento (t/h)	Utilización efectiva	Disponibilidad mecánica
Análisis				
Anterior	16	17	62%	86%
Optimizado	14	18	73%	86%

Figura 22

Análisis anterior y optimizado del volquete

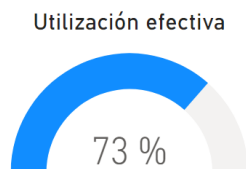
Análisis ● Anterior ● Optimizado



De los análisis procesados en el Power Bi se obtiene gráficamente los indicadores clave de desempeño, denotando el nuevo tonelaje de mineral extraído como consecuencia del aumento del rendimiento y utilización efectiva de la flota de volquetes.

Figura 23

Utilización efectiva del volquete optimizado



3.6.18 Tonelaje extraído optimizado

Para determinar el nuevo tonelaje extraído se considera la ecuación [12].

$$Text = 2 \times G \times Ue \times N^{\circ}v \times R \quad [12]$$

Donde:

Text: Tonelaje extraído

Ue: Utilización efectiva del volquete

G: Horas trabajadas por guardia

N[°]v: Número de volquetes

R: Rendimiento de volquetes

Reemplazando en la ecuación [12]

$$\text{Text} = 2 \times 12 \times 0,73 \times 14 \times 18$$

$$\text{Text} = 4\,414 \text{ Tms}$$

Realizado el nuevo análisis, aplicado el dimensionamiento de equipos Scooptram y factor de acoplamiento se obtuvo muestra una flota optimizada de 14 volquetes, con un incremento del rendimiento a 18 t/h, utilización efectiva del 73% y logrando la extracción de mineral de 4 400 tms/d.

3.6.19 Costo horario del volquete

Para calcular el costo unitario del transporte, previamente se determina el costo horario del volquete. Véase anexo 9.15.

Figura 24

Costo horario del volquete

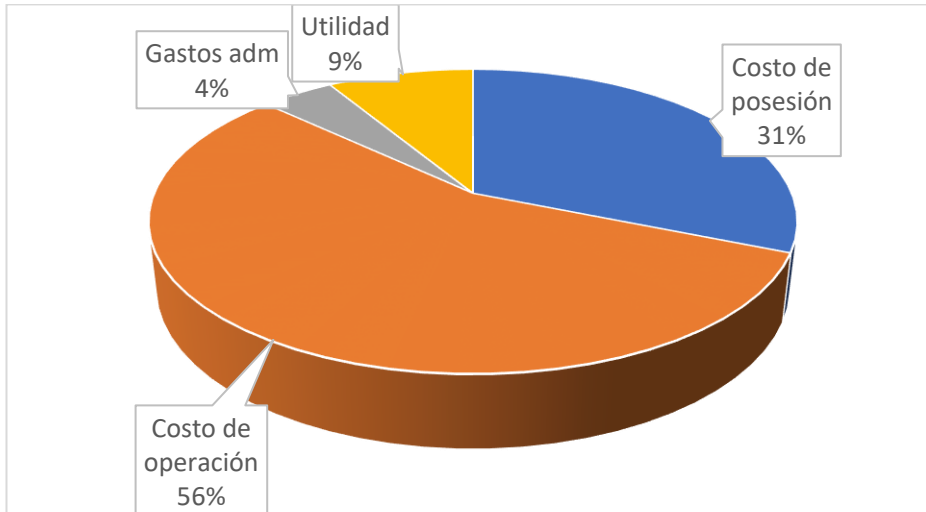


Tabla 26

Costo horario del volquete

Datos		Costo	Unidad
Costo de posesión		16,01	\$/h
Costo de operación		28,66	\$/h
Gastos administrativos	5%	2,23	\$/h
Utilidad	10%	4,47	\$/h
Costo horario		51	\$/h

De la tabla 26, se calcula un costo horario del volquete de 51 \$/h que implica la sumatoria del costo de posesión, costo de operación, gastos administrativos y utilidad.

3.6.20 Costo unitario de transporte

Para determinar el costo unitario de transporte se necesita del rendimiento y costo horario del volquete, se considera la ecuación [12].

$$Cut = \frac{Chv}{Rv} \quad [12]$$

Donde:

Cut	Costo unitario del transporte	\$/t
Chv	Costo horario del volquete	\$/h
Rv	Rendimiento del volquete	t/h

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación [12] se genera la tabla 26 para determinar el costo unitario de transporte.

Tabla 27

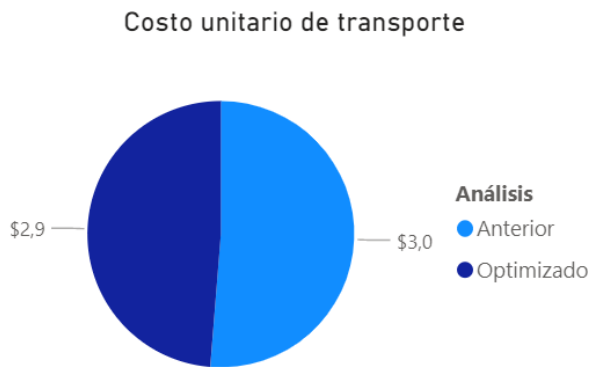
Costo unitario de transporte

Análisis	Número de volquetes	Rendimiento (t/h)	Costo horario volquete (\$/h)	Costo unitario del transporte (\$/t)
Anterior	16	17	51	3,0
Optimizado	14	18	51	2,9

Fuente: Elaboración propia

Figura 25

Costo unitario de transporte



Fuente: Elaboración propia

De la figura 25 generada mediante el Power Bi, se muestra una reducción de 3,0 \$ a 2,9 \$ del análisis anterior y optimizado del costo unitario de transporte.

3.6.21 Costo unitario de transporte total

De los costos unitarios calculados anteriormente se obtendrá el costo unitario de transporte total que implica desde que el Scooptram realizar el carguío de mineral hasta su descarga del volquete en la cancha de gruesos de la planta de beneficio.

Tabla 28

Costo unitario de transporte total

Análisis	Costo unitario de carguío	Costo unitario de transporte	Costo unitario de transporte total	Tonelaje extraído (Tms/d)
Anterior	\$ 2,3	\$ 3,0	\$ 5,3	4 072
Optimizado	\$ 1,9	\$ 2,9	\$ 4,8	4 414

La Tabla 28 muestra el costos unitarios, totales y tonelaje extraído de mineral del análisis anterior y optimizado para su mejor apreciación de la optimización realizada.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

4.1.1 Kpi's del scooptram y volquete optimizado

De los datos procesados mediante el software Microsoft Excel se obtiene los indicadores clave de desempeño del scooptram y volquete optimizado.

Tabla 29

Kpi's del Scooptram y volquete optimizado

Equipo	Número de equipos	Utilización efectiva	Rendimiento (t/h)	Costo unitario
Scooptram	4	61%	76	\$1,9
Volquete	14	73%	18	\$2,9

4.2 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS

4.2.1 Tonelaje extraído

De los indicadores clave de desempeño optimizados se obtiene el tonelaje de mineral extraído de 4 400 tms/d y el costo unitario de transporte total de 4,8 \$/t.

Tabla 30**Tonelaje de mineral extraído**

	Costo unitario de transporte total (\$/t)	Tonelaje extraído (tms/d)
Anterior	5,3	4 072
Optimizado	4,8	4 414

Tabla 31**Porcentaje de optimización**

Tipo	Valor
Tonelaje	8%
Costo unitario	10%

En las Tablas 30 y 31 generada se denota un incremento del tonelaje extraído de 4072 tms/d a 4414 tms/d producto del análisis y la optimización aplicada, este aumento equivale al 8% del tonelaje de mineral extraído anterior.

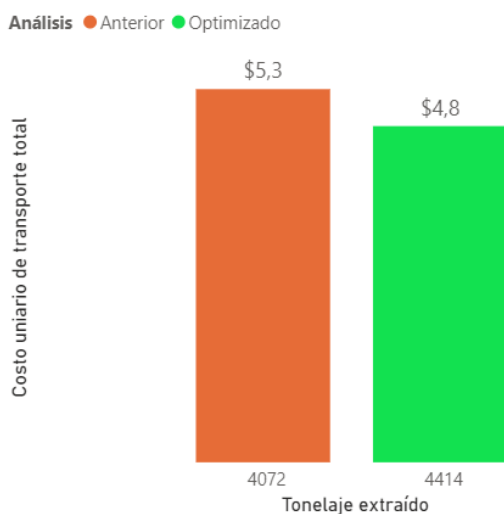
4.3 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.3.1 Costo unitario de transporte total

De la tabla 30 generada mediante el Power Bi se presenta la reducción del costo unitario de transporte total de 5,3 \$/t a 4,8 \$/t producto del análisis y la optimización aplicada, esta reducción equivale al 10% del costo unitario de transporte total anterior.

Figura 26

Comparativa anterior y optimizada



De la figura 26, generada mediante el Power Bi para su mejor visualización la columna naranja muestra el análisis anterior del tonelaje extraído al costo unitario de transporte y la columna verde muestra el tonelaje extraído al costo unitario del transporte como consecuencia de la optimización aplicada.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 PRUEBAS DE VALIDACIÓN

- Riveros, J. (2016) en su tesis titulada: “Cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la unidad minera Arcata 2016”, Universidad Nacional del Altiplano, calculó la productividad horaria de los volquetes, la cual resultó 10,16 t/h, determinando el número óptimo de 8 volquetes, con una producción de 1 560 tmh/d y una tarifa unitaria promedio de 4,31 \$/t.

En la presente tesis se optimiza a una flota de volquete de 14 volquetes con un rendimiento de 18 t/h logrando extraer 4 400 tmh/d a un costo unitario de transporte total de 4,8 \$/t. Comparando con la tesis de Riveros, J. (2019), en nuestro caso se logra un mejor rendimiento, mayor número de volquetes, similar costo unitario y el triple de tonelaje extraído. Maximizando los recursos para concretar lo programado por el área de planeamiento.

- Apaza, M. (2019), en su tesis titulada: “Optimización del sistema de transporte de mineral para el incremento de la productividad en Cía minera Ares”. Universidad Nacional del Altiplano, presentó la reducción de la flota de volquetes a un total de 8 unidades con precio unitario de 3,27 \$/t, produciendo 1 600 tmh/d de mineral. Con estándares de velocidad monitoreo por el área de seguridad: Velocidad máxima en interior mina cargado 12 km/h y vacío 15 km/h, mientras la velocidad máxima en superficie cargado 15 km/h y vacío 25 km/h regulado de acuerdo al sistema de infracciones vehiculares establecido en la empresa minera.

En la presente tesis, se calculó una flota de 14 volquetes con rendimiento de 18 t/h con costo unitario 4,8 \$/t y produciendo 4 400 tmh/d. El incremento del costo unitario es justificable porque triplica el tonelaje extraído con la tesis comparada. En cuanto a las velocidades, en interior mina se logra una velocidad cargado 11 km/h y vacío 12 km/h mientras que en superficie cargado 14 km/h y vacío 16 km/h. Por lo tanto, estas velocidades se encuentran dentro de lo permisible según lo establecido por el área de seguridad de la tesis de (Apaza, M. 2019).

- Anchiraico, A. & Rojas, K. (2020), en la tesis titulada: “Optimización del sistema de acarreo y transporte en labores de preparación de las zonas de profundización mediante la metodología Six Sigma operada por la E.C.M. Zicsa en la Unidad Minera Inmaculada”, Universidad Peruana de Ciencias, concluye en la ejecución de un punto de transferencia by pass con un costo de 178 146,3 \$ y la utilización de una flota óptima de 6 volquetes con un ciclo promedio de 1,25 horas que extraen 2 400 tmh/d.

5.2 APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

En la presente tesis se optimiza a una flota de 14 volquetes con un ciclo de transporte de 1,25 horas logrando extraer 4 400 tmh/d. Para la presente investigación es justificable el mayor número de volquetes para concretar la extracción de mineral que duplica al tonelaje de la tesis de Anchiraico, A. & Rojas, K. (2020) que a su vez debe ejecutar un by pass asumiendo un costo adicional para concretar dicha optimización, mientras que en la presente tesis no será necesario asumir un costo extra para la optimización en el transporte.

5.3 CONTRASTE DE INVESTIGACIONES

- Salas, L. (2013), en su tesis titulada “Estudio de kpi’s en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3 000 a 3 600 tmh/d en la mina Pallancata – Hochschild Mining”, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, logró un incremento en la producción del 20%, para el carguío utilizó 4 equipos Scooptram con un rendimiento de 75 t/h, utilización efectiva 62,05% mientras que en el transporte con una flota de 19 volquetes. Concluyendo una utilización efectiva mayor al 50% en el transporte.

En la presente tesis se logra un incremento del 8% con un mayor tonelaje de 4 400 tmh/d, rendimiento del Scooptram de 76 t/h con utilización efectiva de 61%, flota de 14 volquetes con utilización efectiva de 73%. Comparando estos indicadores con la tesis de Salas, L. (2013) los valores son similares, pero con la diferencia que en nuestro caso el tonelaje extraído es mayor.

- Mayhua, Y. (2020) en la tesis titulada “El acarreo de mineral y producción de la sección I – empresa minera Los Quenuales S.A. Huarochirí”, Universidad Nacional del Centro del Perú, realiza un estudio para determinar como el acarreo de mineral influye en la

producción de la sección I siendo fundamental los factores como el estado de pistas, selección y distribución de equipos, utilizando 2 equipos Scooptrams de 4,2 yd³ (3,2 m³) con un rendimiento promedio de 37 t/h con una utilización efectiva 68% y 93% de disponibilidad mecánica resaltando que la empresa minera los Quenuales maneja estándares mínimos de 85% disponibilidad mecánica y 60% utilización efectiva.

En la presente tesis se utiliza 4 equipos con 76 t/h con una utilización efectiva de 61% y disponibilidad mecánica de 92%. De acuerdo con lo mencionado en tesis de Mayhua, Y. (2020) que, estableció una utilización efectiva mínima de 60% y disponibilidad mecánica mínima de 85% que para nuestro caso cumple con los estándares mínimos.

- Chuquicallata, F. (2022) en la tesis “Optimización del sistema de carguío con el uso de Scooptram para la extracción de minerales en la unidad minera Orcopampa compañía de minas Buenaventura S.A.A.” Universidad Nacional del Altiplano, emplea equipos Scooptram de 6 yd³ (4,6 m³) trasladándose un promedio de 30 metros para llenar un volquete en 4 pases, concluyendo en la reducción del ciclo de carguío de 6,7 min a 5,4 min, incrementando del rendimiento de 253 t/h a 316 t/h con costo unitario de 0,65 \$/t a 0,57 \$/t.

Para nuestro caso el Scooptram llena un volquete en 4 pases, recorriendo tramos desde 100 hasta 250 metros, con ciclo de carguío de 11 min a 27 min, rendimiento promedio de 76 t/h y costo unitario de 2,9 \$/t. Definitivamente la tesis de Chuquicallata, F. (2022). Presenta un mayor rendimiento y menor costo, pero depende de equipos Scooptram eléctricos de 2,2 yd³ (1.7m³) que realizan la limpieza en los frentes de ataque. A diferencia de nuestro trabajo, los equipos Scooptram de 4,2 yd³ (3,2 m³) limpian directamente desde las labores de explotación para su carguío y transporte a superficie.

CONCLUSIONES

Se identificó los tiempos improductivos evitables de la fase de transporte en la empresa minera Cori Puno S.A.C. mediante el estudio de tiempos y la generación del diagrama de Pareto.

El análisis, procesamiento y generación de gráficos mediante el software Microsoft Excel y Power Bi permitió la identificación de las actividades críticas que afectaron la productividad en la empresa minera Cori Puno S.A.C.

Se determinó el dimensionamiento de 4 equipos Scooptram y flota óptima de 14 volquetes mediante el factor de acoplamiento para maximizar la utilización efectiva y el rendimiento de los equipos que intervienen en la fase de transporte.

Evaluando y optimizando los indicadores clave de desempeño se logró el incremento de rendimientos de los equipos Scooptram a 76 t/h con utilización efectiva del 61% y los volquetes con rendimiento a 18 t/h con utilización efectiva del 73% que influyeron directamente en el incremento del tonelaje a 4 400 tms/d, 8% más que el tonelaje anterior.

Mediante la optimización en la fase de transporte se logró reducir el 10% del costo unitario de transporte de 5,3 \$/t a 4,8 \$/t como consecuencia del incremento de la productividad de los equipos.

La productividad es directamente proporcional al tonelaje extraído de mineral, pero inversamente proporcional al costo unitario, tomándose estos parámetros en cuenta para la optimización de la fase de transporte y su aplicación en futuros trabajos de investigación de similar magnitud.

RECOMENDACIONES

Realizar una supervisión constante de las vías de las labores subterráneas por el paso de los equipos de bajo perfil para una programación de mantenimiento de vías evitando el incremento de los tiempos improductivos.

Considerar la implementación de un taller mecánico en interior mina a medida que se profundice las labores a fin de mantener constante el factor de la disponibilidad mecánica de los equipos que intervienen en la fase de transporte.

Implementar la programación de un estudio de tiempos de las actividades de los equipos de manera trimestral o semestral para mantener un control de la productividad establecida.

Evaluación de los indicadores clave de desempeño para su seguimiento respectivo evitando reducir la productividad programada por los equipos de la empresa minera Cori Puno S.A.C.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, V. (2014). *Cálculo de la productividad de equipos de acarreo y transporte - unidad minera Arcata* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Lima.
- Anchiraico, A., & Rojas, K. (2020). *Optimización del Sistema de acarreo y transporte en las labores de preparación de las zonas de profundización mediante la metodología Six Sigma operada por la E.C.M. Zicsa en la Unidad Minera Inmaculada* [Tesis de pregrado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Apaza, M. (2019). *Optimización del sistema de transporte de mineral para el incremento de la productividad en la Cia minera Ares UO Inmaculada* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Baldeón, Z. (2011). *Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en la Cia. minera Condestable S.A.* [Tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Chuquicallata, F. (2022). *Optimización del sistema de carguío con el uso de scooptram para la extracción de minerales en la unidad minera Orcopampa compañía de minas Buenaventura S.A.A.* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Mamani, Á. (2020). *Optimización de costos de carguío y acarreo mediante rediseño de cámara de carguío y control de tiempos en el nivel 2220 unidad minera San Andrés - Marsa 2019* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Mamani, G. (2017). *Optimización de costos de producción en las operaciones unitarias de la empresa minera Cori Puno S.A.C. - Untuca* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Mayhua, Y. (2020). *El acarreo de mineral y la producción de la sección I, en la mina los Quenuales S.A., Huarochiri* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

Pituy, M. (2020). *Mejoramiento del transporte de mineral con volquete en interior mina para incrementar la productividad en U.M. Andaychagua de Volcan compañía minera S.A.A.* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

Riveros, J. H. (2016). *Cálculo de la Productividad Máxima por Hora de los Volquetes en el Transporte Minero Subterráneo en la Unidad Minera Arcata 2016* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Salas, L. (2013). *Estudio de KPI's en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3 000 a 3 600 TM/Día en la mina Pallancata - Hochschild mining* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

Vilcapoma, H. (2019). *Evaluación de rendimiento de volquetes marca Iveco versus marca Volvo para la renovación de equipos de acarreo de mineral* [Tesis de pregrado]. Universidad Continental, Huancayo, Perú.

ANEXOS

ANEXOS

9.1 TIEMPO DE LAS ACTIVIDADES DEL SCOOPTRAM

Actividad	Tiempo	Tiempo (h)	Tipo
Reparto de guardia	00:35:00	0,58	HRE
Traslado a interior mina	00:15:00	0,25	HRE
Check list	00:20:00	0,33	HPE
Carguío a volquete	00:35:00	0,58	HEF
Ausencia de equipo	00:08:30	0,14	HPE
Carguío a volquete	00:30:00	0,50	HEF
Acumulación de carga	00:22:00	0,37	HPE
Carguío a volquete	00:33:00	0,55	HEF
Ausencia de equipo	00:07:00	0,12	HPE
Traslado a otra labor	00:25:00	0,42	HPE
Carguío a volquete	00:34:00	0,57	HEF
Ausencia de equipo	00:09:00	0,15	HPE
Carguío a volquete	00:35:00	0,58	HEF
Carguío a volquete	00:33:00	0,55	HEF
Traslado de labor a refugio	00:10:00	0,17	HRE
Almuerzo o refrigerio	01:00:00	1,00	HRE
Traslado de refugio a labor	00:10:00	0,17	HRE
Carguío a volquete	00:34:00	0,57	HEF
Ausencia de equipo	00:08:00	0,13	HPE
Carguío a volquete	00:35:30	0,59	HEF
Ausencia de equipo	00:05:00	0,08	HPE

Carguío a volquete	00:32:00	0,53	HEF
Ausencia de equipo	00:08:00	0,13	HPE
Carguío a volquete	00:33:00	0,55	HEF
Traslado de labor a refugio	00:10:00	0,17	HRE
Llenado de reporte	00:15:00	0,25	HPE
Abastecimiento combustible	00:18:00	0,30	HPE
Traslado a superficie	00:15:00	0,25	HRE
Traslado a taller	00:20:00	0,33	HMT
Mantenimiento programado	00:45:00	0,75	HMT
Cambio de guardia	00:20:00	0,33	HRE
Total	12:00:00	12,00	

HRE Horas de reserva

HEF Horas operacionales efectiva

HPE Horas de pérdida operacional

HMT Horas de mantenimiento

HRE Horas de reserva

9.2 TIEMPOS DEL SCOOPTRAM

Dist	Tcf	Ttm	Tc	Td	Tr	Ttv	Ciclo
	00:00:30	00:01:11	00:00:15	00:00:20	00:00:09	00:01:02	00:03:27
	00:00:33	00:01:05	00:00:18	00:00:25	00:00:11	00:01:05	00:03:37
	00:00:31	00:01:08	00:00:16	00:00:33	00:00:12	00:01:08	00:03:48
	00:00:28	00:01:03	00:00:20	00:00:32	00:00:11	00:01:06	00:03:40
	00:00:30	00:01:12	00:00:19	00:00:24	00:00:12	00:01:05	00:03:42
	00:00:31	00:01:05	00:00:18	00:00:35	00:00:10	00:01:05	00:03:44
	00:00:32	00:01:01	00:00:18	00:00:32	00:00:10	00:01:04	00:03:37
100 -110	00:00:37	00:01:03	00:00:25	00:00:24	00:00:11	00:01:03	00:03:43
	00:00:30	00:01:12	00:00:21	00:00:35	00:00:13	00:01:02	00:03:53
	00:00:29	00:01:03	00:00:22	00:00:24	00:00:13	00:01:05	00:03:36
	00:00:33	00:01:02	00:00:19	00:00:20	00:00:11	00:01:02	00:03:27
	00:00:35	00:01:19	00:00:17	00:00:35	00:00:13	00:01:06	00:04:05
	00:00:27	00:01:11	00:00:23	00:00:40	00:00:12	00:00:57	00:03:50
	00:00:27	00:01:03	00:00:20	00:00:25	00:00:13	00:00:55	00:03:23
	00:00:31	00:01:11	00:00:18	00:00:21	00:00:11	00:00:59	00:03:31
PROM	00:00:31	00:01:07	00:00:19	00:00:28	00:00:11	00:01:03	00:03:40
	00:00:26	00:02:14	00:00:15	00:00:20	00:00:09	00:01:32	00:04:56
	00:00:29	00:02:08	00:00:18	00:00:25	00:00:11	00:01:35	00:05:06
	00:00:27	00:02:11	00:00:16	00:00:33	00:00:12	00:01:38	00:05:17
	00:00:24	00:02:06	00:00:20	00:00:32	00:00:11	00:01:36	00:05:09
	00:00:26	00:02:15	00:00:15	00:00:24	00:00:12	00:01:35	00:05:07
140 - 160	00:00:27	00:02:08	00:00:18	00:00:35	00:00:10	00:01:35	00:05:13
	00:00:28	00:02:04	00:00:11	00:00:32	00:00:10	00:01:34	00:04:59
	00:00:33	00:02:06	00:00:15	00:00:24	00:00:11	00:01:33	00:05:02
	00:00:26	00:02:15	00:00:13	00:00:35	00:00:13	00:01:32	00:05:14
	00:00:25	00:02:06	00:00:15	00:00:24	00:00:13	00:01:35	00:04:58
	00:00:29	00:02:05	00:00:19	00:00:20	00:00:11	00:01:32	00:04:56
	00:00:31	00:02:22	00:00:17	00:00:35	00:00:13	00:01:36	00:05:34

	00:00:23	00:02:14	00:00:23	00:00:40	00:00:12	00:01:27	00:05:19
	00:00:23	00:02:06	00:00:16	00:00:25	00:00:13	00:01:25	00:04:48
	00:00:27	00:02:14	00:00:18	00:00:21	00:00:11	00:01:29	00:05:00
PROM	00:00:27	00:02:10	00:00:17	00:00:28	00:00:11	00:01:33	00:05:07
	00:00:27	00:02:59	00:00:15	00:00:20	00:00:09	00:02:17	00:06:27
	00:00:26	00:02:53	00:00:18	00:00:25	00:00:11	00:02:20	00:06:33
	00:00:28	00:02:56	00:00:16	00:00:33	00:00:12	00:02:23	00:06:48
	00:00:26	00:02:51	00:00:20	00:00:32	00:00:11	00:02:21	00:06:41
	00:00:32	00:03:00	00:00:19	00:00:24	00:00:12	00:02:20	00:06:47
	00:00:33	00:02:53	00:00:18	00:00:35	00:00:10	00:02:20	00:06:49
	00:00:26	00:02:49	00:00:18	00:00:32	00:00:10	00:02:19	00:06:34
180 - 220	00:00:27	00:02:51	00:00:25	00:00:24	00:00:11	00:02:18	00:06:36
	00:00:28	00:03:00	00:00:21	00:00:35	00:00:13	00:02:17	00:06:54
	00:00:26	00:02:51	00:00:22	00:00:24	00:00:13	00:02:20	00:06:36
	00:00:27	00:02:50	00:00:19	00:00:20	00:00:11	00:02:17	00:06:24
	00:00:26	00:03:07	00:00:17	00:00:35	00:00:13	00:02:21	00:06:59
	00:00:27	00:02:59	00:00:23	00:00:40	00:00:12	00:02:12	00:06:53
	00:00:28	00:02:51	00:00:20	00:00:25	00:00:13	00:02:10	00:06:27
	00:00:30	00:02:59	00:00:18	00:00:21	00:00:11	00:02:14	00:06:33
PROM	00:00:28	00:02:55	00:00:19	00:00:28	00:00:11	00:02:18	00:06:40
	00:00:29	00:04:06	00:00:15	00:00:20	00:00:09	00:04:15	00:09:34
	00:00:28	00:04:00	00:00:18	00:00:25	00:00:11	00:04:11	00:09:33
	00:00:30	00:04:03	00:00:16	00:00:33	00:00:12	00:04:15	00:09:49
	00:00:28	00:03:58	00:00:11	00:00:32	00:00:11	00:04:09	00:09:29
	00:00:22	00:04:07	00:00:19	00:00:24	00:00:12	00:04:19	00:09:43
230 - 250	00:00:25	00:04:00	00:00:18	00:00:35	00:00:10	00:04:10	00:09:38
	00:00:28	00:03:56	00:00:13	00:00:32	00:00:10	00:04:06	00:09:25
	00:00:29	00:03:58	00:00:15	00:00:24	00:00:11	00:04:09	00:09:26
	00:00:30	00:04:07	00:00:14	00:00:35	00:00:13	00:04:20	00:09:59
	00:00:28	00:03:58	00:00:12	00:00:24	00:00:13	00:04:11	00:09:26
	00:00:29	00:03:57	00:00:19	00:00:20	00:00:11	00:04:08	00:09:24

	00:00:28	00:04:14	00:00:17	00:00:35	00:00:13	00:04:27	00:10:14
	00:00:29	00:04:06	00:00:13	00:00:40	00:00:12	00:04:18	00:09:58
	00:00:23	00:03:58	00:00:12	00:00:25	00:00:13	00:04:11	00:09:22
	00:00:28	00:04:06	00:00:12	00:00:21	00:00:11	00:04:17	00:09:35
PROM	00:00:28	00:04:02	00:00:15	00:00:28	00:00:11	00:04:14	00:09:38

9.4 DISTANCIAS Y TIEMPOS DEL SCOOPTRAM

Dist (m)	Tcf (min)	Ttm (min)	Tc (min)	Td (min)	Tr (min)	Ttv (min)	Csc (min)
100	0,28	1,11	0,30	0,47	0,18	1,04	3,38
110	0,33	1,19	0,20	0,47	0,18	1,28	3,65
140	0,42	2,02	0,25	0,47	0,18	1,36	4,70
150	0,45	2,17	0,28	0,47	0,18	1,55	5,10
160	0,38	2,12	0,28	0,47	0,18	1,69	5,12
180	0,35	2,51	0,25	0,47	0,18	1,99	5,75
190	0,40	2,66	0,32	0,47	0,18	2,19	6,22
200	0,42	2,91	0,32	0,47	0,18	2,29	6,59
220	0,27	3,01	0,28	0,47	0,18	2,39	6,60
230	0,43	3,76	0,33	0,47	0,18	2,69	7,86
240	0,27	3,80	0,27	0,47	0,18	2,89	7,88
250	0,47	4,01	0,20	0,47	0,18	2,99	8,32

9.5 VELOCIDAD Y RENDIMIENTO DEL SCOOPTRAM

Dist (m)	Vc ant (km/h)	Vv ant (km/h)	Rend (t/h)
100	5,41	5,77	104,26
110	5,55	5,16	96,55
140	4,16	6,18	74,98
150	4,15	5,81	69,10
160	4,53	5,68	68,83
180	4,30	5,43	61,29
190	4,29	5,21	56,65
200	4,12	5,24	53,47
220	4,39	5,52	53,39
230	3,67	5,13	44,83
240	3,79	4,98	44,72
250	3,74	5,02	42,35

Dist Distancia

Vc ant Velocidad cargado anterior

Vv ant Velocidad vacío anterior

Rend ant Rendimiento anterior

9.6 DISTANCIA TRANSPORTADA POR EL VOLQUETE

Dist Pc a Bc (m)	Dist Bc a Cm (m)	Dist total (m)	Vi (km/h)	Vr (km/h)
1 800	4 100	5 900	12,42	12,87
1 800	4 100	5 900	13,36	13,77
1 800	4 100	5 900	14,16	13,72
1 800	4 100	5 900	14,22	13,21
1 800	4 100	5 900	13,31	12,87
1 800	4 100	5 900	13,72	14,27
1 800	4 100	5 900	11,76	13,83
1 800	4 100	5 900	13,77	14,39
1 800	4 100	5 900	11,46	13,83
1 800	4 100	5 900	13,46	14,69
1 800	4 100	5 900	13,16	15,06
1 800	4 100	5 900	11,46	14,63
1 800	4 100	5 900	13,56	15,32
1 800	4 100	5 900	11,46	14,27
1 800	4 100	5 900	11,76	15,26
1 800	4 100	5 900	13,56	15,39

9.7 TIEMPOS DE VOLQUETES

Semana	Carguío	ida Interior mina	ida Superficie	Descarga	vuelta superficie	vuelta interior mina
Sem 1	00:26:11	00:11:36	00:19:34	00:02:32	00:16:48	00:09:23
	00:24:13	00:09:38	00:17:36	00:02:34	00:15:50	00:07:25
	00:26:50	00:12:15	00:20:13	00:02:40	00:17:27	00:10:02
Sem 2	00:25:41	00:11:06	00:19:04	00:02:35	00:16:18	00:08:53
	00:27:37	00:13:02	00:21:00	00:02:58	00:18:14	00:10:49
	00:22:45	00:08:10	00:16:08	00:02:46	00:15:22	00:09:02
Sem 3	00:21:28	00:06:53	00:14:51	00:03:01	00:12:05	00:08:59
	00:23:40	00:09:05	00:17:03	00:02:01	00:14:17	00:06:52
	00:25:03	00:10:28	00:18:26	00:02:24	00:15:40	00:08:15
Sem 4	00:22:17	00:07:42	00:15:40	00:02:42	00:12:54	00:08:26
	00:29:10	00:14:35	00:22:33	00:02:31	00:19:47	00:10:22
	00:26:43	00:12:08	00:20:06	00:03:04	00:17:20	00:09:55
Sem 5	00:23:50	00:09:15	00:17:13	00:02:41	00:14:27	00:07:02
	00:25:43	00:11:08	00:19:06	00:02:44	00:16:20	00:08:55
	00:22:20	00:07:45	00:15:43	00:02:20	00:14:57	00:09:50
Sem 6	00:24:15	00:09:40	00:17:38	00:02:36	00:14:52	00:07:27
	00:27:13	00:12:38	00:20:36	00:03:34	00:17:50	00:10:25
	00:25:45	00:11:10	00:19:08	00:03:06	00:15:22	00:08:57
Sem 7	00:25:37	00:11:02	00:19:00	00:02:58	00:16:14	00:08:49
	00:21:34	00:06:59	00:14:57	00:02:43	00:16:11	00:09:40
	00:21:05	00:06:30	00:14:28	00:03:10	00:16:02	00:09:57
Sem 8	00:25:45	00:11:10	00:19:08	00:03:06	00:16:22	00:08:57
	00:25:37	00:11:02	00:19:00	00:03:08	00:16:14	00:08:49
	00:21:34	00:06:59	00:14:57	00:02:21	00:15:11	00:09:51
Sem 9	00:21:05	00:06:30	00:14:28	00:02:15	00:15:42	00:10:05
	00:21:34	00:06:59	00:14:57	00:02:35	00:16:11	00:09:43
	00:21:05	00:06:30	00:14:28	00:02:40	00:15:42	00:09:47
	00:27:13	00:12:38	00:20:36	00:03:34	00:17:50	00:10:25

	00:25:45	00:11:10	00:19:08	00:03:06	00:16:22	00:08:57
Sem 8	00:25:37	00:11:02	00:19:00	00:02:58	00:16:14	00:08:49
	00:22:40	00:08:05	00:16:03	00:02:31	00:16:17	00:09:58
	00:26:59	00:12:24	00:20:22	00:03:20	00:17:36	00:10:11
Sem 9	00:22:40	00:08:05	00:16:03	00:02:40	00:15:17	00:09:52
	00:19:59	00:05:24	00:13:22	00:03:01	00:15:36	00:09:11
	00:24:56	00:10:21	00:18:19	00:02:17	00:15:33	00:08:08
	00:24:37	00:10:02	00:18:00	00:02:58	00:15:14	00:09:49
Sem 10	00:23:26	00:08:51	00:16:49	00:02:47	00:14:03	00:09:38
	00:21:04	00:06:29	00:14:27	00:02:29	00:13:41	00:10:16
	00:22:40	00:08:05	00:16:03	00:03:01	00:16:17	00:09:52
Sem 11	00:25:59	00:11:24	00:19:22	00:02:35	00:16:36	00:09:11
	00:24:56	00:10:21	00:18:19	00:02:17	00:15:33	00:08:08
	00:24:37	00:10:02	00:18:00	00:02:58	00:15:14	00:09:49
	00:26:43	00:12:08	00:20:06	00:03:04	00:17:20	00:09:55
	00:29:28	00:14:53	00:22:51	00:02:49	00:20:05	00:10:40
Sem 12	00:22:11	00:07:36	00:15:34	00:02:31	00:14:48	00:08:23
	00:23:59	00:09:24	00:17:22	00:02:20	00:14:36	00:10:01
	00:26:43	00:12:08	00:20:06	00:02:24	00:17:20	00:10:55
	00:22:59	00:08:24	00:16:22	00:02:20	00:15:36	00:10:11

9.8 CICLO DE VOLQUETES

Tc	T pc bc	T bc cm	T d	T cm bc	T bc a pc	Tvolq	Ctr
(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)
25	10,00	18,50	2,45	18,10	9,40	58,5	83,6
25	9,10	17,40	2,45	17,20	8,50	54,7	79,8
25	8,70	16,30	2,45	16,80	9,00	53,3	78,4
25	8,20	16,70	2,45	18,00	8,80	54,2	79,3
25	9,20	17,40	2,45	18,90	8,60	56,6	81,7
25	9,40	16,40	2,45	15,70	9,10	53,1	78,2
25	10,80	19,30	2,45	15,40	10,20	58,2	83,3
25	9,30	16,40	2,45	16,00	8,60	52,8	77,9
25	11,20	19,70	2,45	15,00	10,60	59,0	84,1
25	9,80	16,50	2,45	15,50	8,60	52,9	78,0
25	9,20	17,70	2,45	14,90	8,60	52,9	78,0
25	11,20	19,70	2,45	13,60	10,60	57,6	82,7
25	9,60	16,50	2,45	14,80	8,30	51,7	76,8
25	11,20	19,70	2,45	14,20	10,60	58,2	83,3
25	10,30	19,80	2,45	13,50	9,70	55,8	80,9
25	9,80	16,30	2,45	13,30	9,70	51,6	76,7

Tc Tiempo de carguío

Tpc bc Tiempo del punto de carguío a boca mina

Tbc cm Tiempo de boca mina a cancha de mineral

Td	Tiempo de descarga
Tcm bc	Tiempo de cancha de mineral a boca mina
Tbc pc	Tiempo de boca mina a punto de carguío
Tvolq	Tiempo del volquete
Ctr	Ciclo del transporte

9.10 TIEMPO DE LAS ACTIVIDADES DEL VOLQUETE

Actividad	HMT	HRE	HEF	HPE	Total
Almuerzo		27:48:30			27:48:30
Cambio de guardia		63:20:52			63:20:52
Espera en boca mina por coordinaciones				23:17:15	23:17:15
Traslado con material			144:35:05		144:35:05
Traslado sin material			117:35:28		117:35:28
Demora por tráfico y medición de gases				18:00:25	18:00:25
Carguío a la tolva			17:53:00		17:53:00
Mantenimiento correctivo	15:14:25				15:14:25
Toldeo de la carga				11:14:50	11:14:50
Cola en el carguío				11:11:25	11:11:25
Pesado de la carga				7:02:35	7:02:35
Destoldeo de la carga				6:46:35	6:46:35
Maniobra de estacionamiento			6:09:40		6:09:40
Descarga de la tolva			5:34:55		5:34:55
Combustible				3:01:40	3:01:40
Inspección del equipo				1:13:20	1:13:20
	15:14:25	91:09:22	291:48:08	81:48:05	480:00:00
	3%	19%	61%	17%	100%

9.11 DISTANCIAS Y TIEMPOS DEL SCOOPTRAM OPTIMIZADO

Nv (msnm)	Dist (m)	Tcf (min)	Ttm (min)	Tc (min)	Td (min)	Tr (min)	Ttv (min)	Cc opt (min)
4 400	100	0,28	0,97	0,30	0,47	0,18	0,71	2,91
4 400	110	0,33	1,05	0,20	0,47	0,18	0,91	3,14
4 400	140	0,42	1,69	0,25	0,47	0,18	0,81	3,82
4 400	150	0,45	1,89	0,28	0,47	0,18	1,01	4,28
4 400	160	0,38	1,74	0,28	0,47	0,18	1,11	4,16
4 400	180	0,35	2,14	0,25	0,47	0,18	1,41	4,80
4 400	190	0,40	2,29	0,32	0,47	0,18	1,63	5,29
4 400	200	0,42	2,04	0,32	0,47	0,18	1,93	5,36
4 400	220	0,27	2,14	0,28	0,47	0,18	2,03	5,37
4 400	230	0,43	2,89	0,33	0,47	0,18	2,33	6,63
4 400	240	0,27	2,89	0,27	0,47	0,18	2,33	6,41
4 400	250	0,47	3,55	0,20	0,47	0,18	2,43	7,30

9.12 TIEMPOS OPTIMIZADOS DE LAS ACTIVIDADES DEL SCOOPTRAM

Actividad	Tiempo	Tiempo (h)	Tipo
Reparto de guardia	00:35:00	0,58	HRE
Traslado a interior mina	00:15:00	0,25	HRE
Check list	00:20:00	0,33	HPE
Carguío a volquete	00:50:00	0,83	HEF
Falta de volquete	00:00:10	0,00	HPE
Carguío a volquete	00:42:00	0,70	HEF
Acumulación de carga	00:08:54	0,15	HPE
Carguío a volquete	00:41:00	0,68	HEF
Falta de volquete	00:00:15	0,00	HPE
Traslado a otra labor	00:20:00	0,33	HPE
Carguío a volquete	00:43:00	0,72	HEF
Falta de volquete	00:00:10	0,00	HPE
Carguío a volquete	00:36:00	0,60	HEF
Carguío a volquete	00:35:00	0,58	HEF
Traslado de labor a refugio	00:10:00	0,17	HRE
Almuerzo o refrigerio	01:00:00	1,00	HRE
Traslado de refugio a labor	00:10:00	0,17	HRE
Carguío a volquete	00:45:00	0,75	HEF
Falta de volquete	00:00:10	0,00	HPE
Carguío a volquete	00:37:30	0,63	HEF

Falta de volquete	00:00:15	0,00	HPE
Carguío a volquete	00:33:40	0,56	HEF
Falta de volquete	00:00:10	0,00	HPE
Carguío a volquete	00:40:46	0,68	HEF
Traslado de labor a refugio	00:10:00	0,17	HRE
Llenado de reporte	00:15:00	0,25	HPE
Abastecimiento combustible	00:18:00	0,30	HPE
Traslado a superficie	00:15:00	0,25	HRE
Traslado a taller	00:13:00	0,22	HMT
Mantenimiento programado	00:45:00	0,75	HMT
Cambio de guardia	00:20:00	0,33	HRE
	12:00:00	12,00	

9.13 TIEMPOS DEL SCOOPTRAM OPTIMIZADO

Dist	Tcf	Ttm	Tc	Td	Tr	Ttv	Ciclo
	00:00:29	00:01:01	00:00:16	00:00:20	00:00:10	00:00:57	00:03:13
	00:00:32	00:00:55	00:00:19	00:00:25	00:00:12	00:01:00	00:03:23
	00:00:30	00:00:58	00:00:17	00:00:33	00:00:13	00:01:03	00:03:34
	00:00:27	00:00:53	00:00:21	00:00:32	00:00:12	00:01:01	00:03:26
	00:00:29	00:01:02	00:00:20	00:00:24	00:00:13	00:01:00	00:03:28
	00:00:30	00:00:55	00:00:19	00:00:35	00:00:11	00:01:00	00:03:30
	00:00:31	00:00:51	00:00:19	00:00:32	00:00:11	00:00:59	00:03:23
100 -110	00:00:36	00:00:53	00:00:26	00:00:24	00:00:12	00:00:58	00:03:29
	00:00:29	00:01:02	00:00:22	00:00:35	00:00:14	00:00:57	00:03:39
	00:00:28	00:00:53	00:00:23	00:00:24	00:00:14	00:01:00	00:03:22
	00:00:32	00:00:52	00:00:20	00:00:20	00:00:12	00:00:57	00:03:13
	00:00:34	00:01:09	00:00:18	00:00:35	00:00:14	00:01:01	00:03:51
	00:00:26	00:01:01	00:00:24	00:00:40	00:00:13	00:00:52	00:03:36
	00:00:26	00:00:53	00:00:21	00:00:25	00:00:14	00:00:50	00:03:09
	00:00:30	00:01:01	00:00:19	00:00:21	00:00:12	00:00:54	00:03:17
PROM	00:00:30	00:00:57	00:00:20	00:00:28	00:00:12	00:00:58	00:03:26
	00:00:27	00:02:02	00:00:16	00:00:21	00:00:11	00:01:29	00:04:46
	00:00:30	00:01:56	00:00:19	00:00:26	00:00:11	00:01:32	00:04:54
	00:00:28	00:01:59	00:00:17	00:00:34	00:00:12	00:01:35	00:05:05
	00:00:25	00:01:54	00:00:21	00:00:33	00:00:11	00:01:33	00:04:57
140 - 160	00:00:27	00:02:03	00:00:16	00:00:25	00:00:12	00:01:32	00:04:55
	00:00:28	00:01:56	00:00:19	00:00:36	00:00:10	00:01:32	00:05:01
	00:00:29	00:01:52	00:00:12	00:00:33	00:00:10	00:01:31	00:04:47
	00:00:34	00:01:54	00:00:16	00:00:25	00:00:11	00:01:30	00:04:50
	00:00:27	00:02:03	00:00:14	00:00:36	00:00:13	00:01:29	00:05:02

	00:00:26	00:01:54	00:00:16	00:00:25	00:00:15	00:01:32	00:04:48
	00:00:30	00:01:53	00:00:20	00:00:21	00:00:11	00:01:29	00:04:44
	00:00:32	00:02:10	00:00:18	00:00:36	00:00:13	00:01:33	00:05:22
	00:00:24	00:02:02	00:00:24	00:00:41	00:00:12	00:01:24	00:05:07
	00:00:24	00:01:54	00:00:17	00:00:26	00:00:13	00:01:22	00:04:36
	00:00:28	00:02:02	00:00:19	00:00:22	00:00:11	00:01:26	00:04:48
PROM	00:00:28	00:01:58	00:00:18	00:00:29	00:00:12	00:01:30	00:04:55
	00:00:27	00:02:30	00:00:15	00:00:20	00:00:10	00:01:53	00:05:35
	00:00:26	00:02:24	00:00:18	00:00:25	00:00:10	00:01:56	00:05:39
	00:00:28	00:02:27	00:00:16	00:00:33	00:00:11	00:01:59	00:05:54
	00:00:26	00:02:22	00:00:20	00:00:32	00:00:10	00:01:57	00:05:47
	00:00:32	00:02:31	00:00:19	00:00:24	00:00:11	00:01:56	00:05:53
	00:00:33	00:02:24	00:00:18	00:00:35	00:00:09	00:01:56	00:05:55
	00:00:26	00:02:20	00:00:18	00:00:32	00:00:09	00:01:55	00:05:40
180 - 220	00:00:27	00:02:22	00:00:25	00:00:24	00:00:10	00:01:54	00:05:42
	00:00:28	00:02:31	00:00:21	00:00:35	00:00:12	00:01:53	00:06:00
	00:00:26	00:02:22	00:00:22	00:00:24	00:00:12	00:01:56	00:05:42
	00:00:27	00:02:21	00:00:19	00:00:20	00:00:10	00:01:53	00:05:30
	00:00:26	00:02:38	00:00:17	00:00:35	00:00:12	00:01:57	00:06:05
	00:00:27	00:02:30	00:00:23	00:00:40	00:00:11	00:01:48	00:05:59
	00:00:28	00:02:22	00:00:20	00:00:25	00:00:12	00:01:46	00:05:33
	00:00:30	00:02:30	00:00:18	00:00:21	00:00:10	00:01:50	00:05:39
PROM	00:00:28	00:02:26	00:00:19	00:00:28	00:00:11	00:01:54	00:05:46
	00:00:29	00:03:02	00:00:16	00:00:19	00:00:09	00:02:31	00:06:46
	00:00:28	00:02:56	00:00:19	00:00:24	00:00:11	00:02:27	00:06:45
230 - 250	00:00:30	00:02:59	00:00:17	00:00:32	00:00:12	00:02:31	00:07:01
	00:00:28	00:02:54	00:00:12	00:00:31	00:00:11	00:02:25	00:06:41
	00:00:22	00:03:03	00:00:20	00:00:23	00:00:12	00:02:35	00:06:55

	00:00:25	00:02:56	00:00:19	00:00:34	00:00:10	00:02:26	00:06:50
	00:00:28	00:02:52	00:00:14	00:00:31	00:00:10	00:02:22	00:06:37
	00:00:29	00:02:54	00:00:16	00:00:23	00:00:11	00:02:25	00:06:38
	00:00:30	00:03:03	00:00:15	00:00:34	00:00:13	00:02:36	00:07:11
	00:00:28	00:02:54	00:00:13	00:00:23	00:00:13	00:02:27	00:06:38
	00:00:29	00:02:53	00:00:20	00:00:19	00:00:11	00:02:24	00:06:36
	00:00:28	00:03:10	00:00:18	00:00:34	00:00:13	00:02:43	00:07:26
	00:00:29	00:03:02	00:00:14	00:00:39	00:00:12	00:02:34	00:07:10
	00:00:23	00:02:54	00:00:13	00:00:24	00:00:13	00:02:27	00:06:34
	00:00:28	00:03:02	00:00:13	00:00:20	00:00:11	00:02:33	00:06:47
PROM	00:00:28	00:02:58	00:00:16	00:00:27	00:00:11	00:02:30	00:06:50

9.14 COSTO HORARIO DEL SCOOPTRAM

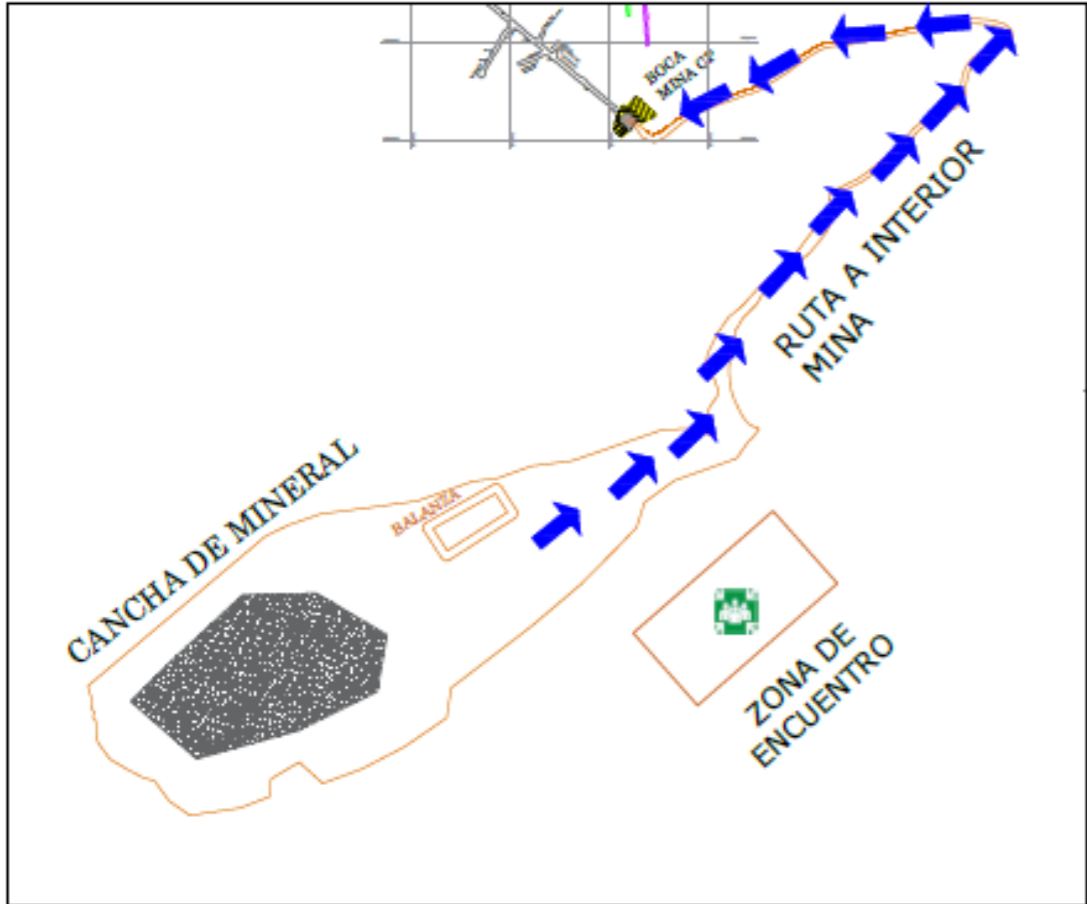
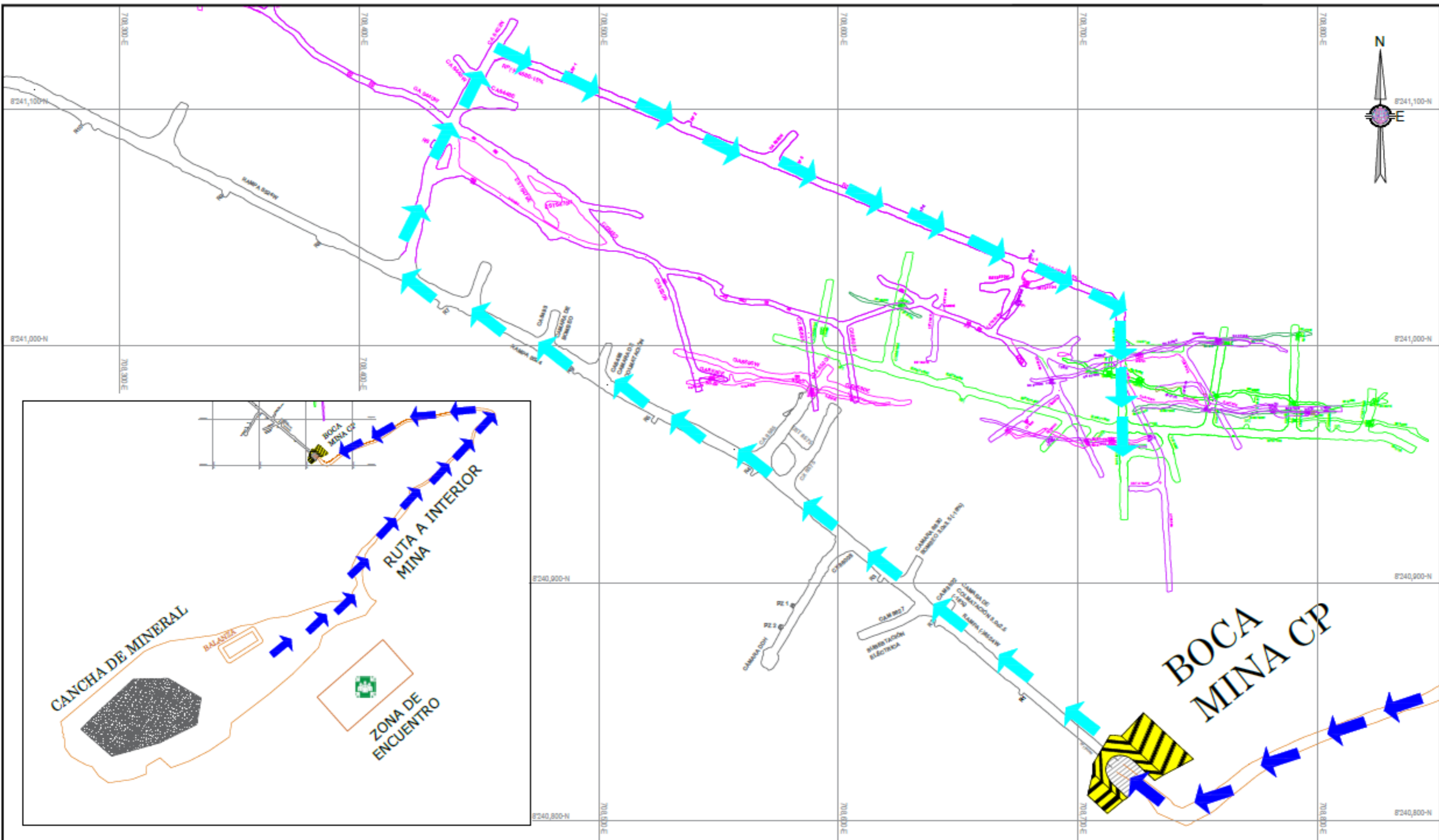
Datos	Valor	und
1. Valor de adquisición	60 0000	\$
2. Valor de rescate	25%	150 000
		\$
3. Vida económica útil	5	años
	12 000	horas
Inversión media anual	360 000	\$/año
4. Costo de depreciación	90 000	\$/año
	37,50	\$/h
5. Costo de interés	13,50	\$/h
Tasa de interés anual TAMEX	9%	
6. Costo de seguro, impuesto y almacenaje	8,25	\$/h
Tasa	6%	
7. Costo de mantenimiento	35,00	\$/h
Seguro de mantenimiento	70%	
8. Costo de Combustible	18,9	\$/h
Consumo combustible	4,5	gl/h
Costo por galón	4,2	\$/gl
9. Costo de lubricante	1,30	\$/h
Consumo aceite motor	0,038	gl/h
Costo de aceite	10,72	\$
Consumo aceite transmisión	0,027	gl/h
Costo aceite transmisión	11,71	\$
Consumo aceite hidráulico	0,015	gl/h

Costo de aceite hidráulico		13,29	\$
Consumo de grasa		0,22	lb/h
Costo de grasa		1,61	\$
Consumo refrigerante		0,002	gl/h
Costo refrigerante		12,07	\$
10. Costo de filtros		4,04	\$/h
11. Costo de llantas		1,25	\$/h
Costo juego llantas		2 500	\$
Vida útil		2 000	h
12. Costo mecánico		4,83	\$/h
Jornal básico mecánico	75	75	S/,
Nº mecánicos		1	
13. Costo operador		4,83	\$/h
Jornal básico de operador	80	75	S/,
Nº operadores		1	
BBSS		60%	
Epp		2,3	\$/tarea
		0,29	\$/h
Tipo de cambio		3,3	
Costo de posesión		59,25	\$/h
Costo de operación		70,16	\$/h
Gastos adm	5%	6,47	\$/h
Utilidad	10%	12,94	\$/h
Costo horario		148,82	\$/h

9.15 COSTO HORARIO DEL VOLQUETE

Item	Datos	Valor	Und
1	Valor de adquisición	170 000	\$
2	Valor de rescate	20% 34 000	\$
3	Vida económica útil	5	años
		12 000	horas
	Inversión media anual	102 000	\$/año
4	Costo de depreciación	27 200	\$/año
		11,33	\$/h
5	Costo de interés	3,40	\$/h
	Tasa de interés anual TAMEX	8%	
6	Costo de seguro, impuesto y almacenaje	1,28	\$/h
	Tasa	3%	
7	Costo de mantenimiento	4,25	\$/h
	Seguro de mantenimiento	30%	
8	Costo de Combustible	12,3	\$/h
	Consumo combustible	3	gl/h
	Costo por galón	4,1	\$/gl
9	Costo aceite, filtros, llantas, baterías, grasas	2,44	\$/h
		Horas	Cant
		Costo	Pu
	Aceite de motor	250	11
		17,5	0,77
	Aceite de transmisión (corona y cubos)	600	28
		6,5	0,30
	Aceite de caja de cambios	600	19
		6,52	0,21
	Filtro de aceite	250	3
		24,5	0,29

	Filtro de petróleo	250	2	5,2	0,04
	Filtro de aire primario	250	1	127,5	0,51
	Filtro de aire secundario	600	1	94,86	0,16
	Filtro secador de aire, servo y caja	600	1	95	0,16
	Llantas, cámaras y guardacámaras 12x20	3 900	10	601	1,54
	Alarmas, circlinas, faros, Retrovisores,	1 945	1	214	0,11
	Neblineros				
	Baterías	5 580	2	128	0,05
	Grasa	338	10	2,04	0,06
10	Costo mecánico			4,83	\$/h
	Jornal básico mecánico		75	75	S/,
	Nº mecánicos			1	
11	Costo operador			4,83	\$/h
	Jornal básico de operador		75	75	S/,
	Nº operadores			1	
	BBSS			60%	
	Epp			2,3	\$/tarea
				0,29	\$/h
	Tipo de cambio			3,3	
	Costo de posesión			16,0	\$/h
	Costo de operación			28,7	\$/h
	Gastos adm		5%	2,2	\$/h
	Utilidad		10%	4,5	\$/h



LEYENDA	
RUTA SUPERFICIE	
RUTA INTERIOR MINA	
REFUGIO PEATONAL	
ZONA DE ENCUENTRO	

Top. :	F.M.R.
Dib. :	F.M.R.
Rev. :	E.A.C.
Apr. :	E.A.C.
V°B°:	H.C.C.

Cori Puno CIA MINERA CORI PUNO SAC UNIDAD MINERA CORI PUNO	
ÁREA DE PLANEAMIENTO E INGENIERÍA	
PLANO DE RUTA DE TRANSPORTE	
VETA : MERCEDES	ZONA : CRUZ DE MERCEDES

Lámina N°:	01
UTM : WGS 84	
Formato : A 3	
Escala : 1/2000	