

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**EVALUACIÓN DE KPIS DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y
ACARREO DE MINERAL PARA EL CÁLCULO ÓPTIMO DEL
NÚMERO DE VOLQUETES EN MINA SUMMA GOLD
CORPORATION – LA LIBERTAD**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

AUTOR:

Bach. RAICO YOPLA ALEX EDUARDO

ASESOR:

M. CS. ING. GONZALES YANA ROBERTO SEVERINO

CAJAMARCA - PERÚ

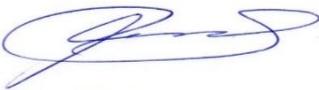
2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** RAICO YOPLA ALEX EDUARDO
DNI: 72671929
Escuela Profesional: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
- Asesor:** M. Cs. Ing. Gonzales Yana Roberto Severino
Facultad: Ingeniería
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
EVALUACIÓN DE KPIS DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO DE MINERAL PARA EL CÁLCULO ÓPTIMO DEL NÚMERO DE VOLQUETES EN MINA SUMMA GOLD CORPORATION – LA LIBERTAD
Fecha de evaluación: 18/05/2025
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 13%
- Código Documento:** Oide:3117: 460236447
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 19/05/2025

	
_____ FIRMA DEL ASESOR Roberto Severino Gonzales Yana	_____ UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería de Minas: ALEX EDUARDO RAICO YOPLA.

RUBRO	PUNTAJE
	Máximo/Calificación
2. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	
2.1. Capacidad de síntesis	3
2.2. Dominio del tema	3
2.3. Consistencia de las alternativas presentadas	3
2.4. Precisión y seguridad en las respuestas	2
PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)	11

Cajamarca, 20 de junio de 2025

Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Presidente

Dr. Ing. Alejandro Eduardo Lagos Manrique.
Vocal

M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.
Secretario

M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería de Minas: ALEX EDUARDO RAICO YOPLA.

RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	04
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	11
EVALUACIÓN FINAL	
EN NÚMEROS (A + B)	15
EN LETRAS (A + B)	Quince
- Excelente 20 - 19	Bueno
- Muy Bueno 18 - 17	
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 20 de junio de 2025

Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Presidente

Dr. Ing. Alejandro Eduardo Lagos Manrique.
Vocal

M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.
Secretario

M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por guiarme de manera correcta en todo el trayecto de mi etapa universitaria, por bendecirme a lo largo de lo que llevo de vida, y por ser el apoyo y fortaleza en los momentos más difíciles.

Agradezco también cada uno de los docentes de la Escuela de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Cajamarca, por haber compartido sus conocimientos de manera excepcional a lo largo de la preparación profesional, agradezco de manera especial al Ing. Gonzales Yana Roberto, asesor de mi proyecto de TESIS, quien ha guiado con su paciencia y su rectitud.

Alex R.

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de investigación a Dios, por brindarme su protección y la oportunidad de continuar mis estudios superiores.

En especial a mis padres y mi hermana, quienes siempre se han mostrado preocupados y comprometidos con cada uno de los retos que se han presentado en mi vida académica, celebrando junto conmigo cada logro y dándome consuelo, fuerzas y comprensión en mis tropiezos.

Alex R.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	15
2.1.2. Antecedentes Nacionales	16
2.1.3. Antecedentes Locales.....	17
2.2. BASES TEÓRICAS.....	18
2.2.1. Selección de equipos	18
2.2.2. Carguío y Acarreo	19
2.2.3. Tiempos de los equipos	19
2.2.4. Ciclos operativos.....	21
2.2.5. Productividad	21
2.2.6. Indicadores claves de rendimiento	22
2.2.7. KPIS de Productividad.....	22
2.2.8. Rendimiento y flota de acarreo	23
2.2.9. Factor de acoplamiento (MF).....	23

	Pág.
2.2.10. Método de Programación lineal Entera Mixta	23
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	24

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	26
3.2. ACCESIBILIDAD	27
3.3. GEOLOGÍA REGIONAL.....	27
3.4. GEOLOGÍA LOCAL.....	31
3.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	32
3.5.1. Tipo de investigación	32
3.5.2. Nivel de investigación	32
3.5.3. Diseño de investigación.....	32
3.5.4. Método de la investigación	32
3.5.5. Población de estudio	32
3.5.6. Muestra	32
3.5.7. Unidad de análisis.....	32
3.6. TÉCNICAS	33
3.6.1. Análisis documental.....	33
3.6.2. Observación directa.....	33
3.7. EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	34
3.7.1. Equipos – Softwares	34
3.7.2. Materiales e Instrumentos.....	34
3.8. PROCEDIMIENTO	35
3.8.1. Etapa Preliminar	35
3.8.2. Etapa de Recolección de Datos.....	35
3.8.3. Etapa de Análisis de Datos	35

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

	Pág.
4.1. Desempeño de los equipos de carguío en Summa Gold – Corporation	38
4.2. Tiempos de ciclo, número de viajes y tonelaje transportado	65
4.3. Número óptimo de volquetes en función del tonelaje en mina.....	90

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	94
5.2 RECOMENDACIONES	95
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Vías de Acceso a mina.....	27
Tabla 2. Desempeño de los cargadores frontales Turno Día – abril	38
Tabla 3. Desempeño de los cargadores frontales Turno Noche – abril	40
Tabla 4. Desempeño de los cargadores frontales Turno Día – mayo	42
Tabla 5. Desempeño de los cargadores frontales Turno Noche – mayo	43
Tabla 6. Desempeño de las excavadoras Turno Día – abril	45
Tabla 7. Desempeño de las excavadoras Turno Noche – abril.....	50
Tabla 8. Desempeño de las excavadoras Turno Día – mayo.....	54
Tabla 9. Desempeño de las excavadoras Turno Noche – mayo	58
Tabla 10. Resumen de demoras en el ciclo de carguío	63
Tabla 11. Desempeño de los volquetes/cargadores frontales Turno día – abril.....	66
Tabla 12. Desempeño de los volquetes/cargadores frontales Turno noche – abril	67
Tabla 13. Desempeño de los volquetes/cargadores frontales Turno día – mayo	68
Tabla 14. Desempeño de los volquetes/cargadores frontales Turno noche – mayo	70
Tabla 15. Desempeño de los volquetes/excavadoras Turno día – abril	71
Tabla 16. Desempeño de los volquetes/excavadoras Turno noche – abril.....	76
Tabla 17. Desempeño de los volquetes/excavadoras Turno día – mayo.....	81
Tabla 18. Desempeño de los volquetes/excavadoras Turno noche – mayo	85
Tabla 19. Datos generales del cálculo de # de volquetes	90
Tabla 20. Target del tonelaje programado para 19 volquetes - excavadoras	91
Tabla 21. Target del tonelaje programado para 19 volquetes – cargador frontal.....	91
Tabla 22. Rendimientos de los 19 volquetes	92
Tabla 23. Variables de carguío	100
Tabla 24. Condiciones de plataforma.....	100
Tabla 25. Condiciones de vía	100

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura de la Literatura para Selección de Equipos.	19
Figura 2. Distribución de tiempos en equipos	20
Figura 3. Ubicación de la mina.....	26
Figura 4. Geología Regional.	31
Figura 5. Mapa geológico.....	31
Figura 6. Gráfico comparativo de desempeño de equipos – abril	62
Figura 7. Gráfico comparativo de desempeño de equipos – mayo.....	63
Figura 8. Análisis de Pareto.	64
Figura 9. Gráfico comparativo de los KPIS de los equipos de carguío	65
Figura 10. Gráfico comparativo de ciclos realizados - abril	89
Figura 11. Gráfico comparativo de ciclos realizados – mayo	90

LISTA DE ABREVIATURAS

CAT	: Caterpillar.
FA	: Factor de acoplamiento.
HR	: Horas Ready.
HT	: Horas totales del equipo.
Ton	: Tonelaje.
Volq	: Volquetes.
T. Prom	: Tiempo promedio.
Tn	: Toneladas.
Rend	: Rendimiento.
DM	: Disponibilidad mecánica.
U	: Utilización.

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la mina Summa Gold Corporation S.A.C., ubicada en el norte del Perú, a 190 km de la ciudad de Trujillo, en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, en el departamento de La Libertad. El objetivo principal fue analizar los KPIs de una flota de carga y acarreo, con el fin de identificar oportunidades para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos, lo cual puede tener un impacto significativo en la rentabilidad de la empresa. La presente tesis surgió a partir de la siguiente interrogante: ¿Cuál es la influencia de los KPIs de los equipos de carguío y acarreo de mineral en el cálculo óptimo del número de volquetes en la mina Summa Gold Corporation – La Libertad? El objetivo principal fue evaluar los KPIs de los equipos de carguío y acarreo de mineral para determinar el número óptimo de volquetes. La metodología se basó en las siguientes etapas: preliminar, recolección de datos y análisis de datos. Para ello, se consideraron los datos de los meses de abril y mayo de 2023, correspondientes a los equipos de carguío y acarreo utilizados para transportar mineral y lixiviado desde el frente de trabajo hasta el pad de lixiviación y celdas. Los equipos analizados fueron 19 volquetes Volvo de 24 m³, 4 cargadores frontales Caterpillar y 7 excavadoras Caterpillar. Como resultado, se determinó que, para calcular el número óptimo de volquetes, se aplicó programación lineal. Los datos obtenidos permitieron concluir que, para cumplir con el objetivo de producción programado de 1,311 toneladas por hora (Ton Flota / Hr), se requiere operar con 17 volquetes (874/51). Por lo tanto, es necesario reducir en dos el número de equipos de acarreo.

PALABRAS CLAVES: KPIS, ciclos, viajes, tonelaje, horas trabajadas, dimensionamiento, rendimiento.

ABSTRACT

The research was carried out at the Summa Gold Corporation S.A.C. mine, located in northern Peru, 190 km from the city of Trujillo, in the district of Huamachuco, province of Sanchez Carrion, in the department of La Libertad. The main objective was to analyze the KPIs of a cargo and hauling fleet, in order to identify opportunities to improve operational efficiency and reduce costs, which can have a significant impact on the company's profitability. This thesis arose from the following question: What is the influence of the KPIs of the ore loading and hauling equipment in the optimal calculation of the number of dump trucks at the Summa Gold Corporation - La Libertad mine? The main objective was to evaluate the KPIs of the ore loading and hauling equipment to determine the optimum number of dump trucks. The methodology was based on the following stages: preliminary, data collection and data analysis. For this purpose, data from April and May 2023 were considered, corresponding to the loading and hauling equipment used to transport ore and leachate from the work face to the leach pad and cells. The equipment analyzed were 19 Volvo 24 m³ dump trucks, 4 Caterpillar front loaders and 7 Caterpillar excavators. As a result, it was determined that linear programming was applied to calculate the optimum number of dump trucks. The data obtained allowed us to conclude that, in order to meet the programmed production target of 1,311 tons per hour (Ton Fleet / Hr), it is required to operate with 17 dump trucks (874/51). Therefore, it is necessary to reduce the number of hauling equipment by two.

KEYWORDS: KPIS, cycles, trips, tonnage, hours worked, sizing, performance.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el Perú toda explotación minera considera a la etapa del transporte del material extraído como crítica, esto ya que durante los años de vida útil el proyecto las distancias de las rutas van a variar, actualmente el costo de acarreo representa más del 30% del costo total de operaciones mina y el costo de carguío representa alrededor del 10%, por tanto, es necesario implementar mejoras continuas para tener una correcta gestión y óptima producción (Cahuari, 2019). La mina SUMMA GOLD CORPORATION S.A.C. se encuentra localizada en el Norte del Perú, a 190 km de la ciudad de Trujillo, en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión y departamento de La Libertad, a una elevación que varía de 3200 a 3500 msnm, el proyecto contempla la extracción del mineral a tajo abierto. El método de explotación que se viene ejecutando en el yacimiento metálico, es el de Tajo Abierto. Este método se basa en una minería por banqueo que consiste primero en la extracción del terreno superficial o topografía actual que puede estar constituido por desmonte, para luego extraer el mineral económicamente factible que se encuentra en los niveles inferiores. Este método permite utilizar una variedad de equipos pesados, con los que se extrae altos volúmenes de material, por lo general se utilizan cargadores frontales, palas hidráulicas, volquetes, etc. En la empresa se vienen presentando problemas con las paradas no programadas o tiempos muertos en el ciclo de carguío y acarreo generado principalmente por espera de volquetes en los frentes, por tanto, este trabajo de investigación se centrará en la evaluación de los kpis de los equipos, determinando así el número óptimo de volquetes que eliminen las demoras antes mencionadas y permitan cumplir con el target programado. Para gestionar eficazmente los rendimientos de las operaciones mina, es necesario ejecutar y analizar la base de datos que pueda proporcionar varios indicadores (KPI) para cada operador de forma personalizada, y no solo datos generales.

Al analizar los KPIs de una flota de carga y acarreo, se pueden identificar áreas de mejora y tomar decisiones informadas para reducir costos. Algunas maneras en las que esto puede ayudar a reducir costos incluyen: Identificar ineficiencias en la operación de la flota,

como tiempos de espera innecesarios, rutas poco eficientes o mantenimiento deficiente de los vehículos. Al abordar estas áreas de mejora, se puede aumentar la eficiencia operativa y reducir los costos asociados, Optimizar la utilización de los vehículos, asegurándose de que estén siendo utilizados de manera efectiva y no estén subutilizados. Esto puede ayudar a reducir los costos de mantenimiento y combustible, Monitorear el desempeño de los conductores y tomar medidas para mejorar su eficiencia y seguridad en la conducción. Esto puede ayudar a reducir los costos asociados con accidentes y multas de tránsito, Identificar oportunidades para la consolidación de cargas y rutas, lo que puede reducir los costos de transporte al optimizar la capacidad de carga de los vehículos y minimizar los kilómetros recorridos.

En función de lo descrito anteriormente el problema que se plantea es el siguiente: ¿Cuál es la influencia de los kpis de los equipos de carguío y acarreo de mineral en el cálculo óptimo del número de volquetes en mina Summa Gold Corporation – La Libertad? El objetivo general que se establece es evaluar los kpis de los equipos de carguío y acarreo de mineral en el cálculo óptimo del número de volquetes en mina Summa Gold Corporation – La Libertad. Del cual se desglosan los siguientes objetivos específicos: a) Analizar el desempeño de los equipos de carguío en mina Summa Gold Corporation – La Libertad, b) Evaluar los tiempos de ciclo, número de viajes y tonelaje transportado por los volquetes de 24 m³ en mina Summa Gold Corporation – La Libertad; y c) Calcular el número óptimo de volquetes en función del tonelaje en mina Summa Gold Corporation – La Libertad.

La hipótesis propuesta es que el control de los kpis de los equipos de carguío y acarreo de mineral influyen significativamente en el cálculo óptimo del número de volquetes en mina Summa Gold Corporation – La Libertad, permitiendo incrementar el número de viajes y por tanto el tonelaje transportado.

La justificación del presente trabajo de investigación busca contribuir con la ampliación de información existente sobre la importancia de la optimización de procesos como alternativa de mejora continua, específicamente en la etapa de carguío y acarreo, en la cual se evidencian distintos factores que tienden a ocasionar demoras operativas las cuales retrasan los ciclos de carguío disminuyendo la producción, en el caso de minera Summa Gold Corporation es el mal dimensionamiento de la flota que genera tiempos de espera y colas.

La investigación tiene como delimitación espacial el norte del Perú, a 190 km de la ciudad de Trujillo, en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión y departamento de La Libertad, a una elevación que varía de 3200 a 3500 msnm, y como delimitación temporal 10 meses.

Descripción de los contenidos de los capítulos:

Capítulo I: Donde se realiza la introducción, Capítulo II: Inicia con los antecedentes del estudio, el marco conceptual y algunas definiciones para desarrollar el estudio, además de enriquecer la investigación con fuentes de apoyo y revisión. Capítulo III: Se describirán los métodos utilizados en este estudio, mencionando el tipo, materiales y métodos de investigación, análisis y procesamiento de datos, se detalla las características geográficas de la zona de estudio, el diseño del estudio, la población, la muestra y algunas de las herramientas de recolección de datos. Continuaremos con el capítulo IV: este capítulo considera los resultados y discusiones, desarrolla un análisis de la situación actual, diferentes hipótesis, y finaliza con el capítulo V: Conclusiones, recomendaciones y referencias.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Lins et al. (2018) en su trabajo de investigación “Dimensionamiento de flota en las operaciones de carguío y transporte usando modelos de simulación de sistemas”, tuvieron como objetivo dimensionar la flota de los equipos de carguío y transporte que atienda el requerimiento de planta de procesamiento de manera eficiente. En la metodología, se ha involucrado en el análisis una significativa cantidad de variables tales como: tasas de producción por unidad de tiempo, características físico-mecánicas del material, distancias de transporte, topografía, diseño de accesos, vías de transporte, ciclos y rendimiento de la flota (camión, pala). Por otro lado, conforme a los resultados obtenidos, al analizar el cálculo de dimensionamiento analítico (determinístico) y la simulación con base en la meta de producción para el año 2017, es necesario el uso de seis excavadoras (cuatro CAT 336D y dos CAT 950H para el carguío de mineral y desmonte). La meta puede ser alcanzada con cuatro camiones: dos para atender la producción de la planta en Fillerca y dos para Ouro Branco. Finalmente, la producción horaria estimada para el dimensionamiento analítico de la planta en Fillerca es igual a 330,62 t/h, y para la planta en Ouro Branco, 216,58 t/h. En cuanto al dimensionamiento determinístico para la planta en Fillerca es igual a 317,71 t/h, y para la planta en Ouro Branco 235,08 t/h. Concluyendo que, en la simulación se establecieron variaciones en los tiempos, ciclos de rodada, y los resultados de estos escenarios permitieron ajustar la producción programada deseada.

Quiroga (2016) en su tesis “Diseño de herramienta computacional para control de KPI de operadores de carguío y transporte – Mina los Bronces”, tuvo por finalidad diseñar una herramienta computacional de control de KPI de operadores de los principales equipos de Carguío y Transporte que permita dar una directriz al trabajo del Departamento de Capacitación. Además, señala que los indicadores que serán medidos serán los tiempos de carga y velocidades para el caso de operadores de transporte, tiempos de carguío y

rendimientos efectivos. El análisis de estos KPI se realizará para las flotas de Palas Eléctricas Bucyrus/CAT (de 60 y 73 y d3) en combinación con camiones Komatsu 930 E y CAT 795 F. La razón es de esto último es porque son los equipos que extraen más del 85% del material de la mina y, por ende, los más importantes que se deben controlar. Concluyendo que, se tuvo como resultado una herramienta computacional capaz de mostrar gráficamente las mediciones de los indicadores de carguío y transportes.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Araujo (2018) en su investigación denominada “Optimización de la flota de volquetes en el acarreo, para incrementar la producción en la Mina Los Andes Perú Gold - Huamachuco”, tuvo por finalidad optimizar la flota de volquetes en el acarreo, para incrementar la producción. Concluyendo que, la programación dinámica es una herramienta importante de la investigación de operaciones que permitió optimizar la asignación de volquetes a cada excavadora de la mina Los Andes Perú Gold al menor costo donde la asignación de camiones para la Excavadora N° 1 es de siete volquetes y para Excavadora N° 2 es de seis volquetes. La asignación correcta del número de equipos de acarreo para un determinado equipo de carguío ayuda mantener en un nivel óptimo la relación \$/Tn.

Anchiraico y Rojas (2020) en su tesis denominada “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”, tuvieron como objetivo principal optimizar los tiempos improductivos en el proceso de acarreo en las labores de explotación de Over Cut and Fill a través de Six Sigma. Os resultados obtenidos permitieron concluir que, en un inicio se tuvo 5 volquetes y mediante la simulación con GPSS para la obtención de flota óptima se concluye que se tiene que adquirir 1 volquete. Además, a través, de la simulación con GPSS para el punto de transferencia se obtiene una disminución de tiempo en el ciclo de transporte, lo cual hace que se tenga 1 viaje más por guardia.

Cahuari (2019), en su estudio denominado “Optimización del uso de los equipos de carguío y acarreo en minería superficial en la compañía minera Corporación del Centro Gold Mining SAC - Región La Libertad”, tuvo por finalidad optimizar el uso de los equipos de carguío y acarreo, y sustentar la metodología usada para incrementar la producción en el tajo Diana. Los resultados señalan que el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo incrementaron en un 9%, no llegando a cumplir el objetivo de 10% por un margen de un 1%. También se logró optimizar operaciones unitarias de carguío y acarreo, en conclusión, esto

nos permitió incrementar la producción el tajo Diana en un 8%, no llegando a cumplir el objetivo de 10% por un margen de un 2% a nuestro objetivo, sin embargo, se logró incrementar la producción de remanejo de material lixiviado en un 11% asiendo que el movimiento total de material en mina incremente en promedio un 10%. Concluyendo que la aplicación de KPI'S, indicadores y estándares óptimos de esta manera se logra optimizar el uso de los equipos de carguío y acarreo e incrementada la producción en el tajo Diana.

Romero (2021) en su tesis denominada “Evaluación de equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones, Minera San Cristóbal S.A.A.”, tuvo como objetivo general efectuar la evaluación de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones, Nv. 1320 zona III, Minera San Cristóbal S.AA.. – 2020. Concluyendo que, de la evaluación efectuada se establece que para un transporte eficiente se necesita 19 camiones, 17 en operaciones y 2 para las contingencias, en la actualidad la empresa cuenta con una flota de 15 camiones de los cuales trece se encuentran operativamente y 2 equipos para contingencias, se debe de resaltar que parte de la solución es que los camiones transporten las 30 toneladas para las cuales está diseñada.

2.1.3. Antecedentes Locales

Bustamante (2018), en su tesis “Optimización de la productividad de los equipos de carguío y acarreo en Gold Fields La Cima S.A mediante la disminución de las demoras operativas más significativas”, tuvo como objetivo principal optimizar la productividad de los equipos de carguío y acarreo mediante la disminución de las demoras operativas más significativas. El procedimiento metodológico se basa en campo y en gabinete, en la etapa inicial de gabinete se recopiló la información del sistema de optimización de flota y demoras con instrumentos creados por el autor (formatos adaptados), en la fase final de gabinete se realizó la depuración, procesamiento, análisis de la información además del diseño de instalaciones y elaboración del informe final. Los resultados obtenidos señalan que las demoras más significativas fueron por refrigerio - descanso y cambio de turno, se tuvo un total de 22,315.8 horas que representó el 52.1% y 16,456.5 horas que representó el 38.4% respectivamente. Cuantificadas las toneladas dejadas de producir por la sobre duración de las demoras se llega a la conclusión que se dejó de mover 426,284 toneladas de mineral y 475,843 toneladas de desmonte que valorizadas hacen un total de \$ 13,445,975.8.

Rojas y Muñoz (2021) en su estudio “Influencia de las demoras efectivas y mecánicas en los KPIS de carguío del equipo Cat 374 FL, en una mina a tajo abierto en Cajamarca, 2021”, tuvieron por finalidad determinar la influencia de las demoras efectivas y mecánicas en los KPIS de carguío del equipo CAT 374 FL. Concluyendo que, las demoras efectivas y mecánicas de la excavadora CAT 374 FL tienen una relación directa con los indicadores de desempeño, debido a que la disponibilidad efectiva y mecánica oscilan en un (44% – 58%) respetivamente en el turno día y en el turno noche (58% - 65%) en el turno noche.

Malimba (2019) en su trabajo de investigación “Cálculo de la flota de carguío y transporte para optimizar la producción diaria en el Tajo Ciénaga Norte – Coimolache”, tuvo por objetivo principal determinar la flota de carguío y transporte que permita optimizar la producción diaria del minado. Concluyendo que, la flota de equipos conformada por excavadoras CAT 336D L y volquetes volvo de 15 m³ de capacidad para optimizar la producción diaria en el tajo Ciénega de acuerdo al diseño de carguío y acarreo óptimo es de 3 excavadoras y 15 volquetes en los meses de agosto, septiembre y noviembre; mientras que en el mes de octubre es de 3 excavadoras y 13 volquetes generando un ahorro de 0.64\$/ton; sin embargo en el diseño de carguío óptimo es de 2 excavadoras con 22 volquetes generando un ahorro de 0.84\$/ton.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Selección de equipos

Bitarafan y Atei (2004) señalan que el Método Minero de Selección como el principal problema en el diseño de una mina. Parámetros como las propiedades geológicas y geotécnicas, aspectos económicos, técnicos y productivos están involucrados. Burt et al. (2005) proponen un esquema bajo el cual es posible catalogar la literatura disponible en relación a la selección de equipos o maquinaria como se presenta en la Figura. Tanto para la industria de la minería (tajo, socavón), como para el sector de la construcción, el movimiento de materiales representa el mayor porcentaje de los costos operacionales, por lo cual, la selección de los equipos se torna un reto importante de manejar.

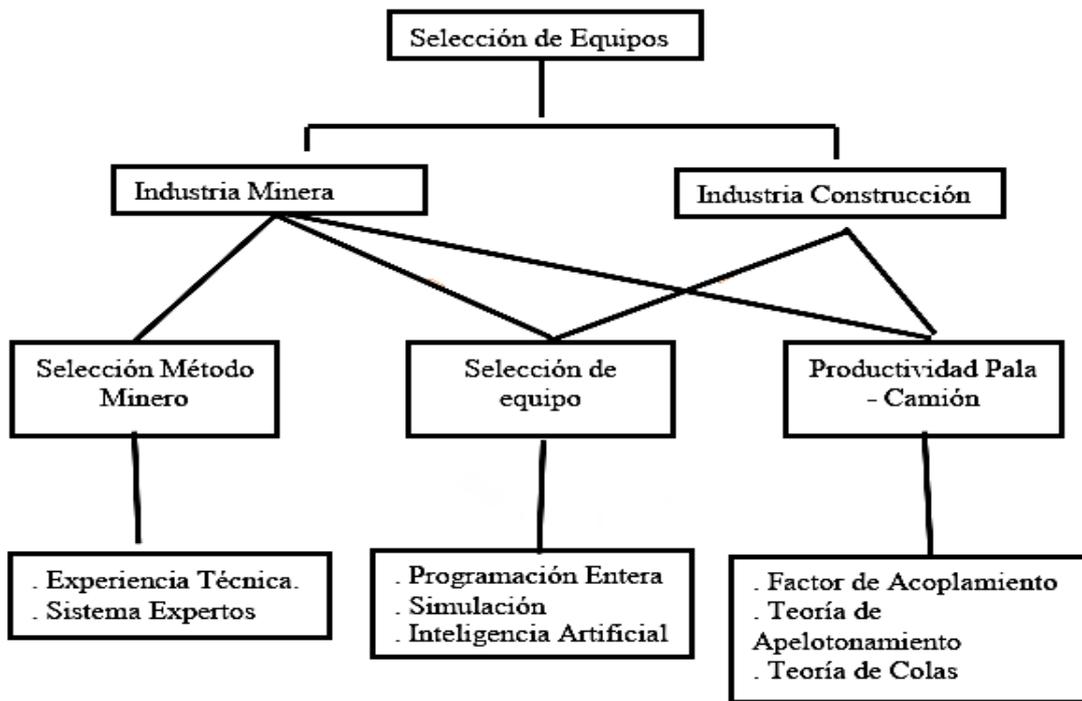


Figura 1. Estructura de la Literatura para Selección de Equipos (Burt et al., 2005).

2.2.2. Carguío y Acarreo

El carguío y el acarreo constituyen las actividades que definen la principal operación en una explotación minera. Estas son responsables del movimiento del mineral o estéril que ha sido fragmentado durante la etapa de voladura. En la actualidad existe una diversidad de equipos para el acarreo y carguío del mineral y desmonte, de los cuales podemos citar: excavadoras, retroexcavadoras, cargadores frontales, volquetes, tractores, etc. (Romero, 2021).

2.2.3. Tiempos de los equipos

Los tiempos de los equipos de la operación también es uno de los aspectos más importantes que si son manejados adecuadamente.

a. Horas totales (HT)

Contemplan un total de 24 horas del día, los 365 días del año y debe de considerarse individualmente para cada equipo. (Saldaña, 2014). Se distribuyen de la siguiente manera:

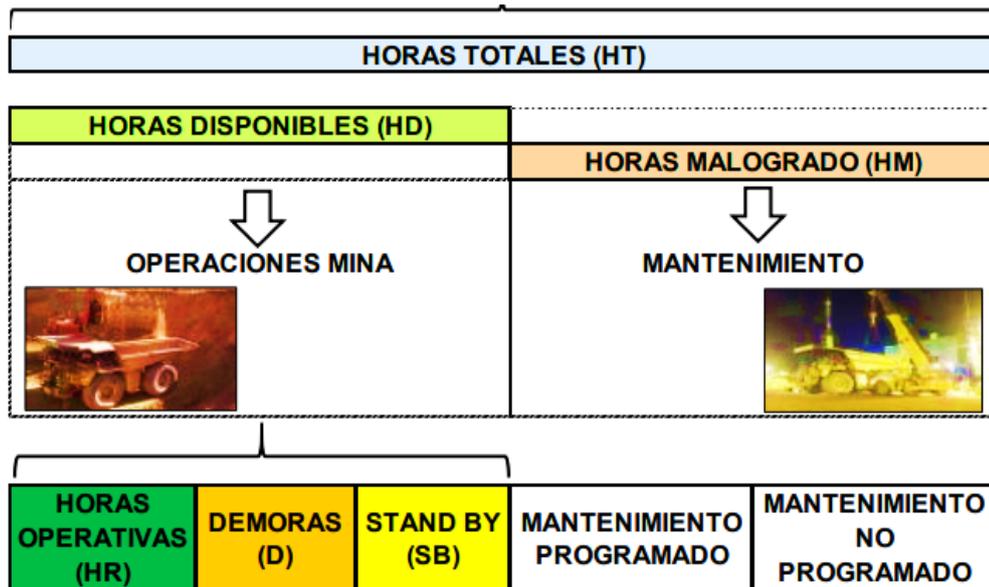


Figura 2. Distribución de tiempos en equipos (Saldaña, 2014).

b. Horas disponibles (HD)

Constituyen las horas en que el equipo está disponible para producir y/o a disposición de Operaciones (Saldaña, 2014).

c. Horas del equipo averiado o malogrado (HM)

Considera las horas en que el equipo no está disponible para cumplir las actividades asignadas, ya sea por reparación correctiva (NP) o preventiva (PM) (Saldaña, 2014). Las causas principalmente son reparaciones en el sistema eléctrico, lubricación, llantas, motor o sistema de frenos.

d. Horas operativas (ready) (HR)

Considera las horas en que el equipo está operativo (produciendo toneladas) (Saldaña, 2014).

e. Demoras o Tiempos muertos (D)

Considera el periodo de tiempo en que el equipo está operativo, pero no está siendo productivo (Saldaña, 2014). Las demoras que se presentan mayormente en mina son debido a cambios de operadores, de guardia, voladura, perfilado, etc.

f. Stand by (SB)

Considera el tiempo en que el equipo está disponible de forma mecánica, pero no es productivo por consideraciones operativas (Saldaña, 2014). Esto sucede por temas relacionados con la falta de volquetes o camiones, falta de operador, de frente, entre otras.

2.2.4. Ciclos operativos

a. Ciclo de equipos de acarreo

Constituye el traslado de material mineralizado y/o estéril desde el frente hacia los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril (Rondan, 2014).

$$T_{ciclo} = tc + tt + td + tr$$

$$T_{ciclo} = tf + tv$$

Donde:

Tc: tiempo de carga

Tt: tiempo de transporte

Td: tiempo de descarga

Tr: tiempo de retorno o regreso

Tf: tiempo fijo: tiempo de carga, descarga, otras demoras

Tv: tiempo variable - tiempo de transporte y retorno.

b. Ciclo de equipos de carguío

Considera en la carga de material fragmentado del tajo para conducirlo a los posibles destinos (Checya, 2015).

$$T_{ciclo} = Tg + Tc$$

Donde:

Tg: Tiempo de cambio o giro

Tc: Tiempo de llenado o carguío propiamente dicho

Para realizar un buen control del tiempo por pase, las maniobras (M) consideradas son las siguientes:

M-1: Recoge la carga (en "B").

M-2: Giro con el cucharón lleno (de "B" hacia "C").

M-3: Llenado de camión (Descarga, "C").

M-4: Giro con el cucharón vacío (de "C" hacia "B").

En el último pase ejecutado para completar el carguío, solo se toman en cuenta las maniobras M-1, M-2 y M-3, ya que al realizar el carguío del camión con el último pase se finaliza el ciclo (Checya, 2015).

2.2.5. Productividad

Se define como la relación entre el producto obtenido por el sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerlo, o la relación entre el producto y el tiempo utilizado para obtenerlo. El sistema lo hará más productivo y le tomará menos tiempo obtener los

resultados que desea. La productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de producto utilizado con la cantidad de producción obtenida (Saldaña, 2014).

La productividad se define como la medida de la eficiencia con la que se utilizan los recursos para generar bienes y servicios. En términos más simples, se refiere a la cantidad de output (productos o servicios) generados por unidad de input (recursos, tiempo, trabajo, etc.) (Smith, 2022). La productividad puede evaluarse a nivel individual, organizacional o nacional y es un indicador clave para evaluar el rendimiento económico y la competitividad (García, 2023).

2.2.6. Indicadores claves de rendimiento

Métrica financiera o no financiera utilizada para medir el nivel de consecución de objetivos predeterminados. Esto se incorporará al plan estratégico de la organización y mostrará el desempeño durante un período de tiempo específico. Se emplean en diversas áreas de una empresa entre las que se puede mencionar compras, ventas, logística y servicio y atención al cliente. El KPI mide las condiciones para el rendimiento y el desempeño de manera clave (Cano, 2017).

2.2.7. KPIS de Productividad

a. Disponibilidad Mecánica (DM)

Constituye el porcentaje del tiempo total que el equipo está disponible para operaciones. Es una medida de la eficiencia de Mantenimiento (Saldaña, 2014).

$$DM = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas Malogrado}}{\text{Horas Totales}}$$

b. Uso de la disponibilidad (UD)

Contempla el porcentaje de tiempo que el equipo está encendido, en producción o en demoras, respecto al tiempo que está disponible mecánicamente (Saldaña, 2014).

$$UD = \frac{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras}}{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras} + \text{Horas Stand By}}$$

c. Utilización

Señala el porcentaje que el equipo estuvo operativo con respecto al tiempo total disponible para el equipo (Saldaña, 2014).

$$U = \frac{\text{Horas Operativas}}{\text{Horas Totales}}$$

2.2.8. Rendimiento y flota de acarreo

a. Cálculo de producción horaria

$$\frac{\text{Ton}}{\text{hr}} = \frac{\text{Ciclos}}{\text{hr}} = \frac{\text{Capacidad}}{\text{Ciclos}} \times \text{Factor de llenado} \times \text{Eficiencia}$$

b. Número de equipos de acarreo

$$N^{\circ} \text{ camiones} = \frac{\frac{\text{Producción requerida}}{h}}{\frac{\text{Producción real}}{h}}$$

c. Flota Total

$$TF = \frac{N^{\circ} \text{ de camiones requerido}}{\text{disponibilidad \%}}$$

d. Número de camiones por equipo de carguío

$$N^{\circ} \text{ camiones/excavadora} = \frac{60 \times \text{ciclo camión}}{\text{ciclo excavadora} \times N^{\circ} \text{ de pases}}$$

2.2.9. Factor de acoplamiento (MF)

Es un sistema pala-camiión el indicador más importante es aquel que refleja la relación (ratio) entre la productividad de la pala (servidor) y la productividad de las unidades de transporte.

2.2.10. Método de Programación lineal Entera Mixta

Según el autor Andreas Bärman en su libro "Mixed-Integer Nonlinear Programming" (2023), el método de programación lineal entera mixta es una técnica que combina la programación lineal con la programación entera para resolver problemas de optimización en los que algunas de las variables de decisión deben ser enteras. Este enfoque permite modelar de manera más precisa situaciones en las que las decisiones deben tomarse

en números enteros, lo que resulta útil en una amplia gama de aplicaciones prácticas.

El método Simplex es un algoritmo de optimización utilizado en programación lineal para resolver problemas de maximización o minimización de funciones lineales, sujetos a un conjunto de restricciones lineales. Desarrollado por George Dantzig en 1947, este método se basa en la exploración de los vértices de la región factible definida por las restricciones del problema. A través de una serie de iteraciones, el método Simplex se mueve de un vértice a otro, mejorando el valor de la función objetivo en cada paso, hasta alcanzar la solución óptima o determinar que no existe solución factible (Dantzig, 2020).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Carguío: considera específicamente la carga de material mineralizado del yacimiento, ésta se realiza en las bermas de carguío, las que están especialmente diseñadas para la actividad.

Acarreo o transporte: representa el mayor porcentaje de costos finales por tonelada movida; la razón es que se necesitan varias unidades de transporte para transportar toda la carga que es capaz de mover los equipos de carguío.

Descarga: Es el acto de vaciar el material que ha sido transportado en el lugar designado. Este proceso debe realizarse de manera controlada para evitar pérdidas de material y asegurar que se cumplan las especificaciones del proyecto (Martínez, 2022). Se realiza por el propio volquete, en la mayoría de los casos elevando su caja.

Tiempos muertos: se generan cuando se tiene un excedente de camiones, pues estos equipos se verán en la obligación de esperar a que se liberen las excavadoras (Bazán, 2016).

Factores de acarreo: contempla la capacidad, distancia de ruta, condiciones de la carretera y pendientes, resistencia de rodamiento, resistencia a la pendiente, resistencia al viento, resistencia de fricción interna, ciclo de operación y los factores climatológicos (Cruzat, 2008).

Flota de acarreo: Se denomina flota de acarreo a un conjunto de vehículos destinados a transportar mineral y/o estéril que dependen económicamente de la misma empresa.

Ciclo: En todas las actividades de remoción de tierras los equipos se adaptan a un ciclo de trabajo determinado. En el cual están incluidas las operaciones de carga, acarreo, descarga, y retorno, con algunas variaciones en ciertos casos.

Producción: volumen o peso total de material que debe manejarse en una operación específica (Ortiz, 2013).

Capacidad: contempla el volumen de material que una unidad de carguío puede contener en un momento dado; como el volumen del balde de una pala o de la tolva de un camión (Ortiz, 2013).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El tajo El Toro se localiza dentro de la Unidad Minera El Toro, operada por SUMMA GOLD, se encuentra ubicada en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión y departamento de La Libertad. El área del proyecto comprende la zona alta de las quebradas Shiracmaca, Coigobamba y Camish, las que drenan sus aguas hacia el río Las Cuevas, tributario del río Grande.

El proyecto se encuentra a una altura de 3,200 y 3,500 msnm, además se encuentra dentro de las áreas de terreno superficial que son de propiedad de SUMMA GOLD.



Figura 3. Ubicación de la mina (Google Maps, 2024).



Figura 4. Ubicación de la mina (Fuente: Summa Gold Corporation, 2024).

3.2.ACCESIBILIDAD

El área del proyecto es accesible desde la ciudad de Cajamarca, a través de la carretera Longitudinal de la Sierra Norte PE-3N distrito de Huamachuco, de Huamachuco se toma el desvío hacia el proyecto El Toro.

Tabla 1. Vías de Acceso a mina

Descripción	Tipo de vía	Distancia (KM)
Cajamarca - Huamachuco	Carretera asfaltada	174
Huamachuco - Proyecto El Toro	Carretera afirmada	85
TOTAL		259

3.3.GEOLOGÍA REGIONAL

Las formaciones rocosas más antiguas están representadas por sedimentos del Pérmico-Triásico, cubriendo un área de aproximadamente 1 km², ubicadas al norte de la ciudad de San Marcos. Sin embargo, se observaron nuevos acontecimientos en las zonas circundantes. Sobre estos depósitos se formaron rocas mesozoicas, seguidas de la cubierta impermeable cenozoica compuesta por rocas de esquisto.

En la parte superior se encuentran finos sedimentos de lagos cuaternarios y capas de hielo. Los sedimentos clásticos mesozoicos son generalmente terrestres y delgados, especialmente en las regiones orientales, y se vuelven más gruesos hacia el oeste. La arenisca

y la cuarcita de la plataforma de la cuenca están intercaladas con piedra caliza y lutita de la Formación Santa y algunos niveles de piedra para glauconitas

Estos depósitos son continuos con una zona de pizarra, arenisca y cuarcita de la Formación Carhuaz, terminando con la parte superior, mayoritariamente de cuarcita, de la Formación Farrat. Esto indica que la cuenca se separó de la línea geológica de Maragnole en el oeste y experimentó movimientos de subducción. Esta cuenca parece haber estado asociada con un mar poco profundo durante la deposición del Grupo Goyllarisquizga, donde el frecuente intercambio de agua resultó en una región de alta salinidad. A medida que se hundió, se mantiene al mismo nivel porque está lleno de material clástico. Por lo tanto, el área de deposición clástica mostró una aparente continuidad a largo plazo y un movimiento continuo, lo que resultó en una acumulación de sedimentos a una altitud de aproximadamente 2.000 m. Los cuerpos plutónicos no se desarrollan, pero algunas poblaciones, alféizares y diques cortan rocas volcánicas y sedimentarias. Los cuerpos intrusivos más profundos generalmente están representados por dioritas, tonalitas y granodioritas, constituyendo prolongación del batolito costero. Los cuerpos hypabyssal se presentan principalmente como porfirios andesíticos y dacíticos que surgen indistintamente dentro del área, a menudo confinadas a los minerales metalíferos. Los afloramientos dispersos en el área permiten investigar una relación entre ellos. Los estudios realizados en las áreas vecinas confirman que la unidad intrusiva tiene la siguiente relación paragenética: diorita-granodiorita-tonalita-porfirítica dacitas-andesitas-granitos, enfatizando que las dioritas parecen inmiscuirse en la unidad volcánica de San Pablo.

Tectónicamente se puede observar cuatro etapas de cambio, que comienzan a finales del Cretácico y continúan durante el Cenozoico, correspondiente al ciclo andino. La fuerza de la expansión influyó en el desarrollo de dos gigantes: el graben (oeste) y el horst (este). Naturalmente, la sedimentación comenzó a acumularse en la cuenca continuamente y esto a su vez, estaba disminuyendo lentamente.

Entre Aptian y Albion temprano, una transgresión marina avanzó hacia el geoanticlinal de Marañón, cubriendo completamente la cuenca durante el intervalo entre Albion y Senonian. Dejó un calcáreo más grueso cubrir en la cuenca los cambios litológicos que corresponden con el cambio de pendiente de la plataforma de la cuenca.

En el ciclo final de la sedimentación del mar en Senonio, cuando el mar cubría la cordillera de los Andes y la cuenca del Amazonas formaba parte temprano Santoniano, la

cuenca y el Marañón geoanticlinal fueron afectados por movimientos epirogenéticos, levantando grandes regiones de la cuenca y la plataforma, iniciando así una acumulación clástica en las partes inferiores (formación de Chota). El segundo movimiento del ciclo andino es un movimiento principal en esta zona. El Terciario temprano se caracteriza por alta fuerzas de compresión, originadas por vectores del suroeste que empujaron un prisma sedimentario hacia el noreste, doblando intensamente los sedimentos en el sector de la cuenca y produciendo un sobrerrecorrido en su lado oriental que ocurrió después de la deposición de la formación Chota. El cuarto movimiento fue epirogénico y generó la elevación de la región andina a niveles actuales. Estas las fases de deformación se evidencian por discordancias, pliegues y otras estructuras a nivel regional, parece que Los movimientos tectónicos en algunos sectores han sido más intensos que en otros.

Por otra parte, la columna estratigráfica de la región La Libertad en Perú es una herramienta fundamental en la geología que permite comprender la historia y la evolución del territorio a través del tiempo. Sirve para identificar y describir las distintas capas de rocas y sedimentos que se han acumulado en la región a lo largo de millones de años. Esto ayuda a determinar la edad de las formaciones geológicas, así como los procesos geológicos que han ocurrido, como volcanicidad, sedimentación, fallamientos o eventos tectónicos. Además, la columna estratigráfica es esencial para localizar recursos naturales como minerales, petróleo y agua subterránea, ya que indica qué tipos de rocas y sedimentos contienen estos recursos y en qué capas se encuentran. Proporciona una visión clara y detallada de la historia geológica de la región, facilitando tanto la exploración de recursos como la gestión del territorio y la protección del medio ambiente.

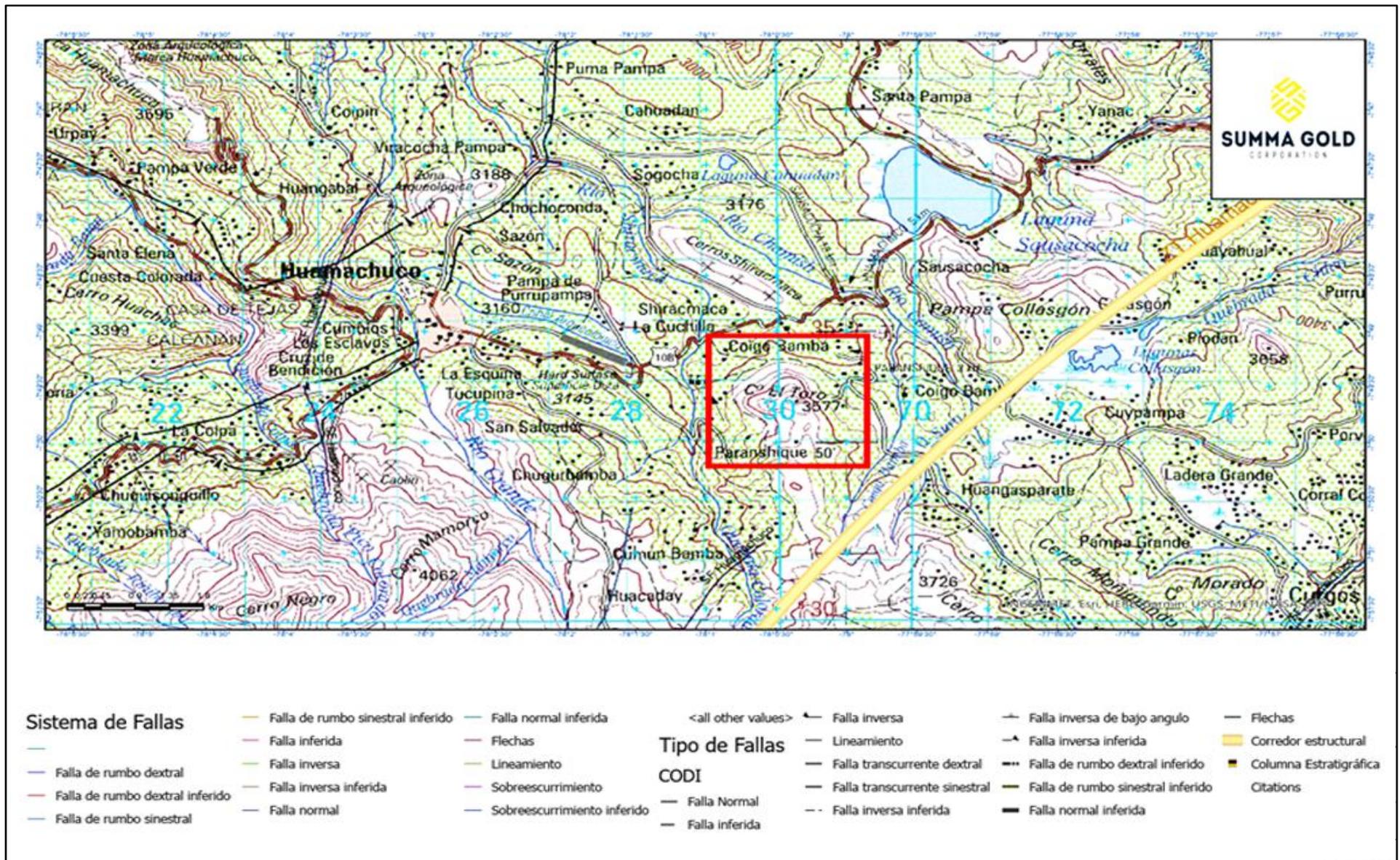


Figura 4. Geología Regional (Fuente: Ingemmet, 2025).

3.4.GEOLOGÍA LOCAL

El Cerro El Toro es un depósito de oro epitermal con una estructura epizonal alojada en los sedimentos clásticos del Cretácico inferior (Formación Chimú). El depósito de mineral se encuentra en la Región La Libertad en el norte de Perú. Configura espacialmente una geometría alargada que se alinea con las crestas de las montañas de los Andes; geomorfológicamente muestra una estructura de cúpula de 1.0 x 1.5 km, el eje de la cúpula está formado por una intrusión subvolcánica de composición de dacita / andesita (20-18 Mi). El depósito del sótano está representado por rocas pelíticas, pizarra, lutitas y limos carbonáceos de la Formación Chicama, están sustentados por secuencias clásticas de Goyllarisquizga Grupo conformado para areniscas de cuarzo y laminar. Localmente, se reconocen cuatro eventos tectónicos (ET): ET-2 (fallas de sobre corrimiento), ET-4 (fallas NW-SE), ET-5 (fallas NW-SE de ángulo alto) y ET-6 (fallas anulares). La mineralización ocurre en óxidos que constituyen el 80% de los recursos minerales actuales y están relacionados con rocas sedimentarias, brechas tectónicas, brechas hidrotermales, brechas de colapso y bloques de dacita oxidada; mientras los sulfuros y los materiales mixtos están restringidos a los cuerpos de dacita / andesita.

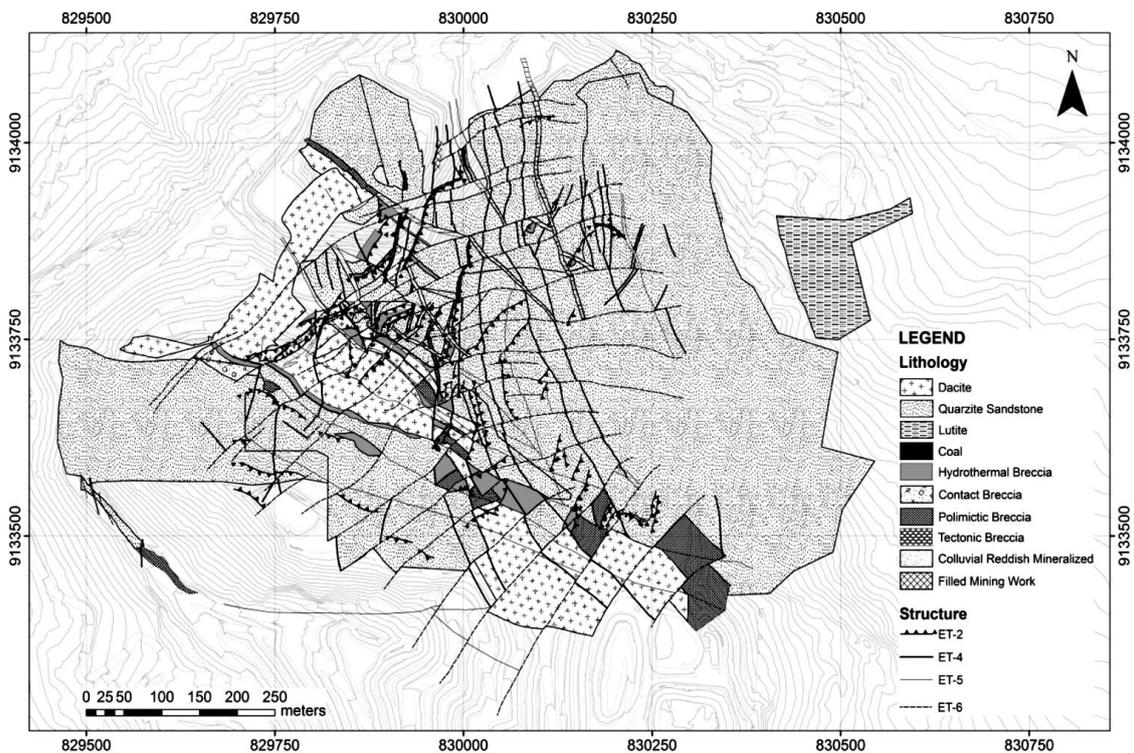


Figura 5. Mapa geológico (Fuente: Geología Summa Gold, 2025).

3.5.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Según Creswell (2014), se tiene:

3.5.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es Científica - cuantitativo porque los datos que fueron medidos son representados por números (cantidades) para posteriormente ser analizados por métodos estadísticos e interpretados en forma de hipótesis y teorías.

3.5.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo, correlacional y explicativo, ya que se analizará el desempeño de los equipos de carguío y acarreo en función del target establecido por operaciones mina.

3.5.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación es No Experimental, porque no se manipulará ninguna de las variables en estudio.

3.5.4. Método de la investigación

Deductivo - Inductivo, ya que las demoras presentadas en la zona de carguío por falta de equipos de acarreo, permite inferir que el número de flota no es el correcto o se está realizando una mala disposición de los mismos por parte de operaciones mina.

3.5.5. Población de estudio

Conjunto total de elementos, individuos o casos que comparten una característica específica y son objeto de estudio en una investigación (García, 2021). Todos los equipos de carguío y acarreo: 95 volquetes Volvo de 24 m³, 11 cargadores frontales Cat y 13 excavadoras Cat.

3.5.6. Muestra

Subconjunto representativo de la población que se selecciona para participar en un estudio (García, 2021). Se tomaron en cuenta los datos del mes de abril y mayo del año 2023 correspondientes a los equipos de carguío y acarreo empleados para transportar mineral y lixiviado del frente de trabajo al Pad de lixiviación y celdas: 19 volquetes Volvo de 24 m³, 4 cargadores frontales Cat y 7 excavadoras Cat.

3.5.7. Unidad de análisis

Está constituida por el rendimiento de los equipos en estudio.

3.6.TÉCNICAS

3.6.1. Análisis documental

El análisis documental, al ser un método sistemático de recopilación y evaluación de información existente, proporciona una base sólida para la investigación. Para la tesis en cuestión, permite no solo evaluar el desempeño actual de los equipos de carguío y acarreo, sino también fundamentar decisiones estratégicas sobre la cantidad óptima de volquetes necesarios para maximizar la eficiencia operativa en la mina Summa Gold Corporation. Las fuentes documentales se describen a continuación:

- **Documentos internos de la empresa:** Informes operativos, registros de mantenimiento de equipos, y reportes de productividad. (ver anexos).
- **Literatura académica:** Artículos, tesis, y libros sobre minería, gestión de flotas, y análisis de KPIs. (ver antecedentes).
- **Normativas y estándares:** Documentos sobre regulaciones en minería y mejores prácticas operativas.
- **Estudios de caso:** Investigaciones previas que aborden problemas similares en otras minas (antecedentes).

Posteriormente, se valuó la relevancia, confiabilidad y actualidad de cada documento; y se clasificó la información en categorías, como KPIs de operación, costos de mantenimiento, y tiempos de ciclo.

3.6.2. Observación directa

Mediante la cual se recopiló todos los datos referentes a los ciclos de carguío y acarreo de palas y camiones, número de viajes, demoras, disponibilidad y producción en la ruta desde el frente de minado al Pad de lixiviación y celas.

El objetivo principal de la observación directa en esta investigación es evaluar el desempeño de los equipos de carguío y acarreo mediante la recolección de datos sobre los KPIs (Key Performance Indicators) relevantes. Esto incluye métricas como la eficiencia operativa, tiempos de ciclo, tiempos de inactividad, y la capacidad de carga de los volquetes.

- **Duración de la observación:** Los periodos de observación tuvieron una duración de 2 meses (turno día y noche).
- **Frecuencia de la observación:** Los ciclos que se observarán están constituidos por los equipos que forman parte de la muestra seleccionada.
- **Equipo necesario:** Las herramientas empleadas fueron: cronómetros, hojas de registro, cámaras y Excel para digitalizar información.

La ejecución de la técnica comprendió los siguientes procedimientos: se realizó la observación en el lugar de trabajo, prestando atención a los equipos de carguío y acarreo; se registró meticulosamente los datos en tiempo real, evitando interferir en las operaciones normales; y por último se tomó nota de cualquier circunstancia o evento relevante que pueda afectar los KPIs (condiciones climáticas, mantenimiento de equipos, etc.).

La técnica de observación directa es una herramienta valiosa en la evaluación de KPIs en contextos operativos como el de la Mina Summa Gold Corporation. A través de una planificación cuidadosa y la recolección sistemática de datos, se pueden obtener valores significativos que contribuyan a optimizar la operación de los equipos de carguío y acarreo, y, en consecuencia, mejorar la eficiencia general de la mina.

3.7.EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1. Equipos – Softwares

Laptop: procesar y tabular las tablas en los softwares correspondientes.

Microsoft Excel: Para la elaboración de tablas dinámicas y gráficos según análisis.

Aplicación del Método Simplex: permitió desarrollar problemas de minimización aplicando el método simplex tradicional y el método de las dos fases.

Cámara fotográfica: para tomar fotografías, guardar registro y evidenciar el trabajo.

Reloj digital: Para tomar tiempos del ciclo de carguío y compararlos con los del horómetro.

3.7.2. Materiales e Instrumentos

Libreta de campo: para realizar anotaciones de las observaciones en campo y datos de importancia, fichas y formatos.

Útiles de escritorio: para las actividades de campo y gabinete.

Imágenes satelitales: para la ubicación de la zona de la investigación.

EPP's: según la actividad realizada, es obligatorio.

Fichas de recolección de datos: desempeño de equipos.

Fichas técnicas: de los equipos considerados como muestra.

3.8.PROCEDIMIENTO

3.8.1. Etapa Preliminar

En la cual se recopilaron los antecedentes de trabajos realizados que consideraron por lo menos una de las variables en estudio, así mismo se organizó información correspondiente a terminologías enfocadas a los objetivos y variables para redactar un marco conceptual consistente.

3.8.2. Etapa de Recolección de Datos

Se recopiló información de campo concerniente a los tiempos de ciclo, número de viajes, tonelaje, etc. Los datos se filtraron del sistema dispatch, además de obtener datos complementarios a la etapa de carguío y acarreo. Además, se consideró a detalle las características de las vías de tránsito ya que han sido diseñadas tomando en cuenta los vehículos que realizarán el acarreo del material, siendo estos los volquetes Volvo FMX 8x6; así mismo, también se ha considerado los espacios mínimos establecidos en el Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería; en el cual detalla que la vía debe tener un ancho de 3 veces el ancho del equipo de acarreo que transitará por esta. Las pendientes con las que se han diseñado las vías son del 10% (Summa Gold, 2023).

Se realizó el registro de los formatos con un alcance de 19 volquetes y 4 cargadores frontales Cat y 7 excavadoras Cat por 2 guardias (turno día y turno noche), también se tendrá en cuenta el descanso de los operadores tanto para la guardia del turno día como de noche, con un descanso de 1 hora.

3.8.3. Etapa de Análisis de Datos

En esta fase se seleccionó, organizó y analizó la información recolectada en campo y brindada por el área de dispatch, por lo que se procedió al análisis de la información mediante la tabulación de tablas y creación de gráficos estadísticos en el

programa Excel. Además, el método de programación lineal que se utilizó para el cálculo óptimo del número de volquetes en la mina Summa Gold es el método Simplex, el cual es un algoritmo de optimización utilizado en programación lineal para resolver problemas de maximización o minimización de funciones lineales, sujetos a un conjunto de restricciones lineales. La secuencia de análisis que se utilizó con el método Simplex se detalla a continuación:

A. Formulación del Problema:

Plantear el problema de minimización en su forma estándar. Esto incluye la función objetivo que se desea minimizar y las restricciones lineales.

La función objetivo tiene la forma $(Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n)$ (donde (c_i) son los coeficientes de la función objetivo) y debe ser minimizada.

B. Transformación a Formato de Maximización:

Para adaptar el método simplex, se transforma el problema de minimización en uno de maximización, maximizando $(-Z)$. Así, el nuevo objetivo se convierte en $(-Z = -c_1x_1 - c_2x_2 - \dots - c_nx_n)$.

C. Agregar Variables de Holgura:

Para convertir las restricciones en ecuaciones, se añaden variables de holgura (o exceso) a las restricciones de tipo menor o igual. Esto convierte cada restricción en una ecuación (Rendimiento).

D. Construcción de la Tabla Simplex Inicial:

Se construye la tabla inicial del método simplex. Esta tabla incluye los coeficientes de la función objetivo y los coeficientes de las restricciones junto con las variables de holgura.

E. Identificación de la Variable Entrada:

Determinar la variable que entrará en la base. Esto se hace eligiendo la variable con el coeficiente más negativo en la fila de la función objetivo (la fila del problema convertido).

F. Identificación de la Variable Salida:

Determinar cuál será la variable que saldrá de la base. Esto se hace usando la Regla de la Razón, que implica calcular la razón entre los términos de la columna de la variable

entrada y los términos de la columna de la solución (b). La variable que tiene la menor razón positiva será la que salga.

G. Pivotar:

Realizar la operación de pivoteo para actualizar la tabla simplex. Esto implica ajustar los coeficientes de la tabla para reflejar el nuevo conjunto de variables básicas.

H. Repetir el Proceso:

Repetir los pasos 5 a 7 hasta que no haya coeficientes negativos en la fila de la función objetivo. Esto indica que se ha encontrado una solución óptima.

I. Interpretar los Resultados:

Una vez alcanzada la solución óptima, interpretar los valores en la tabla para obtener los valores de las variables originales y el valor mínimo de la función objetivo.

J. Solución Final:

Presentar la solución final con los valores de las variables y el valor mínimo de la función objetivo.

Este método permite considerar variables enteras en el modelo de optimización, lo cual es adecuado en este caso ya que el número de volquetes debe ser un número entero y no fraccionario. De esta manera, se puede encontrar la solución óptima que minimice los costos de transporte en la mina Summa Gold considerando las restricciones y requerimientos específicos del problema.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Desempeño de los equipos de carguío en Summa Gold – Corporation

En el presente acápite se presentan los resultados encontrados en el proceso de investigación, se partió del primer objetivo específico: Analizar el desempeño de los equipos de carguío en mina Summa Gold Corporation – La Libertad.

Tabla 2. Desempeño de los cargadores frontales Turno Día – abril

Fecha	Turno	Nivel Lugar	Equipo	Actividad	H. Total	H. Conciliadas
1-Abr	Día	Banco 3428	L260H_01CED	Carguío	02:36	2.598826185
1-Abr	Día	Banco 3428	L260H_01CED	Área de Carguío	00:30	0.499774266
1-Abr	Día	Banco 3428	L260H_01CED	Carguío	02:24	2.398916479
3-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	02:02	2.034809437
3-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Área de Carguío	00:23	0.383611615
3-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	02:26	2.435099819
4-Abr	Día	Banco 3172	L150H_11CED	Área de Carguío	00:30	0.499570815
4-Abr	Día	Banco 3172	L150H_11CED	Área de Carguío	00:49	0.815965665
5-Abr	Día	Banco 3172	L150H_13CED	Carguío	00:44	0.733333333
5-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:46	0.766666667
5-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:47	0.783333333
5-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:57	1.95
6-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	05:10	5.164318182
6-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	02:10	2.165681818
7-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:21	0.35
7-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	02:39	2.65
8-Abr	Día	Banco 3172	L150H_13CED	Área de Carguío	00:26	0.433333333
8-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	02:45	2.75
9-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:32	0.533333333
9-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:11	0.183333333
9-Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:17	1.283333333

10- Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	05:28	5.466666667
10- Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:56	1.933333333
11- Abr	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:36	0.598878505
20- Abr	Día	Banco 3172	L150H_13CED	Carguío	02:22	2.364982206
24- Abr	Día	Banco 3412	L260H_01CED	Carguío	02:00	1.997626113
24- Abr	Día	Banco 3412	L260H_01CED	Carguío	01:34	1.564807122
26- Abr	Día	Celda C-569	L120F_01CED	Área de Carguío	00:32	0.532210526
26- Abr	Día	Celda C-569	L120F_01CED	Área de Carguío	00:24	0.399157895
26- Abr	Día	Banco 3252	L260H_01CED	Carguío	02:18	2.301006565
27- Abr	Día	Pad DINAMICO 7	L120F_01TOR	Área de Carguío	00:40	0.665934066
27- Abr	Día	Pad DINAMICO 7	L120F_01TOR	Área de Carguío	00:48	0.799120879

Tabla 3. Desempeño de los cargadores frontales Turno Noche – abril

Fecha	Turno	Nivel Lugar	Equipo	Actividad	H. Total	H. Conciliadas
1-Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	02:12	2.2
1-Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:19	0.316666667
5-Abr	Noche	Banco 3172	L150H_11CED	Área de Carguío	00:41	0.683333333
5-Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:34	1.566666667
6-Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:02	1.034887218
7-Abr	Noche	Banco 3172	L150H_14CED	Área de Carguío	00:53	0.881204819
7-Abr	Noche	Banco 3172	L150H_14CED	Área de Carguío	01:02	1.030843373
7-Abr	Noche	Banco 3172	L150H_14CED	Área de Carguío	00:51	0.847951807
8-Abr	Noche	Banco 3172	L150H_14CED	Carguío	02:36	2.6
8-Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:54	0.9
9-Abr	Noche	Banco 3252	L150H_14CED	Área de Carguío	01:17	1.283333333
9-Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	04:06	4.1
9-Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Área de Carguío	00:28	0.466666667
9-Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	02:49	2.816666667
9-Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:55	1.916666667
10-Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Área de Carguío	01:07	1.116666667
11-Abr	Noche	Celda C-568	L150H_11CED	Área de Carguío	00:43	0.716666667
12-Abr	Noche	Celda C-568	L120F_02CED	Área de Carguío	00:30	0.5
12-Abr	Noche	Celda C-568	L120F_02CED	Área de Carguío	00:37	0.616666667
12-Abr	Noche	Celda C-568	L120F_02CED	Área de Carguío	00:23	0.383333333
12-Abr	Noche	Banco 3172	L150H_11CED	Área de Carguío	01:12	1.2
12-Abr	Noche	Banco 3172	L150H_11CED	Área de Carguío	00:25	0.416666667
12-Abr	Noche	Banco 3172	L150H_11CED	Área de Carguío	00:23	0.383333333
12-Abr	Noche	Banco 3172	L150H_11CED	Área de Carguío	00:30	0.5
13-Abr	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Área de Carguío	00:35	0.583333333
13-Abr	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Área de Carguío	01:16	1.266666667

13- Abr	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Área de Carguío	00:30	0.5
14- Abr	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Área de Carguío	00:27	0.45
14- Abr	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Área de Carguío	00:41	0.683333333
14- Abr	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Área de Carguío	00:59	0.983333333
14- Abr	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Área de Carguío	00:47	0.783333333
14- Abr	Noche	Banco 3172	L150H_14CED	Carguío	00:34	0.565748988
14- Abr	Noche	Banco 3172	L150H_14CED	Carguío	01:26	1.431012146
15- Abr	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Área de Carguío	01:03	1.05
15- Abr	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Área de Carguío	00:37	0.616666667
15- Abr	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Área de Carguío	01:20	1.333333333
16- Abr	Noche	Celda C-570	L120F_01CED	Área de Carguío	00:40	0.666666667
16- Abr	Noche	Celda C-570	L150H_11CED	Área de Carguío	01:01	1.02
17- Abr	Noche	Celda C-570	L120F_01CED	Área de Carguío	00:41	0.683782895
17- Abr	Noche	Celda C-570	L120F_01CED	Área de Carguío	00:24	0.400263158
19- Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Área de Carguío	02:20	2.331627057
19- Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Área de Carguío	00:14	0.233162706
19- Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Área de Carguío	01:39	1.648793419
19- Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Área de Carguío	00:14	0.233162706
19- Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Área de Carguío	01:39	1.648793419
19- Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Área de Carguío	00:14	0.233162706
26- Abr	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:07	1.115850091
Abr	Noche	Banco 3252	L260H_01CED	Carguío	01:39	1.651191336

Los resultados mostrados indican que los cargadores frontales asumidos como muestra en la investigación, durante el mes de abril trabajaron un total de 50.037 horas en el turno día y 50.591 horas en el turno noche, sumando un total de 100.628 horas.

Tabla 4. Desempeño de los cargadores frontales Turno Día – mayo

Fecha	Turno	Nivel Lugar	Equipo	Actividad	H. Total	H. Conciliadas
1-May	Día	Pad DINÁMICO 7	L120F_01TOR	Área de Carguío	00:45	0.75
1-May	Día	Pad DINÁMICO 7	L120F_01TOR	Área de Carguío	00:50	0.8333333333
2-May	Día	Banco 3428	L260H_01CED	Carguío	02:24	2.398916479
2-May	Día	Celda C-569	L120F_01CED	Área de Carguío	00:43	0.716666667
3-May	Día	Celda C-569	L120F_01CED	Área de Carguío	00:24	0.399157895
3-May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	02:26	2.435099819
4-May	Día	Pad DINÁMICO 7	L120F_01TOR	Área de Carguío	00:40	0.665934066
4-May	Día	Pad DINÁMICO 7	L120F_01TOR	Área de Carguío	00:48	0.799120879
4-May	Día	Banco 3172	L150H_13CED	Carguío	00:44	0.7333333333
5-May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:46	0.766666667
5-May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:47	0.7833333333
5-May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:57	1.95
6-May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:36	0.598878505
6-May	Día	Banco 3172	L150H_13CED	Carguío	02:22	2.364982206
7-May	Día	Banco 3412	L260H_01CED	Carguío	02:00	1.997626113
7-Abr	Día	Banco 3412	L260H_01CED	Carguío	01:34	1.564807122
8-May	Día	Celda C-569	L120F_01CED	Área de Carguío	00:32	0.532210526
8-May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	02:45	2.75
8-May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:32	0.5333333333
9-May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:11	0.1833333333
9-May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:17	1.2833333333
10- May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:28	5.466666667
11- May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:56	1.9333333333
11- May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	00:36	0.598878505
19- May	Día	Banco 3172	L150H_13CED	Carguío	02:22	2.364982206
23- May	Día	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:28	5.466666667
23- May	Día	Banco 3412	L260H_01CED	Carguío	01:34	1.564807122
26- May	Día	Celda C-569	L120F_01CED	Área de Carguío	00:42	0.7
26- May	Día	Celda C-569	L120F_01CED	Área de Carguío	00:24	0.399157895

27-May	Día	Banco 3252	L260H_01CED	Carguío	02:18	2.301006565
27-May	Día	Pad DINÁMICO 7	L120F_01TOR	Área de Carguío	00:41	0.683333333
28-May	Día	Pad DINÁMICO 7	L120F_01TOR	Área de Carguío	00:57	0.95

Tabla 5. Desempeño de los cargadores frontales Turno Noche – mayo

Fecha	Turno	Nivel Lugar	Equipo	Actividad	H. Total	H. Conciliadas
1-May	Noche	Celda C-568	L150H_11CED	Área de Carguío	00:44	1.363636364
1-May	Noche	Celda C-568	L150H_11CED	Área de Carguío	00:30	0.5
4-May	Noche	Celda C-568	L120F_02CED	Área de Carguío	00:37	0.616666667
4-May	Noche	Celda C-568	L120F_02CED	Área de Carguío	00:23	0.383333333
5-May	Noche	Celda C-568	L150H_11CED	Área de Carguío	00:43	0.333333333
5-May	Noche	Celda C-570	L150H_11CED	Area de Carguío	00:40	0.666666667
7-May	Noche	Celda C-570	L150H_11CED	Area de Carguío	01:01	1.02
7-May	Noche	Celda C-570	L150H_11CED	Area de Carguío	00:41	0.683782895
8-May	Noche	Banco 3172	L150H_11CED	Area de Carguío	02:36	2.6
8-May	Noche	Celda C-570	L150H_11CED	Area de Carguío	01:01	1.02
8-May	Noche	Celda C-570	L150H_11CED	Area de Carguío	00:41	0.683782895
9-May	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	04:06	4.1
9-May	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Area de Carguío	00:28	0.466666667
10-May	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	02:49	2.816666667
10-May	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:55	1.916666667
10-May	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Area de Carguío	01:07	1.116666667
12-May	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:41	1.683333333
12-May	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Area de Carguío	01:10	1.166666667
13-May	Noche	Banco 3172	L120F_02CED	Carguío	01:15	1.25

13- May	Noche	Celda C-568	L120F_02CED	Area de Carguío	00:23	0.3833333333
12- May	Noche	Banco 3172	L150H_11CED	Area de Carguío	01:12	1.2
12- May	Noche	Banco 3172	L150H_11CED	Area de Carguío	00:25	0.4166666667
14- May	Noche	Banco 3172	L150H_11CED	Area de Carguío	00:23	0.3833333333
14- May	Noche	Banco 3172	L150H_11CED	Area de Carguío	00:30	0.5
14- May	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Area de Carguío	00:35	0.5833333333
15- May	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Area de Carguío	01:16	1.2666666667
15- May	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Area de Carguío	00:30	0.5
15- May	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Area de Carguío	00:27	0.45
17- May	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Area de Carguío	00:41	0.6833333333
17- May	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Area de Carguío	00:59	0.9833333333
17- May	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Area de Carguío	00:47	0.7833333333
19- May	Noche	Banco 3172	L150H_14CED	Carguío	00:34	0.565748988
19- May	Noche	Banco 3172	L150H_14CED	Carguío	01:26	1.431012146
19- May	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Area de Carguío	01:03	1.05
20- May	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Area de Carguío	00:37	0.6166666667
20- May	Noche	Celda C-568	L120F_01CED	Area de Carguío	01:20	1.3333333333
20- May	Noche	Celda C-570	L120F_01CED	Area de Carguío	00:40	0.6666666667
23- May	Noche	Celda C-570	L150H_11CED	Area de Carguío	01:01	1.02
23- May	Noche	Celda C-570	L120F_01CED	Area de Carguío	00:41	0.683782895
24- May	Noche	Celda C-570	L120F_01CED	Area de Carguío	00:24	0.400263158
24- May	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	02:20	2.331627057
25- May	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Area de Carguío	00:14	0.233162706
25- May	Noche	Celda C-570	L120F_01CED	Area de Carguío	00:41	0.683782895
28- May	Noche	Celda C-570	L120F_01CED	Area de Carguío	00:24	0.400263158

28- May	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Carguío	01:39	1.648793419
30- May	Noche	Banco 3172	L260H_01CED	Area de Carguío	00:14	0.233162706
30- May	Noche	Celda C-570	L120F_01CED	Area de Carguío	00:41	0.683782895
30- May	Noche	Celda C-570	L120F_01CED	Carguío	00:24	0.400263158

Los resultados mostrados indican que los cargadores frontales asumidos como muestra en la investigación, durante el mes de mayo trabajaron un total de 47.469 horas en el turno día y 46.904 horas en el turno noche, sumando un total de 94.372 horas.

Tabla 6. Desempeño de las excavadoras Turno Día – abril

Fecha	Turno	Nivel Lugar	Equipo	Actividad	H. Total	H. Conciliadas
1-Abr	Día	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	02:53	2.883315313
2-Abr	Día	Banco 3428	390FL_01SAG	Carguío	03:15	3.250010708
2-Abr	Día	Banco 3428	390FL_01SAG	Carguío	02:08	2.133340362
2-Abr	Día	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	01:48	1.799404959
2-Abr	Día	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	04:21	4.348561983
2-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:53	1.883960067
3-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:28	0.46599278
3-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:28	1.464548736
3-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:19	2.3133213
3-Abr	Día	Banco 3428	950E_01CED	Carguío	02:15	2.25
3-Abr	Día	Banco 3428	950E_01CED	Carguío	00:21	0.35
4-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:58	2.966666667
4-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:13	2.216666667
4-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:51	3.85
6-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:18	0.3

6-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:06	2.1
6-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:06	2.1
6-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:41	1.683333333
7-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:40	3.666666667
7-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:52	1.866666667
7-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:16	1.266666667
8-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:04	2.066666667
8-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:59	1.983333333
8-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:30	1.5
8-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:03	1.05
9-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	05:00	4.995316159
9-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:32	2.533333333
9-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:21	1.35
9-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:40	1.666666667
9-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:24	2.4
9-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:45	1.75
10-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:06	2.1
10-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:00	2
10-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:31	1.516666667
10-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:53	2.883333333
10-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:12	1.2
11-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:28	2.466666667
11-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:42	1.7
11-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:32	1.533333333
11-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:28	1.466666667

11-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:32	1.533333333
12-Abr	Día	Banco 3420	390FL_02SS	Carguío	00:41	0.683333333
12-Abr	Día	Banco 3420	390FL_02SS	Carguío	01:22	1.366666667
12-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:20	3.333333333
12-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:16	2.266666667
12-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:40	0.666666667
12-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:09	1.15
13-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	04:19	4.316666667
13-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:12	1.2
13-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:21	1.35
13-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:14	2.233333333
14-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:25	3.416666667
14-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:15	0.25
14-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:34	1.566666667
14-Abr	Día	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:22	1.366666667
14-Abr	Día	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	02:06	2.1
15-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:41	1.683333333
15-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:40	1.666666667
16-Abr	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:55	1.916666667
16-Abr	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	02:05	2.083333333
16-Abr	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:26	1.433333333
16-Abr	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	02:00	2
16-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:43	0.716666667
16-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:14	1.233333333
16-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:21	1.35

16-Abr	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:12	1.2
17-Abr	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:27	1.45
17-Abr	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:42	1.7
17-Abr	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	02:04	2.066666667
17-Abr	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:22	1.366666667
17-Abr	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:28	1.466666667
18-Abr	Día	Banco 3420	390FL_02SS	Carguío	01:20	1.333333333
18-Abr	Día	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	02:26	2.435139147
18-Abr	Día	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:41	1.68458256
18-Abr	Día	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:08	1.134174397
18-Abr	Día	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:21	1.351001855
18-Abr	Día	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:41	1.68458256
19-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	03:07	3.116666667
19-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:09	2.15
19-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:54	2.9
20-Abr	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:40	2.666676364
20-Abr	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:35	2.583342727
21-Abr	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:28	2.465776173
21-Abr	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:47	2.78232852
21-Abr	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	03:30	3.498736462
22-Abr	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	01:22	1.366178571
22-Abr	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:26	2.431610619
22-Abr	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:48	2.798017699
22-Abr	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	03:39	3.647415929
23-Abr	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:27	2.451798165

23-Abr	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:49	2.818733945
23-Abr	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	03:21	3.352458716
24-Abr	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	03:20	3.332179931
24-Abr	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	01:54	1.899342561
24-Abr	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	03:50	3.83200692
25-Abr	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	01:27	1.450944625
25-Abr	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:13	2.218110749
25-Abr	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	01:08	1.133333333
25-Abr	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	03:21	3.35
26-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:39	2.649115192
26-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:06	2.099298831
26-Abr	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	00:39	0.649782972
27-Abr	Día	Banco 3412	390FL_02SS	Carguío	01:55	1.91598579
29-Abr	Día	Banco 3412	390FL_02SS	Carguío	02:08	2.134121996
30-Abr	Día	Banco 3164	390FL_03SS	Carguío	03:30	3.365589354
30-Abr	Día	Banco 3164	390FL_03SS	Carguío	02:11	2.099486692
30-Abr	Día	Banco 3164	390FL_03SS	Carguío	01:42	1.634714829
30-Abr	Día	Banco 3164	390FL_03SS	Carguío	01:05	1.041730038
30-Abr	Día	Banco 3412	950E_01CED	Carguío	03:25	3.306690778
30-Abr	Día	Banco 3412	950E_01CED	Carguío	02:05	2.016274864
30-Abr	Día	Banco 3412	950E_01CED	Carguío	01:37	1.564629295
30-Abr	Día	Banco 3412	950E_01CED	Carguío	01:48	1.742061483

Tabla 7. Desempeño de las excavadoras Turno Noche – abril

Fecha	Turno	Nivel Lugar	Equipo	Actividad	H. Total	H. Conciliadas
1-Abr	Noche	Banco 3428	390FL_01SAG	Carguío	01:48	1.8
1-Abr	Noche	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	02:12	2.19925801
1-Abr	Noche	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	01:22	1.366205734
1-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:14	1.23252459
1-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:44	1.732196721
1-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:43	1.715540984
2-Abr	Noche	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	00:45	0.748285714
2-Abr	Noche	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	01:21	1.346914286
2-Abr	Noche	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	00:36	0.598628571
2-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:08	3.133333333
2-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:45	1.75
2-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:12	1.2
3-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:44	2.731438475
3-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:08	1.13254766
3-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:22	1.365719237
3-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:29	0.482998267
4-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:12	3.198886957
4-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:44	2.732382609
4-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:12	1.199582609
4-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:22	1.366191304
4-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:24	0.39986087
5-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:24	0.4
5-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:51	2.85

5-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:09	2.15
5-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:19	2.316666667
6-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	04:51	4.85
6-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:17	2.283333333
7-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	04:07	4.116666667
7-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:57	2.95
7-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:27	1.45
8-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:48	3.8
8-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:12	3.2
9-Abr	Noche	Banco 3260	950E_02CED	Carguío	03:54	3.9
9-Abr	Noche	Banco 3260	950E_02CED	Carguío	03:19	3.316666667
9-Abr	Noche	Banco 3260	950E_02CED	Carguío	01:58	1.966666667
10-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	04:13	4.216666667
10-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:51	2.85
10-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:51	1.85
11-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	04:18	4.3
11-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:48	2.8
11-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:31	1.516666667
12-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	07:29	7.483333333
12-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:00	2
13-Abr	Noche	Banco 3420	390FL_03SS	Carguío	03:22	3.366666667
13-Abr	Noche	Banco 3420	390FL_03SS	Carguío	02:37	2.616666667
13-Abr	Noche	Banco 3420	390FL_03SS	Carguío	01:30	1.5
13-Abr	Noche	Banco 3420	390FL_03SS	Carguío	01:55	1.916666667
14-Abr	Noche	Banco 3420	390FL_02SS	Carguío	02:22	2.366666667

14-Abr	Noche	Banco 3420	390FL_02SS	Carguío	02:27	2.45
14-Abr	Noche	Banco 3420	390FL_02SS	Carguío	01:58	1.966666667
14-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:34	1.566666667
14-Abr	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	05:11	5.183333333
15-Abr	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:56	1.933333333
15-Abr	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	02:00	2
15-Abr	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	02:18	2.3
16-Abr	Noche	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	02:26	2.433333333
16-Abr	Noche	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:51	1.85
16-Abr	Noche	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:51	1.85
16-Abr	Noche	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:22	1.366666667
16-Abr	Noche	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:12	1.2
17-Abr	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:21	1.35
17-Abr	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	02:05	2.083333333
18-Abr	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	02:24	2.398254545
18-Abr	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:50	1.832
20-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:28	2.466658131
20-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:41	1.683327509
20-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:41	1.683327509
20-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:10	1.16666263
20-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	00:19	0.316665571
21-Abr	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:25	2.414818356
21-Abr	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	00:58	0.965927342
21-Abr	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	01:27	1.448891013
21-Abr	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:06	2.098393881

21-Abr	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	01:05	1.08250478
23-Abr	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:39	2.652082515
23-Abr	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	00:53	0.884027505
24-Abr	Noche	Banco 3412	390FL_02SS	Carguío	01:41	1.682135231
24-Abr	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:35	2.582420495
24-Abr	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:01	2.015954064
24-Abr	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:30	2.499116608
24-Abr	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	01:47	1.78270318
25-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:27	1.450005106
25-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:43	1.716672711
25-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:41	1.683339261
25-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:06	2.100007394
25-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:25	1.416671655
25-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	00:10	0.166667254
26-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:22	2.370483871
26-Abr	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:33	1.5525
27-Abr	Noche	Banco 3412	390FL_01SAG	Carguío	04:57	4.946672269
27-Abr	Noche	Banco 3412	390FL_01SAG	Carguío	02:18	2.298453782
27-Abr	Noche	Banco 3412	390FL_01SAG	Carguío	02:20	2.331764706
29-Abr	Noche	Banco 3412	390FL_02SS	Carguío	04:00	3.997153025
29-Abr	Noche	Banco 3412	390FL_02SS	Carguío	03:11	3.181067616
29-Abr	Noche	Banco 3412	390FL_02SS	Carguío	01:53	1.881992883
30-Abr	Noche	Banco 3244	950E_02CED	Carguío	00:56	0.900104712

Los resultados mostrados indican que las excavadoras asumidas como muestra en la investigación, durante el mes de abril trabajaron un total de 229.542 horas en el turno día y 206.949 horas en el turno noche, sumando un total de 436.491 horas.

Tabla 8. Desempeño de las excavadoras Turno Día – mayo

Fecha	Turno	Nivel Lugar	Equipo	Actividad	H. Total	H. Conciliadas
1-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:50	2.833333333
1-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:13	2.216666667
1-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:51	3.85
2-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:18	0.3
2-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:06	2.1
2-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:53	1.883960067
2-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:28	0.46599278
3-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:28	1.464548736
3-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:19	2.3133213
3-May	Día	Banco 3428	950E_01CED	Carguío	02:15	2.25
3-May	Día	Banco 3428	950E_01CED	Carguío	00:21	0.35
3-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:58	2.966666667
4-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:13	2.216666667
4-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:51	3.85
5-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:18	0.3
5-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:10	2.166666667
6-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:10	2.166666667
6-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:41	1.683333333
6-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:40	3.666666667

7-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:52	1.866666667
7-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:16	1.266666667
7-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:04	2.066666667
8-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:59	1.983333333
8-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:30	1.5
8-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:03	1.05
8-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	05:00	4.995316159
8-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:32	2.533333333
9-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:21	1.35
9-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:40	1.666666667
9-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:24	2.4
9-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:45	1.75
10- May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:06	2.1
10- May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:00	2
10- May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:31	1.516666667
10- May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:53	2.883333333
11- May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:28	2.466666667
11- May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:42	1.7
11- May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:32	1.533333333
11- May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:28	1.466666667
12- May	Día	Banco 3420	390FL_02SS	Carguío	00:41	0.683333333
12- May	Día	Banco 3420	390FL_02SS	Carguío	01:22	1.366666667
12- May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:20	3.333333333
12- May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:40	0.666666667
12- May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:09	1.15

13-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:12	1.2
13-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:21	1.35
14-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:25	3.416666667
14-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:15	0.25
14-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	03:07	3.116666667
14-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:09	2.15
15-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:54	2.9
15-May	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:40	2.666676364
15-May	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:28	2.465776173
16-May	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:47	2.78232852
16-May	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	03:30	3.498736462
16-May	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:26	1.433333333
16-May	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	02:00	2
16-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:21	1.35
16-May	Día	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:12	1.2
17-May	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:27	1.45
17-May	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:42	1.7
17-May	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	02:04	2.066666667
17-May	Día	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:22	1.366666667
18-May	Día	Banco 3420	390FL_02SS	Carguío	01:20	1.333333333
18-May	Día	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	02:26	2.435139147
18-May	Día	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:41	1.68458256
18-May	Día	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:08	1.134174397
18-May	Día	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:21	1.351001855
19-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	03:07	3.116666667

19-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:09	2.15
19-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:54	2.9
19-May	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:40	2.666676364
21-May	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:28	2.465776173
21-May	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:47	2.78232852
21-May	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	03:30	3.498736462
22-May	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	01:22	1.366178571
22-May	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:26	2.431610619
22-May	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:48	2.798017699
23-May	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:27	2.451798165
23-May	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:49	2.818733945
23-May	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	03:21	3.352458716
24-May	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	03:20	3.332179931
24-May	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	01:54	1.899342561
24-May	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	03:50	3.83200692
25-May	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	01:27	1.450944625
25-May	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:13	2.218110749
25-May	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	01:08	1.133333333
26-May	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	03:21	3.35
26-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:39	2.649115192
27-May	Día	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	00:39	0.649782972
27-May	Día	Banco 3412	390FL_02SS	Carguío	01:55	1.91598579
29-May	Día	Banco 3412	390FL_02SS	Carguío	02:08	2.134121996
29-May	Día	Banco 3164	390FL_03SS	Carguío	03:30	3.365589354
30-May	Día	Banco 3164	390FL_03SS	Carguío	02:11	2.099486692

30-May	Día	Banco 3164	390FL_03SS	Carguío	01:42	1.634714829
30-May	Día	Banco 3164	390FL_03SS	Carguío	01:05	1.041730038
31-May	Día	Banco 3412	950E_01CED	Carguío	03:25	3.306690778
31-May	Día	Banco 3412	950E_01CED	Carguío	02:05	2.016274864
31-May	Día	Banco 3252	390FL_03SS	Carguío	02:13	2.218110749
31-May	Día	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	01:08	1.133333333

Tabla 9. Desempeño de las excavadoras Turno Noche – mayo

Fecha	Turno	Nivel Lugar	Equipo	Actividad	H. Total	H. Conciliadas
1-May	Noche	Banco 3428	390FL_01SAG	Carguío	01:48	1.8
1-May	Noche	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	02:12	2.19925801
1-May	Noche	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	02:22	2.4
2-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:14	1.23252459
2-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:44	1.732196721
2-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:43	1.715540984
2-May	Noche	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	00:45	0.748285714
2-May	Noche	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	01:21	1.346914286
3-May	Noche	Banco 3428	390FL_02SS	Carguío	00:36	0.598628571
3-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:08	3.133333333
3-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:45	2.75
3-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:12	1.2
4-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:44	2.731438475
4-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:08	1.13254766
4-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:22	1.365719237
4-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:29	0.482998267

5-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:12	3.198886957
5-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:44	2.732382609
5-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:12	1.199582609
5-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:22	1.366191304
5-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:24	0.39986087
6-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	00:24	0.4
6-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:51	2.85
6-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:09	2.15
6-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:19	2.316666667
7-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	04:07	4.116666667
7-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:57	2.95
7-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:27	1.45
7-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:48	3.8
8-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	03:12	3.2
8-May	Noche	Banco 3260	950E_02CED	Carguío	03:54	3.9
8-May	Noche	Banco 3260	950E_02CED	Carguío	03:19	3.316666667
8-May	Noche	Banco 3260	950E_02CED	Carguío	01:58	1.966666667
10- May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	04:13	4.216666667
10- May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:51	2.85
10- May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:51	1.85
11- May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	04:18	4.3
11- May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:48	2.8
11- May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	01:31	1.516666667
11- May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	07:29	7.483333333
13- May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	02:00	2

13-May	Noche	Banco 3420	390FL_03SS	Carguío	03:22	3.366666667
13-May	Noche	Banco 3420	390FL_03SS	Carguío	02:37	2.616666667
13-May	Noche	Banco 3420	390FL_03SS	Carguío	01:30	1.5
13-May	Noche	Banco 3420	390FL_03SS	Carguío	01:55	1.916666667
14-May	Noche	Banco 3420	390FL_02SS	Carguío	02:22	2.366666667
14-May	Noche	Banco 3420	390FL_02SS	Carguío	02:27	2.45
14-May	Noche	Banco 3172	390FL_03SS	Carguío	05:11	5.183333333
15-May	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:56	1.933333333
15-May	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	02:00	2
15-May	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	02:18	2.3
16-May	Noche	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	02:26	2.433333333
16-May	Noche	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:51	1.85
16-May	Noche	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:51	1.85
16-May	Noche	Banco 3420	390FL_01SAG	Carguío	01:22	1.366666667
17-May	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:21	1.35
17-May	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	02:40	2.666666667
18-May	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	02:24	2.398254545
18-May	Noche	Banco 3420	950E_01CED	Carguío	01:50	1.832
19-May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:28	2.466658131
19-May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:41	1.683327509
20-May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:41	1.683327509
20-May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:10	1.16666263
20-May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	00:59	0.983333333
20-May	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:25	2.414818356
21-May	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	00:58	0.965927342

21-May	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	01:27	1.448891013
21-May	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:06	2.098393881
22-May	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:39	2.652082515
22-May	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	00:53	0.884027505
24-May	Noche	Banco 3412	390FL_02SS	Carguío	01:41	1.682135231
24-May	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:35	2.582420495
24-May	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:01	2.015954064
24-May	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	02:30	2.499116608
24-May	Noche	Banco 3252	950E_01CED	Carguío	01:47	1.78270318
25-May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:27	2.45
25-May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:43	2.716666667
25-May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	01:41	1.683339261
25-May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:06	2.100007394
26-May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:25	2.416666667
26-May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:22	2.370483871
26-May	Noche	Banco 3252	950E_02CED	Carguío	02:35	2.75
27-May	Noche	Banco 3412	390FL_01SAG	Carguío	04:57	4.946672269
27-May	Noche	Banco 3412	390FL_01SAG	Carguío	02:18	2.298453782
29-May	Noche	Banco 3412	390FL_01SAG	Carguío	02:20	2.331764706
30-May	Noche	Banco 3412	390FL_02SS	Carguío	04:00	3.997153025
30-May	Noche	Banco 3412	390FL_02SS	Carguío	03:11	3.181067616
31-May	Noche	Banco 3412	390FL_02SS	Carguío	01:53	1.881992883
31-May	Noche	Banco 3244	950E_02CED	Carguío	01:56	1.933333333

Los resultados mostrados indican que las excavadoras asumidas como muestra en la investigación, durante el mes de mayo trabajaron un total de 208.821 horas en el turno día y 202.347 horas en el turno noche, sumando un total de 411.169 horas.

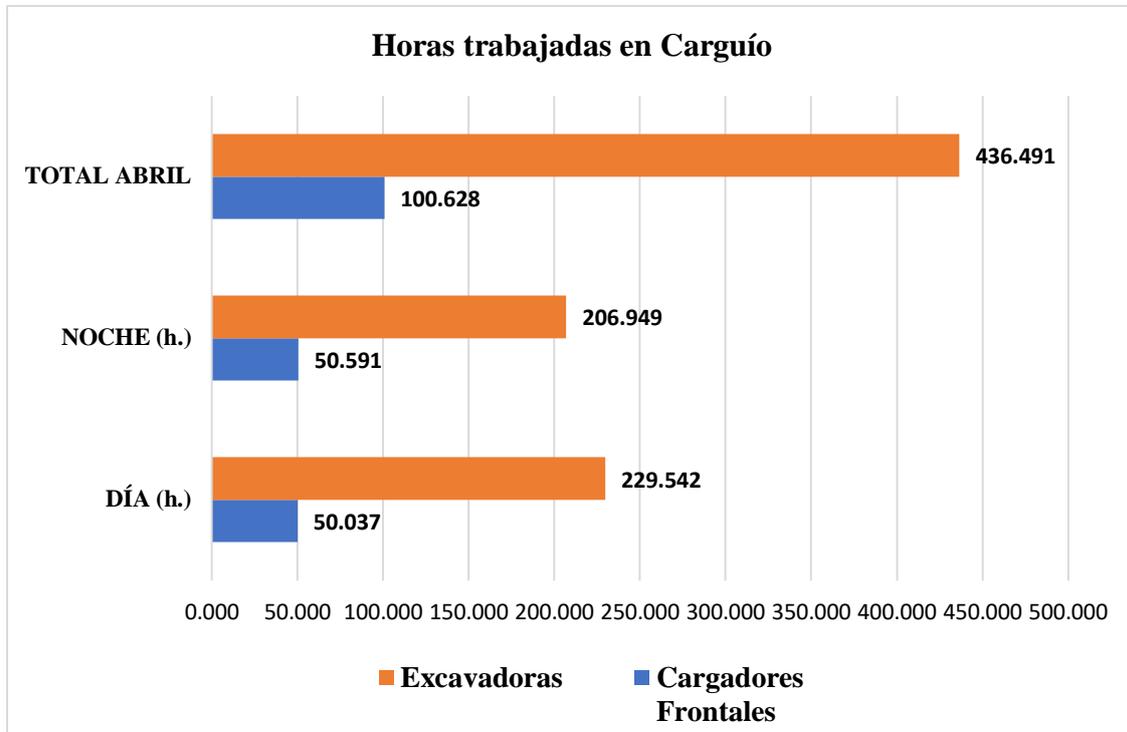


Figura 6. Gráfico comparativo de desempeño de equipos – abril (Fuente: Elaboración propia, 2024).

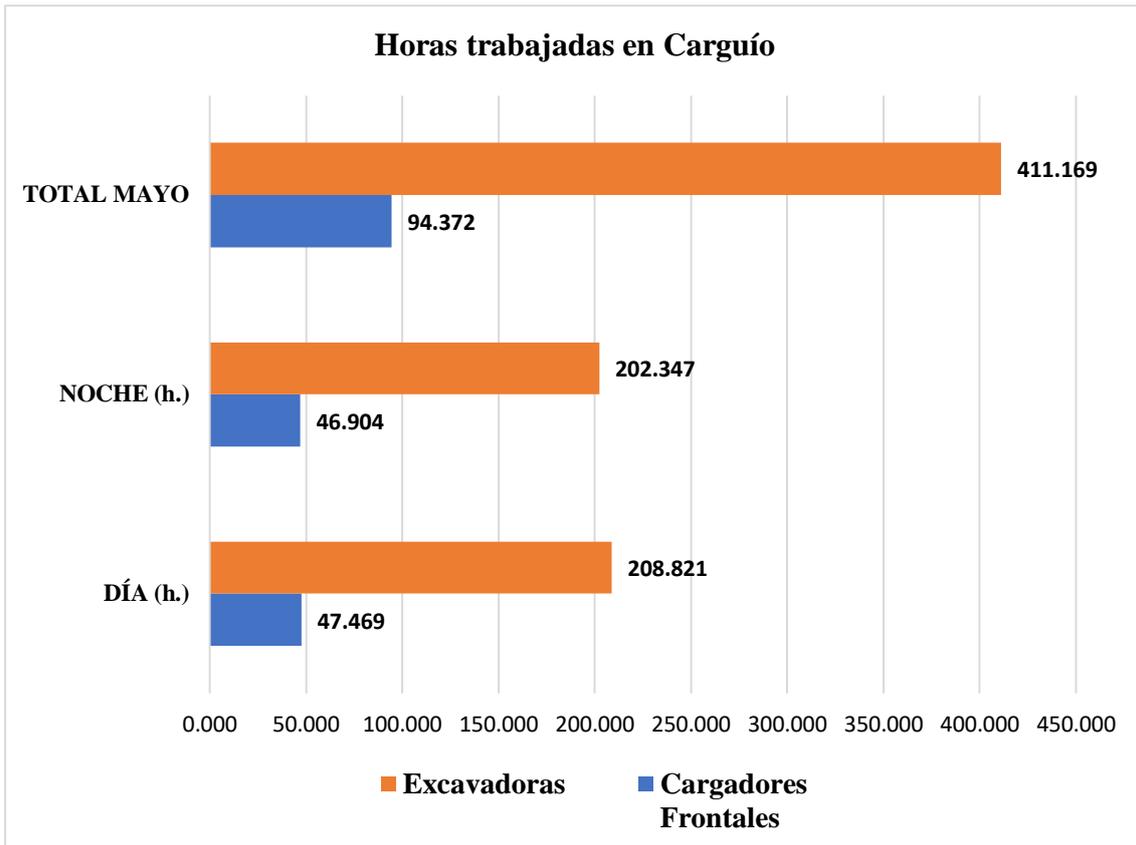


Figura 7. Gráfico comparativo de desempeño de equipos – mayo (Fuente: Elaboración propia, 2024).

Tabla 10. Resumen de demoras en el ciclo de carguío

Tipos de Demoras	Tiempo (min.)
Demora en inicio de guardia	33.00
Arreglo de cama	12.00
Perfilado	15.00
Mantto de vías	51.00
Espera por volquete	115.00
Recarga de combustible	8.00

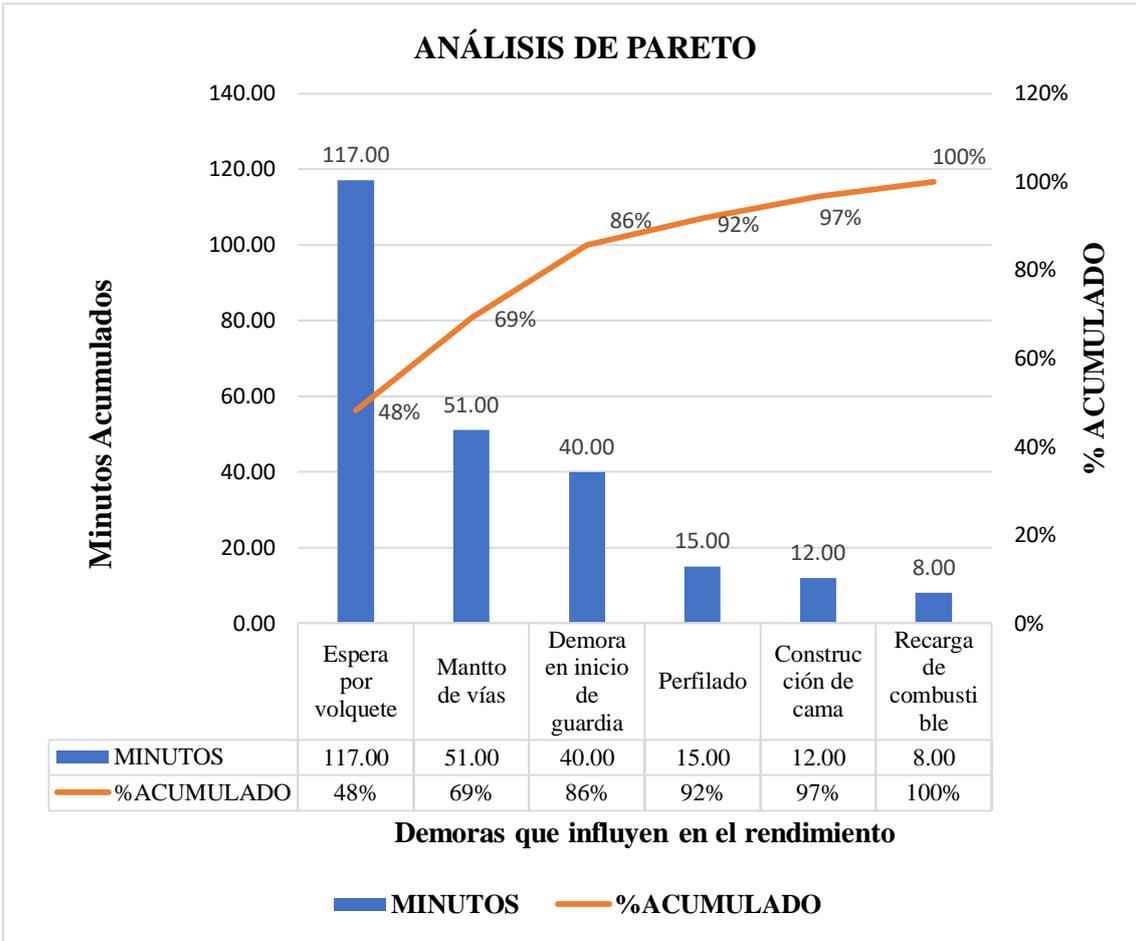


Figura 8. Análisis de Pareto para tiempos que afectan al rendimiento horario de los equipos de carguío (Fuente: Elaboración propia, 2024).

Los resultados muestran que las demoras generadas por esperas de volquetes son mayores.

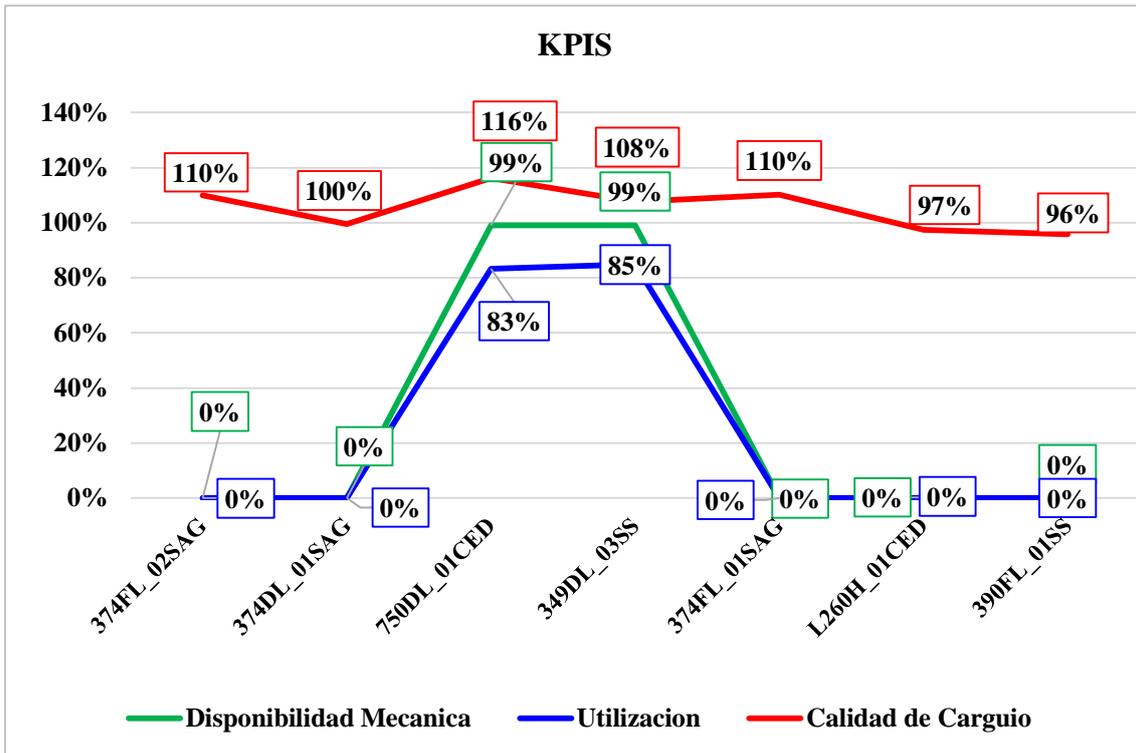


Figura 5. Gráfico comparativo de los KPIS de los equipos de carguío (Fuente: Elaboración propia, 2024).

Los resultados que se muestran en el gráfico anterior permiten afirmar que los equipos de carguío conformado por cargadores frontales y excavadores cumplen con el target establecido para los KPIS de Disponibilidad Mecánica y Utilización.

4.2. Tiempos de ciclo, número de viajes y tonelaje transportado

Ahora bien, respecto al objetivo: Evaluar los tiempos de ciclo, número de viajes y tonelaje transportado por los volquetes de 24 m³ en mina Summa Gold Corporation – La Libertad. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 11. Desempeño de los volquetes/cargadores frontales Turno día – abril

Fecha	Origen	Destino	Volquete	Viajes	Ciclo Dispatch	H. Trabajadas	H. Conciliadas
3-Abr	Banco	Celda	V_929SS	5	42.5	3.5417	3.5417
3-Abr	Banco	Celda	V_932SS	6	42.5	4.25	4.25
3-Abr	Banco	Celda	V_933SS	6	42.5	4.25	4.25
3-Abr	Banco	Celda	V_934SS	5	42.5	3.5417	3.5417
3-Abr	Banco	Celda	V_940SS	5	42.5	3.5417	3.5417
3-Abr	Banco	Celda	V_942SS	5	42.5	3.5417	3.5417
5-Abr	Banco	Celda	V_927SS	4	39	2.6	2.6
5-Abr	Banco	Celda	V_929SS	1	39	0.65	0.65
5-Abr	Banco	Celda	V_929SS	1	39	0.65	0.65
5-Abr	Banco	Celda	V_929SS	5	39	3.25	3.25
5-Abr	Banco	Celda	V_931SS	1	39	0.65	0.65
5-Abr	Banco	Celda	V_931SS	2	39	1.3	1.3
5-Abr	Banco	Celda	V_932SS	1	39	0.65	0.65
5-Abr	Banco	Celda	V_932SS	3	39	1.95	1.95
5-Abr	Banco	Celda	V_932SS	6	39	3.9	3.9
5-Abr	Banco	Celda	V_938SS	6	39	3.9	3.9
5-Abr	Banco	Celda	V_938SS	2	39	1.3	1.3
5-Abr	Banco	Celda	V_940SS	7	39	4.55	4.55
5-Abr	Banco	Celda	V_940SS	4	39	2.6	2.6
5-Abr	Banco	Celda	V_942SS	7	39	4.55	4.55
5-Abr	Banco	Celda	V_942SS	2	39	1.3	1.3
6-Abr	Banco	Celda	V_1125TOR	2	40	1.3333	1.3333

6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1211GAL	2	40	1.3333	1.3333
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	6	40	4	4
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	9	40	6	6
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	2	40	1.3333	1.3333
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	9	40	6	6
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	9	40	6	6
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	10	40	6.6667	6.6667
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	10	40	6.6667	6.6667
7-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1123TOR	1	39.07	0.6512	0.65
8-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	4	39	2.6	2.6
8-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	3	39	1.95	1.95
9-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	2	39.79	1.3263	1.3263
9-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	2	39.79	1.3263	1.3263
9-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	2	39.79	1.3263	1.3263
11-Abr	Banco 3172	Celda C-576	V_933SS	1	39	0.65	0.65
11-Abr	Banco 3172	Celda C-576	V_945SS	1	39	0.65	0.65

Tabla 12. Desempeño de los volquetes/cargadores frontales Turno noche – abril

Fecha	Origen	Destino	Volquete	Viajes	Ciclo Dispatch	H. Trabajadas	H. Conciliadas
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1123TOR	3	44	2.2	2.2
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	3	44	2.2	2.2
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	3	44	2.2	2.2
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	3	44	2.2	2.2
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_934SS	3	44	2.2	2.2

1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	3	44	2.2	2.2
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	3	44	2.2	2.2
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	1	43	0.7167	0.7167
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	1	43	0.7167	0.7167
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	2	43	1.4333	1.4333
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	1	43	0.7167	0.7167
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1103TOR	1	41	0.6833	0.6833
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1120TOR	1	41	0.6833	0.6833
8-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1125TOR	1	41.5	0.6917	0.6917
9-Abr	Banco 3172	Celda C-576	V_931SS	6	42	4.2	4.2
14-Abr	Banco 3172	Celda C-577	V_1117TOR	3	40.5	2.025	2.025
19-Abr	Banco 3172	Celda C-577	V_927SS	11	41.32	7.5753	7.5753
19-Abr	Banco 3172	Celda C-577	V_929SS	11	41.32	7.5753	7.5753
19-Abr	Banco 3172	Celda C-577	V_931SS	10	41.32	6.8867	6.8867
19-Abr	Banco 3172	Celda C-577	V_932SS	10	41.32	6.8867	6.8867
19-Abr	Banco 3172	Celda C-577	V_933SS	10	41.32	6.8867	6.8867
19-Abr	Banco 3172	Celda C-577	V_940SS	10	41.32	6.8867	6.8867

Los resultados mostrados indican que los volquetes asumidos como muestra en el estudio, en el mes de abril realizaron un total de 176.2 horas de trabajo en conjunto con los cargadores frontales, así mismo transportaron 9351.5 Toneladas secas.

Tabla 13. Desempeño de los volquetes/cargadores frontales Turno día – mayo

Fecha	Origen	Destino	Volquete	Viajes	Ciclo Dispatch	H. Trabajadas	H. Conciliadas
2-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1123TOR	1	39.07	0.6512	0.65

2-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1123TOR	1	39.07	0.6512	0.65
2-May	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	6	42.5	4.25	4.25
3-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1123TOR	1	39.07	0.6512	0.65
3-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	5	42.5	3.5417	3.5417
4-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1123TOR	1	39.07	0.6512	0.65
4-May	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	4	39	2.6	2.6
4-May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	1	39	0.65	0.65
5-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1123TOR	1	39.07	0.6512	0.65
5-May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	5	39	3.25	3.25
5-May	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	1	39	0.65	0.65
5-May	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	2	39	1.3	1.3
6-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	1	39	0.65	0.65
6-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	3	39	1.95	1.95
8-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	6	39	3.9	3.9
8-May	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	6	39	3.9	3.9
8-May	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	2	39	1.3	1.3
9-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	7	39	4.55	4.55
9-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	4	39	2.6	2.6
9-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	7	39	4.55	4.55
10- May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	2	39	1.3	1.3
10- May	Banco 3172	Celda C-575	V_1125TOR	2	40	1.3333	1.3333
10- May	Banco 3172	Celda C-575	V_1211GAL	2	40	1.3333	1.3333
13- May	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	6	40	4	4
13- May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	9	40	6	6
13- May	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	2	40	1.3333	1.3333

16-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	9	40	6	6
16-May	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	9	40	6	6
16-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	10	40	6.6667	6.6667
18-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	10	40	6.6667	6.6667
18-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1123TOR	1	39.07	0.6512	0.65
21-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	4	39	2.6	2.6
21-May	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	3	39	1.95	1.95
25-May	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	2	39.79	1.3263	1.3263
25-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	2	39.79	1.3263	1.3263
28-May	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	2	39.79	1.3263	1.3263
29-May	Banco 3172	Celda C-576	V_940SS	7	39	4.55	4.55
30-May	Banco 3172	Celda C-576	V_940SS	4	39	2.6	2.6

Tabla 14. Desempeño de los volquetes/cargadores frontales Turno noche – mayo

Fecha	Origen	Destino	Volquete	Viajes	Ciclo Dispatch	H. Trabajadas	H. Conciliadas
1-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1103TOR	1	41	0.6833	0.6833
1-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1120TOR	1	41	0.6833	0.6833
1-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	3	44	2.2	2.2
3-May	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	3	44	2.2	2.2
3-May	Banco 3172	Celda C-575	V_934SS	3	44	2.2	2.2
3-May	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	3	44	2.2	2.2
6-May	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	3	44	2.2	2.2
6-May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	1	43	0.7167	0.7167
6-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	1	43	0.7167	0.7167
8-May	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	2	43	1.4333	1.4333

8-May	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	1	43	0.7167	0.7167
11- May	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	11	41.32	7.5753	7.5753
11- May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	11	41.32	7.5753	7.5753
14- May	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	6	42	4.2	4.2
14- May	Banco 3172	Celda C-576	V_931SS	6	42	4.2	4.2
17- May	Banco 3172	Celda C-577	V_1117TOR	3	40.5	2.025	2.025
18- May	Banco 3172	Celda C-577	V_927SS	11	41.32	7.5753	7.5753
19- May	Banco 3172	Celda C-577	V_929SS	11	41.32	7.5753	7.5753
24- May	Banco 3172	Celda C-577	V_931SS	10	41.32	6.8867	6.8867
27- May	Banco 3172	Celda C-577	V_932SS	1	43	0.7167	0.7167
29- May	Banco 3172	Celda C-577	V_938SS	3	44	2.2	2.2
29- May	Banco 3172	Celda C-577	V_932SS	1	43	0.7167	0.7167

Los resultados mostrados indican que los volquetes asumidos como muestra en el estudio, en el mes de mayo realizaron un total de 167.1 horas de trabajo en conjunto con los cargadores frontales, así mismo transportaron 8862.8 Toneladas secas.

Tabla 15. Desempeño de los volquetes/excavadoras Turno día – abril

Fecha	Origen	Destino	Volquete	Viajes	Ciclo Dispatch	H. Trabajadas	H. Conciliadas
1-Abr	Banco 3428	Celda C-575	V_1103TOR	6	25	2.5	2.5
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1120TOR	5	45	3.75	4.25
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	6	45	4.5	4.5
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	5	45	3.75	3.75
1-Abr	Banco 3428	Celda C-575	V_932SS	6	25	2.5	2.5
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	4	45	3	3
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_934SS	5	45	3.75	3.75

1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	2	45	1.5	1.5
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	4	45	3	3
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	2	45	1.5	1.5
2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_1125TOR	2	26	0.8667	0.8667
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	4	42.5	2.8333	2.8333
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	5	42.5	3.5417	3.5417
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	5	42.5	3.5417	3.5417
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	5	42.5	3.5417	3.5417
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	3	42.5	2.125	2.125
2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_934SS	6	26	2.6	2.6
2-Abr	Banco 3428	Celda C-575	V_934SS	7	26	3.0333	3.0333
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_934SS	4	42.5	2.8333	2.8333
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	1	42.5	0.7083	0.7083
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	3	42.5	2.125	2.125
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	5	42.5	3.5417	3.5417
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	2	42.5	1.4167	1.4167
3-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_1119TOR	7	26	3.0333	3.0333
3-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_1127TOR	7	26	3.0333	3.0333
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	5	42.5	3.5417	3.5417
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	5	42.5	3.5417	3.5417
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	2	42.5	1.4167	1.4167
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_934SS	6	42.5	4.25	4.25
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	1	42.5	0.7083	0.7083
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	7	42.5	4.9583	4.9583
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	7	42.5	4.9583	4.9583

4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	12	43	8.6	8.6
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	3	43	2.15	2.15
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	3	43	2.15	2.15
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	8	43	5.7333	5.7333
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	10	43	7.1667	7.1667
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_934SS	2	43	1.4333	1.4333
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	11	43	7.8833	7.8833
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	10	43	7.1667	7.1667
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	1	43	0.7167	0.7167
5-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_938SS	2	33.26	1.1087	1.1087
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1103TOR	2	40	1.3333	1.3333
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1119TOR	3	40	2	2
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1124TOR	3	40	2	2
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1125TOR	3	40	2	2
6-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_1211GAL	6	36.6	3.66	3.66
6-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_927SS	3	36.6	1.83	1.83
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	2	40	1.3333	1.3333
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	5	40	3.3333	3.3333
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	4	40	2.6667	2.6667
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	1	40	0.6667	0.6667
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	5	40	3.3333	3.3333
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	4	40	2.6667	2.6667
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	1	40	0.6667	0.6667
7-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1103TOR	1	21.5	0.3583	0.3583
7-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1103TOR	2	39.07	1.3023	1.3023

7-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1119TOR	3	21.5	1.075	1.075
7-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1127TOR	8	39.07	5.2093	5.2093
8-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1127TOR	2	21.5	0.7167	0.7167
8-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	2	39	1.3	1.3
8-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	2	39	1.3	1.3
9-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1117TOR	6	39.79	3.979	3.979
9-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_927SS	9	34.49	5.1735	5.1735
9-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	3	39.79	1.9895	1.9895
9-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_929SS	8	34.49	4.5987	4.5987
9-Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_929SS	1	33	0.55	0.55
9-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	3	39.79	1.9895	1.9895
9-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_931SS	10	34.49	5.7483	5.7483
9-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_932SS	10	34.49	5.7483	5.7483
9-Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_932SS	1	33	0.55	0.55
9-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_933SS	9	34.49	5.1735	5.1735
9-Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_933SS	1	33	0.55	0.55
9-Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_940SS	1	33	0.55	0.55
9-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_940SS	9	34.49	5.1735	5.1735
9-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	2	39.79	1.3263	1.3263
9-Abr	Banco 3172	Celda C-576	V_942SS	1	38	0.6333	0.6333
9-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_942SS	11	34.49	6.3232	6.3232
9-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_945SS	6	34.49	3.449	3.449
9-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	1	39.79	0.6632	0.6632
9-Abr	Banco 3172	Celda C-576	V_945SS	1	38	0.6333	0.6333
10-Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_1117TOR	7	35.19	4.1055	4.1632

10-Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_1119TOR	12	35.19	7.038	7.0413
10-Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_1125TOR	2	35.19	1.173	1.173
11-Abr	Banco 3420	Celda C-576	V_1117TOR	4	21.24	1.416	1.6834
11-Abr	Banco 3420	Celda C-576	V_1119TOR	4	21.24	1.416	1.416
11-Abr	Banco 3172	Celda C-576	V_1211GAL	5	39	3.25	3.25
11-Abr	Banco 3172	Celda C-576	V_933SS	5	39	3.25	3.25
11-Abr	Banco 3172	Celda C-576	V_942SS	4	39	2.6	2.6
11-Abr	Banco 3172	Celda C-576	V_945SS	2	39	1.3	1.3
12-Abr	Banco 3420	Celda C-576	V_1103TOR	7	22.07	2.5748	2.701
12-Abr	Banco 3420	Celda C-576	V_1211GAL	2	22.07	0.7357	0.7357
12-Abr	Banco 3420	Celda C-576	V_940SS	4	22.07	1.4713	1.4713
14-Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_927SS	6	19.41	1.941	1.941
14-Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_940SS	3	19.41	0.9705	0.9705
15-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_927SS	1	34.3	0.5717	0.5717
15-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_932SS	1	34.3	0.5717	0.5717
15-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_942SS	1	34.3	0.5717	0.5717
15-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_945SS	1	34.3	0.5717	0.5717
16-Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_933SS	7	21.86	2.5503	2.5503
17-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1127TOR	2	24.82	0.8273	0.8273
17-Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_1127TOR	4	22.55	1.5033	1.5033
17-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_1211GAL	5	35	2.9167	2.9167
17-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_927SS	2	35	1.1667	1.1667
17-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_929SS	3	35	1.75	1.75
17-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_931SS	6	35	3.5	3.5
17-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_932SS	4	35	2.3333	2.3333

17-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_933SS	3	24.82	1.241	1.241
17-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_933SS	6	35	3.5	3.5
17-Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_933SS	2	22.55	0.7517	0.7517
17-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_940SS	5	35	2.9167	2.9167
17-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_942SS	4	35	2.3333	2.3333
17-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_945SS	5	35	2.9167	2.9167
18-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1103TOR	5	25.22	2.1017	2.1017
18-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1117TOR	5	25.22	2.1017	2.1017
18-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1119TOR	1	25.22	0.4203	0.4203
18-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1211GAL	7	25.22	2.9423	2.9423
19-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_1123TOR	4	34	2.2667	2.2667
19-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_1123TOR	1	34	0.5667	0.7633
19-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_1127TOR	1	34	0.5667	0.57
19-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_931SS	1	34	0.5667	0.5667
19-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_931SS	8	34	4.5333	4.5333
19-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_932SS	1	34	0.5667	0.5667
19-Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_933SS	2	34	1.1333	1.1333

Tabla 16. Desempeño de los volquetes/excavadoras Turno noche – abril

Fecha	Origen	Destino	Volquete	Viajes	Ciclo Dispatch	H. Trabajadas	H. Conciliadas
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1103TOR	1	44	0.7333	0.7333
1-Abr	Banco 3428	Celda C-575	V_1103TOR	3	26.5	1.325	1.325
1-Abr	Banco 3428	Celda C-575	V_1119TOR	9	26.5	3.975	4.446
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1123TOR	5	44	3.6667	4.0967
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	6	44	4.4	4.4

1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	6	44	4.4	4.4
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	4	44	2.9333	2.9333
1-Abr	Banco 3428	Celda C-575	V_931SS	7	26.5	3.0917	3.0917
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	7	44	5.1333	5.1333
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	7	44	5.1333	5.1333
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_934SS	6	44	4.4	4.4
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	6	44	4.4	4.4
1-Abr	Banco 3428	Celda C-575	V_940SS	4	26.5	1.7667	1.7667
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	2	44	1.4667	1.4667
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	6	44	4.4	4.4
1-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	6	44	4.4	4.4
2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_1103TOR	5	26.41	2.2008	2.2008
2-Abr	Banco 3428	Celda C-575	V_1103TOR	10	26.34	4.39	4.39
2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_1117TOR	7	26.41	3.0812	3.0812
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1117TOR	7	44.54	5.1963	5.1963
2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_1119TOR	7	26.41	3.0812	3.0812
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1119TOR	3	44.54	2.227	2.227
2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_1127TOR	9	26.41	3.9615	3.9615
2-Abr	Banco 3428	Celda C-575	V_1127TOR	9	26.34	3.951	3.951
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	8	44.54	5.9387	5.9387
2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_929SS	5	26.41	2.2008	2.2008
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	9	44.54	6.681	6.681
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	9	44.54	6.681	6.681
2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_931SS	1	26.41	0.4402	0.4402
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	9	44.54	6.681	6.681

2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_932SS	6	26.41	2.641	2.641
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	9	44.54	6.681	6.681
2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_933SS	5	26.41	2.2008	2.2008
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_934SS	8	44.54	5.9387	5.9387
2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_934SS	6	26.41	2.641	2.641
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	9	44.54	6.681	6.681
2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_942SS	6	26.41	2.641	2.641
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	9	44.54	6.681	6.681
2-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	8	44.54	5.9387	5.9387
2-Abr	Banco 3428	Pad 2	V_945SS	1	26.41	0.4402	0.4402
3-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_1211GAL	2	42.5	1.4167	1.4167
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	11	44	8.0667	8.0667
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	1	44	0.7333	0.7333
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	12	44	8.8	8.8
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	2	44	1.4667	1.4667
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	6	44	4.4	4.4
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_934SS	2	44	1.4667	1.4667
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	2	44	1.4667	1.4667
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	12	44	8.8	8.8
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	10	44	7.3333	7.3333
3-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	10	44	7.3333	7.3333
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	13	43.5	9.425	9.425
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	13	43.5	9.425	9.425
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	11	43.5	7.975	7.975
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	2	43.5	1.45	1.45

4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	13	43.5	9.425	9.425
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	8	43.5	5.8	5.8
4-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	7	43.5	5.075	5.075
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1117TOR	1	43	0.7167	0.7167
5-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_1117TOR	3	33.26	1.663	1.663
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1120TOR	10	43	7.1667	7.1
5-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_1124TOR	1	33.26	0.5543	0.5543
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1127TOR	4	43	2.8667	2.8633
5-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_1211GAL	3	33.26	1.663	1.663
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1211GAL	4	43	2.8667	2.8667
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	4	43	2.8667	2.8667
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	11	43	7.8833	7.8833
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	12	43	8.6	8.6
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	9	43	6.45	6.45
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	12	43	8.6	8.6
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	1	43	0.7167	0.7167
5-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_940SS	3	33.26	1.663	1.663
5-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	1	43	0.7167	0.7167
5-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_942SS	4	33.26	2.2173	2.2173
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1103TOR	10	41	6.8333	7.2367
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1120TOR	2	41	1.3667	1.3692
6-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_1124TOR	2	39.14	1.3047	1.3022
6-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1125TOR	8	41	5.4667	5.47
7-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1124TOR	8	39	5.2	5.2
7-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	4	39	2.6	2.6

8-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1117TOR	3	22.07	1.1035	1.1035
8-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1120TOR	5	22.07	1.8392	1.8392
8-Abr	Banco 3172	Celda C-575	V_1125TOR	1	41.5	0.6917	0.6917
8-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_929SS	3	22.07	1.1035	1.1035
8-Abr	Banco 3420	Pad 2	V_940SS	2	22.07	0.7357	0.7357
9-Abr	Banco 3252	Celda C-575	V_1127TOR	1	41	0.6833	0.6833
9-Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_1127TOR	7	37	4.3167	4.3167
10- Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_1124TOR	2	41.88	1.396	1.396
10- Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_929SS	1	41.88	0.698	0.698
10- Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_931SS	1	41.88	0.698	0.698
10- Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_932SS	2	41.88	1.396	1.396
10- Abr	Banco 3252	Celda C-576	V_945SS	1	41.88	0.698	0.698
11- Abr	Banco 3172	Celda C-576	V_1124TOR	9	40.05	6.0075	6.0122
13- Abr	Banco 3172	Celda C-577	V_1125TOR	9	40.5	6.075	6.075
14- Abr	Banco 3172	Celda C-577	V_1117TOR	3	40.5	2.025	2.0834
14- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_1120TOR	9	23	3.45	3.45
14- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_927SS	13	23	4.9833	4.9833
14- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_929SS	13	23	4.9833	4.9833
14- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_931SS	8	23	3.0667	3.0667
14- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_931SS	2	23	0.7667	0.7667
14- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_933SS	10	23	3.8333	3.8333
14- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_940SS	11	23	4.2167	4.2167
14- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_942SS	13	23	4.9833	4.9833
14- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_945SS	13	23	4.9833	4.9833
15- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_1119TOR	15	23	5.75	5.7483

16- Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1103TOR	7	25.43	2.9668	2.9668
16- Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1117TOR	6	25.43	2.543	2.54
17- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_1103TOR	8	24	3.2	3.535
17- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_1120TOR	7	24	2.8	2.8
17- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_1127TOR	6	24	2.4	2.75
17- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_1211GAL	13	24	5.2	5.2
17- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_927SS	9	24	3.6	3.6
17- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_932SS	9	24	3.6	3.6
18- Abr	Banco 3420	Pad 2	V_1211GAL	4	25.22	1.6813	1.6813
18- Abr	Banco 3420	Celda C-577	V_1211GAL	8	22.48	2.9973	2.9973
18- Abr	Banco 3252	Celda C-577	V_945SS	5	35	2.9167	2.9167

Los resultados mostrados indican que los volquetes asumidos como muestra en el estudio realizaron en el mes de abril un total de 755 horas de trabajo en conjunto con las excavadoras, así mismo transportaron 45851.03 Toneladas secas.

Tabla 17. Desempeño de los volquetes/excavadoras Turno día – mayo

Fecha	Origen	Destino	Volquete	Viajes	Ciclo Dispatch	H. Trabajadas	H. Conciliadas
1-May	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	11	43	7.8833	7.8833
1-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	10	43	7.1667	7.1667
2-May	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	1	43	0.7167	0.7167
2-May	Banco 3252	Celda C-575	V_938SS	2	33.26	1.1087	1.1087
2-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1103TOR	2	40	1.3333	1.3333
3-May	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	4	45	3	3
3-May	Banco 3172	Celda C-575	V_934SS	5	45	3.75	3.75

4-May	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	2	45	1.5	1.5
4-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	5	42.5	3.5417	3.5417
4-May	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	3	42.5	2.125	2.125
5-May	Banco 3428	Pad 2	V_1125TOR	2	26	0.8667	0.8667
5-May	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	4	42.5	2.8333	2.8333
5-May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	5	42.5	3.5417	3.5417
5-May	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	5	42.5	3.5417	3.5417
6-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	5	42.5	3.5417	3.5417
6-May	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	3	42.5	2.125	2.125
6-May	Banco 3428	Pad 2	V_934SS	6	26	2.6	2.6
7-May	Banco 3428	Celda C-575	V_934SS	7	26	3.0333	3.0333
7-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	5	42.5	3.5417	3.5417
7-May	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	3	42.5	2.125	2.125
8-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	3	42.5	2.125	2.125
8-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	5	42.5	3.5417	3.5417
8-May	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	2	42.5	1.4167	1.4167
9-May	Banco 3428	Pad 2	V_1119TOR	7	26	3.0333	3.0333
9-May	Banco 3428	Pad 2	V_1127TOR	7	26	3.0333	3.0333
9-May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	5	42.5	3.5417	3.5417
9-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	5	42.5	3.5417	3.5417
9-May	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	3	42.5	2.125	2.125
9-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	7	42.5	4.9583	4.9583
10-May	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	12	43	8.6	8.6
10-May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	3	43	2.15	2.15
10-May	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	3	43	2.15	2.15

10-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	8	43	5.7333	5.7333
12-May	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	10	43	7.1667	7.1667
12-May	Banco 3172	Celda C-575	V_934SS	2	43	1.4333	1.4333
12-May	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	11	43	7.8833	7.8833
13-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	10	43	7.1667	7.1667
13-May	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	1	43	0.7167	0.7167
13-May	Banco 3252	Celda C-575	V_938SS	2	33.26	1.1087	1.1087
14-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1103TOR	2	40	1.3333	1.3333
14-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1119TOR	3	40	2	2
14-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1124TOR	3	40	2	2
15-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1125TOR	3	40	2	2
15-May	Banco 3252	Celda C-575	V_1211GAL	6	36.6	3.66	3.66
17-May	Banco 3252	Celda C-575	V_927SS	3	36.6	1.83	1.83
17-May	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	2	40	1.3333	1.3333
17-May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	5	40	3.3333	3.3333
17-May	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	4	40	2.6667	2.6667
18-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	1	40	0.6667	0.6667
18-May	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	5	40	3.3333	3.3333
19-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	4	40	2.6667	2.6667
19-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	1	40	0.6667	0.6667
21-May	Banco 3420	Pad 2	V_1103TOR	1	21.5	0.3583	0.3583
21-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1103TOR	2	39.07	1.3023	1.3023
21-May	Banco 3420	Pad 2	V_1119TOR	3	21.5	1.075	1.075
22-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1127TOR	8	39.07	5.2093	5.2093
23-May	Banco 3420	Pad 2	V_1127TOR	2	21.5	0.7167	0.7167

23-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	2	39	1.3	1.3
23-May	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	2	39	1.3	1.3
23-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1117TOR	6	39.79	3.979	3.979
24-May	Banco 3252	Celda C-576	V_929SS	1	33	0.55	0.55
24-May	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	3	39.79	1.9895	1.9895
24-May	Banco 3252	Celda C-575	V_931SS	10	34.49	5.7483	5.7483
25-May	Banco 3252	Celda C-575	V_932SS	10	34.49	5.7483	5.7483
25-May	Banco 3252	Celda C-576	V_932SS	1	33	0.55	0.55
25-May	Banco 3252	Celda C-575	V_933SS	9	34.49	5.1735	5.1735
25-May	Banco 3252	Celda C-576	V_933SS	1	33	0.55	0.55
26-May	Banco 3172	Celda C-576	V_942SS	1	38	0.6333	0.6333
26-May	Banco 3252	Celda C-575	V_942SS	11	34.49	6.3232	6.3232
26-May	Banco 3252	Celda C-575	V_945SS	6	34.49	3.449	3.449
26-May	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	1	39.79	0.6632	0.6632
27-May	Banco 3172	Celda C-576	V_945SS	1	38	0.6333	0.6333
27-May	Banco 3252	Celda C-576	V_1117TOR	7	35.19	4.1055	4.1632
27-May	Banco 3252	Celda C-576	V_1119TOR	12	35.19	7.038	7.0413
27-May	Banco 3252	Celda C-576	V_1125TOR	2	35.19	1.173	1.173
28-May	Banco 3172	Celda C-576	V_933SS	5	39	3.25	3.25
28-May	Banco 3172	Celda C-576	V_942SS	4	39	2.6	2.6
28-May	Banco 3172	Celda C-576	V_945SS	2	39	1.3	1.3
28-May	Banco 3420	Celda C-576	V_1103TOR	7	22.07	2.5748	2.701
29-May	Banco 3420	Celda C-576	V_1211GAL	2	22.07	0.7357	0.7357
29-May	Banco 3420	Celda C-576	V_940SS	4	22.07	1.4713	1.4713
29-May	Banco 3420	Celda C-577	V_927SS	6	19.41	1.941	1.941

29-May	Banco 3420	Celda C-577	V_940SS	3	19.41	0.9705	0.9705
29-May	Banco 3252	Celda C-577	V_942SS	1	34.3	0.5717	0.5717
29-May	Banco 3428	Pad 2	V_1125TOR	2	26	0.8667	0.8667
30-May	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	4	42.5	2.8333	2.8333
30-May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	5	42.5	3.5417	3.5417
30-May	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	5	42.5	3.5417	3.5417
30-May	Banco 3252	Celda C-577	V_932SS	4	35	2.3333	2.3333
30-May	Banco 3420	Pad 2	V_933SS	3	24.82	1.241	1.241
30-May	Banco 3252	Celda C-577	V_933SS	6	35	3.5	3.5
30-May	Banco 3420	Celda C-577	V_933SS	2	22.55	0.7517	0.7517
30-May	Banco 3252	Celda C-577	V_940SS	5	35	2.9167	2.9167
30-May	Banco 3252	Celda C-577	V_942SS	4	35	2.3333	2.3333
30-May	Banco 3252	Celda C-577	V_945SS	5	35	2.9167	2.9167
30-May	Banco 3252	Celda C-577	V_1123TOR	4	34	2.2667	2.2667
30-May	Banco 3428	Pad 2	V_1125TOR	2	26	0.8667	0.8667
31-May	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	4	42.5	2.8333	2.8333
31-May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	5	42.5	3.5417	3.5417
31-May	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	5	42.5	3.5417	3.5417

Tabla 18. Desempeño de los volquetes/excavadoras Turno noche – mayo

Fecha	Origen	Destino	Volquete	Viajes	Ciclo Dispatch	H. Trabajadas	H. Conciliadas
1-May	Banco 3428	Pad 2	V_932SS	6	26.41	2.641	2.641
1-May	Banco 3428	Pad 2	V_932SS	6	26.41	2.641	2.641
1-May	Banco 3428	Celda C-575	V_1119TOR	9	26.5	3.975	4.446
2-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1123TOR	5	44	3.6667	4.0967

2-May	Banco 3428	Pad 2	V_1103T OR	5	26.41	2.2008	2.2008
3-May	Banco 3428	Celda C-575	V_1103T OR	10	26.34	4.39	4.39
3-May	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	6	44	4.4	4.4
4-May	Banco 3428	Celda C-575	V_940SS	4	26.5	1.7667	1.7667
4-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	2	44	1.4667	1.4667
5-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	6	44	4.4	4.4
5-May	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	6	44	4.4	4.4
5-May	Banco 3428	Pad 2	V_1103T OR	5	26.41	2.2008	2.2008
5-May	Banco 3428	Celda C-575	V_1103T OR	10	26.34	4.39	4.39
5-May	Banco 3428	Pad 2	V_1117T OR	7	26.41	3.0812	3.0812
6-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1117T OR	7	44.54	5.1963	5.1963
6-May	Banco 3428	Pad 2	V_1119T OR	7	26.41	3.0812	3.0812
7-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1119T OR	3	44.54	2.227	2.227
7-May	Banco 3428	Pad 2	V_1127T OR	9	26.41	3.9615	3.9615
7-May	Banco 3428	Celda C-575	V_1127T OR	9	26.34	3.951	3.951
7-May	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	8	44.54	5.9387	5.9387
7-May	Banco 3428	Pad 2	V_932SS	6	26.41	2.641	2.641
7-May	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	9	44.54	6.681	6.681
8-May	Banco 3428	Pad 2	V_1103T OR	5	26.41	2.2008	2.2008
8-May	Banco 3428	Celda C-575	V_1103T OR	10	26.34	4.39	4.39
9-May	Banco 3428	Pad 2	V_934SS	6	26.41	2.641	2.641
9-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	9	44.54	6.681	6.681
9-May	Banco 3428	Pad 2	V_942SS	6	26.41	2.641	2.641
9-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	9	44.54	6.681	6.681
9-May	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	8	44.54	5.9387	5.9387

10-May	Banco 3428	Pad 2	V_945SS	1	26.41	0.4402	0.4402
10-May	Banco 3252	Celda C-575	V_1211G AL	2	42.5	1.4167	1.4167
11-May	Banco 3172	Celda C-575	V_927SS	11	44	8.0667	8.0667
11-May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	1	44	0.7333	0.7333
12-May	Banco 3172	Celda C-575	V_931SS	12	44	8.8	8.8
12-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	2	44	1.4667	1.4667
12-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	12	44	8.8	8.8
13-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	10	44	7.3333	7.3333
13-May	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	10	44	7.3333	7.3333
13-May	Banco 3172	Celda C-575	V_929SS	13	43.5	9.425	9.425
14-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	13	43.5	9.425	9.425
14-May	Banco 3172	Celda C-575	V_933SS	11	43.5	7.975	7.975
14-May	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	2	43.5	1.45	1.45
15-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	13	43.5	9.425	9.425
15-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	8	43.5	5.8	5.8
17-May	Banco 3172	Celda C-575	V_945SS	7	43.5	5.075	5.075
17-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1117T OR	1	43	0.7167	0.7167
17-May	Banco 3252	Celda C-575	V_1117T OR	3	33.26	1.663	1.663
17-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	2	44	1.4667	1.4667
18-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	12	44	8.8	8.8
18-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	10	44	7.3333	7.3333
19-May	Banco 3252	Celda C-575	V_1211G AL	3	33.26	1.663	1.663
19-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1211G AL	4	43	2.8667	2.8667
21-May	Banco 3172	Celda C-575	V_938SS	12	43	8.6	8.6
21-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	1	43	0.7167	0.7167

21-May	Banco 3252	Celda C-575	V_940SS	3	33.26	1.663	1.663
22-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1103T OR	10	41	6.8333	7.2367
23-May	Banco 3252	Celda C-575	V_1103T OR	10	41	6.8333	7.2367
23-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	2	44	1.4667	1.4667
23-May	Banco 3172	Celda C-575	V_940SS	12	44	8.8	8.8
23-May	Banco 3172	Celda C-575	V_942SS	10	44	7.3333	7.3333
24-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1125T OR	8	41	5.4667	5.47
24-May	Banco 3172	Celda C-575	V_1124T OR	8	39	5.2	5.2
24-May	Banco 3172	Celda C-575	V_932SS	4	39	2.6	2.6
25-May	Banco 3420	Pad 2	V_1117T OR	3	22.07	1.1035	1.1035
25-May	Banco 3420	Pad 2	V_929SS	3	22.07	1.1035	1.1035
25-May	Banco 3420	Pad 2	V_940SS	2	22.07	0.7357	0.7357
25-May	Banco 3252	Celda C-575	V_1127T OR	1	41	0.6833	0.6833
26-May	Banco 3252	Celda C-576	V_1127T OR	7	37	4.3167	4.3167
26-May	Banco 3252	Celda C-576	V_1124T OR	2	41.88	1.396	1.396
26-May	Banco 3252	Celda C-576	V_929SS	1	41.88	0.698	0.698
26-May	Banco 3252	Celda C-576	V_931SS	1	41.88	0.698	0.698
27-May	Banco 3252	Celda C-576	V_932SS	2	41.88	1.396	1.396
27-May	Banco 3252	Celda C-576	V_945SS	1	41.88	0.698	0.698
27-May	Banco 3172	Celda C-576	V_1124T OR	9	40.05	6.0075	6.0122
27-May	Banco 3172	Celda C-577	V_1125T OR	9	40.5	6.075	6.075
28-May	Banco 3172	Celda C-577	V_1117T OR	3	40.5	2.025	2.0834
28-May	Banco 3420	Celda C-577	V_1120T OR	9	23	3.45	3.45
28-May	Banco 3420	Celda C-577	V_927SS	13	23	4.9833	4.9833
28-May	Banco 3420	Celda C-577	V_929SS	13	23	4.9833	4.9833

29-May	Banco 3420	Celda C-577	V_931SS	8	23	3.0667	3.0667
29-May	Banco 3420	Celda C-577	V_931SS	2	23	0.7667	0.7667
29-May	Banco 3420	Celda C-577	V_933SS	10	23	3.8333	3.8333
29-May	Banco 3420	Pad 2	V_1103T OR	7	25.43	2.9668	2.9668
29-May	Banco 3420	Pad 2	V_1117T OR	6	25.43	2.543	2.54
30-May	Banco 3420	Celda C-577	V_1103T OR	8	24	3.2	3.535
30-May	Banco 3420	Celda C-577	V_1120T OR	7	24	2.8	2.8
30-May	Banco 3420	Celda C-577	V_1127T OR	6	24	2.4	2.75
31-May	Banco 3420	Celda C-577	V_1211G AL	13	24	5.2	5.2
31-May	Banco 3420	Celda C-577	V_933SS	10	23	3.8333	3.8333
31-May	Banco 3420	Pad 2	V_1103T OR	7	25.43	2.9668	2.9668

Los resultados mostrados indican que los volquetes asumidos como muestra en el estudio realizaron en el mes de mayo un total de 634 horas de trabajo en conjunto con las excavadoras, así mismo transportaron 35730.70 Toneladas secas.

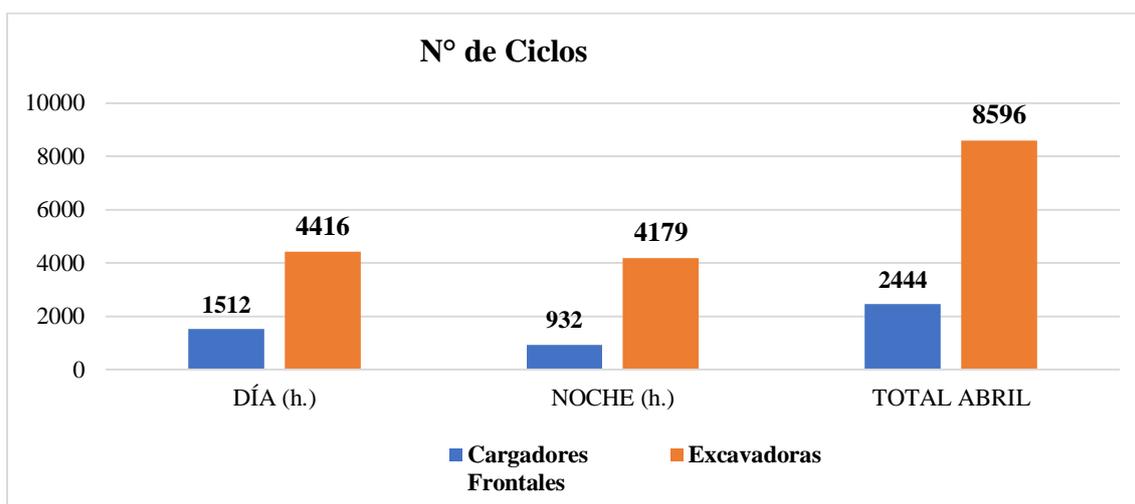


Figura 10. Gráfico comparativo de ciclos realizados – abril (Fuente: Elaboración propia, 2024).

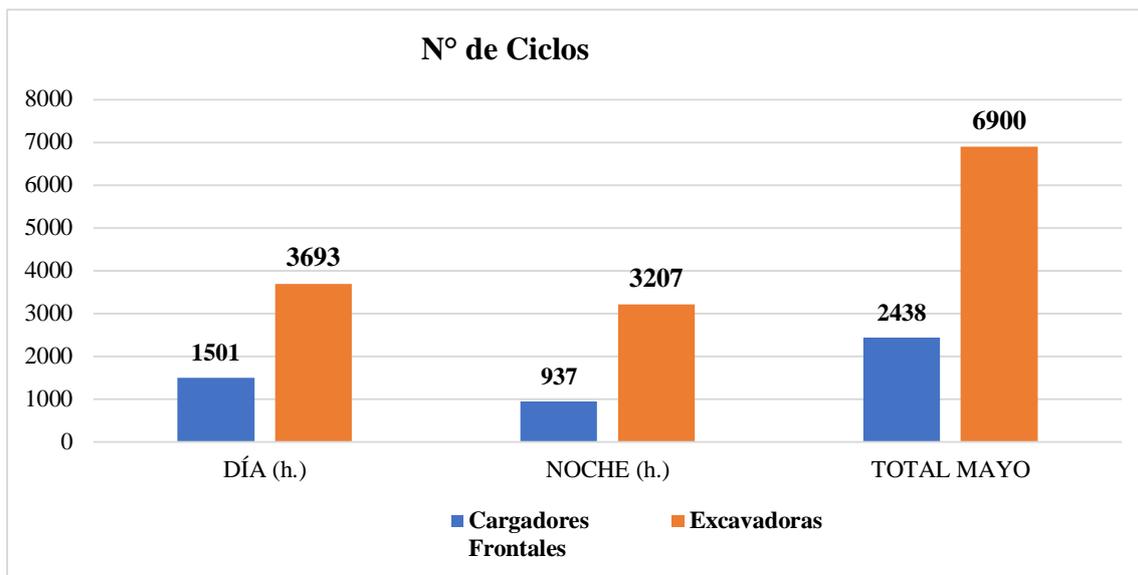


Figura 11. Gráfico comparativo de ciclos realizados – mayo (Fuente: Elaboración propia, 2024).

4.3. Número óptimo de volquetes en función del tonelaje en mina

Finalmente, respecto al tercer objetivo: Calcular el número óptimo de volquetes en función del tonelaje en mina Summa Gold Corporation – La Libertad. A continuación, se presenta los resultados del cálculo de volquetes actuales en mina y los optimizados en base al análisis realizado al desempeño de equipos.

Tabla 19. Datos generales del cálculo de # de volquetes

DATOS GENERALES DEL DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS			
Equipo de Carguío	349 DL- L260H	850	tn/hr
Frente Carguío	Bueno	1.00	
Condiciones de Vía	Media	1.085	
Condiciones de Plataforma	Media	1.085	
Capacidad de Cucharón		3.5	m ³
Distancia		2.9	km
Volquete		24	m ³
Tiempo de pase		24	segundos
Numero de pases		7	pases
Viajes/ hr		24	Viajes
Tiempo carga		2.8	Minutos
Velocidad ida		12	Km/hr

Velocidad vuelta	35	Km/hr
Tiempo descarga	1.6275	Minutos
Tiempo de cuadrado	1	Minutos
Tiempo de ida (Carga)	20.4	minutos
Tiempo de vuelta (Vacío)	5.4	minutos
Rendimiento volquete	69	Tn/hr
Ciclo total	31.2	Minutos
Ciclo acarreo	25.8	Minutos
Rendimiento acarreo	83.5	Tn/hr
Velocidad promedio	13.5	km/hr
Densidad del Material	1.64	Tn/m ³
Factor de llenado	0.95	%
Humedad	0.96	%
Tonelada volquete	35.90	tn
Horas de trabajo	19.50	Horas

Tabla 20. Target del tonelaje programado para 19 volquetes - excavadoras

Rend. tn/hr	Distancia (Km)	Velocidad Real (km/hr)	Ciclo (min)	# Volq	#Volq + 1	viajes hora	Ton/ Hr Volq	Ton Flota / Hr
850	2.9	13.5	31.21	19	20	37	69.01	1,311

Los resultados indican que los ciclos realizados con las excavadoras y los 19 volquetes deben transportar 69.01 toneladas / Hr volquete como mínimo.

Tabla 21. Target del tonelaje programado para 19 volquetes – cargador frontal

Rend. tn/hr	Distancia (Km)	Velocidad Real (km/hr)	Ciclo (min)	# Volq	#Volq + 1	viajes hora	Ton/ Hr Volq	Ton Flota / Hr
600	2.9	13.5	31.21	19	20	37	69.01	1,311

Los resultados indican que los ciclos realizados con los cargadores frontales y los 19 volquetes deben transportar 69.01 toneladas / Hr volquete como mínimo.

Para aplicar programación lineal se asumió el promedio obtenido por las excavadoras y los cargadores frontales, siendo el Target final de **1,311 Ton Flota / Hr.**

A continuación, se presenta los rendimientos promedios y costos generados por los volquetes.

Tabla 22. Rendimientos de los 19 volquetes

Volquetes	Rendimiento (Tn/Hr.)	Costo. Acarreo (\$/Tn)
1	76.5	0.654
2	74.3	0.673
3	76.5	0.654
4	69	0.725
5	69	0.725
6	69	0.725
7	69	0.725
8	69	0.725
9	69	0.725
10	76.5	0.654
11	74.3	0.673
12	74.3	0.673
13	69	0.725
14	74.3	0.673
15	74.3	0.673
16	76.5	0.654
17	74.3	0.673
18	69	0.725
19	74.3	0.673

Se aplicó programación lineal para el cálculo óptimo del número de volquetes:

Función Objetivo

Minimizar:

$$Z = 0.654X_1 + 0.673X_2 + 0.654X_3 + 0.725X_4 + 0.725X_5 + 0.725X_6 + 0.725X_7 + 0.725X_8 + 0.725X_9 + 0.654X_{10} + 0.673X_{11} + 0.673X_{12} + 0.725X_{13} + 0.673X_{14} + 0.673X_{15} + 0.654X_{16} + 0.673X_{17} + 0.725X_{18} + 0.673X_{19}$$

Sujeto a:

$$153/2x_1 + 743/10x_2 + 153/2x_3 + 69x_4 + 69x_5 + 69x_6 + 69x_7 + 69x_8 + 69x_9 + 153/2x_{10} + 743/10x_{11} + 743/10x_{12} + 69x_{13} + 743/10x_{14} + 743/10x_{15} + 153/2x_{16} + 743/10x_{17} + 69x_{18} + 743/10x_{19} - 1S_1 + 1A_1 = 1311$$

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, S_1,$

$A_1 \geq 0$

Solución:

X1= 874/51, X2= 0, X3= 0, X4= 0, X5= 0, X6= 0, X7= 0, X8= 0, X9= 0, X10= 0, X11= 0, X12= 0, X13= 0, X14= 0, X15= 0, X16= 0, X17= 0, X18= 0, X19= 0, S1= 0

Los datos presentados permiten afirmar que para cumplir con el target programado de **1,311 Ton Flota / Hr**, se debe trabajar con **17 (874/51)** volquetes, por tanto, se requiere reducir 2 quipos de acarreo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El análisis del desempeño de los equipos de carguío indica que, a pesar de una ligera disminución en las horas trabajadas, se mantienen los KPI'S de alta eficiencia operativa. En abril, las excavadoras registraron un total de 436.491 horas de trabajo, mientras que en mayo se redujeron a 411.169 horas; sin embargo, la Disponibilidad Mecánica se mantiene en un 99%, reflejando una excelente gestión del tiempo de operación y un bajo tiempo de inactividad. La evaluación de los KPI'S de los equipos de carguío revela un desempeño generalmente eficiente, evidenciado por una alta Disponibilidad Mecánica del 99% y una adecuada Utilización del 85%, a pesar de la ligera disminución en las horas trabajadas.

En abril, los volquetes de 24 m³ realizaron un total de 176.2 horas de trabajo con cargadores frontales, transportando 9,351.5 toneladas secas, mientras que con excavadoras trabajaron 755 horas, transportando 45,851.03 toneladas. En mayo, se observó un ligero descenso en el uso de cargadores frontales, con 167.1 horas y un transporte de 8,862.8 toneladas, pero un notable aumento en el rendimiento de las excavadoras, que realizaron 634 horas de trabajo y transportaron 35,730.70 toneladas. Este análisis sugiere que, aunque el transporte con cargadores frontales ha disminuido, la eficiencia de las excavadoras ha mostrado una tendencia positiva.

Se determinó que para alcanzar el objetivo de 1,311 toneladas por flota/hora, se necesitan 17 volquetes, lo que implica reducir 2 equipos de acarreo. Además, se concluye que los KPIs de los equipos de carguío y acarreo son cruciales para el cálculo óptimo del número de volquetes en la mina Summa Gold Corporation, ya que los cargadores y excavadoras superan el 85% en disponibilidad y utilización.

5.2 RECOMENDACIONES

Para abordar la situación del desempeño de los equipos de carguío, se recomienda al área operativa de Summa Gold Corporation evaluar la logística de los volquetes y explorar soluciones para optimizar los tiempos de carga y descarga. Comparando estos indicadores con los estándares del sector, se puede identificar oportunidades para mejorar aún más el desempeño. Así, aunque los resultados son positivos, implementar estas acciones proactivas podría maximizar la productividad y contribuir al éxito general de la operación.

Así mismo, se recomienda evaluar las razones detrás de la reducción en el uso de cargadores frontales y considerar la posibilidad de redistribuir recursos o ajustar la planificación de trabajo para maximizar la eficiencia en ambos tipos de maquinaria. Además, sería beneficioso implementar un seguimiento continuo de las horas trabajadas y las toneladas transportadas para identificar áreas de mejora y optimizar la operatividad en los próximos meses.

Se recomienda implementar inteligencia artificial en el monitoreo de la flota de carguío y acarreo, como en Summa Gold, para mejorar eficiencia, seguridad y reducir costos. Actualmente, existen softwares como Hexagon Mining - MineOptima y Caterpillar - Cat MineStar, que utilizan algoritmos de optimización y análisis predictivo para planificar, monitorear y anticipar mantenimiento, optimizar rutas y asignar recursos mediante aprendizaje automático y análisis de datos en tiempo real.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo (2018). “Optimización de la flota de volquetes en el acarreo, para incrementar la producción en la Mina Los Andes Perú Gold - Huamachuco”. (tesis pre grado). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- Anchiraico, A. y Rojas, K. (2020). “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”. (tesis pre grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.
- Bonzi, J. (2016). “Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres”. (tesis pre grado). Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Cahuari, A. (2019). “Optimización del uso de los equipos de carguío y acarreo en minería superficial en la compañía minera corporación del centro Gold Mining SAC - Región La Libertad”. (tesis pre grado). Universidad Nacional de Altiplano. Puno, Perú.
- Bazán, A. (2016). “Cálculo del número de unidades de la flota de camiones en el tajo abierto San Gerardo, perteneciente a la Compañía Minera Atacocha”. Universidad Continental. 201 p. Huancayo, Perú.
- Bärman, A. (2023). *Mixed-Integer Nonlinear Programming*. Springer.
- Bustamante, J. (2018). “Optimización de la productividad de los equipos de carguío y acarreo en Gold Fields La Cima S.A mediante la disminución de las demoras operativas más significativas”. (tesis pre grado). Universidad Nacional de Cajamarca.
- Burt, C., Caccetta, L., Hill, S., Welgama, P., Zenger, A. and Argent, R. M. (2005). “Models for mining equipment selection. International Congress Modeling Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand”, pp. 1730-1736.
- Cahuari, A. (2019). “Optimización del uso de los equipos de carguío y acarreo en minería superficial en la compañía minera corporación del centro Gold Mining SAC - Región La Libertad”. (tesis pre grado). Universidad Nacional de Altiplano. Puno, Perú.
- Checya, D. (2015). “Gestión de la operación de equipos de movimiento de tierras para

- mejorar el rendimiento de carguío y acarreo en la mina Antapaccay”. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 128 p. Arequipa, Perú.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.).
- Cruzat, A. (2008). “Manual de Cargue y Transporte”. Universidad de la Serena. 280 p. Cochimbo, Chile.
- Dantzig, G. B. (2020). *Linear programming and extensions*. Princeton University Press.
- García, J. (2021). *Metodología de la investigación: Fundamentos y aplicaciones*. Editorial Académica.
- García, M. (2023). La relación entre la tecnología y la productividad en empresas emergentes. *Revista de Economía Contemporánea*, 15(2), 45-60.
- Huarocc, C. (2014). “Optimización Del Carguío Y Acarreo Del Mineral Mediante El Uso De Indicadores, Clave Desempeño UM. Chuco II De EM Upcar Mining Sac”. Huancayo. : Ed, uncp, 2014.
- Kaddah, H., & Elhoseny, M. (2021). Intelligent fleet management system based on IoT and machine learning. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(8), 206-214.
- Lins, O. Cano, A., Dos, A. y Arroyo, C. (2018). “Dimensionamiento de flota en las operaciones de carguío y transporte usando modelos de simulación de sistemas”. *Interfaces*, (11), 43-55.
- Martínez, J. (2022). *Fundamentos de la minería: Carguío, acarreo y descarga*. Editorial Minera.
- MINEM. (2017). Decreto Supremo N° 025-2017-EM: Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Ortiz, J. (2013). “Apuntes de Curso de Explotación de Minas”. Universidad de Chile. 338 p. Santiago, Chile.
- Quiroga, P. (2016). “Diseño de herramienta computacional para control de KPI de operadores de carguío y transporte – Mina los Bronces”. (tesis pre grado). Universidad de Chile.
- Romero, A. (2021) en su tesis denominada “Evaluación de equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones, Minera San Cristóbal S.A.A.”. (tesis pre grado). Universidad Continental. Huancayo, Perú.
- Rojas, D. y Muñoz, I. (2021). “Influencia de las demoras efectivas y mecánicas en los KPIS de carguío del equipo Cat 374 FL, en una mina a tajo abierto en Cajamarca,

- 2021”. (tesis pre grado). Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú.
- Rondan, E. (2014). “Producción real vs. producción potencial de equipos de carguío y acarreo y aplicación del match factor para determinar el número óptimo de volquetes mina Arasi”. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 114 p. Arequipa, Perú.
- Saldaña, A. (2014). “Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Chaquicocha bajo clima severo – Minera Yanacocha”.
- Smith, J. A. (2022). Productividad en el siglo XXI: Estrategias para el éxito. Editorial Ejemplo.
- Summa Gold. (2023). “Plan de minado – Unidad minera El Toro”.
- Valdivieso, M. (2018). “Cálculo de camiones para el transporte de mineral y desmonte en Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.”. (tesis pre grado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Xu, Y., & Xu, Y. (2020). Smart mining: The application of artificial intelligence in the mining industry. *Mining Technology*, 129(2), 63-71.

ANEXOS

1. Variables de carguío (Variables de carguío, Condiciones de plataforma y Condiciones de vía)
2. Fichas técnicas
3. Planos:
 - Plano 1: Sección de acceso al tajo.
 - Plano 2: Tajo Sección A-A´.
 - Plano 3: Diseño del Tajo Final.

Anexo 01

A continuación, se presentan algunas variables determinantes en el desempeño de los equipos.

Tabla 23. Variables de carguío

Equipo	Rendimiento (tn/hr)	Tarifa (US\$/hr)	Capacidad Cucharón	Tiempo de pase
750DL_01CED	1050	150	5.16	20
390FL_01SS	1250	180	6.15	20
374FL_02SAG	1000	150	5.1	20
374FL_01SS	1000	150	5.1	20
374DL_03MAC	1000	150	5	20
374DL_01SAG	1000	150	5	20
349DL_04SS	850	127	3.5	24
349DL_03SS	850	127	3.5	24
349DL_01SAG	850	127	3.5	24
L260H_01CED	850	116	6.2	26
L150H_CED	600	79	4	28
L260H_02CED	850	116	6.2	26
390FL_02SS	1250	180	6.15	20

Tabla 24. *Condiciones de plataforma*

Condición descarga/ posicionamiento	Tiempo de descarga
Favorable	1.000
Media	1.085
Desfavorable	1.090

Tabla 25. *Condiciones de vía*

Condiciones de vía	Factor
Bueno	1
Media	1.085
Mala	1.090

Anexo 02

Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 390 F L

Motor	
Modelo de motor	Cat C18 ACERT
Potencia: ISO 14396 (sistema métrico)	405 kW (551 hp)
Potencia neta: ISO 9249 (sistema métrico)	391 kW (532 hp)
Potencia neta: CEE 80/1269 (sistema métrico)	391 kW (532 hp)
Calibre	145 mm
Carrera	183 mm
Cilindrada	18,1 L
<ul style="list-style-type: none"> • La 390F L cumple las normativas sobre emisiones Stage IV de la UE. • No se precisa reducción de potencia del motor por debajo de los 2300 m de altitud. • Potencia a 1700 rev/min (implemento). 	

Pesos de funcionamiento	
Configuración mínima: alcance	86 275 kg
Configuración máxima: excavación de gran volumen	92 020 kg

Transmisión	
Velocidad de desplazamiento máxima	4,5 km/h
Máxima fuerza de tracción en la barra de tiro	590 kN

Cadena	
Estándar	900 mm
Opcional	750 mm
Opcional	650 mm
Número de zapatas a cada lado	51
Número de rodillos de la cadena a cada lado	9
Número de rodillos superiores a cada lado	3

Mecanismo de giro	
Velocidad de giro	6,2 rev/min
Par de giro	260 kN·m

Capacidades de llenado de servicio	
Capacidad del depósito de combustible	1240 L
Sistema de refrigeración	74 L
Aceite del motor	60 L
Mando del giro (cada uno)	19 L
Mando final (cada uno)	21 L
Capacidad de aceite del sistema hidráulico (incluido el depósito)	997 L
Aceite del depósito hidráulico	813 L
Depósito de DEF	48 L

Sistema hidráulico	
Sistema principal: caudal máximo (total)	
Implemento	952 L/min
Desplazamiento	1064 L/min
Sistema de giro: caudal máximo	Sin bomba de giro
Presión máxima	
Equipo: normal	35 000 kPa
Desplazamiento	35 000 kPa
Giro	35 000 kPa
Sistema piloto	
Caudal máximo	67 L/min
Presión máxima	4,0 – 4,4 MPa
Cilindro de la pluma	
Calibre	210 mm
Carrera	1967 mm
Cilindro del balancín	
Calibre	220 mm
Carrera	2262 mm
Cilindro del cucharón tipo HB2	
Calibre	200 mm
Carrera	1451 mm
Cilindro del cucharón tipo JC	
Calibre	220 mm
Carrera	1586 mm

Niveles de ruido	
Nivel de presión acústica en los oídos del operador ISO 6396	74 dB(A)
Nivel de potencia acústica exterior ISO 6395	109 dB(A)*

* Por la Directiva de la Unión Europea 200/14/CE, modificada por 2005/88/CE.

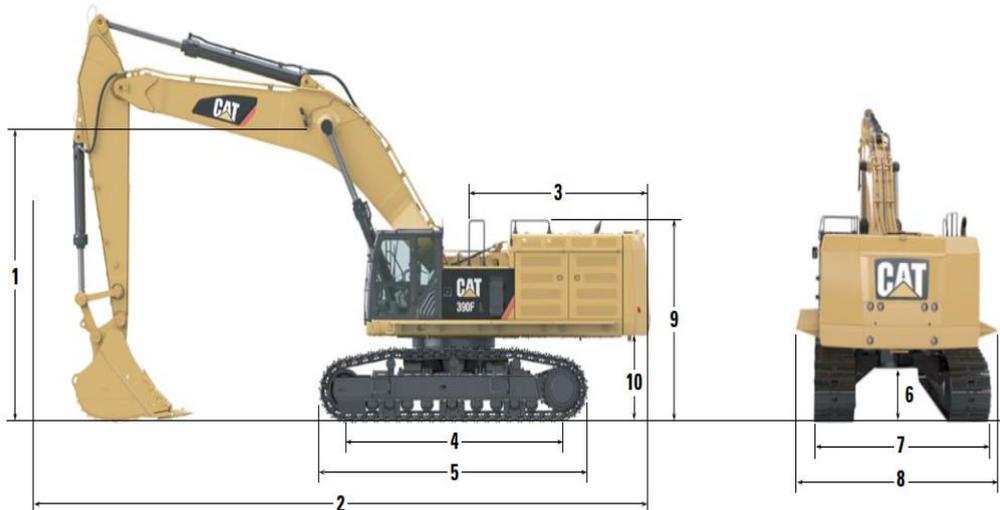
- Cuando está correctamente instalada y mantenida, la cabina que ofrece Caterpillar, comprobada con las puertas y las ventanillas cerradas conforme a ANSI/SAE J1166 OCT 98, cumple los requisitos de las normas OSHA y MSHA referentes a los límites de exposición acústica del operador aplicados en el momento de la fabricación.
- Cuando se trabaje mucho tiempo con las puertas o ventanillas de la cabina abiertas en lugares muy ruidosos o si la cabina no ha sido mantenida correctamente, el operador de la máquina podría necesitar protección en los oídos.

Normas	
Frenos	SAE J1026/APR90
Cabina/FOGS	SAE J1356/FEB88 ISO 10262

Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 390F L

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.



Opciones de pluma

Opciones de balancín	Pluma de alcance 10,0 m			Pluma GP 8,4 m			Pluma de alta producción 7,25 m	
	R5.5 m	R4.4 m	R5.5 m	R4.4 m	G3.4 m	M3.4 m	M2.92 m	
1 Altura de embarque	mm 5490	5070	5840	5290	5160	5310	4890	
2 Longitud de embarque	mm 16 290	16 330	14 500	14 690	14 720	13 550	13 690	
3 Radio de giro de la cola	mm 4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700	
4 Distancia entre los centros de los rodillos	mm 5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120	
5 Longitud de la cadena	mm 6358	6358	6358	6358	6358	6358	6358	
6 Altura libre sobre el suelo	mm 900	900	900	900	900	900	900	
7 Ancho de vía (retraído)	mm 2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	
Ancho de vía (expandido)	mm 3510	3510	3510	3510	3510	3510	3510	
8 Anchura de transporte								
Zapata de 650 mm	mm 4160	4160	4160	4160	4160	4160	4160	
Zapata de 750 mm	mm 4260	4260	4260	4260	4260	4260	4260	
Zapata de 900 mm	mm 4410	4410	4410	4410	4410	4410	4410	
9 Altura del pasamanos	mm 3830	3830	3830	3830	3830	3830	3830	
10 Altura libre desde el contrapeso	mm 1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640	
Tipo de cucharón	GD	GD	GD	GD	SD	SDV	SDV	
Capacidad del cucharón	m ³ 3,9	3,9	4,6	4,6	4,6	6,0	6,0	
Radio de la punta del cucharón	mm 2424	2424	2319	2319	2319	2505	2505	

Volvo L260H al detalle

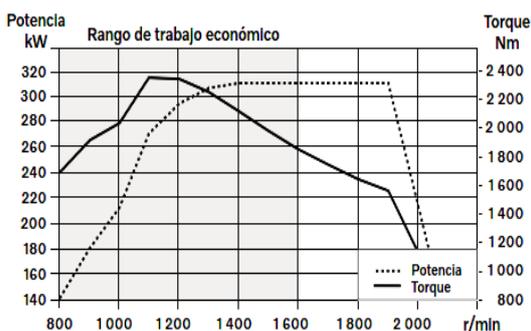
Motor

Motor Volvo a diesel turbocargado V-ACT Etapa IIIA, de 13 litros, 6 cilindros en línea con 4 válvulas por cilindro, árbol de levas elevado e inyectores de unidad controlados electrónicamente. El motor tiene camisas de cilindro húmedas reemplazables y guías y asientos de válvula reemplazables. Las posiciones del acelerador se transmiten electrónicamente desde el pedal del acelerador o desde el acelerador manual opcional.

Purificación del aire: 2 etapas.

Sistema de enfriamiento: Ventilador hidrostático, controlado electrónicamente e interenfriador del tipo aire a aire.

Motor	Volvo	D13E
Potencia máxima a	Rpm	1 500
SAE J1995 bruta	kW	310
	hp	421
ISO 9249, SAE J1349 neta	kW	309
	hp	420
Torque máximo a	Rpm	1 100
SAE J1995 bruta	Nm	2 343
ISO 9249, SAE J1349 neta	Nm	2 328
Rango de funcionamiento económico	Rpm	800 - 1 600
Cilindrada	l	12,8



Sistema eléctrico

Sistema de advertencia central:

Sistema eléctrico Conronic con luz de advertencia central y zumbador para las siguientes funciones: - Falla grave del motor - Baja presión del sistema de dirección - Advertencia de sobrerregimen del motor - Interrupción en la comunicación (error de la computadora)

Luz de advertencia central y zumbador con la marcha engranada para las siguientes funciones: - Baja presión del aceite del motor - Alta temperatura del aceite del motor - Alta temperatura del aire de carga - Bajo nivel de refrigerante - Alta temperatura del refrigerante - Alta presión del cárter - Baja presión del aceite de transmisión - Alta temperatura del aceite de transmisión - Baja presión de los frenos - Freno de estacionamiento aplicado - Falla de la carga de los frenos - Bajo nivel de aceite hidráulico - Alta temperatura del aceite hidráulico - Sobrerregimen en la marcha engranada - Alta temperatura del aceite de refrigeración de los frenos en el eje delantero y el trasero.

Voltaje	V	24
Baterías	V	2 x 12
Capacidad de la batería	Ah	2 x 170
Capacidad de arranque en frío, aprox.	A	1 000
Capacidad nominal del alternador	W/A	2 280/80
Potencia del motor de arranque	kW	7

Tren motriz

Convertidor de torque: Una etapa.

Transmisión: Transmisión de eje secundario Volvo con un solo control de palanca. Cambios de velocidad rápidos y suaves con válvula de modulación por ancho de pulso (PWM). Convertidor de torque con bloqueo.

Transmisión: Servotransmisión automática (APS) de Volvo con cambio de marchas totalmente automático 1-4 y selector de modo con 4 programas de cambio de marchas diferentes, incluido el modo AUTOMÁTICO.

Ejes: Semiejes totalmente flotantes de Volvo con reductores de cubos planetarios y carcasa para ejes de hierro dúctil. Eje delantero fijo y eje trasero oscilante. Bloqueo de diferencial al 100% en el eje delantero.

Transmisión	Volvo	HTL310
Multiplicación del torque, relación de ahogamiento		2.02:1
Velocidad máxima, marcha adelante/atrás		
1a	Km/h	6.7/6.6
2a	Km/h	11.6/11.4
3a	Km/h	21.7/21.4
4a	Km/h	36.5/36.1
Medida con neumáticos		29.5R25 L4
Eje delantero/eje trasero		AWB 50B / 41
Oscilación del eje trasero	± °	15
Altura libre inferior	mm	600
en oscilación	°	15

Sistema de dirección

Sistema de dirección: Dirección articulada, hidrostática y sensible a la carga.

Alimentación del sistema: El sistema de dirección tiene alimentación prioritaria de una bomba sensible a la carga de pistones axiales con desplazamiento variable.

Cilindros de dirección: Dos cilindros de doble efecto.

Cilindros de dirección		2
Diámetro interior del cilindro	mm	90
Diámetro del vástago	mm	60
Carrera	mm	525
Presión de trabajo	MPa	26
Flujo máximo	l/min.	202
Articulación máxima	± °	37

Reabastecimiento de servicio

Accesibilidad de servicio: Cofre grande, fácil de abrir, que cubre el departamento de motor completo, operado electrónicamente. Los filtros de líquidos y los de la aireación de componentes favorecen intervalos por mantenimiento más espaciados. Posibilidad de monitorear, registrar y analizar datos para facilitar la resolución de problemas.

Tanque de combustible	l	366
Tanque de DEF/AdBlue®	l	31
Refrigerante del motor	l	55
Depósito de aceite hidráulico	l	226
Aceite de transmisión	l	48
Aceite de motor	l	50
Aceite de eje delantero	l	78
Aceite de eje trasero	l	80

Sistema hidráulico

Suministro del sistema: Dos bombas con cilindrada variable con pistones axiales sensibles a la carga. El sistema de dirección siempre lleva la prioridad.

Válvulas: Válvula de 2 bobinas de doble actuación. Una válvula piloto de 2 bobinas controla la válvula principal.

Función de elevación: La válvula tiene tres posiciones: posición de elevar, sostener y bajar. La desconexión inductiva/magnética automática de la pluma se puede activar y desactivar y es ajustable a cualquier posición entre el alcance máximo y la altura total de elevación.

Función de inclinación: La válvula tiene tres funciones incluyendo: recoger, sostener y verter. La inclinación inductiva/magnética automática se puede ajustar al ángulo de cuchara que se desee.

Cilindros: Cilindros de doble actuación para todas las funciones.

Filtro: Filtrado de flujo total por un cartucho de 10 micras (absoluto).

Presión de trabajo máxima, bomba 1 para el sistema hidráulico de trabajo	MPa	29.0 ± 0.5
Flujo	l/min.	252
a	MPa	10
velocidad del motor	Rpm	1 900
Presión de trabajo máxima, bomba 2 para dirección-, freno-, piloto- y sistema hidráulico de trabajo	MPa	31.0 ± 0.5
Flujo	l/min.	202
a	MPa	10
velocidad del motor	Rpm	1 900
Presión de trabajo máxima, bomba 3 para freno- y sistema de ventilador de enfriamiento	MPa	25.0 ± 0.5
Flujo	l/min.	83
a	MPa	10
velocidad del motor	Rpm	1 900
Sistema piloto, presión de operación	MPa	3.2 - 4.0
Tiempos de ciclo		
Elevación	s	7.1
Inclinación	s	1.9
Bajar, vacía	s	4.1
Tiempo total de ciclo	s	13.1

Sistema de brazos de elevación

Barra Z		
Cilindros de elevación		2
Diámetro interior del cilindro	mm	190
Diámetro del vástago del pistón	mm	110
Carrera	mm	873
Cilindro de basculamiento		1
Diámetro interior del cilindro	mm	220
Diámetro del vástago del pistón	mm	120
Carrera	mm	570

Sistema de frenos

Freno de servicio: Sistema Volvo de circuito doble con acumuladores cargados con nitrógeno. Frenos de disco húmedos totalmente sellados, enfriados por circulación de aceite, montados fuera de borda, con operación totalmente hidráulica. El operador puede seleccionar el desembrague automático de la transmisión al frenar por medio de un interruptor en el tablero de instrumentos.

Freno de estacionamiento: Freno de disco seco. Aplicado por fuerza de resorte, liberación electro-hidráulica con un interruptor en el tablero de instrumentos.

Freno secundario: Circuitos de freno doble con acumuladores recargables. Un circuito o el freno de estacionamiento satisfacen todos los requerimientos de seguridad.

Estándar: El sistema de frenos cumple con los requerimientos de ISO 3450.

Número de discos de freno por rueda delantera/trasera		2 - 1
Número de discos de freno por rueda delanteros		2
Número de discos de freno por rueda		1
Acumuladores	l	2 x 1.0 + 1 x 0.5
Acumuladores para freno de estacionamiento	l	1 x 0.5

Cabina

Instrumentación: Toda la información importante está ubicada centralmente en el campo visual del operador. Pantalla para el sistema de monitoreo Contronic.

Calefactor y desempañador: Bobina de calefactor con aire fresco filtrado y ventilador con automático y 11 velocidades. Ventiladores de desempañador para todas las áreas de ventanillas.

Asiento del operador: Asiento del operador con suspensión ajustable y cinturón de seguridad retráctil. El asiento está montado sobre un soporte en la pared y piso traseros de la cabina. Los rieles del asiento absorben las fuerzas del cinturón de seguridad retráctil.

Estándar: La cabina se prueba y aprueba de acuerdo a ROPS (ISO 3471), FOPS (ISO 3449). La cabina cumple con los requerimientos de acuerdo con ISO 6055 (Protección elevada del operador - Camiones industriales) y con SAE J386 ("Sistema de restricción del operador").

Se utiliza refrigerante del tipo R134a cuando esta máquina está equipada con aire acondicionado. Contiene gas fluorado de efecto invernadero R134a, Potencial de calentamiento global 1.430 t CO₂-eq

Ventilación	m ³ /min	9
Capacidad de calefacción	kW	16
Aire acondicionado (opcional)	kW	7.5

Nivel de sonido

Nivel de presión de sonido en la cabina de acuerdo con ISO 6396		
L _{PA}	dB	70
Nivel de sonido externo de acuerdo con ISO 6395 y la Directiva UE de ruido 2000/14/CE		
L _{WA}	dB	109

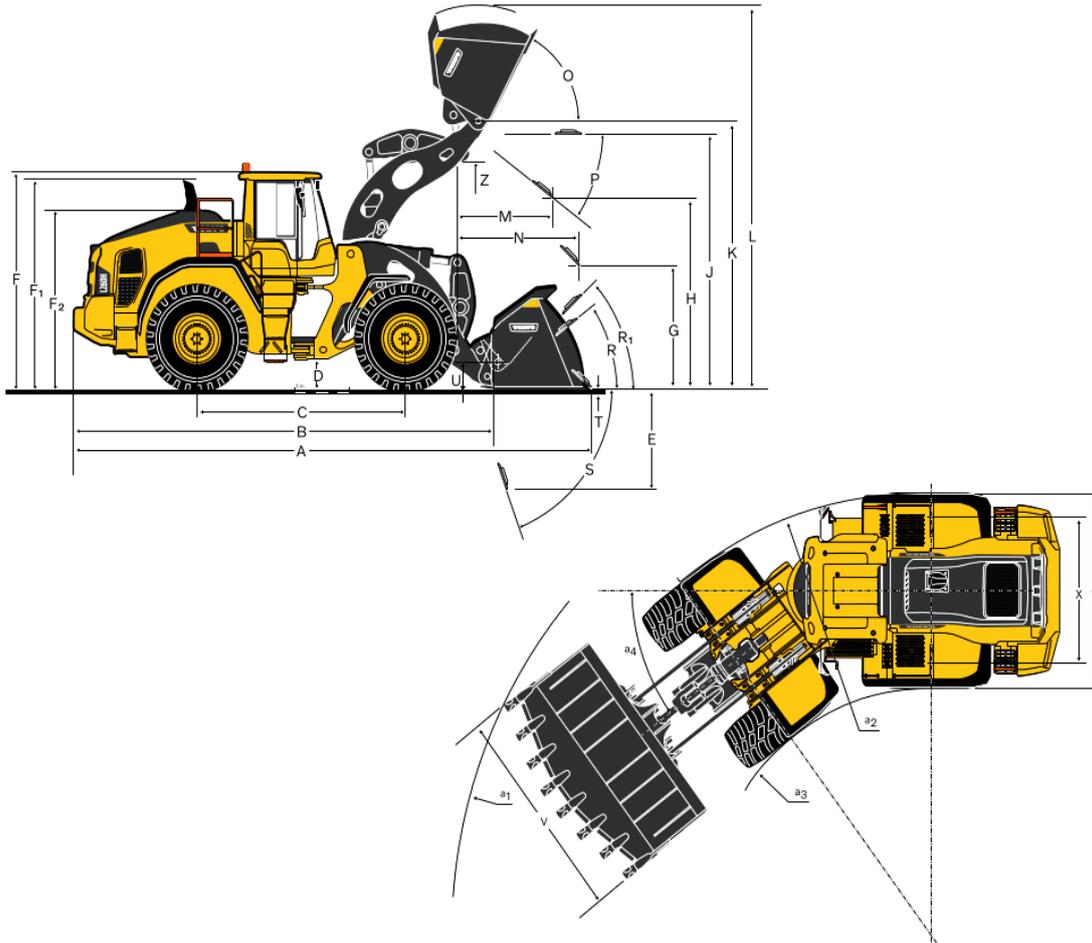
Especificaciones

Neumáticos L260H: 29.5 R25 L4		Pluma estándar	Pluma larga
A	mm	9 670	9 974
B	mm	7 590	7 860
C	mm	3 800	3 800
D	mm	520	529
E	mm	1 910	1 997
F	mm	3 720	3 726
F1	mm	3 610	3 621
F2	mm	2 870	2 883
G	mm	2 133	2 133
H	mm	3 090	3 408
J	mm	4 320	4 683
K	mm	4 620	4 989
L	mm	6 450	6 816
M	mm	1 810	1 733
N	mm	2 390	2 668
O	°	62	57
Descarga hacia adelante en K y M	°	43	45
P	°	43	47
R	°	42	44
R1	°	48	51
S	°	75	81
Ángulo de nivelación	°	42	46
T	mm	156	214
U*	mm	560	650
V	mm	3 580	3 580
X	mm	2 400	2 400
Y	mm	3 160	3 160
Z	mm	3 840	3 848
a1	mm	16 370	16 597
a2	mm	7 260	7 259
a3	mm	4 100	4 099
a4	°	37	37

* Posición de acarreo SAE

Cuchara: 6.4 m³ STE P T SEG

En donde sea aplicable, las especificaciones y dimensiones son de acuerdo con ISO 7131, SAE J732, ISO 7546, SAE J742, ISO 14397, SAE J818.





VOLVO FMX 8X4R

VOCACIONAL

380/420/460/500 CV



Volvo Trucks. Acelerando el futuro.

✓ 13 LITROS

✓ CABINA EXTENDIDA
TECHO NORMAL

✓ CAJA I-SHIFT CON SOFT HD

✓ AIRBAG

✓ EJE CON REDUCTOR
DE CUBOS

DATOS TÉCNICOS

MOTOR

Modelo: VOLVO D13C Euro 5

Características: 12,8 lts, 6 cilindros en línea y 4 válvulas por cilindro.

Unidades individuales de inyector bomba. Sistema de inyección con gerenciamiento electrónico.

Potencias: 380 / 420 / 460 / 500 CV (1.400 a 1.900 rpm)

Torques: 1.900 / 2.100 / 2.300 / 2.500 Nm (1.000 a 1.400 rpm)

CAJA DE VELOCIDADES

Modelo: Volvo AT2612F

Tipo: Automatizada sin sincronizados

Sistema: I-Shift con soft HD

Marchas: 12 Velocidades (14,94:1 - 1:1)

Opcional: I-Shift de 14 marchas, 12 + 2 super reducidas (32,04:1 / 19,38:1)

SUSPENSIÓN DELANTERA

Tipo: Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora.

Capacidad: 16.000 a 20.000 kg

FRENOS

Tipo: A tambor con ABS, EBS y control de tracción.

Freno auxiliar: Freno de motor VEB a través de válvulas de 410 CV (para 380/420) o VEB+ de 510 CV (para 460/500)

Opcional: Retardador Hidráulico

TANQUES DE COMBUSTIBLE

Tipo: Rectangular plástico.

Capacidad: 400 lts (entre ejes 4.350 mm)

Aditivo SCR: Capacidad 32 lts

DIFERENCIAL

Modelo: RTH3210F con red. de cubos.

Relación de reducción: 3,33 / 3,46 / 3,61 / 3,76 / 3,97 / 4,12 / 4,55 / 5,41 / 6,18 / 7,21

Capacidad de arrastre: 100 Ton*

* (consultar para mayores capacidades)

Opcional: RTS2370 sin red. de cubos

SUSPENSIÓN TRASERA

Tipo: Ballestas semielípticas con amortiguadores y barra estabilizadora.

Capacidad: 26.000 a 32.000 kg

Opcional: Parabólica o neumática de 8 fuelles (21.000 a 26.000 kg)

CHASIS

Material: Acero especial LNE60 de alta resistencia y bajo peso, con refuerzo interno.

Altura: 300 mm / Ala: 90 mm

Espesor + refuerzo: 9 + 5 mm

Gancho delantero para remolque de 32 Ton.

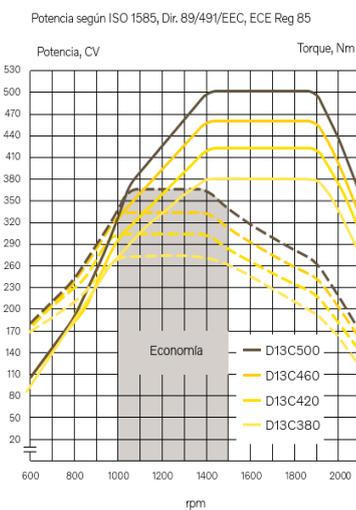
NEUMÁTICOS Y LLANTAS

Neumáticos: 12R20

Llantas: Acero

Opcional: 315/80R22,5 - 325/95R24 - 295/80R22,5

D13C Potencia/Torque



PESOS Y CAPACIDADES (Kg)

	Eje delantero	Eje trasero	Total
Capac. técnica	16.000 a 20.000	21.000 a 32.000	37.000 a 52.000
Límite legal	10.000	18.000	28.000
Peso del chasis*	7.133	3.772	10.905

* Pesos estimados con 100 lts de combustible, sin chofer y con rueda de auxilio. Llantas de acero, frenos a tambor, cabina extendida techo normal y eje RTH 3210F. Distancia entre ejes 4.350 mm. Para eje sin reductor RTS 2370 restar 150 Kg.

MEDIDAS

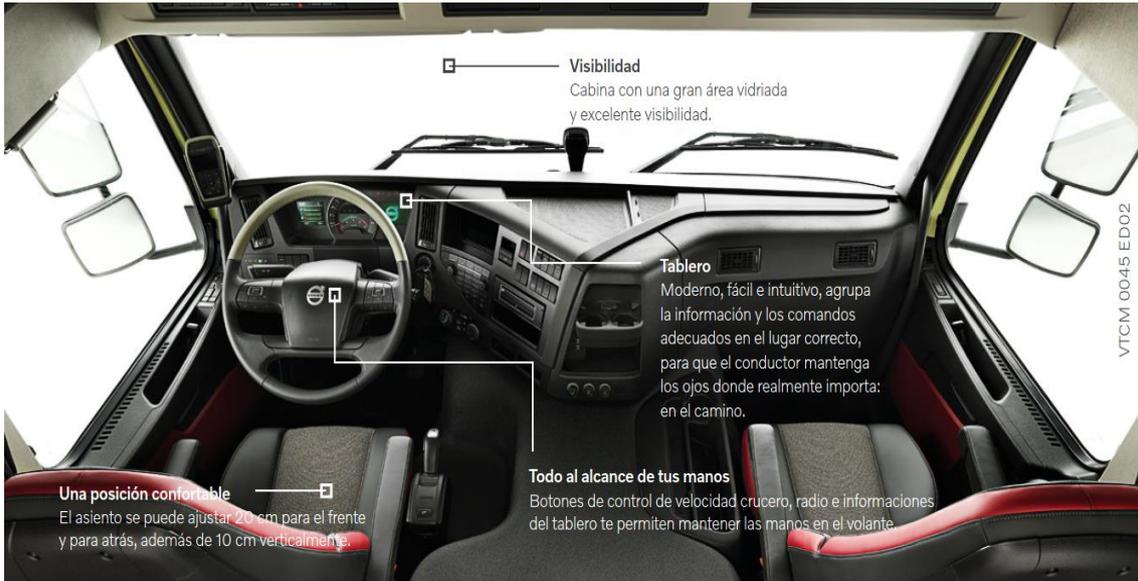
Cabina FMX: Cabina extendida techo normal, con paragolpes de acero y mayor ángulo de ataque especialmente diseñado para trabajos pesados. Suspensión mecánica. Opcional cabina dormitorio (techo normal o alto).



A: Entre ejes. De 4.350 a 5.600 mm (distancias mayores bajo consulta).
B: Voladizo trasero (en función del entre ejes)



*Altura techo normal chasis X-High
(varía dependiendo del tipo de chasis y neumáticos utilizados).



VTCM 0045 ED02

Visibilidad
Cabina con una gran área vidriada y excelente visibilidad.

Tablero
Moderno, fácil e intuitivo, agrupa la información y los comandos adecuados en el lugar correcto, para que el conductor mantenga los ojos donde realmente importa: en el camino.

Una posición confortable
El asiento se puede ajustar 20 cm para el frente y para atrás, además de 10 cm verticalmente.

Todo al alcance de tus manos
Botones de control de velocidad crucero, radio e informaciones del tablero te permiten mantener las manos en el volante.

DESCANSO Y CONFORT

Parasol en parabrisas. Volteo de cabina hidráulico. Cierre de puertas a distancia. Alfombras de goma FMX.

PUESTO DE CONDUCCIÓN

Asiento de lujo con suspensión neumática. Asiento pasajero fijo. Columna de dirección ajustable. Volante con comandos para estéreo y computadora de a bordo. Radio con CD. Display secundario estándar.

CLIMATIZACIÓN

Aire acondicionado manual. Escotilla techo con accionamiento manual. Climatizador de techo opcional.

SEGURIDAD

Cabina de última generación construida bajo el concepto de módulo de supervivencia. Airbag. Control de velocidad crucero. Luces diurnas de led. Protección de faros delanteros. Cinturones de seguridad rojos. Alarma de marcha atrás.



Vehículos a medida
Configuraciones especiales (entre ejes, cabinas, relaciones diferenciales, suspensiones, etc.)

Pasador de remolque delantero
Garantizado por tests internos con fuerzas por encima de 32 toneladas.

Paragolpes de acero
Mejor ángulo de ataque, más robusto y con escalón de acceso para el limpia parabrisas.

Altura
Versiones con mayor despeje.

Toma de aire elevada
Permite una inhalación de aire más puro, prolongando la vida útil del motor.

Tomas de fuerza para todas las aplicaciones
Uso continuo o intermitente, amplia gama de relaciones y potencias.

Suspensión trasera
Opciones con varias capacidades y suspensiones reforzadas (TR2 de 32 toneladas)

Ejes delanteros
Nuevo eje dinámico para soportar condiciones todavía más complicadas de aplicación.

OPCIONALES

- Salida de escape vertical
- Toma de fuerza de caja/motor
- Configuración 4x4/6x6 (T/R)
- Diferentes distancias entre ejes
- Escalera
- Color de cabina
- Calefactor estacionario de cabina
- Butaca de acompañante doble
- Cabina dormitorio (Techo normal o alto)

SISTEMA DE GESTIÓN DE FLOTAS

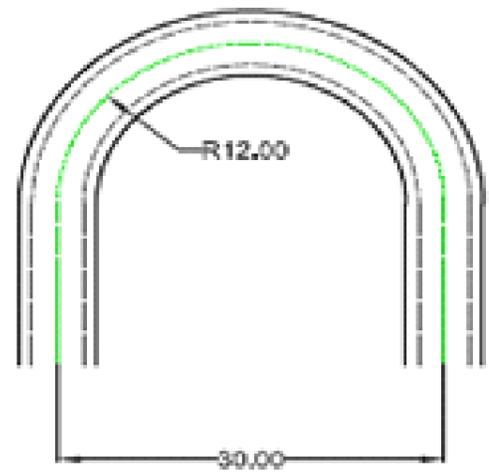
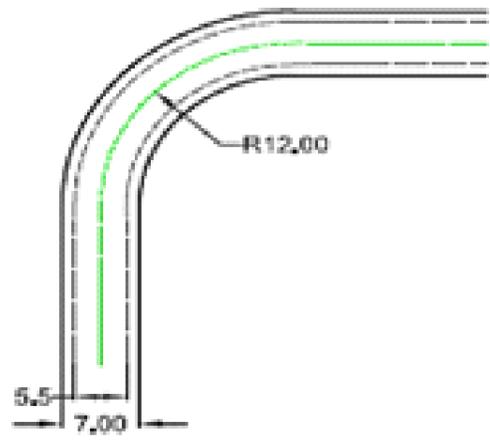
DYNAFLEET
Seguimiento y optimización del desempeño del camión en forma remota.

CONTRATOS DE MANTENIMIENTO

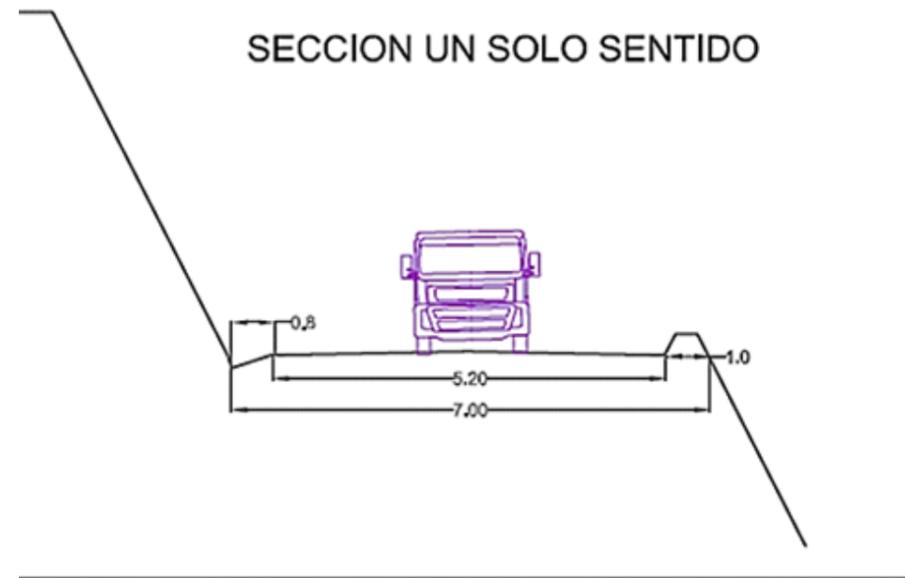
PROGRAMA AZUL
Mantenimiento preventivo básico: 12 meses.

PROGRAMA AZUL PLUS
Mantenimiento preventivo completo: 12 meses.

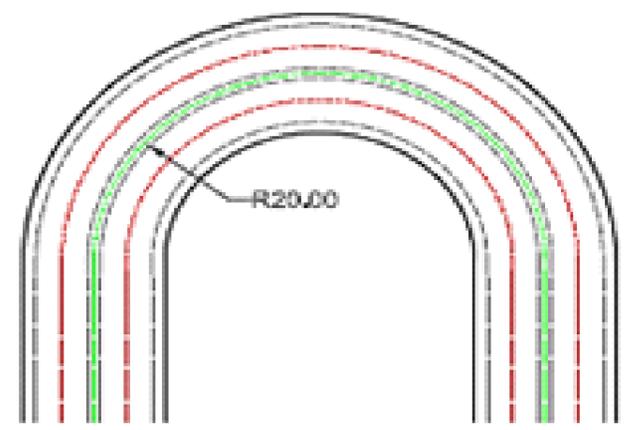
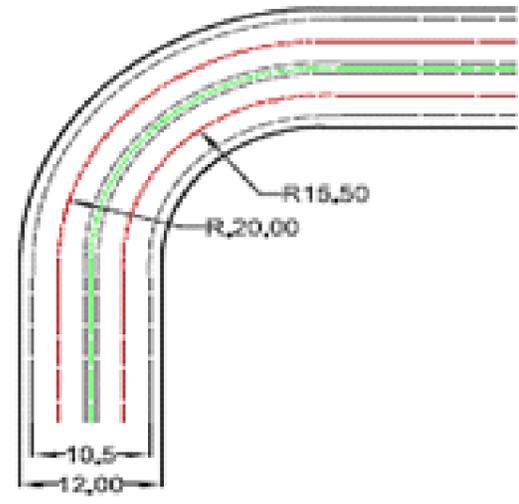
PROGRAMA ORO
Mantenimiento preventivo y reparación: 36 meses.



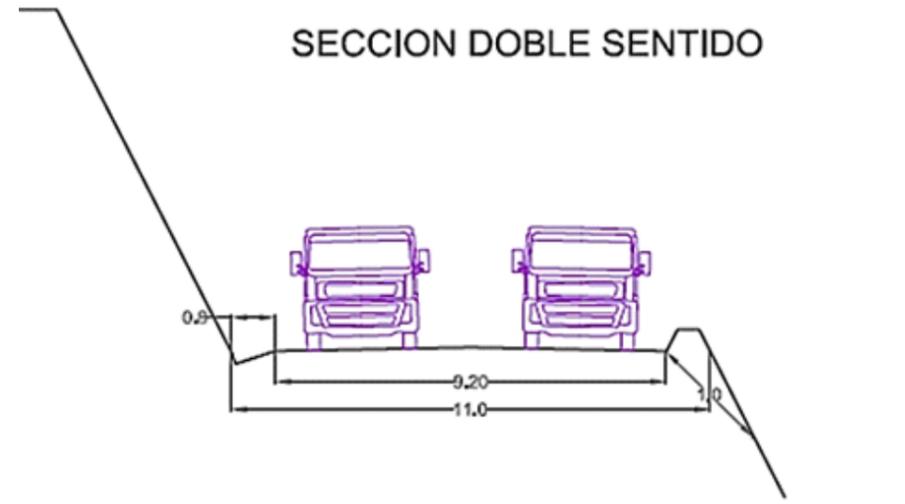
VIA DE UN SOLO SENTIDO



SECCION UN SOLO SENTIDO



VIA DE DOBLE SENTIDO



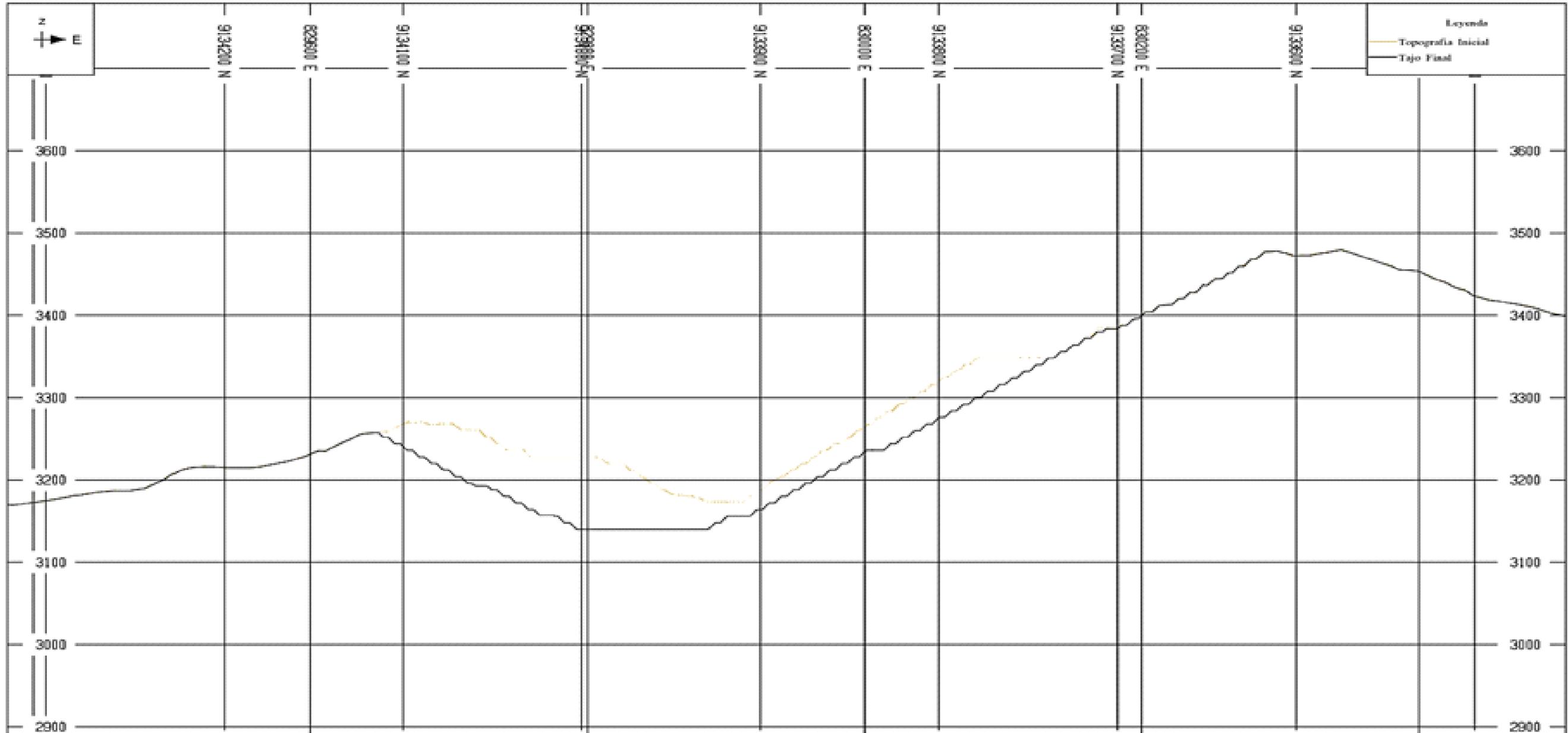
SECCION DOBLE SENTIDO


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
 

TESIS: EVALUACIÓN DE KPIS DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO DE MINERAL PARA EL CÁLCULO ÓPTIMO DEL NÚMERO DE VOLQUETES EN MINA SUMMA GOLD CORPORATION - LA LIBERTAD

SECCIÓN DE ACCESO AL TAJO

TESISTA: BACH. ALEX EDUARDO RAICO YOPLA	FECHA: ABRIL - 2024	PLANO: 01
ASESOR: Ing. ROBERTO GONZALES YANA	ESCALA: 1/500	



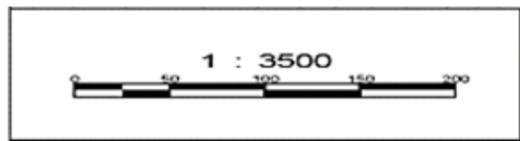
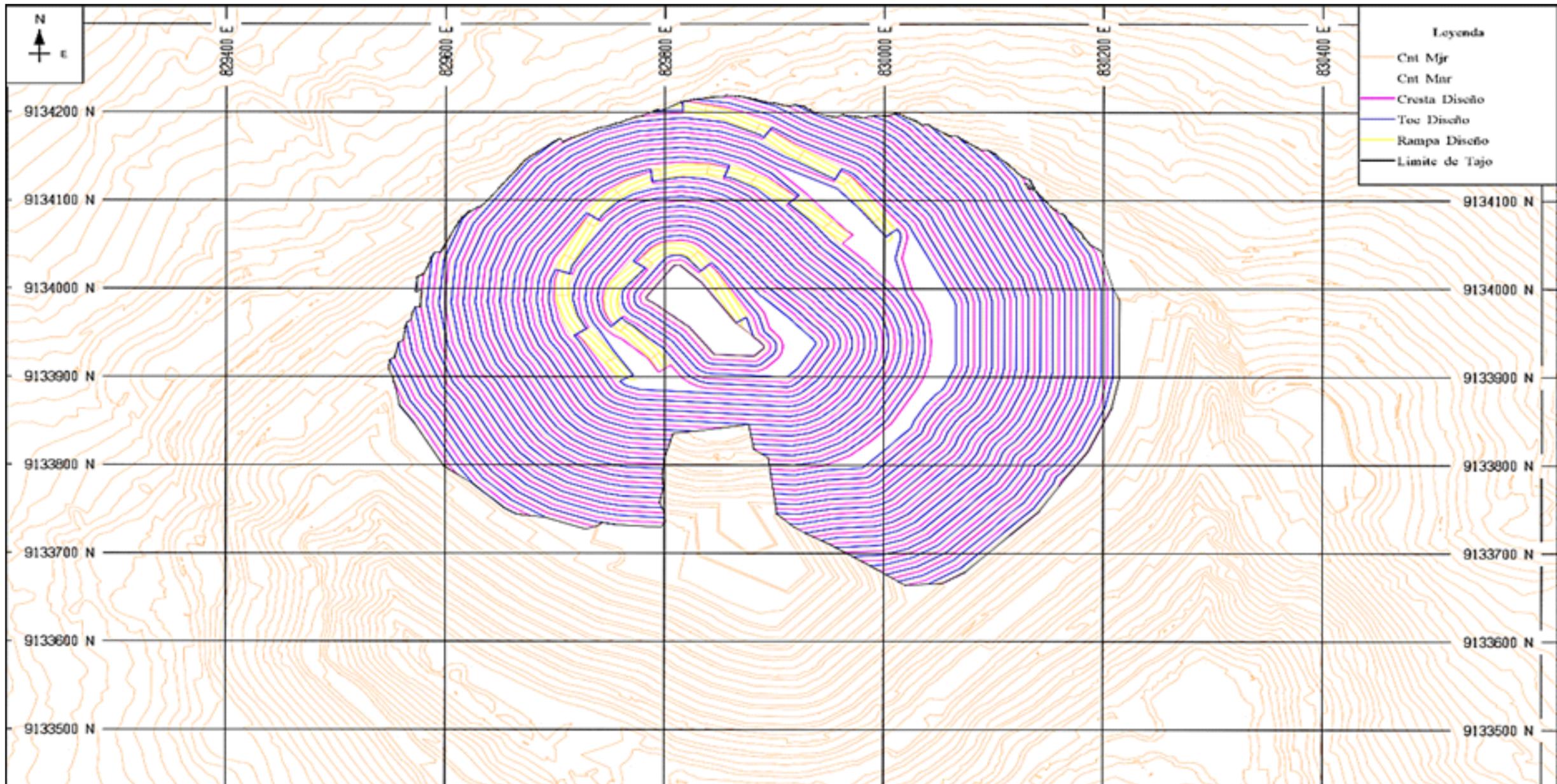
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS: EVALUACIÓN DE KPIS DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO DE MINERAL PARA EL CÁLCULO ÓPTIMO DEL NÚMERO DE VOLQUETES EN MINA SUMMA GOLD CORPORATION - LA LIBERTAD

TAJO SECCIÓN A - A'

TESISTA: BACH. ALEX EDUARDO RAICO YOPLA	FECHA: ABRIL - 2024	PLANO: 02
ASESOR: Ing. ROBERTO GONZALES YANA	ESCALA: 1/3500	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS: EVALUACIÓN DE KPIS DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO DE MINERAL PARA EL CÁLCULO ÓPTIMO DEL NÚMERO DE VOLQUETES EN MINA SUMMA GOLD CORPORATION - LA LIBERTAD

DISEÑO DEL TAJO FINAL

TESISTA: BACH. ALEX EDUARDO RAICO YOPLA	FECHA: ABRIL - 2024	PLANO: 03
ASESOR: Ing. ROBERTO GONZALES YANA	ESCALA: 1/3500	