

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



TESIS

**EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPIs) EN
EQUIPOS DE CARGUÍO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE CAL EN LA
CALERA BENDICIÓN DE DIOS - BAMBAMARCA**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autor:

BACH. OCAS RAMÍREZ EDWIN RAFAEL

Asesor:

M. Cs. ING. GONZALES YANA ROBERTO SEVERINO

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador** : Edwin Rafael Ocas Ramírez
DNI : 70211228
Escuela Profesional : Ingeniería de Minas
- Asesor** : Roberto Severino Gonzales Yana
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 LOS INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPIs) EN EQUIPOS DE CARGUÍO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE CAL EN LA CALERA BENDICIÓN DE DIOS – BAMBAMARCA.
- Fecha de evaluación** : 13 de marzo 2024
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud** : 18%
- Código Documento** : oid:3117:339620667
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 25 de junio 2024



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: Roberto Severino Gonzales Yana

DNI : 29441681



Firmado digitalmente por:
FERNANDEZ LEON Yvonne
Katherine FAU 20148258601 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 25/06/2024 18:04:12-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la gran sabiduría que me ha concedido.

A mi alma mater Universidad Nacional de Cajamarca y, a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas por permitir desarrollarme como profesional en la Minería.

A mi asesor, Ing. Roberto S. Gonzales Yana, por brindarme su asesoría y guía metodológica en la presente investigación.

Edwin R.

DEDICATORIA

Mi presente tesis lo dedico con mucho aprecio y cariño a mis queridos padres:

Segundo Ocas Rafael y Nancy Ramírez Requelme.

Edwin R.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN	xiii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.2. BASES TEÓRICAS	4
2.2.1. Operaciones Unitarias en la Calera.....	4
2.2.2. Propósito de los KPI	4
2.2.3. Índices de Operación.....	7
2.2.4. Tiempo Calendario y Tiempo Programado.....	7
2.2.5. Indicadores Clave de Desempeño (KPI)	8
2.2.6. Gestión de Tiempos	8
2.2.7. Parámetros operativos	15
2.2.8. Índices operacionales.....	15
2.2.9. Diagrama Causa – Efecto	17
2.2.10. Diagrama de Pareto.....	22
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	32

	Pág.
CAPÍTULO III	34
MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.1.1. Geográfica	34
3.1.2. Política.....	34
3.1.3. Accesibilidad.....	34
3.1.4. Clima y vegetación	36
3.1.5. Sismicidad	36
3.1.6. Fisiografía.....	37
3.2. GEOLOGÍA REGIONAL	37
3.3. GEOLOGÍA LOCAL.....	37
3.3.1. Formación Cajamarca (Ks-ca).....	37
3.3.2. Formación Celendín (Ks-ce).....	39
3.4. PROCEDIMIENTOS.....	40
3.4.1. Primera etapa: Gabinete	40
3.4.2. Segunda etapa: Campo.....	40
3.4.3. Tercera etapa: Gabinete.....	40
3.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.5.1. Población de estudio	41
3.5.2. Muestra	41
3.5.3. Unidad de análisis	41
3.6. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	41
3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	42
3.7.1. Técnicas	42
3.7.2. Instrumentos y equipos	42

	Pág.
3.8. ESTADOS OPERACIONALES DE CARGUÍO	44
3.8.1. Horas Operativas.....	44
3.8.2. Horas Demora	44
3.8.3. Horas Standby.....	45
3.8.4. Horas Mantenimiento	46
3.8.5. Duración total de estados operacionales.....	47
3.9. INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO	49
3.9.1. Disponibilidad mecánica	49
3.9.2. Utilización de máquina	50
3.9.3. Usage	51
3.9.4. Gestión de demoras	52
3.9.5. Uso de la disponibilidad.....	54
3.9.6. Índice de mantenimiento	55
CAPÍTULO IV	56
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS	56
4.1.1. Análisis de las horas operativas	56
4.1.2. Análisis de las horas demora.....	57
4.1.3. Análisis de las horas standby	59
4.1.4. Análisis de las horas mantenimiento	60
4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	62
4.2.1. Disponibilidad mecánica	63
4.2.2. Utilización de máquina	64
4.2.3. Usage	65
4.2.4. Gestión de demoras	66
4.2.5. Uso de la disponibilidad.....	67

	Pág.
4.2.6. Índice de mantenimiento	68
4.2.7. Síntesis de KPIs	68
4.3. OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS.....	69
4.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	69
CAPÍTULO V	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1. CONCLUSIONES.....	70
5.2. RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	73

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ejemplo de un diagrama de Ishikawa.....	18
Figura 2. Identificación de causas principales en diagrama causa - efecto.....	19
Figura 3. Ejemplo de causas en un diagrama causa - efecto.....	20
Figura 4. Ejemplo de causa subsidiaria en un diagrama causa - efecto.	20
Figura 5. Ejemplo de validez lógica.....	21
Figura 6. Principio de Pareto.....	23
Figura 7. Ejemplo de gráfico de barras.	28
Figura 8. Ejemplo de gráfico lineal y de barras.	29
Figura 9. Ejemplo de identificación de pocos vitales y muchos triviales.....	30
Figura 10. Ejemplo de identificación y análisis de zonas.	31
Figura 11. Mapa de accesibilidad hacia el área de investigación.....	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Estados operativos de carguío en el mes de febrero 2022.....	47
Gráfico 2. Estados operativos de carguío en el mes de marzo 2022.	48
Gráfico 3. Estados operativos de carguío en el mes de abril 2022.	48
Gráfico 4. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío.....	50
Gráfico 5. Utilización de máquina del equipo de carguío.	51
Gráfico 6. Usage del equipo de carguío.	52
Gráfico 7. Gestión de demora del equipo de carguío.	53
Gráfico 8. Uso de la disponibilidad del equipo de carguío.....	54
Gráfico 9. Uso de la disponibilidad del equipo de carguío.....	55
Gráfico 10. Diagrama de Pareto en las actividades de demora.	58
Gráfico 11. Diagrama de Pareto en las actividades de standby.	60
Gráfico 12. Diagrama de Pareto en las actividades de mantenimiento.	62
Gráfico 13. Variación porcentual en la disponibilidad mecánica.....	63
Gráfico 14. Variación porcentual en la utilización de máquina.	64
Gráfico 15. Variación porcentual en el usage.....	65
Gráfico 16. Variación porcentual de la gestión de demoras.	66
Gráfico 17. Variación porcentual del uso de la disponibilidad.	67

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tiempo calendario indicado en operaciones mineras.....	7
Tabla 2. Indicadores clave de desempeño en operaciones KPI.....	8
Tabla 3. Distribución del tiempo total.	9
Tabla 4. Distribución del tiempo programado.	10
Tabla 5. Distribución del tiempo disponible.	10
Tabla 6. Distribución del tiempo en operación.....	11
Tabla 7. Distribución del tiempo efectivo.	11
Tabla 8. Distribución del tiempo en demoras operativas.....	12
Tabla 9. Distribución del tiempo en demoras no operativas.....	12
Tabla 10. Distribución del tiempo en mantenimiento.....	13
Tabla 11. Distribución del tiempo en mantenimiento programado.....	13
Tabla 12. Distribución del tiempo en mantenimiento correctivo.	14
Tabla 13. Distribución del tiempo no programado.....	14
Tabla 14. Ejemplo de causas principales cuantificadas en demoras de carguío..	25
Tabla 15. Cuantificación descendente de causas.	26
Tabla 16. Cálculo de porcentajes de demoras y porcentajes acumulados.....	27
Tabla 17. Coordenadas de la Concesión Minera “Los Chancas III 5Hnos”.....	34
Tabla 18. Acceso al área del proyecto de explotación.	34
Tabla 19. Zona de sismicidad en los distritos de Hualgayoc.....	36
Tabla 20. Unidades geológicas en la Calera Bendición de Dios.	37
Tabla 21. Tipo de investigación utilizado.....	41
Tabla 22. Identificación de variables en la investigación.....	42
Tabla 23. Horas operativas del equipo de carguío.	44
Tabla 24. Horas de demora del equipo de carguío.	45
Tabla 25. Horas de standby del equipo de carguío.	45
Tabla 26. Horas de mantenimiento programado del equipo de carguío.....	46
Tabla 27. Horas de mantenimiento no programado del equipo de carguío.....	46
Tabla 28. Duración total de estados operacionales.....	47
Tabla 29. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío.	49
Tabla 30. Utilización de máquina del equipo de carguío.	51

	Pág.
Tabla 31. Usage del equipo de carguío.....	52
Tabla 32. Gestión de demora del equipo de carguío.....	53
Tabla 33. Uso de la disponibilidad del equipo de carguío.	54
Tabla 34. Índice de mantenimiento del equipo de carguío.	55
Tabla 35. Porcentaje de representación de estados operacionales.	56
Tabla 36. Actividades realizadas en horas de producción.	56
Tabla 37. Actividades realizadas en horas de demora.	57
Tabla 38. Cálculo de Hi (%) para el diagrama de Pareto.	57
Tabla 39. Actividades realizadas en horas de standby.	59
Tabla 40. Cálculo de Hi (%) para el diagrama de Pareto.	59
Tabla 41. Actividades realizadas en horas de mantenimiento.....	61
Tabla 42. Cálculo de Hi (%) para el diagrama de Pareto.	61
Tabla 43. Valores objetivo de KPIs para equipos de carguío.	62
Tabla 44. Disponibilidad mecánica y target recomendado.	63
Tabla 45. Utilización de máquina y target recomendado.....	64
Tabla 46. Usage y target recomendado.	65
Tabla 47. Gestión de demoras y target recomendado.	66
Tabla 48. Uso de la disponibilidad y target recomendado.	67
Tabla 49. Índice de mantenimiento del cargador frontal.....	68
Tabla 50. Índice de mantenimiento del cargador frontal.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS

%	: Tanto por ciento.
\$: Dólar americano.
Bach.	: Bachiller.
Cia.	: Compañía.
D	: Demoras.
E.I.R.L	: Empresa Individual de Responsabilidad Limitada.
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global.
h.	: Hora.
Ing.	: Ingeniero.
INGEMMET	: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
km.	: Kilómetro.
KPI	: Key Performace Indicator (Indicador clave de desempeño)
M	: Mantenimiento.
M. Cs.	: Maestro en ciencias.
P	: Producción.
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones.
S	: Standby (en espera)
SAS	: Sociedad por Acciones Simplificada.
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
TD	: Tiempo disponible.
TM	: Tonelada métrica (equivalente a 1000 kg)
TT	: Tiempo total.
U.M.	: Unidad Minera.

- UTM : Universal Transversal Mercator (Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator)
- WGS-84 : World Geodetic System (Sistema Geodésico de Coordenadas Geográficas de 1984)

RESUMEN

Evaluación de los indicadores clave de desempeño (KPIs) en equipos de carguío para optimizar la producción de cal en la calera Bendición de Dios - Bambamarca. Tiene como objetivo evaluar y mejorar los índices de desempeño de los equipos de carguío mediante la disponibilidad mecánica, utilización de máquina, usage, gestión de demoras, uso de la disponibilidad e índice de mantenimiento. Calera Bendición de Dios cuenta con varios equipos de carguío que desempeñan la función de cargar y transportar el material de caliza hacia los hornos de calcinación. El equipo usado en el carguío y transporte es un cargador frontal 938H que básicamente está diseñado para tener un mejor rendimiento en carguío y no precisamente en acarreo o transporte. El procedimiento realizado ha sido la recopilación de información relacionado a las operaciones de carguío. Luego se ha observado la secuencia completa del carguío de material de caliza en los dos frentes de minado de la calera que permitió tomar medida de los tiempos empleados por el equipo de carguío y el ciclo que efectúa para hacer llegar el material a los hornos de calcinación. Con los datos obtenidos se procedió a efectuar los cálculos para cada KPI. Los indicadores clave de desempeño en la operación de carguío de la calera Bendición de Dios fueron: disponibilidad mecánica del 71%, utilización de máquina del 29%, usage del 41%, gestión de demora del 64% y uso de la disponibilidad del 64%. Todos los indicadores se encuentran por debajo de los valores target recomendados: la disponibilidad mecánica se encuentra a 19% por debajo, la utilización de máquina a 36%, el usage a 19%, la gestión de demora a 16% y el uso de la disponibilidad a 11%.

Palabras clave: *Cargador frontal, indicadores de rendimiento, producción.*

ABSTRACT

Evaluation of key performance indicators (KPIs) in loading equipment to optimize lime production in the Bendición de Dios - Bambamarca. Its objective is to evaluate and improve the performance indices of loading equipment through mechanical availability, machine utilization, usage, delay management, availability use and maintenance index. Calera Bendición de Dios has several loading teams that carry out the function of loading and transporting the limestone material to the calcination kilns. The equipment used in loading and transportation is a 938H front loader that is basically designed to have better performance in loading and not precisely in hauling or transportation. The procedure carried out has been the collection of information related to loading operations. Then, the complete sequence of the loading of limestone material was observed in the two mining fronts of the lime kiln, which allowed measuring the times used by the loading equipment and the cycle it carries out to deliver the material to the calcination kilns. With the data obtained, we proceeded to make the calculations for each KPI. The key performance indicators in the loading operation of the Bendición de Dios lime kiln were: mechanical availability of 71%, machine utilization of 29%, usage of 41%, delay management of 64% and use of the availability of 64%. All the indicators are below the recommended target values: mechanical availability is 19% below, machine utilization is 36%, usage is 19%, delay management is 16% and the use of availability at 11%.

Key words: *Payloader, performance indicators, production.*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Calera Bendición de Dios se encuentra ubicado en la Carretera Bambamarca – Chota Km 4 caserío Maygasbamba, distrito Bambamarca, provincia Hualgayoc, departamento Cajamarca. Se pretende mediante el siguiente proyecto optimizar los tiempos de carguío y mejorar los indicadores clave de desempeño (KPIs), para maximizar las ganancias realizando un trabajo eficiente a corto y largo plazo, aprovechando de manera óptima los equipos pesados con los que cuenta y a la vez servir como guía para futuros estudios en los diferentes proyectos a nivel nacional.

El presente proyecto se realiza con el fin de optimizar el tiempo de carguío y mejorar el avance de la maquinaria pesada en el transporte de material de caliza hacia los hornos de fundición. Optimizar estos tiempos ayudará a que no exista paralización de equipos sino al contrario mayor fluctuación de material y mejora en la economía empresarial.

En la investigación se planteó la siguiente pregunta: ¿Qué factores determinan un rendimiento óptimo de los indicadores clave de desempeño (KPIs) en equipos de carguío para optimizar la producción de cal en la calera Bendición de Dios - Bambamarca?, cuya hipótesis fue: En la Calera Bendición de Dios, se establece que el equipo de carguío se encuentra sobresaturado de funciones por realizar tanto carguío como acarreo. Con la evaluación, los indicadores clave de desempeño están muy por debajo de los valores nominales o permitidos.

El objetivo principal fue evaluar los indicadores clave de desempeño (KPIs) en equipos de carguío para optimizar la producción de cal en la calera Bendición de Dios; como objetivos específicos se tiene diagnosticar y evaluar el estado actual de los equipos de carguío, identificar las variables involucradas en el rendimiento de los equipos de carguío, determinar las posibles soluciones del desempeño incorrecto de los equipos de carguío y determinar qué indicadores de desempeño son indispensables para la optimización en la operación minera.

Como descripción de los capítulos se tiene lo siguiente:

En el primer capítulo se presenta el problema, formulación e hipótesis, justificación y objetivos de la investigación. En el segundo capítulo se presenta los antecedentes teóricos relacionados a la investigación, así como los fundamentos teóricos que sirven como base o fundamento para la investigación, y también se presenta la definición de términos básicos. En el tercer capítulo, se detalla la ubicación geográfica y accesibilidad de la investigación, de igual manera, la descripción de materiales utilizados, la metodología, técnicas e instrumentos para la recolección de datos y la descripción de procedimientos usados. En el cuarto capítulo, se presenta el análisis y discusión de resultados a los que se ha llegado en la investigación. En el quinto capítulo se muestra las conclusiones para cada objetivo planteado y las recomendaciones que se plantea para futuras investigaciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Alfonso-Bambi *et al.* (2019), en su artículo: Indicadores de sostenibilidad para la industria minera extractiva en Uige, Angola. Concluyen que es necesario proponer un sistema de indicadores que permita medir el grado de desarrollo sostenible en el sector minero, teniendo en cuenta el estado técnico y organizativo de las canteras y las dimensiones ambiental, económica y social. El resultado del test de sostenibilidad aplicado en una de las empresas ha demostrado que la actividad extractiva se encuentra en el campo de la no sostenibilidad.

Casas (2018), en su trabajo de tesis titulada: Indicadores clave de desempeño de equipo pesado para control de rendimiento y productividad. Ha determinado que, los indicadores clave de desempeño tienen una relación directa con el rendimiento y la productividad, en el momento que los valores son elevados, la productividad mejora como lo hace el rendimiento; los niveles de cada indicador clave de desempeño con el que se controla los tiempos fueron de disponibilidad física 93.7%, disponibilidad mecánica 98.8%, utilización 54.7% y uso de la disponibilidad 76.6%.

Chuctaya & Larota (2020), en su tesis titulada: Optimización de carguío y transporte en tiempo real mediante el software Jmineops en Minería Superficial – Caso de Estudio. Concluyen respecto al carguío y transporte mencionando que se ha optimizado el Queue al 3% y el Hang al 10% desde 2014 hasta 2018 y que estos valores son considerados como óptimos para la mina.

Salas (2013), en su tesis titulada: Estudios de KPIs en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 TM/Día en la Mina Pallancata – Hochschild Mining. Menciona que los equipos de carguío poseen utilidades efectivas moderadas a ideales (>40%) y los equipos de acarreo poseen utilidades efectivas ideales (>50%).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Operaciones Unitarias en la Calera

2.2.1.1. Desbroce de Top Soil

Es el retiro de la materia orgánica que cubre al macizo rocoso compuesto de roca caliza, este procedimiento se realiza con excavadora hidráulica y el material es destinado a botaderos de suelo orgánico para su conservación y posterior reutilización en el cierre de operaciones (Bustamante, 2018).

2.2.1.2. Perforación

Es el proceso que consiste en realizar taladros en áreas de caliza económicamente explotables ubicados en los bancos del tajo, posteriormente se ubicarán carga explosiva para ser detonados. La perforación involucra parámetros que dependen de la dureza del macizo rocoso (Bustamante, 2018).

2.2.1.3. Voladura

Es el proceso en el cual el objetivo es fragmentar la roca caliza con la ayuda de cargas explosivas que se encuentran en los taladros perforados. El tipo de explosivo está determinado por la dureza de la roca y presencia de agua si existiese (Bustamante, 2018).

2.2.1.4. Carguío y Acarreo

Es la etapa en donde el equipo de carguío realiza dos funciones de cargar y transportar el material fragmentado a los hornos de calcinación, las rutas y las zonas de acopio varían en cada operación y depende de la zona en la que están los hornos u otra zona en donde el material va a ser procesado (Córdova, 2018).

2.2.2. Propósito de los KPI

El propósito es medir y evaluar el desempeño de los procesos de las empresas y gestionarlos de manera eficaz y eficiente posible, con miras a la consecución de metas y objetivos previamente determinados. Actualmente hay varios tipos de indicadores de desempeño y cada uno cumple un propósito específico en una circunstancia específica. Estas herramientas pueden ser cuantitativas o

cualitativas, lo que significa que dependen de la intención de la empresa y los tipos de KPI elegidos, con ellos se pueden evaluar numéricamente los procesos o también medir la calidad en tiempo real con la que se están ejecutando. Son potentes herramientas de gestión que también funcionan como vehículos de comunicación organizacional, porque mediante ellos el desarrollo de las empresas se transmite a todos los niveles y jerarquía de empleados con el único fin de establecer una mejora prolongada de manera constante.

La gran importancia de los índices de rendimiento en una organización es que permiten analizar el estado situacional en la cual se encuentran los procesos productivos, y a partir de una base de datos permite identificar la falla de algunos procesos y es ahí que se identifica oportunidades de mejora, logrando optimizar cada uno de los procesos productivos y reduciendo costos para garantizar la satisfacción en la empresa.

Los indicadores también permiten prever el comportamiento de los procesos a futuro y la evolución de cada uno de ellos a lo largo de la duración del proyecto, en resumen nos permite proyectarnos de tal manera que tengamos una clara idea de cómo será la rentabilidad y en qué estado se llegará al final del ciclo de vida del proyecto emprendido inicialmente.

Un resumen de lo dicho anteriormente es (Rojas, 2019):

- Los indicadores clave de desempeño ayudan a alcanzar los objetivos económicos y organizacionales establecidos previamente.
- Permiten tener una visión clara y sencilla en cada uno de los procesos productivos.
- Permiten analizar una actividad de manera independiente además de poder compararla en diferentes periodos de tiempo.
- Ayudan a identificar las desviaciones que se tienen en los procesos pudiendo tomar acciones de forma inmediata.
- Optimizan los procesos productivos en la reducción y control de costos.

Los indicadores clave de desempeño tienen ciertas características y cualidades que permiten analizar el logro de los objetivos y metas trazadas en cada uno de los procesos productivos, permitiendo ver el estado que tengamos en la empresa. A continuación se menciona las principales características de los KPI (Rojas, 2019):

- La principal característica por ser métrica es que es medible en unidades.
- Es cuantificable ya que si se puede medir se cuantifica, muchos de los indicadores se miden en porcentaje.
- Es específico ya que se debe centrar en un único aspecto a medir.
- Es temporal porque tiene que medirse en el tiempo.
- Es relevante ya que solo sirven aquellos factores que sean prescindibles para la empresa.

2.2.2.1. Indicadores Estratégicos

Son parámetros que involucran aspectos de carácter cuantitativo y cualitativo que definen características relevantes sobre los cuales se lleva a cabo la evaluación para medir el nivel de cumplimiento de los requisitos y objetivos planteados en términos de eficiencia, eficacia, calidad y economía. Todo ello con el fin de coadyuvar en la toma de decisiones, fortalecer las estrategias y la orientación de los recursos. Éstos indicadores estratégicos se encuentran relacionados y cuentan con información de los indicadores tácticos y operativos que previamente se han identificado en los requisitos fundamentales y específicos de todos los procesos involucrados (Rojas, 2019).

2.2.2.2. Indicadores Tácticos

Los indicadores tácticos son aquellos que brindan seguimiento a los requerimientos específicos, problemas y oportunidades de mejora de las áreas de negocio de la empresa. Permiten controlar los requerimientos fundamentales de los procesos como visibilidad, control y riesgos. El objetivo principal de los indicadores tácticos es controlar y lograr la consecución del programa de mejora continua y eficiencia operacional a través de los procesos internos (Rojas, 2019).

2.2.2.3. Indicadores Operacionales

Los indicadores operacionales son aquellos que permiten dar seguimiento a la operatividad permanente del desarrollo del negocio, de acuerdo a parámetros de eficiencia operacional establecidos. Ciertos indicadores tácticos pasarán a ser indicadores operacionales en la evolución de los procesos (Rojas, 2019).

2.2.3. Índices de Operación

Éstos indicadores miden el trabajo realizado en función de la cantidad o de la calidad del proceso productivo. Determinan la cantidad de actividades y procedimientos realizados en relación con objetivos y estándares establecidos previamente. Para poder llevar a cabo un control sobre las operaciones, es de manera obligatoria que los procesos sean estables, cíclicos y exista un registro del proceso productivo.

El objetivo de los índices de operación tiene relación con el uso, operación y funcionamiento de las máquinas, su mantenimiento y el reemplazo oportuno y adecuado de cada uno de ellos, lo que permite lograr la optimización de los procesos. La optimización debe entenderse como la máxima disponibilidad operativa de alto rendimiento al menor costo de inversión, operación y mantenimiento. Los índices de operación relacionan eficazmente el tiempo empleado con las máquinas disponibles para el trabajo (Córdova, 2018).

2.2.4. Tiempo Calendario y Tiempo Programado

El tiempo calendario es un indicador que rige las actividades, se puede asignar una parte del año calendario o más de un año calendario como el tiempo que programamos para realizar operaciones mineras. Por razones determinadas de escala o de recursos por el tipo de actividad, puede ser conveniente para un emprendimiento tener un tiempo programado limitado. Los nuevos regímenes de trabajo en minería u otros sectores afines y las condiciones donde se realizan las operaciones permiten tener perfectamente cuantificado el tiempo programado de operación (Córdova, 2018).

Tabla 1. Tiempo calendario indicado en operaciones mineras.

	meses	semanas	días	horas	minutos	segundos
1 año	12	52	365	8760	525600	31536000
1 mes		4	28, 30 (o 31)	720	43200	2592000
1 semana			7	168	10080	604800
1 día				24	1440	86400
1 hora					60	3600
1 minuto						60

Fuente: Córdova, (2018).

2.2.5. Indicadores Clave de Desempeño (KPI)

Los indicadores KPI por sus siglas en inglés (Key Performance Indicator), miden el nivel de rendimiento de un proceso y su objetivo es lograr las metas fijadas trazadas, por lo tanto los resultados indican la eficiencia de los procesos. Los indicadores clave de desempeño son seleccionados en función a las metas, objetivos y visión de la organización, consecuentemente son importantes para lograr el éxito, así como deben ser cuantificables; en general los indicadores ayudan a la empresa a corroborar si están bien direccionados los recursos y costos, informando a la gerencia sobre los resultados para que se tomen decisiones oportunas.

En los proyectos de minería actual es de suma importancia la medición de indicadores para poder realizar mejoras continuas, toma de decisiones, hacer comparativas con otras empresas, ser organizaciones competitivas y sobretodo culminar los proyectos generando ganancias para la empresa (Casas, 2018).

La Tabla 2 presenta los indicadores clave de desempeño utilizadas para la presente investigación en el área de carguío y acarreo de la Calera Bendición de Dios.

Tabla 2. Indicadores clave de desempeño en operaciones KPI.

Gestión de tiempos	Disponibilidad mecánica
	Utilización de máquina
	Usage
	Uso
Productividad	Uso de la disponibilidad
	Productividad parcial
Rendimiento	Rendimiento en carguío
	Rendimiento en acarreo

Fuente: Casas, (2018).

2.2.6. Gestión de Tiempos

La gestión de tiempos es una actividad fundamental en el proceso productivo de las operaciones mineras y consiste en el aprovechamiento al máximo del tiempo en las actividades productivas. La gestión del tiempo se fundamenta en el estudio minucioso de una jornada diaria durante la ejecución de labores productivas, dirigida a optimizar el tiempo, estableciendo una armonía equitativa de la jornada por medio de la obtención de datos sobre la duración en demoras y estableciendo

metas de tiempo de trabajo efectivo. La gestión del tiempo ayuda a catalogar de manera adecuada las diversas paradas y actividades de los equipos con el fin de evaluar los indicadores de desempeño y saber en qué área de soporte se necesita hacer una mejora rápidamente (Casas, 2018).

2.2.6.1. Tiempo Total (TT)

Casas (2018) especifica que el tiempo total es el tiempo cronológico y los valores son de 24 horas por día, 30 o 31 días por mes y 12 meses por año. Asimismo el tiempo total en operaciones mineras está compuesto por dos periodos que son el tiempo programado y el tiempo no programado como se muestra en la Tabla 3.

Córdova (2018) menciona que al crecer el tiempo programado, crece la probabilidad de tener más tiempo de interferencia, lo que indica al área de planificación que se debe tener en cuenta que existen causas que pueden interferir con los tiempos programados previamente. También existen indicadores que la experiencia y el sentido común indican que deben ser incorporados al tiempo programado para poder contar con un tiempo programado más realista y obtener resultados óptimos.

Tabla 3. Distribución del tiempo total.

Tiempo Total	Tiempo Programado	Tiempo Disponible
	Tiempo No Programado	Tiempo en Mantenimiento

Fuente: Casas, (2018).

De la Tabla 3 se puede apreciar la denominación del tiempo que se ha elegido como referencia para esta investigación, cabe indicar que la clasificación del tiempo mostrada anteriormente no es la única ya que cada empresa tiene una manera de interpretar sus tiempos u otra forma de agruparlos en función a su realidad o necesidad, de la distribución del tiempo total se partirá para ajustar los tiempos y conceptos a las fórmulas de los factores de eficiencia de equipos en las áreas de carguío y acarreo de la Calera Bendición de Dios.

2.2.6.2. Tiempo Programado

Es el tiempo establecido a cumplir actividades productivas, incluido el mantenimiento que requiere intervenir la maquinaria para la reparación e inspección del equipo mecánico (Casas, 2018).

Tabla 4. Distribución del tiempo programado.

Tiempo disponible	Operando efectivo (Operativo)
	Demoras operativas (Demora)
	Demoras no operativas (Standby)
Tiempo en demoras mecánicas	Mantenimiento programado
	Mantenimiento correctivo

Fuente: Casas, (2018).

2.2.6.3. Tiempo Disponible (TD)

Tiempo en el cual la maquinaria se encuentra en condiciones para realizar trabajos productivos. Es el tiempo que se encuentra conformado por el tiempo en operación y el tiempo en demoras no operativas; asimismo es el tiempo que encuentra destinado netamente para el área de operaciones (Casas, 2018).

Tabla 5. Distribución del tiempo disponible.

Tiempo Disponible		
Operando Efectivo (Motor encendido)	Demoras operativas (Motor encendido)	Demoras no operativas (Motor apagado)

Fuente: Casas, (2018).

2.2.6.4. Tiempo en Operación

El tiempo de operación es el que registra el horómetro con el motor encendido, exceptuando el tiempo consumido durante el mantenimiento o el desplazamiento de un equipo hacia el taller si en caso fuera una intervención mecánica no planeada. Según Casas (2018), es el tiempo asignado para la elaboración de actividades de producción, las mismas que están constituidas por actividades de preparación y finalización de operaciones, en este tiempo se incorporan operando efectivo y demoras operativas.

Tabla 6. Distribución del tiempo en operación.

Tiempo en Operación	
Operando efectivo (Motor encendido)	Demoras operativas (Motor encendido)

Fuente: Casas, (2018).

2.2.6.5. Tiempo Efectivo

Según Casas (2018), es el tiempo destinado a las actividades principales, la duración de los ciclos de trabajo dependerán de las máquinas empleadas, de las condiciones donde se encuentre laborando y habilidad de la maniobrabilidad en el manejo por parte del operador del equipo asignado. La conformación del tiempo efectivo es la suma del tiempo neto de operación y el tiempo en operaciones auxiliares.

Tabla 7. Distribución del tiempo efectivo.

Operando Efectivo
Preparación y conclusión del trabajo
Operaciones auxiliares
Tiempo en ciclo de operación

Fuente: Casas, (2018).

2.2.6.6. Tiempo en Demoras Operativas

Son las horas donde el equipo está con motor encendido pero no se encuentra realizando actividades productivas, como ejemplo se plantea a una excavadora desplazándose entre frentes o realizando perfilado de taludes. También se menciona que el tiempo por concepto de demoras operativas corresponde a las actividades improductivas que generan las máquinas, originadas por la interrelación con otros equipos que cumplen distintas actividades productivas. Estas demoras operativas guardan relación estrecha entre operador y control de operaciones (Casas, 2018).

Tabla 8. Distribución del tiempo en demoras operativas.

Demoras operativas
Arranque y chequeo de máquina
Desplazamiento de equipo de un frente a otro
Abastecimiento de combustible
Acomodo de equipo al finalizar el turno
Espera en chancadora
Espera en el punto de carguío
Espera en el punto de descarga
Falta de equipo de acarreo

Fuente: Casas, (2018).

2.2.6.7. Tiempo en Demoras No Operativas

Son las horas perdidas de los equipos que se encuentran paralizados estando operativos, pero se encuentran con motor apagado; durante este tiempo el operador se encuentra en hora de descanso reglamentario, o el personal se encuentra recibiendo capacitación de seguridad o alguna otra actividad no reglamentada o el equipo se encuentra detenido por causa externa durante la jornada laboral. El mantenimiento realizado en este periodo seguirá siendo por concepto de demoras no operativas y no al de mantenimiento, con la finalidad de promover las labores de los mecánicos sin ocasionar algún impacto en la producción. En el supuesto que: si el almuerzo y traslado del operador toma una hora y el mantenimiento toma 30min (sin encender el motor), los 60min serán asignados a demoras no operativas, en cambio si el mantenimiento toma 90 minutos los primeros 60 minutos serán asignados a demoras no operativas y los 30 minutos restantes serán asignados a mantenimiento; en caso los mecánicos tengan que encender el motor estando en horas de demoras no operativas ese tiempo será asignado para mantenimiento (Casas, 2018).

Tabla 9. Distribución del tiempo en demoras no operativas.

Demoras no operativas
Refrigerio
Charlas diarias
Clima desfavorable
Reparto de guardia
Necesidades personales
Inspección de seguridad

Fuente: Casas, (2018).

2.2.6.8. Tiempo en Demoras Mecánicas

Se conforma por las actividades realizadas para mantener operativo el equipo pesado o maquinaria, es decir las horas invertidas para el mantenimiento preventivo, correctivo o predictivo en las diversas etapas del tiempo de vida de la maquinaria (Casas, 2018).

Tabla 10. Distribución del tiempo en mantenimiento.

Tiempo en mantenimiento	
Programado (Planeado)	Correctivo (No planeado)

Fuente: Casas, (2018).

2.2.6.9. Tiempo en Mantenimiento Programado

Es el tiempo de trabajo en el área de mantenimiento y el que ha sido planeado con anticipación. Si al finalizar todas las labores planificadas la máquina no se encuentra disponible para trabajos extras en ese momento el tiempo tendrá que cambiar a un mantenimiento no planeado. Además el mantenimiento programado son todas las reparaciones planeadas cuando hay inspección para restablecer el estado teórico del equipo, se inicia con una inspección sensorial o instrumental (Casas, 2018).

Tabla 11. Distribución del tiempo en mantenimiento programado.

Mantenimiento programado
Servicio de mantenimiento preventivo
Reparación predictiva
Reparaciones programadas
Lubricación

Fuente: Casas, (2018).

2.2.6.10. Tiempo en Mantenimiento Correctivo

La duración de este tiempo pertenece al mantenimiento no programado. Dentro de ello se incluye una sub categoría llamada No Planeado - Daño/ Responsabilidad del Operador, donde involucra al área de operaciones como causante de los daños ocasionados. Asimismo son las actividades de restauración, conformadas a causa

de una o más fallas imprevistas donde el equipo se paralizó o falló inesperadamente (Casas, 2018).

Tabla 12. Distribución del tiempo en mantenimiento correctivo.

Correctivo
Avería en el equipo durante tiempo efectivo
Reparación de la avería
Tiempo en la reparación
Demora en respuesta al aviso de falla
Esperando reparación

Fuente: Casas, (2018).

2.2.6.11. Tiempo No Programado

El tiempo no programado es donde el equipo se encuentra paralizado ya sea disponible o no disponible. Si la empresa fuera dependiente de un equipo muy costoso, entonces se tiene que asegurar su productividad para que esté siempre operativo, salvo excepciones en las horas que demande los mantenimientos y reparaciones programadas, este es un manejo por parte de la empresa donde se necesita el planeamiento de los trabajos para no tener el riesgo de que ocurra una falla en cualquier momento, y así reducir las demoras al mínimo, aquí necesariamente es obligatorio el trabajo del área de logística y mantenimiento (Casas, 2018).

Tabla 13. Distribución del tiempo no programado.

Tiempo no programado
Demoras no operativas planificadas
Espera de repuestos
Condiciones climáticas
Apagón general
Reparación fuera de talleres mina
Trabajo en otras labores

Fuente: Casas, (2018).

2.2.7. Parámetros Operativos

El ciclo de operaciones de un equipo está dado por cuatro estados operacionales y es de la siguiente forma:

- Producción (P)
- Demoras (D)
- Standby (S)
- Mantenimiento (M)

La sumatoria de cada uno de los estados operativos nos da las horas totales hasta el fin de guardia (Córdova, 2018).

2.2.8. Índices Operacionales

En la investigación se evaluarán los siguientes índices operacionales respecto a los equipos de carguío y acarreo: disponibilidad mecánica, utilización de máquina, usage, gestión de demoras, uso de la disponibilidad e índice de mantenimiento.

2.2.8.1. Disponibilidad Mecánica

Es un porcentaje del tiempo total en el cual la maquinaria está disponible para la operación. El objetivo de este índice es brindar disponibilidad de forma sostenida para el desempeño de actividades de producción. Además se usa para dar la calificación al área de mantenimiento (Casas, 2018).

$$DM (\%) = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas Mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

2.2.8.2. Utilización de Máquina

Es el tiempo en el cual el equipo está operativo con respecto al tiempo total programado y se mide en porcentaje (Infante, 2021).

$$UM (\%) = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Totales}}$$

2.2.8.3. Usage

El usage indica el tiempo que el equipo está trabajando con respecto al tiempo que el equipo no está en mantenimiento, tomando en cuenta las horas de operación, demora y standby (Infante, 2021).

$$U (\%) = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Demora} + \text{Horas Standby}}$$

2.2.8.4. Gestión de Demoras

Es el porcentaje que indica cómo se gestiona el tiempo de demora en la operación, tomando en cuenta solamente a las horas operativas y horas de demora.

$$GD (\%) = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Demora}}$$

2.2.8.5. Uso de la Disponibilidad

Tiempo relacionado directamente con la operación sin involucrar el mantenimiento, éste indicador establece como se gestiona el tiempo de espera (Infante, 2021).

$$UD (\%) = \frac{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Demora}}{\text{Horas Operativas} + \text{Horas Demora} + \text{Horas Standby}}$$

2.2.8.6. Índice de Mantenimiento

Este indicador establece el tiempo en horas que el equipo es operado por cada hora invertida en taller de mantenimiento, reparación por fallas o averías en la operación miera (Córdova, 2018).

$$IM = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Mantenimiento}}$$

2.2.9. Diagrama Causa – Efecto

Salas (2013) menciona que es una representación gráfica que muestra la relación cualitativa e hipotética de diversos factores que contribuyen a un efecto o fenómeno determinado. Cuando se realiza el análisis de un problema, inherentemente tiene diversas causas de distinta importancia, trascendencia o proporción y algunas de esas causas pueden tener relación con la presentación u origen del problema y otras con los efectos que este produce. Como objetivo primordial es identificar y verificar todas las causas del problema y llegar a la causa o raíz principal del mismo para reducirlo o eliminarlo.

Dos tipos de causas principales son las existentes:

- Causa común: es parte del proceso en sí mismo y siempre está presente. El origen se rastrea hacia un elemento del proceso que normalmente será resuelto por el equipo administrativo o gerencial.
- Causa especial: se presenta como intermitente, ubicada en un área específica, relativa a un tiempo en el año, impredecible e inestable. El origen normalmente se encuentra en un elemento del sistema que puede ser corregido internamente o localmente, lo que significa que un trabajador puede corregirlo.

a. Características Principales

Las siguientes características ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta:

- Impacto visual: presenta las interrelaciones entre un efecto y sus posibles causas de forma ordenada, clara y precisa.
- Capacidad de comunicación: evidencia las posibles interrelaciones causa-efecto permitiendo una mejor comprensión del fenómeno en estudio, incluyendo situaciones complejas.

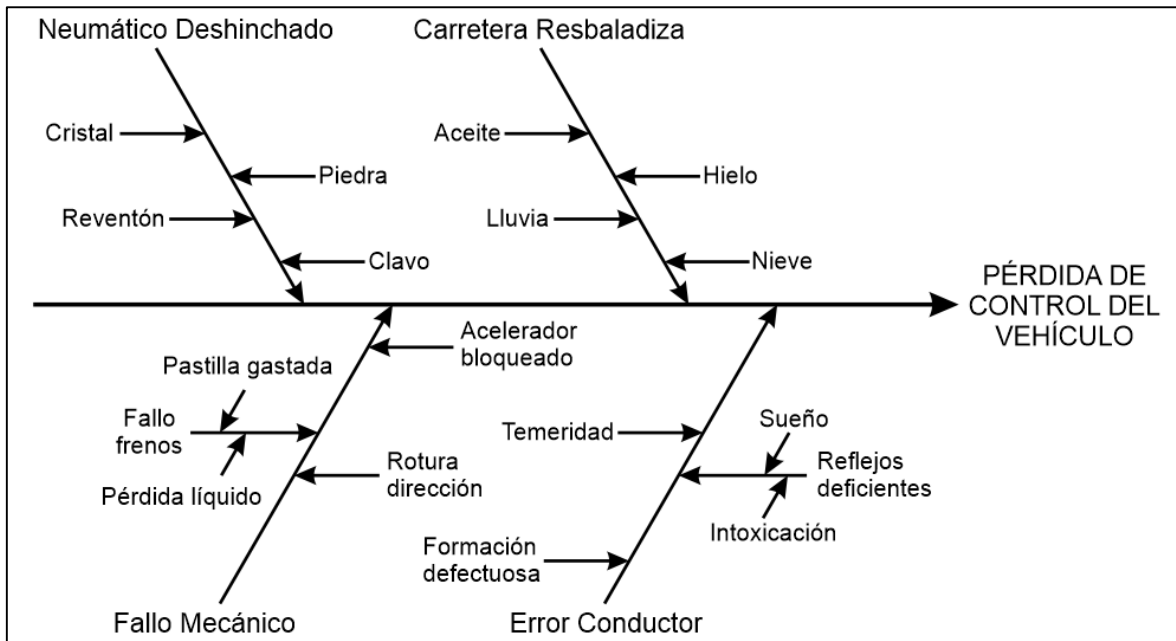


Figura 1. Ejemplo de un diagrama Causa-Efecto.

Fuente: Salas, (2013).

b. Proceso

Paso 1: Establecer el efecto cuyas causas tienen que ser identificadas.

Paso 2: Dibujar el eje central del diagrama y colocar el efecto en el extremo derecho del eje.

Paso 3: Identificar las posibles causas que contribuyen al efecto.

Paso 4: Identificar las causas principales.

Paso 5: Añadir causas para cada ramal principal.

Paso 6: Añadir causas subsidiarias.

Paso 7: Comprobar la validez lógica de cada cadena causal y hacer eventuales correcciones.

Paso 8: Comprobar la existencia de ramas principales.

Paso 9: Conclusión y resultado.

c. Construcción

Paso 1. El efecto será:

- Específico: para que no sea interpretado de forma diferente por los trabajadores del área y para que las aportaciones se concentren sobre el auténtico efecto a estudiar.
- No sesgado: para no excluir posibles líneas de estudio sobre el efecto del objeto de análisis.

Paso 2: Dibujar una flecha que corresponderá al eje central del diagrama, de izquierda a derecha, apuntando hacia el efecto.

Paso 3: Al utilizar la tormenta de ideas el resultado de la sesión será la fuente primaria a utilizar en los siguientes pasos de construcción del diagrama. En caso de utilizar un proceso lógico paso a paso, la fuente primaria serán los propios componentes del grupo.

Paso 4: Se identificarán las causas o clases de causas generales en la contribución al efecto. Luego se escribirán en un recuadro y se conectarán con la línea central según la Figura 2:

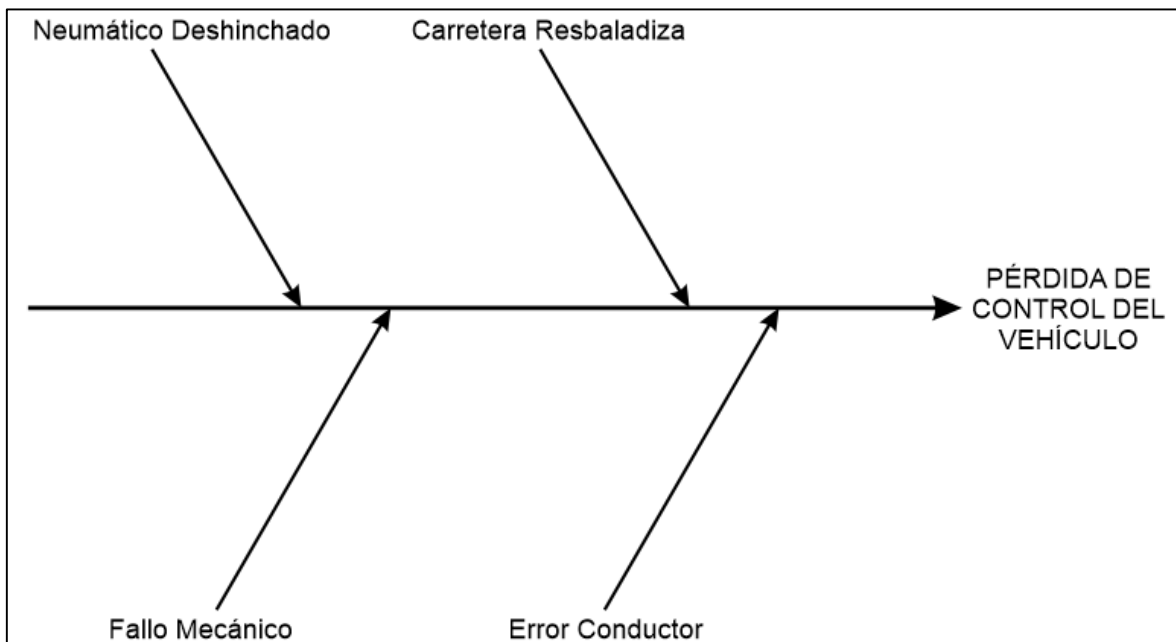


Figura 2. Identificación de causas principales en diagrama causa - efecto.

Fuente: Salas, (2013).

Paso 5: En este paso se registra cada una de las ramas principales con sus causas del efecto enunciado. Para incluirlas en el diagrama se escriben al final de unas líneas paralelas a la flecha central, conectadas con la línea principal correspondiente.

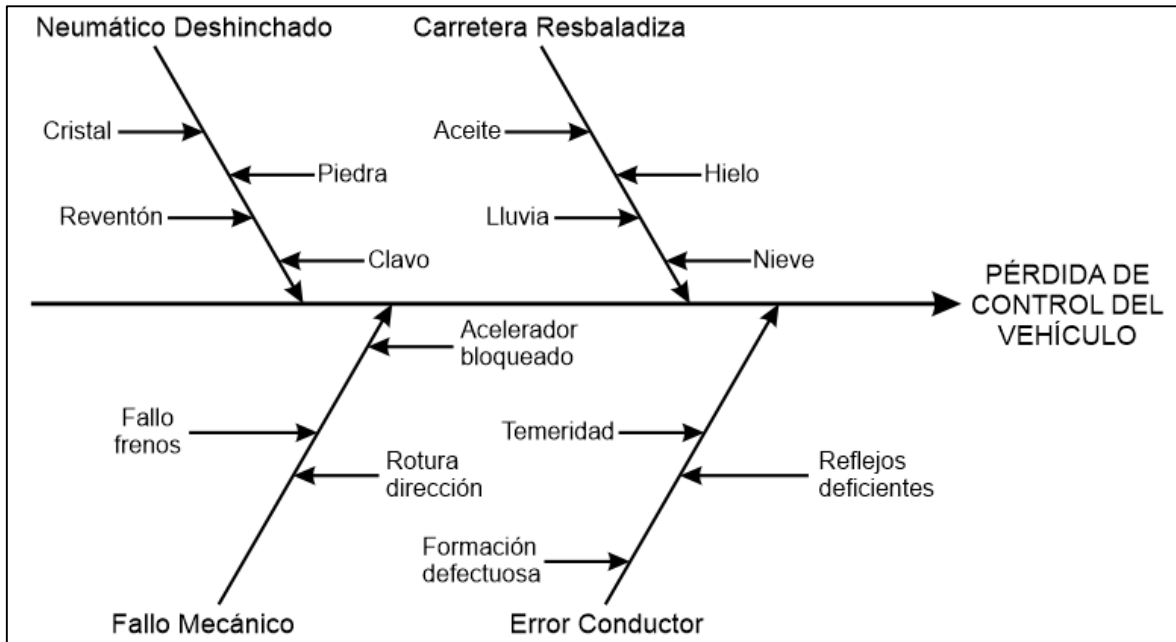


Figura 3. Ejemplo de causas en un diagrama causa - efecto.

Fuente: Salas, (2013).

Paso 6: Añadir causas subsidiarias para las sub causas anotadas. Cada una de estas causas se coloca al final de una línea que se traza, para conectar con la línea asociada al elemento al que afecta y paralela a la línea principal o flecha central.

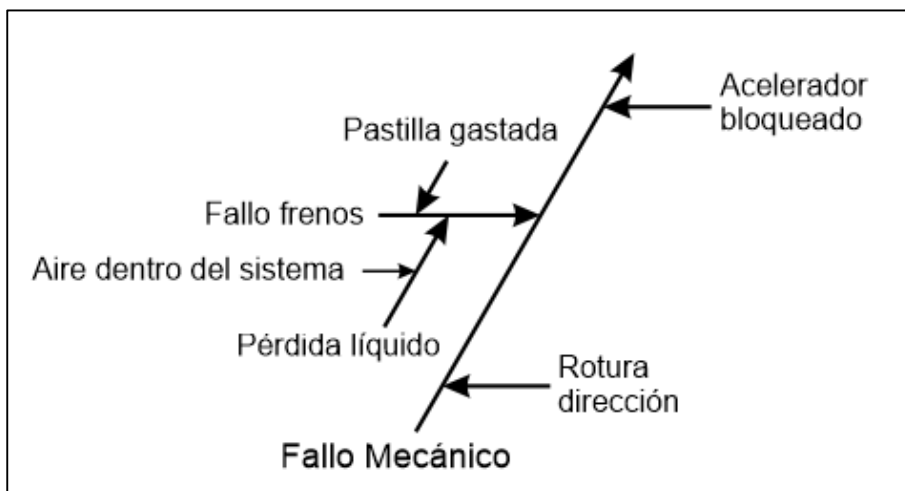


Figura 4. Ejemplo de causa subsidiaria en un diagrama causa - efecto.

Fuente: Salas, (2013).

Paso 7: Para cada causa raíz, leer el diagrama en dirección al efecto analizado, asegurándose de que cada cadena causal tenga un sentido lógico y operativo.

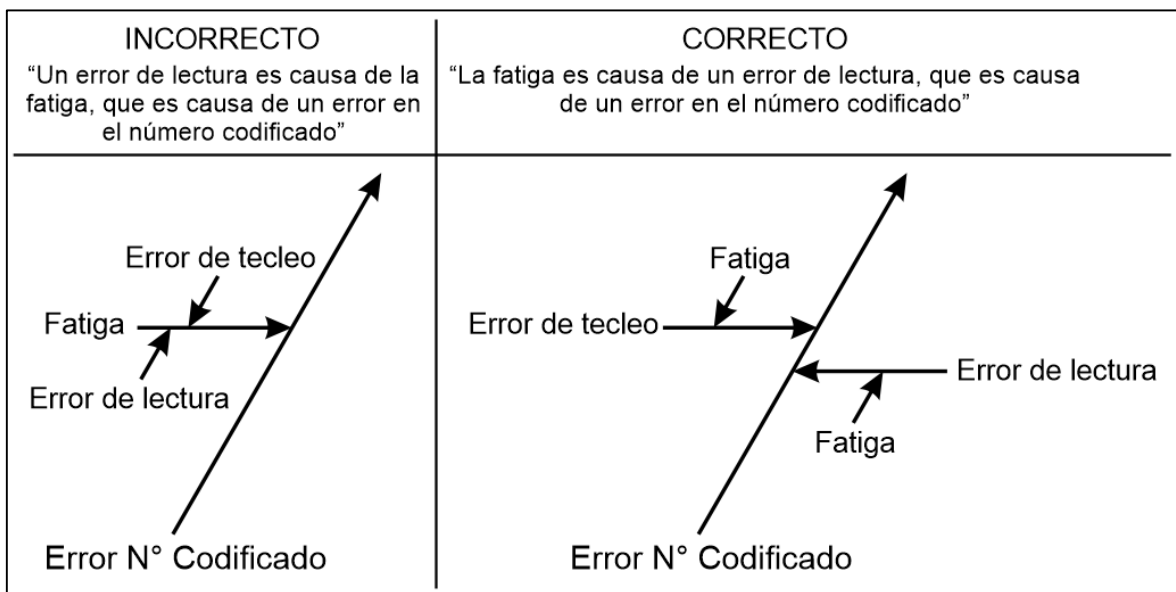


Figura 5. Ejemplo de validez lógica.

Fuente: Salas, (2013).

Paso 8: Finalmente se comprueba la existencia de ramas principales que:

- Tienen menos de 3 causas.
- Tienen, apreciablemente, más o menos causas que las demás.
- Tienen menos niveles de causas subsidiarias que las demás.

La existencia de alguna de estas definiciones no significa un defecto en el diagrama pero si sugiere una comprobación profunda del proceso.

Paso 9: El resultado es un diagrama ordenado con probables causas que contribuyen a un efecto.

d. Interpretación

Un diagrama causa - efecto facilita un conocimiento común de un problema complejo, con todos sus variables y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle. Su utilización ayuda a ordenar la búsqueda de causas de un determinado fenómeno.

Los posibles problemas y deficiencias en la interpretación son:

- Confusión en la disposición ordenada de teorías con los datos reales. El diagrama es útil para desarrollar teorías, representar y contrastar su consistencia lógica, pero no sustituye su comprobación empírica.
- Construcción del diagrama sin un análisis previo de las causas del fenómeno objeto de estudio. En tale caso el efecto descrito será muy general y estará mal definido por lo que el diagrama resultante sería innecesariamente grande, complejo y difícil de utilizar.
- Sesgos en el enunciado que limiten las teorías que se exponen pudiendo pasar por alto las causas reales que contribuyen al efecto.
- Carencias en la identificación y clasificación de las causas principales.

e. Utilización

Un diagrama de causa - efecto es útil cuando se quiere compartir conocimientos sobre múltiples relaciones de causa y efecto. Frecuentemente se utiliza para:

- Adquirir teorías sobre relaciones de causa-efecto.
- Conseguir una estructura lógica de varias ideas dispersas.

Durante un proceso de solución de problemas hay tres puntos en los que la construcción de un diagrama causa-efecto es útil:

- En la fase de evaluación al formular posibles causas del problema.
- En la fase de corrección para considerar soluciones alternativas.
- En las posibles resistencias en la organización a la solución propuesta.

2.2.10. Diagrama de Pareto

Según Salas (2013) el principio de Pareto establece que en todo grupo de elementos que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto. Se menciona también que es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos según su contribución a un determinado efecto. El objetivo de esta comparación es clasificar dichos factores en dos categorías: Los pocos vitales (elementos muy importantes en su contribución) y los muchos triviales (elementos poco importantes en ella).

La ley de Pareto establece que en la sociedad la gente se divide naturalmente entre los "pocos de mucho" y los "muchos de poco", en observaciones iniciales para establecer dicha ley se definía que el 20% de la gente tenía 80% de poder político y la abundancia económica, mientras que el otro 80% compartía el 20% restante de la riqueza y tenía poca influencia política. Por lo tanto la ley de Pareto establece que el 20% de cualquier actividad producirá el 80% de los efectos, mientras que el otro 80% solo dará el 20% de los efectos, así como se muestra en la Figura 6.

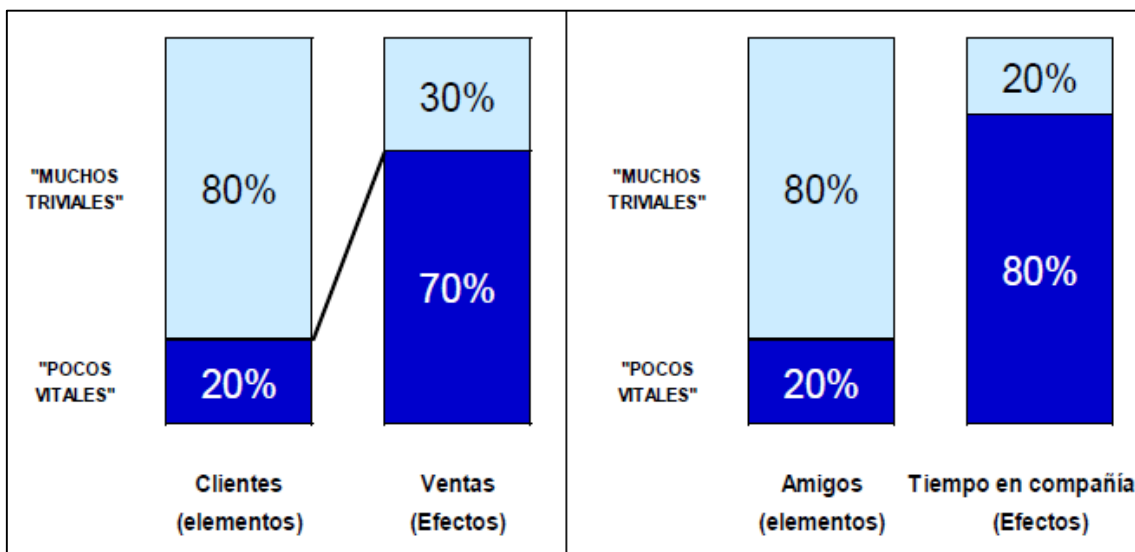


Figura 6. Principio de Pareto.

Fuente: Salas, (2013).

a. Características Principales

- Priorización: Ayuda a identificar los elementos que más importancia tienen dentro del grupo.
- Unidad: Se centra y dirige los esfuerzos de los elementos del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.
- Objetivo: Se toman decisiones basadas en datos y hechos objetivos más que en ideas subjetivas.

Su uso es recomendable en los siguientes casos:

- Para identificar oportunidades de mejora continua.
- Para identificar un producto o servicio y su análisis de mejora de la calidad.

- Cuando hay necesidad de llamar la atención a los problemas de una forma sistemática.
- Para analizar las diferentes asociaciones de datos.
- Indagar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Para evaluar cambios efectuados a un proceso, antes y después.

¿Cuándo se utiliza?

- Al identificar un producto o servicio para el análisis y mejora de la calidad.
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Cuando los datos son clasificables en categorías.
- Cuando los rangos de cada categoría son importantes.

b. Proceso del Diagrama de Pareto

Paso 1: Preparación de los datos.

Paso 2: Ordenación de los elementos.

Paso 3: Calcular los porcentajes acumulados para cada elemento.

Paso 4: Trazado y rotulación de los ejes.

Paso 5: Graficar el efecto de los elementos contribuyentes.

Paso 6: Trazar un gráfico lineal con el porcentaje acumulado.

Paso 7: Señalar los elementos Pocos Vitales y Muchos Triviales.

Paso 8: Rotular el diagrama de Pareto.

c. Construcción del Diagrama de Pareto

Paso 1: Recolección de los datos correctos. Además para la construcción del diagrama de Pareto son necesarios las siguientes características:

- Un efecto cuantificado sobre el que se quiere priorizar (costos, tiempo, número de errores o defectos)

- Una lista completa de elementos o factores que contribuyan a dicho efecto (tipos de fallos, pasos del proceso, tipos de problemas)
- La magnitud de la contribución de cada elemento al efecto total.

Importantísimo es identificar todos los posibles elementos que contribuyen al efecto antes de iniciar la recolección de datos. Herramientas de calidad utilizadas para la recolección de datos son: tormenta de ideas, diagrama de flujo, diagrama de causa-efecto.

Los datos recogidos tienen que ser:

- **Objetivos:** basados en hechos reales y no en opiniones personales.
- **Consistentes:** utilizarán la misma medida en todos los elementos, los mismos supuestos y cálculos a lo largo de la investigación.
- **Representativos:** tiene que reflejar toda la variedad de hechos producidos en la realidad.
- **Verosímiles:** datos que evidencien veracidad y evitar en su totalidad cálculos o suposiciones controvertidas.

Tabla 14. Ejemplo de causas principales cuantificadas en demoras de carguío.

Demora
Refrigerio
Traslado operativo
Relleno de combustible
Calentamiento de equipo
Cambio de frente
Espera por chancadora
Llenado de IPERC
Espera por reparación en área
Revisión y chequeo
Limpieza de equipo
Servicios Higiénicos

Paso 2: Ordenar todos los elementos de mayor a menor y registrar su magnitud según la dimensión existente, luego calcular la magnitud total del efecto como una suma de las magnitudes parciales para cada uno de los elementos del sistema.

Tabla 15. Cuantificación descendente de causas.

Demora	Duración (h)
Relleno de combustible	29,67
Refrigerio	22,25
Traslado operativo	17,80
Servicios Higiénicos	14,83
Llenado de IPERC	10,38
Cambio de frente	8,90
Calentamiento de equipo	7,42
Espera por reparación en área	7,42
Limpieza de equipo	5,93
Revisión y chequeo	2,97
Espera por chancadora	1,48
Total	129,05

Paso 3: Para cada elemento de la lista calcular el porcentaje y el porcentaje acumulado. El porcentaje para cada elemento se calcula de la siguiente manera:

$$\% = \frac{\text{Magnitud de la contribución}}{\text{Magnitud del efecto total}} * 100$$

El porcentaje acumulado para cada elemento se calcula como sigue:

- Por suma de contribuciones de cada uno de los elementos anteriores en la tabla, más el elemento en cuestión como magnitud de la contribución, y aplicando la fórmula anterior.
- Por suma de porcentajes de contribución de cada uno de los elementos anteriores más el porcentaje del elemento en cuestión. Tener en cuenta que estos porcentajes, en general, son redondeados.

Tabla 16. Cálculo de porcentajes de demoras y porcentajes acumulados.

Demora	Duración (h)	Duración Acumulada (h)	hi (%)	Hi (%)
Relleno de combustible	29,67	29,67	23,0	23,0
Refrigerio	22,25	51,92	17,2	40,2
Traslado operativo	17,80	69,72	13,8	54,0
Servicios Higiénicos	14,83	84,55	11,5	65,5
Llenado de IPERC	10,38	94,93	8,0	73,6
Cambio de frente	8,90	103,83	6,9	80,5
Calentamiento de equipo	7,42	111,25	5,7	86,2
Espera por reparación en área	7,42	118,67	5,7	92,0
Limpieza de equipo	5,93	124,60	4,6	96,6
Revisión y chequeo	2,97	127,57	2,3	98,9
Espera por chancadora	1,48	129,05	1,1	100,0
Total	129,05			

Paso 4: Trazado y rotulación de los ejes del diagrama.

- El eje vertical izquierdo indica la magnitud del efecto investigado.
- Se inicia en 0 y va hasta el valor del efecto total.
- Rotular la unidad de medida y la escala adecuada.
- La escala debe ser consistente, variar según intervalos constantes.
- Las escalas de gráficos que se compararen entre sí, deben ser idénticos.
- El eje horizontal contendrá los distintos elementos o factores que contribuyan al efecto.
- Dividirlo en tantas partes como factores existan y rotular su identificación de izquierda a derecha.
- El eje vertical derecho representa la magnitud de los porcentajes acumulados.
- La escala de los porcentajes acumulados va desde el 0 hasta el 100%. El cero coincidirá con el origen y el 100% estará alineado con el punto del eje vertical izquierdo, que representa la magnitud total del efecto.

Paso 5: Dibujar el gráfico de barras que representa el efecto de cada uno de los elementos. La altura de cada barra es igual a la contribución de cada elemento tanto medida en magnitud por medio del eje vertical izquierdo, como en porcentaje por medio del eje vertical derecho.

La Figura 7 muestra el gráfico de barras para los elementos que contribuyen a las demoras en el carguío con material de caliza, sus magnitudes están expresadas tanto en horas como en porcentaje con respecto al total de demoras.

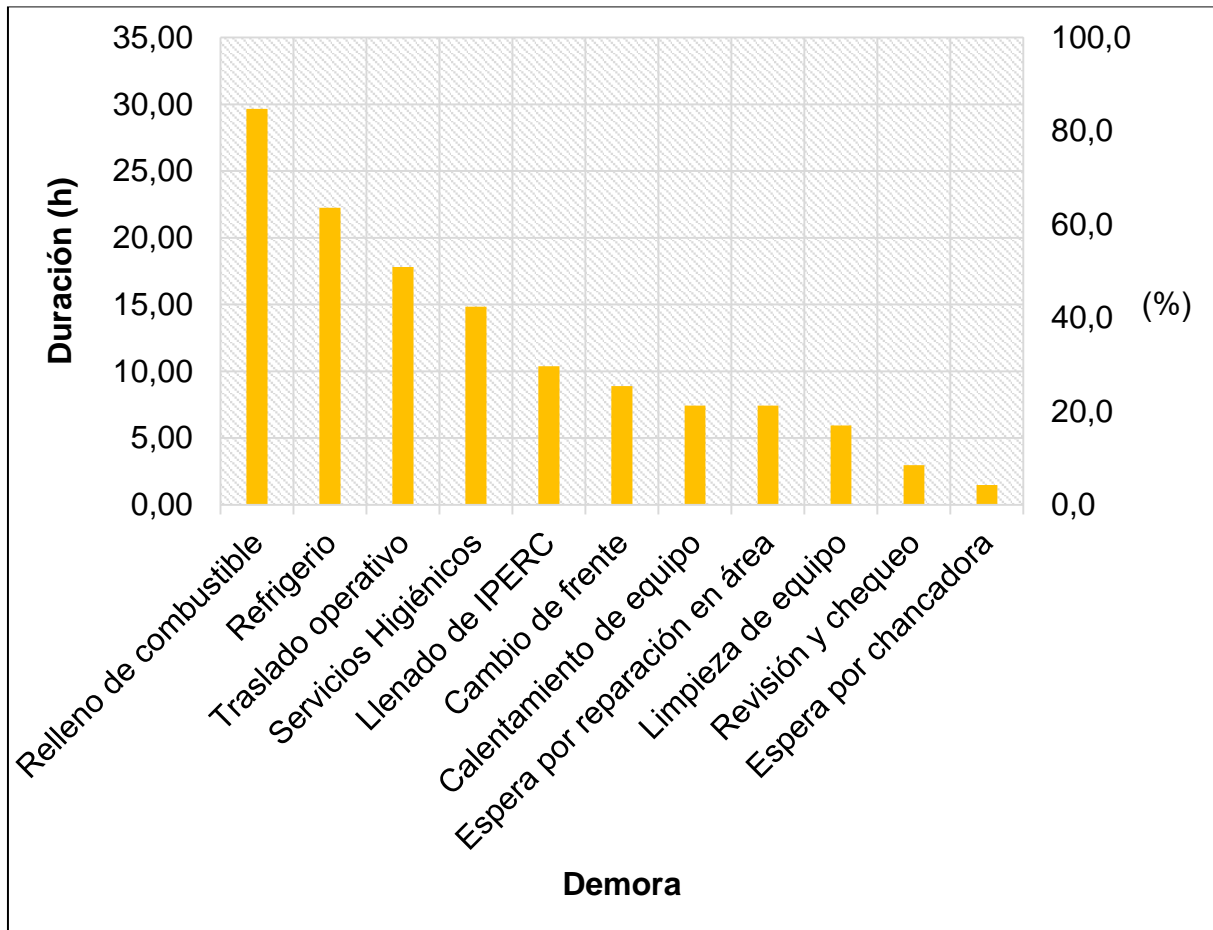


Figura 7. Ejemplo de gráfico de barras.

Paso 6: Trazar un gráfico lineal cuyos puntos representan el porcentaje acumulado de la tabla de Pareto. Marcar los puntos del gráfico en la intersección de la prolongación del límite derecho de cada barra con la magnitud del porcentaje acumulado correspondiente al elemento representado en dicha barra. Conectar los puntos con segmentos rectilíneos.

La Figura 8 muestra la representación de los porcentajes acumulados (líneas y círculos verdes) de los once elementos de demora, asimismo se grafica la línea roja horizontal que representa la ley de Pareto correspondiente al 80% de datos acumulados, la intersección de ambas líneas establece dos secciones de análisis: los pocos vitales y los muchos triviales, los pocos vitales lo conforman desde el relleno de combustible hasta el cambio de frente, y los muchos triviales van desde calentamiento de equipo hasta el último elemento ordenado que es espera por chancadora. Indicar que el análisis riguroso debe hacerse en los pocos vitales.

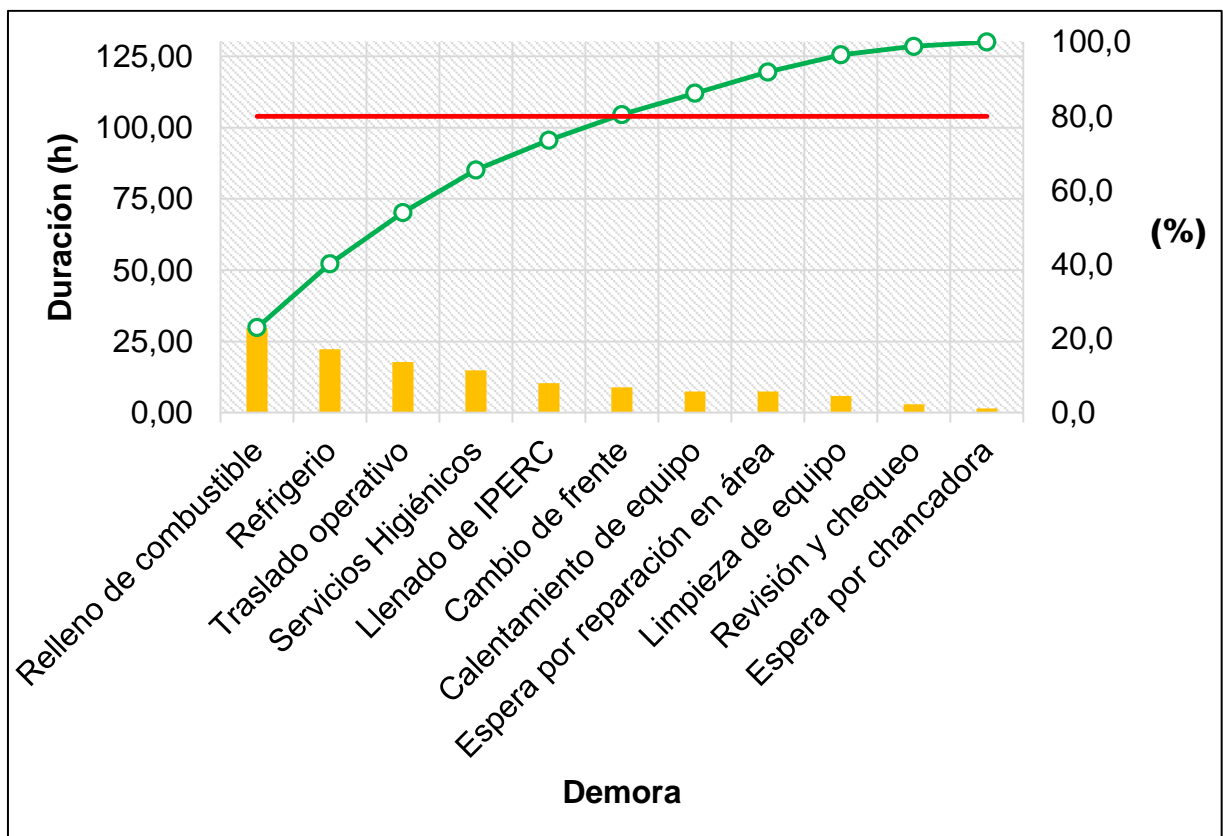


Figura 8. Ejemplo de gráfico lineal y de barras.

Paso 7: Trazar una línea vertical para la separación del diagrama en dos partes la cual servirá en la visualización de la frontera entre los pocos vitales y los muchos triviales. Rotular las dos secciones del diagrama y el porcentaje acumulado del efecto correspondiente al último elemento incluido en la sección pocos vitales como lo muestra la Figura 9.

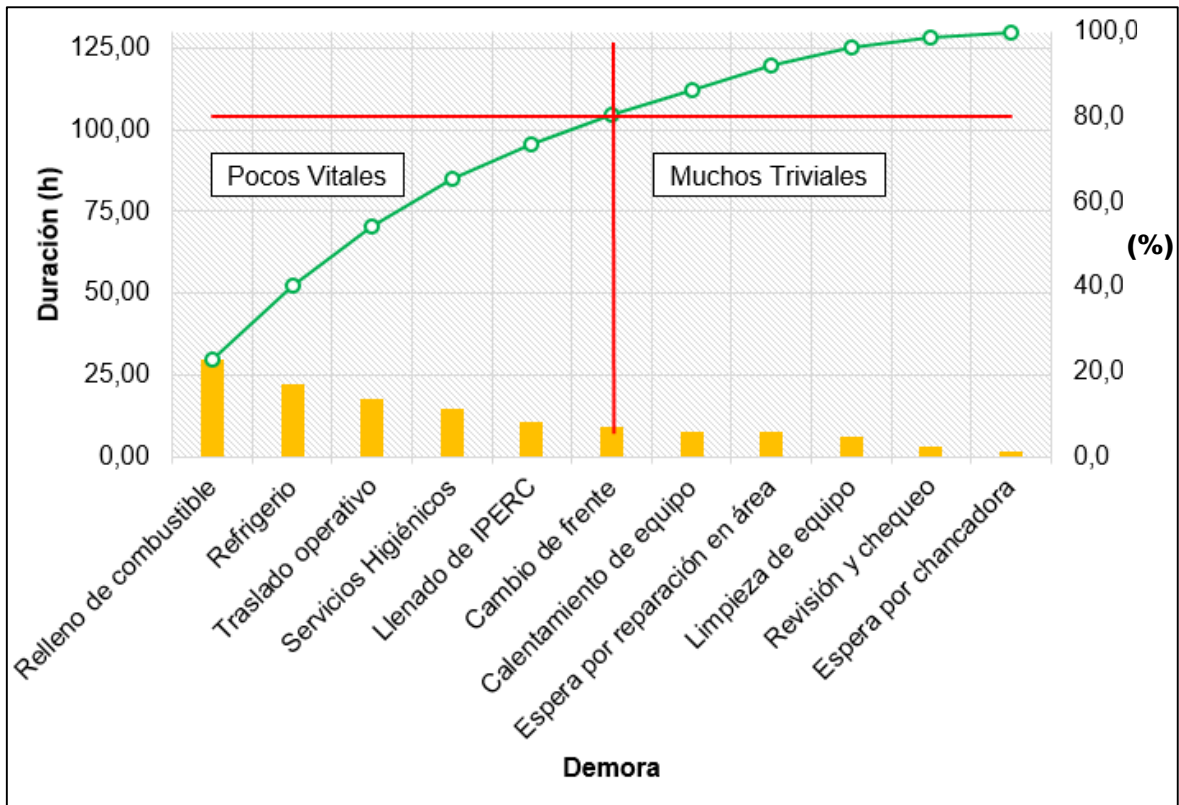


Figura 9. Ejemplo de identificación de pocos vitales y muchos triviales.

d. Interpretación

La meta del análisis de Pareto es manipular los hechos para identificar la máxima concentración de potencial del efecto en estudio en el número mínimo de elementos que contribuyen a las causas del problema. Mediante el análisis se pretende buscar y enfocar el esfuerzo en las contribuciones más importantes, con objeto de optimizar el beneficio obtenido del mismo en cada proceso de estudio referente a esta investigación el carguío y acarreo.

Terminada una primera labor, volver a realizar el análisis de Pareto con las nuevas condiciones y comprobar si cada uno de los elementos incluidos en la "zona dudosa" ha pasado a convertirse en "pocos vitales" y si su tratamiento es rentable para la operación. En general, una vez analizados los elementos del proceso que claramente pertenecen a los "pocos vitales" se tendrá un mejor conocimiento de lo que hay que hacer con los pertenecientes a la "zona dudosa" como lo muestra a continuación la Figura 10.

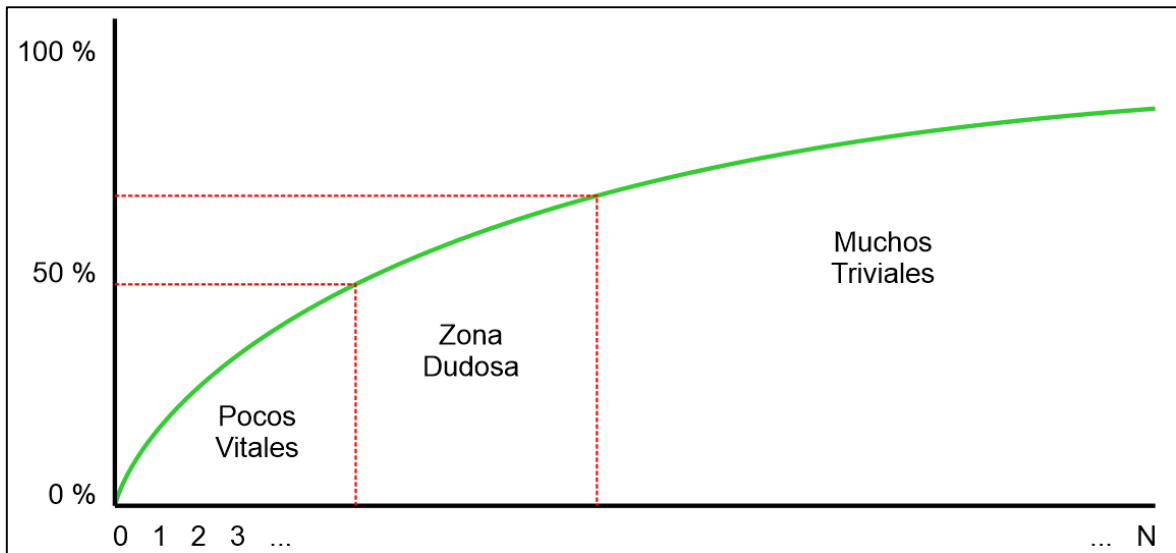


Figura 10. Ejemplo de identificación y análisis de zonas.

Fuente: Salas, (2013).

e. Deficiencias de Interpretación

Básicamente se pueden presentar las siguientes acciones:

- En un principio el diagrama de Pareto no permite realizar una clara distinción entre los elementos o categorías que contribuyen al efecto, por el siguiente motivo: cuando todas las barras del diagrama son más o menos de la misma altura.
- Se pueden obtener priorizaciones erróneas debido fundamentalmente a deficiencias en los datos iniciales, cuando los datos no son objetivos, consistentes, representativos o verosímiles.

f. Utilización

El análisis de Pareto sirve fundamentalmente para establecer prioridades, así como también enfocar y dirigir las acciones a desarrollar posteriormente en el estudio. Por otra parte permite basar la toma de decisiones en parámetros objetivos, por tanto, permite unificar criterios y crear consenso.

Este análisis es aplicable en todos los casos en que se deban establecer prioridades para no dispersar el esfuerzo y optimizar el resultado de dicha inversión:

- Para asignar prioridades a los problemas durante la definición y selección de proyectos.
- Para identificar las causas claves de un problema.
- Para comprobar los resultados de un grupo de trabajo una vez implantada la solución propuesta por el mismo.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Carguío: Es la carga de material mineralizado del yacimiento (Chuctaya, 2020).

Demoras: Son los tiempos en donde el equipo o maquina tiene el motor encendido o apagado y por factores diversos el equipo no cumple con los trabajos de la programación de actividades productivas (Pizarro, 2011).

Eficiencia: Es la relación que existe entre los recursos empleados en un proyecto y los resultados obtenidos con el mismo (Pizarro, 2011).

Equipo pesado: Es una máquina que está diseñada para desempeñar trabajos masivos específicos que tiene una productividad determinada en función a la habilidad del operador y condiciones del área de trabajo (Casas, 2018).

Factores de eficiencia: Elemento o causa que actúan junto con otros para afectar la productividad íntimamente, es decir, en la organización (Casas, 2018).

Gestión de tiempos: Es un estudio minucioso que se hace a las labores productivas con la finalidad de optimizar el tiempo y maximizar los trabajos efectivos (Casas, 2018).

Indicadores clave de desempeño: Dato cuantitativo que mide el nivel de rendimiento de un proceso, el objetivo principal es llegar a las metas trazadas y son de gran importancia para la toma de decisiones para determinar su evolución futura (Pizarro, 2011).

Optimización: Es la acción y efecto de optimizar. Este verbo hace referencia a buscar la mejor manera de realizar una actividad. El término se utiliza mucho en el ámbito de la informática. A nivel general, la optimización puede realizarse en diversos ámbitos, pero siempre con el mismo objetivo: mejorar el funcionamiento

de algo o el desarrollo de un proyecto a través de una gestión perfeccionada de los recursos. La optimización puede realizarse en distintos niveles, aunque lo recomendable es concretarla hacia el final de un proceso (Graus, 2018).

Planificación: Acto de definir el criterio para generar estrategias de producción, así como las directivas para lograr que se cumplan con éxito dichos criterios (fundamentados en un registro data histórica) (Casas, 2018).

Productividad: Es el cociente de la división de la producción total o parcial entre los recursos usados para lograr dicha producción (Vilar 2009).

Rendimiento: Es una medida que indica el nivel de utilización de un capital por unidad de tiempo. Es la cantidad de trabajo que realiza un equipo en operación (Chuctaya, 2020).

Tiempo total: Tiempo total que el equipo está disponible en la operación minera (Ramírez 2006).

Tiempo operativo: Tiempo total – demoras – tiempo malogrado – Standby (Ramírez 2006).

Trabajo eficiente: Son los trabajos desempeñados de modo que estén en un ciclo estándar y que sean parte de una actividad productiva planeada (Ramírez 2006).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Geográfica

La investigación se encuentra ubicada en la concesión minera no metálica “LOS CHANCAS III 5HNOS”, perteneciente al cuadrángulo de Chota 14f de la zona N° 17 Sur, delimitada por las coordenadas del sistema UTM, Datum WGS-84. Las instalaciones de la calera están a una altura de 2730 m.s.n.m. en la cuenca del río Maygasbamba.

Tabla 17. Coordenadas de la Concesión Minera “Los Chancas III 5Hnos”.

Coordenadas UTM - WGS 84			
Vértice	Norte	Este	Área (Ha)
1	9263637.26	771743.78	100
2	9263637.27	772743.76	
3	9262637.28	772743.76	
4	9262637.27	771743.78	

3.1.2. Política

La calera se encuentra ubicada en el caserío de Maygasbamba, Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc y Región de Cajamarca.

3.1.3. Accesibilidad

El acceso a la calera se da desde la capital de la región Cajamarca hacia el distrito de Bambamarca por la vía Longitudinal de la Sierra con un recorrido de 112 km, luego se toma la carretera Bambamarca – Chota con una distancia de 5 km hasta llegar a la calera Bendición de Dios. Ver Figuras 11 y 12.

Tabla 18. Acceso al área del proyecto de explotación.

Ruta	Distancia	Tipo de vía	Tiempo
Cajamarca - Bambamarca	112 km	Asfaltada	2 h 50 min
Bambamarca - Calera	4 km	Asfaltada	10 min

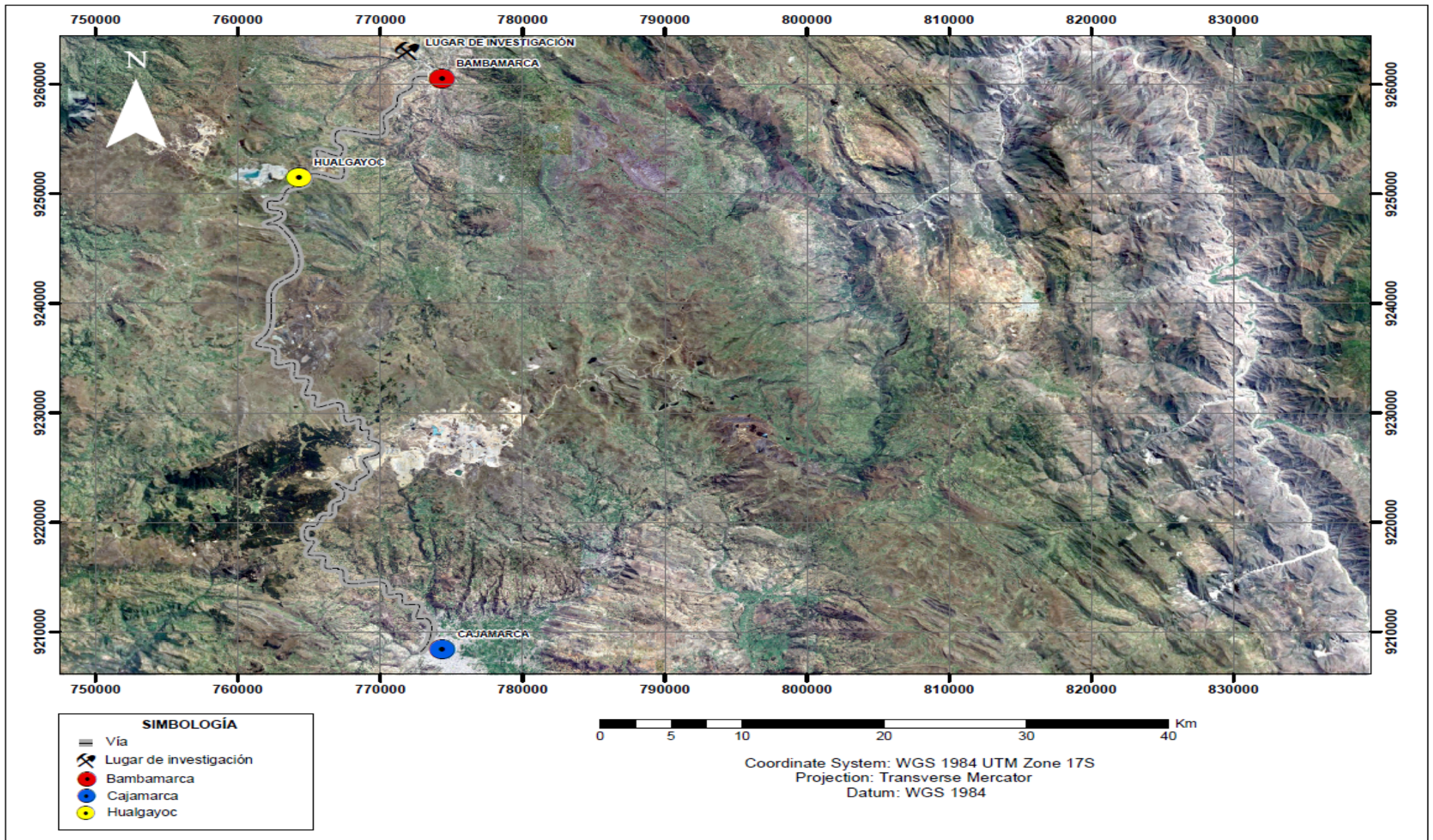


Figura 11. Mapa de accesibilidad hacia el lugar de investigación.

3.1.4. Clima y vegetación

El periodo de lluvias de mayor magnitud comienza a partir del mes de enero hasta el mes de marzo, que corresponde al 55% de las precipitaciones totales anuales. El periodo seco comprende los meses de mayo a noviembre con valores que llegan al 34% de las precipitaciones totales anuales. Los meses transitorios corresponden a diciembre y abril, representan al 11% de las precipitaciones totales anuales.

Las temperaturas van desde una mínima de 9 °C hasta una máxima de 23 °C. La humedad relativa va desde un mínimo de 43% a un pico máximo de 85%, en general se presenta una menor humedad relativa en las estaciones de otoño e invierno, y una mayor humedad relativa en los meses de primavera y verano.

La dirección del viento predominante en la zona es hacia el NO, debido principalmente a la topografía del lugar que permite el desplazamiento del viento con una velocidad promedio de 6 km/h.

La predominancia vegetal en la zona son pajonales, sin embargo una importante superficie del área del proyecto se encuentra en uso para actividades agropecuarias, principalmente en la parte más llana de alrededores del proyecto (SENAMHI, 2023).

3.1.5. Sismicidad

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas sísmicas según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, el área de estudio se encuentra dentro de la zona de sismicidad 2, perteneciente al distrito de Bambamarca, así como todos los distritos de la provincia de Hualgayoc presentan el mismo factor de sismicidad como se muestra la Tabla 19 (RNE, 2019).

Tabla 19. Zona de sismicidad en los distritos de Hualgayoc.

Departamento	Provincia	Distrito	Zona Sísmica	Ámbito
Cajamarca	Hualgayoc	Bambamarca	2	Todos los distritos
		Chugur		
		Hualgayoc		

Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, (2019).

3.1.6. Fisiografía

La calera se encuentra en el cerro denominado “La tranca el pedregal” con zonas de pendientes que van en porcentaje de 0% que representan relieves planos hasta pendientes de 75% que representan relieves de pendientes empinadas a muy empinadas (Fernández, 2021).

3.2. GEOLOGÍA REGIONAL

El área de estudio se ubica dentro del Mesozoico, Cretáceo Superior; constituido por calizas de color gris, con fracturas concoideas, presentan restos macroscópicos de ostreas, bivalvos y algunos equinoideos bien conservados; y concreciones ferrosas que pueden alcanzar hasta 0.20 m de diámetro que se intercalan con capas de margas claras y gris amarillentas. La formación Cajamarca es una de las unidades más notorias, resalta en la topografía formando picos y aristas dando lugar a superficies kársticas (De la Cruz, 1995).

3.3. GEOLOGÍA LOCAL

La geología de la zona donde se ubica la concesión minera está constituida por material sedimentario perteneciente a la Formación Cajamarca y Formación Celendín, que está constituida de secuencias calcáreas del Cretácico Superior.

Tabla 20. Unidades geológicas en la Calera Bendición de Dios.

Código	Descripción	Litología
Ks-ca	Formación Cajamarca	Calizas finas color marrón claro que intemperiza a tonos blanquecinos o gris claros.
Ks-ce	Formación Celendín	Calizas, margas y lutitas gris amarillentas.

3.3.1. Formación Cajamarca (Ks-ca)

La Formación Cajamarca está compuesta por 100 a 400 m de caliza, corresponde a la secuencia calcárea del Cretácico Superior, es la formación que más destaca topográficamente por presentar escarpas de paredes inaccesibles y lomos prominentes que comúnmente carecen de vegetación y presentan colores blanquecinos a gris claros de intemperismo que contrastan con el terreno bajo, marrón y generalmente cultivado que está asociado con el Grupo Quilquiñán. Se

caracteriza por presentar una estratificación regular y uniforme con colores grisáceos o blanquecinos como muestra la Foto 01.

La formación está limitada por contactos concordantes con la Formación Celendín en la parte superior y con el Grupo Quilquiñán en la base. El contacto inferior está ubicado debajo del primer banco de caliza fina y pura que yace encima de las lutitas del Grupo Quilquiñán. El techo de la formación queda debajo de la primera capa de margas y caliza nodular correspondiente a la Formación Celendín. En ambos casos se trata de contactos nítidos con cambios abruptos de litología.

La Formación Cajamarca tiene una litología bastante uniforme a través de la región, consiste en una caliza fina y pura, color marrón claro que imberiza a tonos blanquecinos o gris claros. La caliza está bien estratificada en capas delgadas a medianas. En muchas áreas la caliza es tan fina y pura que prácticamente constituye una caliza litográfica. La unidad es bastante fosilífera con una buena fauna de amonites, gasterópodos y foraminíferos.

La Formación Cajamarca tiene un grosor promedio de 500 m y llega a 700 m en algunas áreas. Estos grosores continúan hacia el sur en la región de Cajamarca (Fernández, 2021).



Foto 1. Estratificación de calizas en la Formación Cajamarca aflorando en la calera.

3.3.2. Formación Celendín (Ks-ce)

Constituye la última secuencia calcárea del Cretácico Superior, la Formación Celendín genera un relieve de hondonadas y terrenos bajos caracterizados por tonos amarillentos y marrones producidos por intemperismo. La formación suprayace concordantemente a la Formación Cajamarca; el contacto se ubica encima de la última capa de caliza pura de esta última unidad. El contacto superior es una discordancia paralela sobre la cual yacen los conglomerados y areniscas de la Formación Chota.

La Formación Celendín está compuesta por capas delgadas de caliza nodular arcillosa, intercaladas con margas y lutitas. Las lutitas y margas son grises o gris azuladas mientras la caliza es crema oscura a marrón como se muestra en la Foto 02; en general las margas y lutitas predominan sobre las calizas. La formación es fosilífera y contiene una fauna variada de amonites, lamelibranquios, gasterópodos y echinoideos.

El grosor de la Formación Celendín es variable debido a la erosión que sufrió antes de la deposición de la Formación Chota. Alcanza un grosor máximo de más de 300 m en los alrededores de Bambamarca y Celendín, en el resto del área está representada sólo por algunas decenas de metros de sedimentos o ha sido erosionada. La formación alcanza un grosor de 300 a 400 m sobre una extensa área y que fue depositada prácticamente sobre toda la región.



Foto 2. Caliza nodular arcillosa, intercalada con margas y lutitas de la Formación Celendín.

3.4. PROCEDIMIENTOS

Los procedimientos de recopilación, tratamiento e interpretación de la información hechos a partir de las técnicas, herramientas y criterios se encuentran establecidas en tres etapas de trabajo: gabinete y campo, los cuales se detallan de la siguiente manera:

3.4.1. Primera etapa: Gabinete

En esta etapa se realizó la recopilación bibliográfica que consistió en la búsqueda inicial, revisión y análisis de estudios previamente hechos en carguío y acarreo en minería no metálica, así como también trabajos realizados con el mismo propósito de investigación. Se estableció el cronograma de actividades para salidas al campo para realizar la observación y apunte de los datos y variables necesarias de esta investigación.

3.4.2. Segunda etapa: Campo

Primero se realizó un reconocimiento general del área de investigación y las instalaciones que abarca en los diferentes procesos de operación para obtención de la cal, se identificó la geología en cuanto a las formaciones geológicas presentes en la concesión minera y su composición de las mismas, luego se ha hecho la observación y el registro de tiempos del proceso de carguío que efectúa el cargador frontal 938H, así como se ha registrado aleatoriamente todo el proceso que se realiza en una guardia de trabajo.

3.4.3. Tercera etapa: Gabinete

Para esta etapa se ha depurado los datos de control de tiempos en el ciclo de carguío, se validó los datos obtenidos en la etapa de campo comparando con las investigaciones realizadas en la primera etapa de gabinete. Así mismo se realizó el análisis y discusión de los resultados para luego elaborar las conclusiones, recomendaciones y redacción final de la tesis con la elaboración de tablas y gráficos de los índices de rendimiento operativo en el carguío.

3.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología según el objetivo del estudio es aplicada ya que el problema está establecido y reconocido. La investigación se basa en la observación de los hechos, carguío de material de caliza, así como explicar las causas del rendimiento de los equipos que efectúan la operación. No se ha realizado ninguna manipulación de las variables establecidas por lo que es no experimental, asimismo es transversal en el tiempo porque se realizó en un tiempo determinado. La Tabla 21 resume el tipo de investigación realizado.

Tabla 21. Tipo de investigación utilizado.

Investigación	Característica
Tipo	Cuantitativo conforme a los propósitos y naturaleza de la investigación
Nivel	Estudio descriptivo y explicativo
Diseño	No experimental y transversal en el tiempo
Método	Científico con análisis hipotético-deductivo

Fuente: Hernández,(2010).

3.5.1. Población de estudio

Caleras en el ámbito del caserío Maygasbamba en un área de 10 km².

3.5.2. Muestra

Calera Bendición de Dios, frente de minado del área de carguío de roca caliza.

3.5.3. Unidad de análisis

Tiempos del ciclo de carguío del cargador frontal 938H e indicadores clave de desempeño de la operación.

3.6. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Para la presente investigación se ha identificado las siguientes variables de acuerdo a causa efecto del problema: como variable dependiente el índice de rendimiento que depende de la disponibilidad física, disponibilidad mecánica, utilización de máquina y uso de la disponibilidad. Las variables se sintetizan en la Tabla 22.

Tabla 22. Identificación de variables en la investigación.

Variables Independientes	Variables Dependientes
Disponibilidad mecánica	Índice de rendimiento
Utilización de máquina	
Usage	
Gestión de demoras	
Uso de la disponibilidad	

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1. Técnicas

Las técnicas que se emplearon para obtener la información de campo fue la observación directa en las áreas de operación del ciclo de carguío efectuado por el cargador frontal 938H cargando y llevando el material hasta los hornos de calcinación, y así se elaboró las fichas de recolección de datos conforme al procedimiento de carguío en el proceso de extracción de la caliza, de dicha base se empezó a determinar cada indicador de rendimiento.

En la elaboración de la tesis se trabajó en el software Excel para cada uno de los procedimientos KPI, agrupándolos en tablas y gráficos, así como comparándolos con fuentes de libros, tesis, informes y estudios relacionados a las operaciones de carguío que se realizan en minería no metálica. Para la elaboración de los mapas temáticos de la calera y su concesión se realizó en el software ArcGis.

3.7.2. Instrumentos y equipos

Para la elaboración de la presente investigación en base a las técnicas de observación y descripción realizadas en campo y gabinete, se emplearon los siguientes instrumentos y equipos que se describen a continuación:

Boletines informativos de la geología presente en la zona de estudio, así como mapas geológicos de la zona, obtenidos del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Imágenes satelitales del SAS Planet y Google Earth, para la ubicación y referenciación de la zona de estudio.

Fichas de recolección de datos para la información de campo.

GPS para georreferenciar la zona de estudio, así como la ubicación de la calera Bendición de Dios.

Libreta de campo y lapiceros para realizar anotaciones de los tiempos de carguío en las fichas de recolección de datos.

Equipo de protección personal de manera obligatoria para ingresar al área de operaciones, específicamente a la zona de carguío de material caliza.

Cronómetro para registrar los tiempos en el ciclo de carguío que efectuó el cargador frontal.

Cámara digital para la toma de fotografías de campo.

Laptop para el procesamiento de los datos obtenidos en el área de operaciones, así como la redacción de la investigación, lo cual permitió el desarrollo y culminación de la tesis.

3.8. ESTADOS OPERACIONALES DE CARGUÍO

El registro de la base de datos tomada en campo que se muestra en el Anexo 01 tomó como referencia cuatro estados situacionales para el equipo de carguío, cargador frontal 938H:

- Horas operativas
- Horas de demora
- Horas standby
- Horas de mantenimiento

3.8.1. Horas Operativas

Es el tiempo destinado a la elaboración de actividades de producción, las mismas que están conformadas por actividades de preparación y finalización de operaciones. Las horas operativas se dividen en horas de producción y horas de arreglo del frente de carguío. En la Tabla 23 se registró el total de horas operativas correspondientes a los meses de febrero, marzo y abril del 2022.

Tabla 23. Horas operativas del equipo de carguío.

Operativo	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)
Producción	59,23	65,72	63,92
Arreglo del frente de carguío	11,29	14,64	14,11
Total	70,52	80,36	78,04

3.8.2. Horas Demora

Son las horas en donde el equipo se encuentra con motor encendido pero no está realizando actividades productivas. Las demoras se clasifican de acuerdo a las actividades propias de la operación, involucra al equipo de carguío y al operador. Una demora es lo que interrumpe al equipo mientras esté operando, todo ese tiempo se contabiliza como demora, así como también las necesidades básicas del operador también contabilizan como tiempo de demora ya que paraliza al equipo.

La Tabla 24 muestra el registro total de horas que se produjeron en demoras del equipo de carguío correspondiente a los meses de febrero, marzo y abril del 2022.

Tabla 24. Horas de demora del equipo de carguío.

Demora	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)
Refrigerio	7,00	7,75	7,75
Traslado operativo	5,60	6,20	6,20
Relleno de combustible	9,33	10,33	10,33
Calentamiento de equipo	2,33	2,58	2,58
Cambio de frente	2,80	3,10	3,10
Espera por chancadora	0,47	0,52	0,52
Llenado de IPERC	3,27	3,62	3,62
Espera por reparación en área	2,33	2,58	2,58
Revisión y chequeo	0,93	1,03	1,03
Limpieza de equipo	1,87	2,07	2,07
Servicios Higiénicos	4,67	5,17	5,17
Total	40,60	44,95	44,95

3.8.3. Horas Standby

Conocido también como “en espera”, se considera a un equipo/equipos en standby debido a que están paralizados con el motor apagado por condiciones operativas, pero con una operatividad óptima y está disponible mecánicamente; durante este tiempo el operador se encuentra en horas de reposo reglamentario, ingiriendo sus alimentos o el personal se encuentra recibiendo capacitación de seguridad u otra actividad no reglamentada. Así mismo el equipo puede estar detenido debido a una causa externa durante las horas de trabajo.

En la Tabla 25 se registró el total de horas de standby del equipo de carguío correspondiente a los meses de febrero, marzo y abril del 2022.

Tabla 25. Horas de standby del equipo de carguío.

Stand By	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)
Equipo no requerido	81,20	89,90	87,00
Falta de frente de carguío	9,33	10,33	10,00
Falta de frente de descarga	3,27	3,62	3,50
Fatiga	1,40	1,55	1,50
Charla de seguridad	5,60	6,20	6,00
Clima severo	0,93	1,03	1,00
Neblina	1,87	2,07	2,00
Total	103,60	114,70	111,00

3.8.4. Horas Mantenimiento

El mantenimiento se divide en dos tipos: (1) mantenimiento programado puede ser preventivo o predictivo y (2) mantenimiento no programado también llamado correctivo. El primero es cuando el área de mantenimiento lleva una programación de cuándo a los equipos se les va a realizar revisiones, engrases o lubricaciones de forma permanente en función al tiempo horómetro del equipo y del resultado de las observaciones hechas en las inspecciones de los mecánicos; el segundo es cuando el equipo está operando adecuadamente y presenta algún tipo de falla y por ende tiene que ser intervenido por el área de mantenimiento y solucionar el problema mecánico.

En las Tablas 26 y 27 se registró el total de horas de mantenimiento programado y no programado respectivamente del equipo de carguío correspondiente a los meses de febrero, marzo y abril del 2022.

3.8.4.1. Mantenimiento Programado

Tabla 26. Horas de mantenimiento programado del equipo de carguío.

Mantenimiento Programado	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)
Motor	4,67	5,17	5,00
Transmisión y mandos finales	2,80	3,10	3,00
Sistema hidráulico	2,33	2,58	2,50
Frenos	1,40	1,55	1,50
Sistema eléctrico	2,33	2,58	2,50
Cabina	1,40	1,55	1,50
Lubricación y engrase	9,33	10,33	10,00
Total	24,27	26,87	26,00

3.8.4.2. Mantenimiento No Programado

Tabla 27. Horas de mantenimiento no programado del equipo de carguío.

Mantenimiento No Programado	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)
Motor	18,67	20,67	20,00
Transmisión y mandos finales	9,80	10,85	10,50
Sistema hidráulico	7,00	7,75	7,50
Frenos	4,67	5,17	5,00
Sistema eléctrico	7,00	7,75	7,50
Total	47,13	52,18	50,50

3.8.5. Duración total de estados operacionales

La duración total de horas de los estados operacionales del equipo de carguío para esta investigación en los meses de febrero, marzo y abril del 2022 se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28. Duración total de estados operacionales.

Estado	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)
Operativo	70,52	80,36	78,04
Demora	40,60	44,95	43,50
Standby	64,40	71,30	69,00
Mantenimiento	71,40	79,05	76,50
Total	246,92	275,66	267,04

Los gráficos 1, 2 y 3 muestran la cantidad de horas totales por mes que involucra en cada estado operacional del equipo de carguío como es el cargador frontal 938H, la barra color verde representa el estado operativo, barra anaranjada es demora, barra amarilla es standby y barra roja el mantenimiento, cada una de las barras tiene sus horas respectivas y el porcentaje que representa con respecto al total de horas del mes respectivo.

Gráfico 1. Estados operativos de carguío en el mes de febrero 2022.

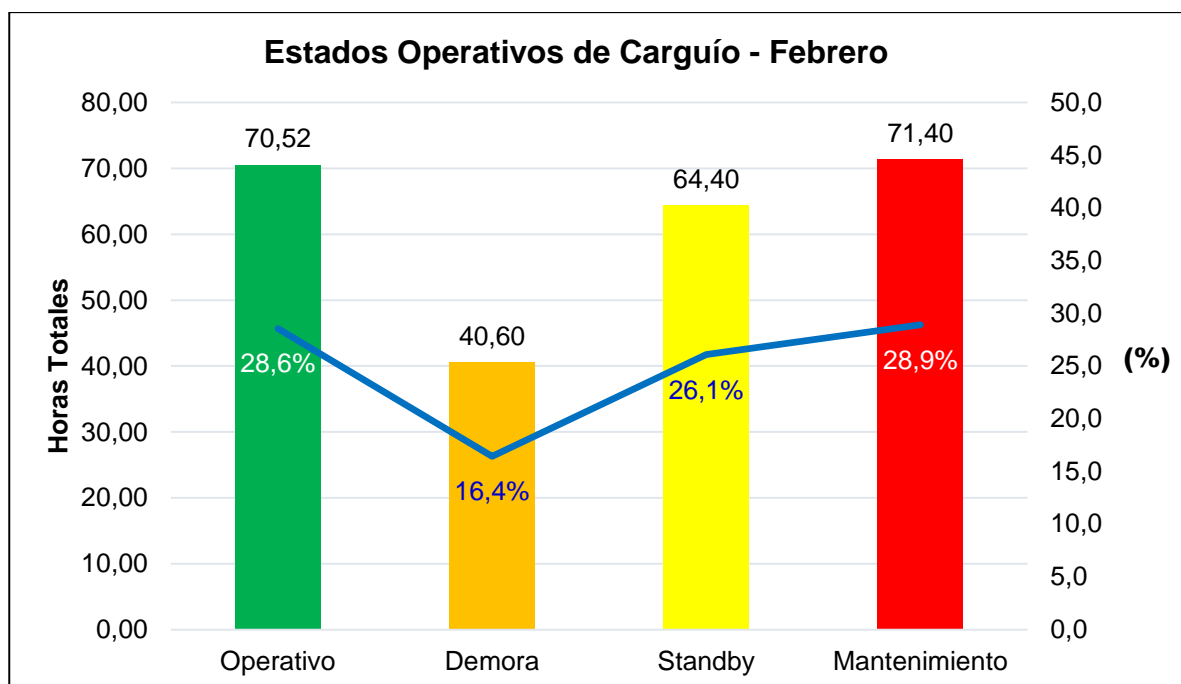


Gráfico 2. Estados operativos de carguío en el mes de marzo 2022.

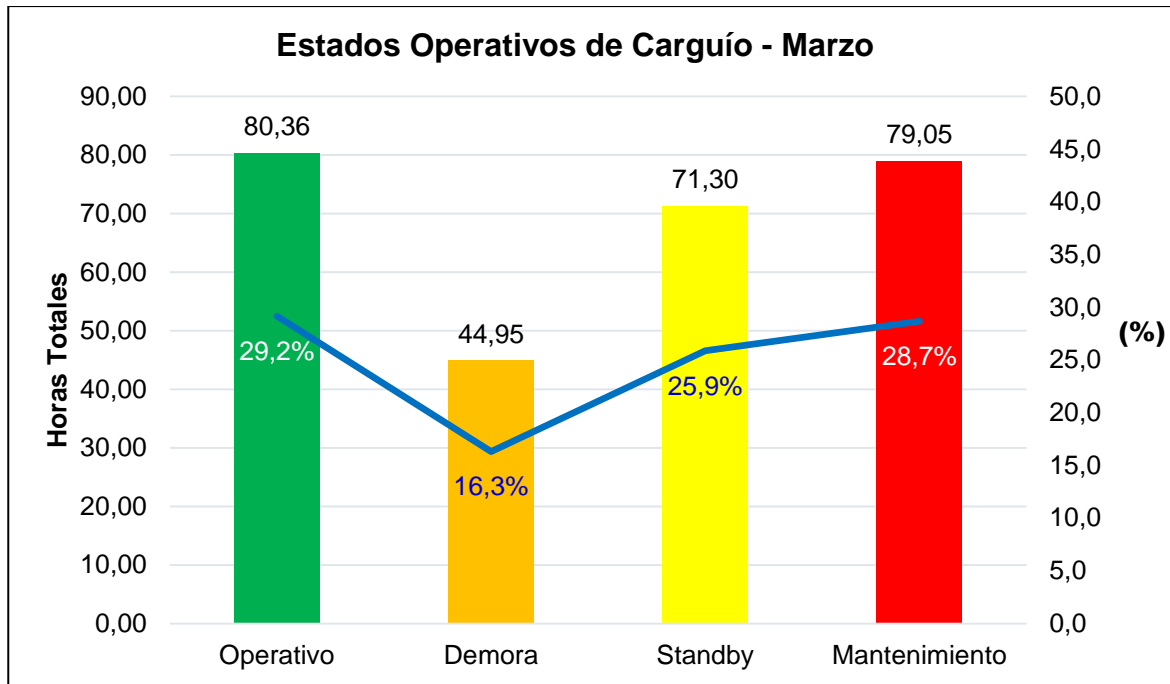
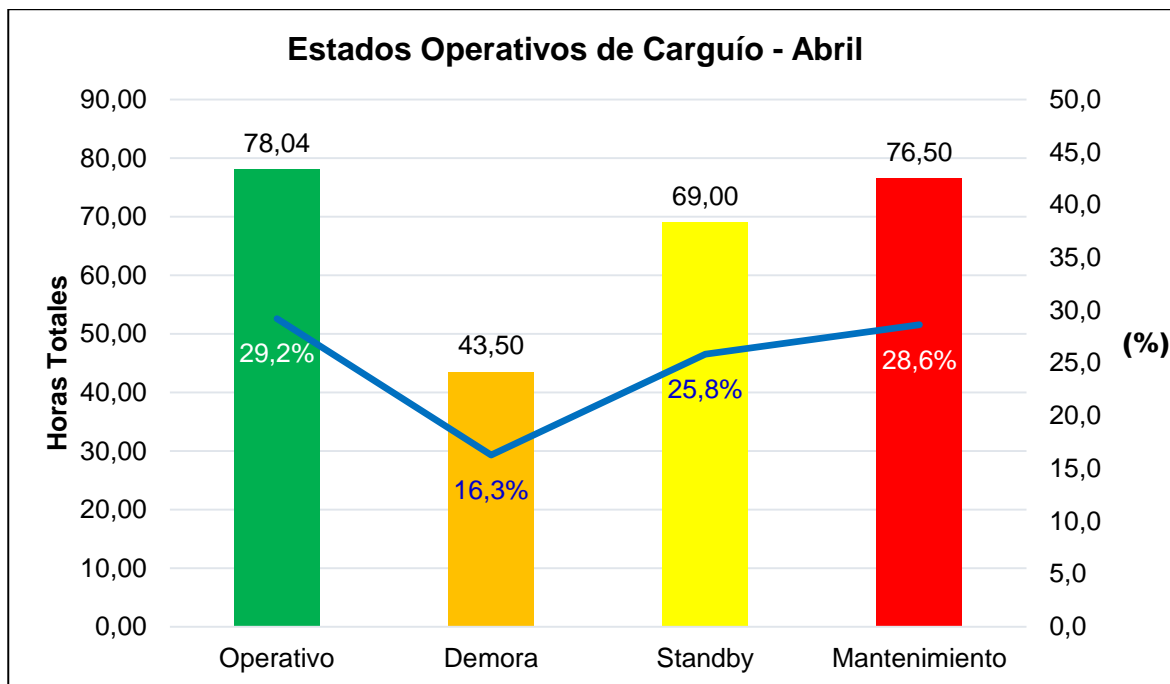


Gráfico 3. Estados operativos de carguío en el mes de abril 2022.



3.9. INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO

Los indicadores de desempeño permitió analizar en qué estado se encuentran los procesos productivos de la calera, específicamente el proceso de carguío de material caliza a partir de la base de datos que se encuentra en el Anexo 01. Estos indicadores permitieron identificar en qué se está fallando, así como aprovechar las oportunidades de mejora que permitan optimizar los procesos y reducir los costos involucrados.

3.9.1. Disponibilidad mecánica

La disponibilidad mecánica cuantifica que porcentaje del tiempo total está disponible la máquina para la operación, no tomando en cuenta las horas de mantenimiento en el numerador. Por si sola no brinda un buen acercamiento a la realidad de la operación y es conveniente analizarlo con otros indicadores de rendimiento.

La disponibilidad mecánica se calcula según la fórmula siguiente:

$$DM (\%) = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas Mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

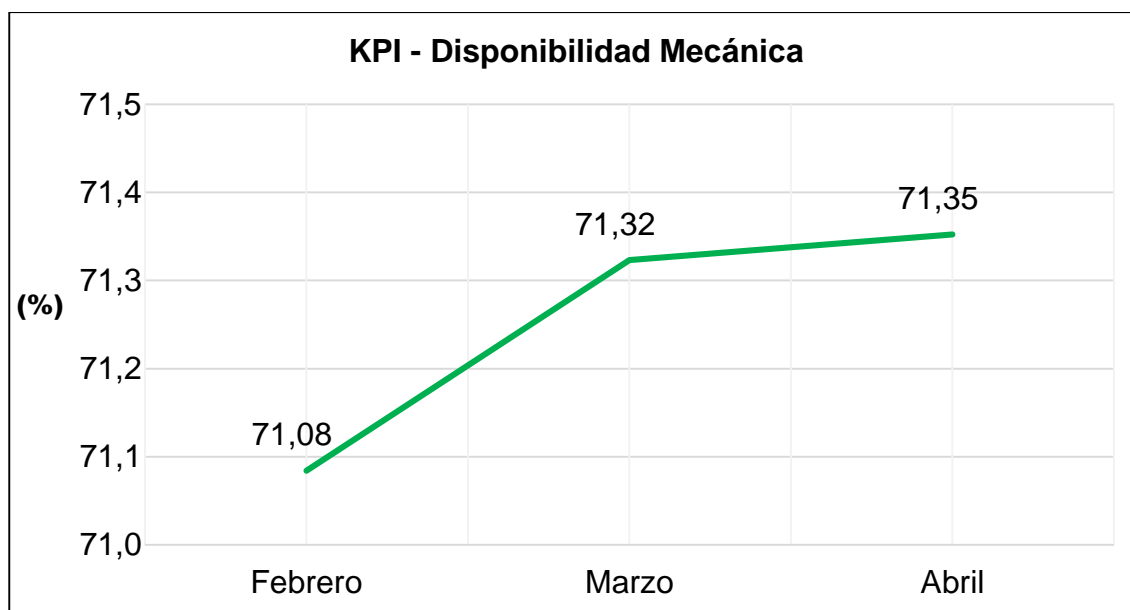
La Tabla 29 toma en cuenta los cuatro estados operacionales, y cada mes es evaluado en base a ello, las horas totales viene dado por la suma de las horas operativo, demora, standby y mantenimiento. Aplicando los valores en la fórmula anterior quedaría una disponibilidad mecánica para el mes de febrero del 71,08%, mes de marzo 71,32% y mes de abril 71,35%.

Tabla 29. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío.

Mes	Operativo (h)	Demora (h)	Standby (h)	Mantenimiento (h)	Disponibilidad Mecánica (%)
Febrero	70,52	40,60	64,40	71,40	71,08
Marzo	80,36	44,95	71,30	79,05	71,32
Abril	78,04	43,50	69,00	76,50	71,35

En el Gráfico 4 se representa gráficamente la disponibilidad mecánica para los meses de febrero, marzo y abril, observándose una ligera tendencia de mejora porcentual conforme avanzan los meses.

Gráfico 4. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío.



3.9.2. Utilización de máquina

La utilización de máquina cuantifica que porcentaje del tiempo total está operando en un frente de trabajo, proporciona información sobre el aprovechamiento adecuado de los activos de la empresa, un alto valor indica que la máquina está trabajando en óptimas condiciones en labores de producción, un bajo valor indica que la máquina no está produciendo para la empresa por factores que pueden ser mantenimiento u otra actividad relacionada, netamente está paralizada.

La utilización de máquina se calcula con la fórmula que se muestra a continuación:

$$UM (\%) = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Totales}}$$

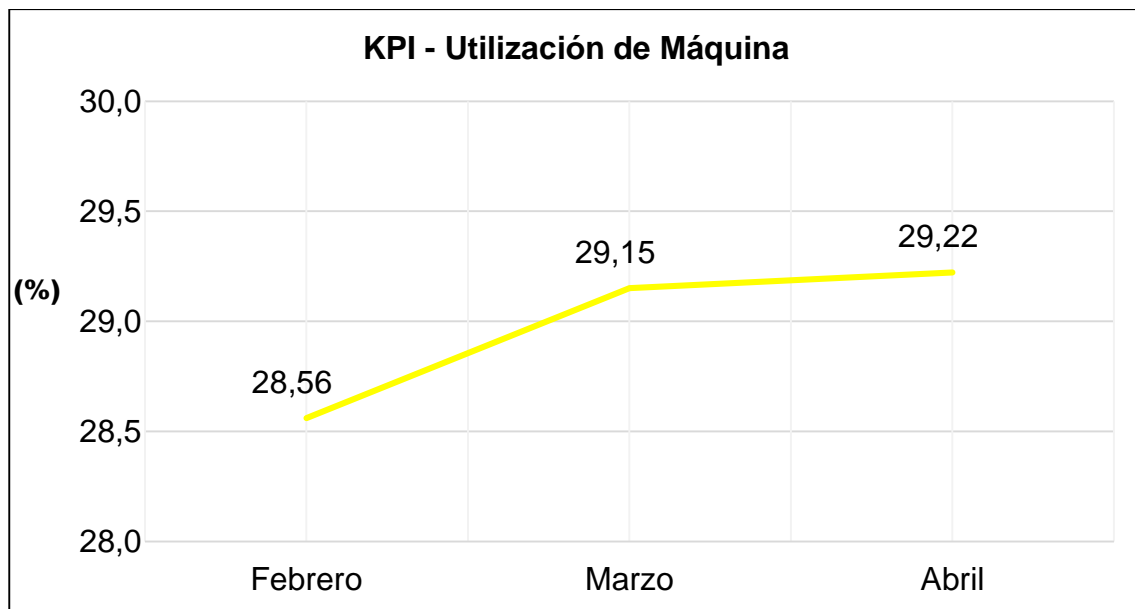
La Tabla 30 nos muestra los cuatro estados operacionales, y cada mes es evaluado en base a ello, las horas totales viene dado por la suma de las horas operativo, demora, standby y mantenimiento. Aplicando los valores en la fórmula anterior quedaría una utilización de máquina para el mes de febrero del 28,56%, mes de marzo 29,15% y mes de abril 29,22%.

Tabla 30. Utilización de máquina del equipo de carguío.

Mes	Operativo (h)	Demora (h)	Standby (h)	Mantenimiento (h)	Utilización de Máquina (%)
Febrero	70,52	40,60	64,40	71,40	28,56
Marzo	80,36	44,95	71,30	79,05	29,15
Abril	78,04	43,50	69,00	76,50	29,22

En el Gráfico 5 se representa gráficamente la utilización de máquina para los meses de febrero, marzo y abril, observándose una ligera tendencia de mejora porcentual conforme avanzan los meses.

Gráfico 5. Utilización de máquina del equipo de carguío.



3.9.3. Usage

El usage indica el tiempo que el equipo está trabajando con respecto al tiempo que el equipo no está en mantenimiento, tomando en cuenta las horas de operación, demora y standby.

El usage se calcula con la fórmula que se muestra a continuación:

$$U (\%) = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Demora} + \text{Horas Standby}}$$

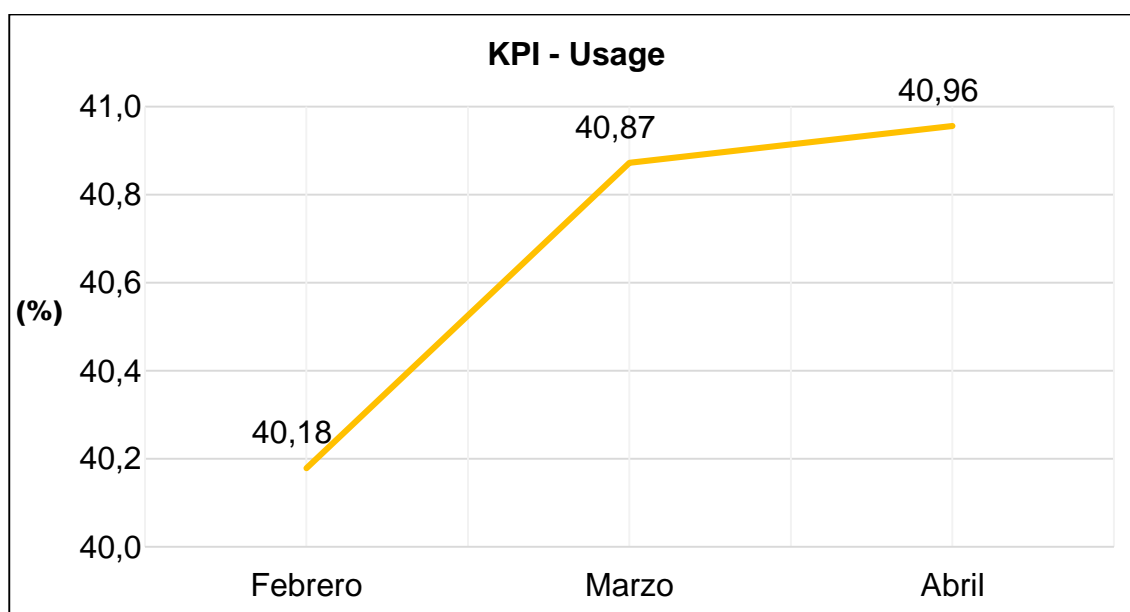
La Tabla 31 nos muestra los cuatro estados operacionales y cada mes evaluado en base a ello. Aplicando los valores en la fórmula anterior quedaría un usage para el mes de febrero del 40,18%, mes de marzo 40,87% y mes de abril 40,96%.

Tabla 31. Usage del equipo de carguío.

Mes	Operativo (h)	Demora (h)	Standby (h)	Mantenimiento (h)	Usage (%)
Febrero	70,52	40,60	64,40	71,40	40,18
Marzo	80,36	44,95	71,30	79,05	40,87
Abril	78,04	43,50	69,00	76,50	40,96

En el Gráfico 6 se representa gráficamente el usage para los meses de febrero, marzo y abril, observándose una ligera tendencia de mejora porcentual conforme avanzan los meses.

Gráfico 6. Usage del equipo de carguío.



3.9.4. Gestión de demoras

Es el porcentaje que indica cómo se gestiona el tiempo de demora en la operación, tomando en cuenta solamente a las horas operativas y horas de demora. Valores altos explican que existe una buena gestión de la demora en la operación, indicando que las demoras son mínimas, valores bajos indican mala gestión de las demoras con pérdidas de tiempo en exceso en el frente de trabajo.

La gestión de la demora se calcula con la siguiente fórmula:

$$GD (\%) = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Demora}}$$

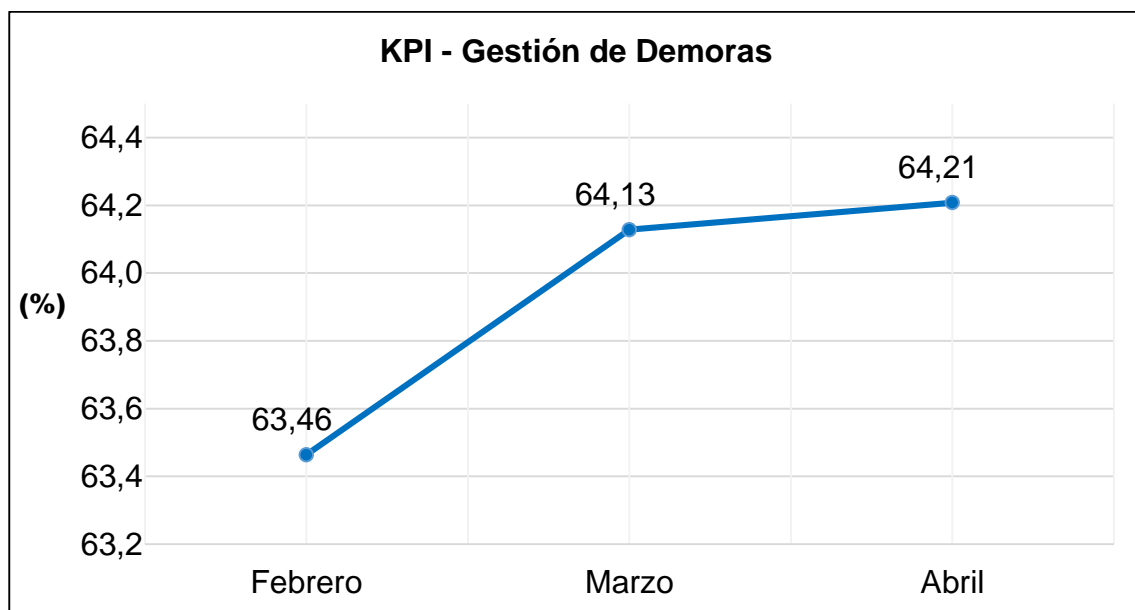
La Tabla 32 toma en cuenta los cuatro estados operacionales de cada mes, tomando como referencia solo a las horas operativas y horas de demora. Aplicando los valores en la fórmula anterior quedaría una gestión de demora para el mes de febrero del 63,46%, mes de marzo 64,13% y mes de abril 64,21%.

Tabla 32. Gestión de demora del equipo de carguío.

Mes	Operativo (h)	Demora (h)	Standby (h)	Mantenimiento (h)	Gestión de Demoras (%)
Febrero	70,52	40,60	64,40	71,40	63,46
Marzo	80,36	44,95	71,30	79,05	64,13
Abril	78,04	43,50	69,00	76,50	64,21

En el Gráfico 7 se representa gráficamente la gestión de demoras para los meses de febrero, marzo y abril, observándose una ligera tendencia de mejora porcentual conforme avanzan los meses.

Gráfico 7. Gestión de demora del equipo de carguío.



3.9.5. Uso de la disponibilidad

Representa el tiempo relacionado directamente con la operación desde el momento en que el equipo no está en mantenimiento programado ni en mantenimiento correctivo. Su valor está dado en porcentaje y evalúa cómo se gestiona el tiempo de espera. El uso de la disponibilidad se calcula con la fórmula que se muestra a continuación:

$$UD (\%) = \frac{\text{Horas Operativo} + \text{Horas Demora}}{\text{Horas Operativas} + \text{Horas Demora} + \text{Horas Standby}}$$

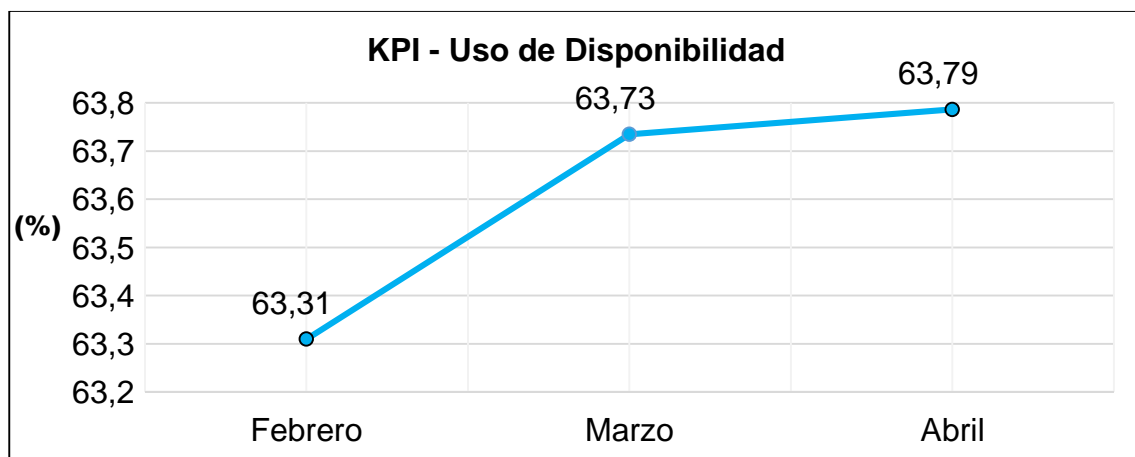
La Tabla 33 nos muestra los cuatro estados operacionales de cada mes evaluado, tomando en cuenta solo las horas operativas, demora y standby. Aplicando los valores en la fórmula anterior quedaría un uso de disponibilidad para el mes de febrero del 63,31%, mes de marzo 63,73% y mes de abril 63,79%.

Tabla 33. Uso de la disponibilidad del equipo de carguío.

Mes	Operativo (h)	Demora (h)	Standby (h)	Mantenimiento (h)	Uso de Disponibilidad (%)
Febrero	70,52	40,60	64,40	71,40	63,31
Marzo	80,36	44,95	71,30	79,05	63,73
Abril	78,04	43,50	69,00	76,50	63,79

En el Gráfico 8 se representa gráficamente la utilización de máquina para los meses de febrero, marzo y abril, observándose una ligera tendencia de mejora porcentual conforme avanzan los meses.

Gráfico 8. Uso de la disponibilidad del equipo de carguío.



3.9.6. Índice de mantenimiento

Este indicador mide el tiempo en horas que el equipo es operado por cada hora invertida en su mantenimiento o reparación. El índice de mantenimiento se calcula con la fórmula que se muestra a continuación:

$$IM = \frac{\text{Horas Operativo}}{\text{Horas Mantenimiento}}$$

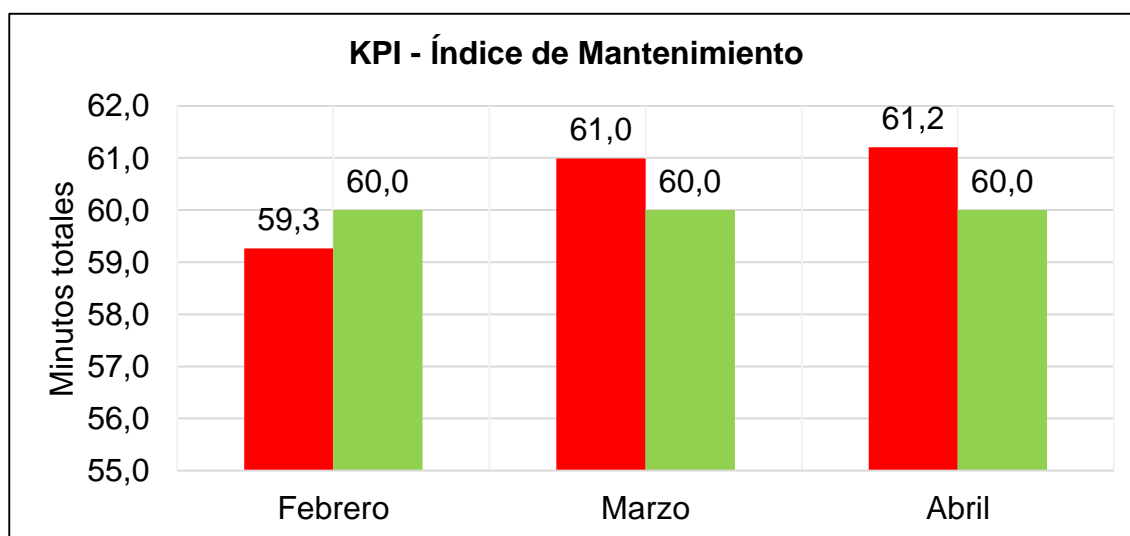
La Tabla 34 muestra el índice de mantenimiento tomando en cuenta solo las horas operativas y horas de mantenimiento. Aplicando los valores en la fórmula anterior quedaría un índice de mantenimiento para el mes de febrero 59,26 minutos de operación por cada hora de mantenimiento, mes de marzo 61 minutos y mes de abril 61,2 minutos por cada hora de mantenimiento.

Tabla 34. Índice de mantenimiento del equipo de carguío.

Mes	Operativo (h)	Mantenimiento (h)	Índice de Mantenimiento
Febrero	70,52	71,40	59,3
Marzo	80,36	79,05	61,0
Abril	78,04	76,50	61,2

En el Gráfico 9 se representa gráficamente el índice de mantenimiento del cargador frontal para los meses de febrero, marzo y abril.

Gráfico 9. Uso de la disponibilidad del equipo de carguío.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Habiendo establecido y calculado cada uno de los indicadores de rendimiento quienes dependen de los estados operacionales, se procedió analizarlos a cada estado separadamente para identificar cómo optimizarlos y lograr una mejora progresiva en los equipos de carguío. El resumen del porcentaje que representan con respecto al total de horas se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35. Porcentaje de representación de estados operacionales.

Estado	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)	Total	Porcentaje (%)
Operativo	70,52	80,36	78,04	228,92	29,0
Demora	40,60	44,95	43,50	129,05	16,3
Standby	64,40	71,30	69,00	204,70	25,9
Mantenimiento	71,40	79,05	76,50	226,95	28,7
Total	246,92	275,66	267,04	789,62	

Los detalles analizados para cada estado operacional se muestran en los ítems correspondientes.

4.1.1. Análisis de las horas operativas

Las horas operativas representan el 29% del total de estados, ver Tabla 35. Dentro de las horas operativas se tienen dos actividades, las de producción que representan el 82,5% y el arreglo del frente de trabajo con el 17,5% de las horas totales en los tres meses de investigación y se muestra en la Tabla 35. Es necesario reducir el porcentaje de tiempo en el arreglo del frente con tiempos más cortos y así aumentar el porcentaje de producción.

Tabla 36. Actividades realizadas en horas de producción.

Operativo	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)	Total	Porcentaje (%)
Producción	59,23	65,72	63,92	188,87	82,5
Arreglo del frente de carguío	11,29	14,64	14,11	40,04	17,5
Total	70,52	80,36	78,04	228,92	

4.1.2. Análisis de las horas demora

Las horas de demora representan el 16,3% del total de estados, ver Tabla 35. El detalle de cada actividad considerada como demora y su porcentaje de representación con respecto a las horas totales en los tres meses de investigación se muestra en la Tabla 37.

Tabla 37. Actividades realizadas en horas de demora.

Demora	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)	Total	Porcentaje (%)
Refrigerio	7,00	7,75	7,50	22,25	17,2
Traslado operativo	5,60	6,20	6,00	17,80	13,8
Relleno de combustible	9,33	10,33	10,00	29,67	23,0
Calentamiento de equipo	2,33	2,58	2,50	7,42	5,7
Cambio de frente	2,80	3,10	3,00	8,90	6,9
Espera por chancadora	0,47	0,52	0,50	1,48	1,1
Llenado de IPERC	3,27	3,62	3,50	10,38	8,0
Espera por reparación en área	2,33	2,58	2,50	7,42	5,7
Revisión y chequeo	0,93	1,03	1,00	2,97	2,3
Limpieza de equipo	1,87	2,07	2,00	5,93	4,6
Servicios Higiénicos	4,67	5,17	5,00	14,83	11,5
Total	40,60	44,95	43,5	129,05	

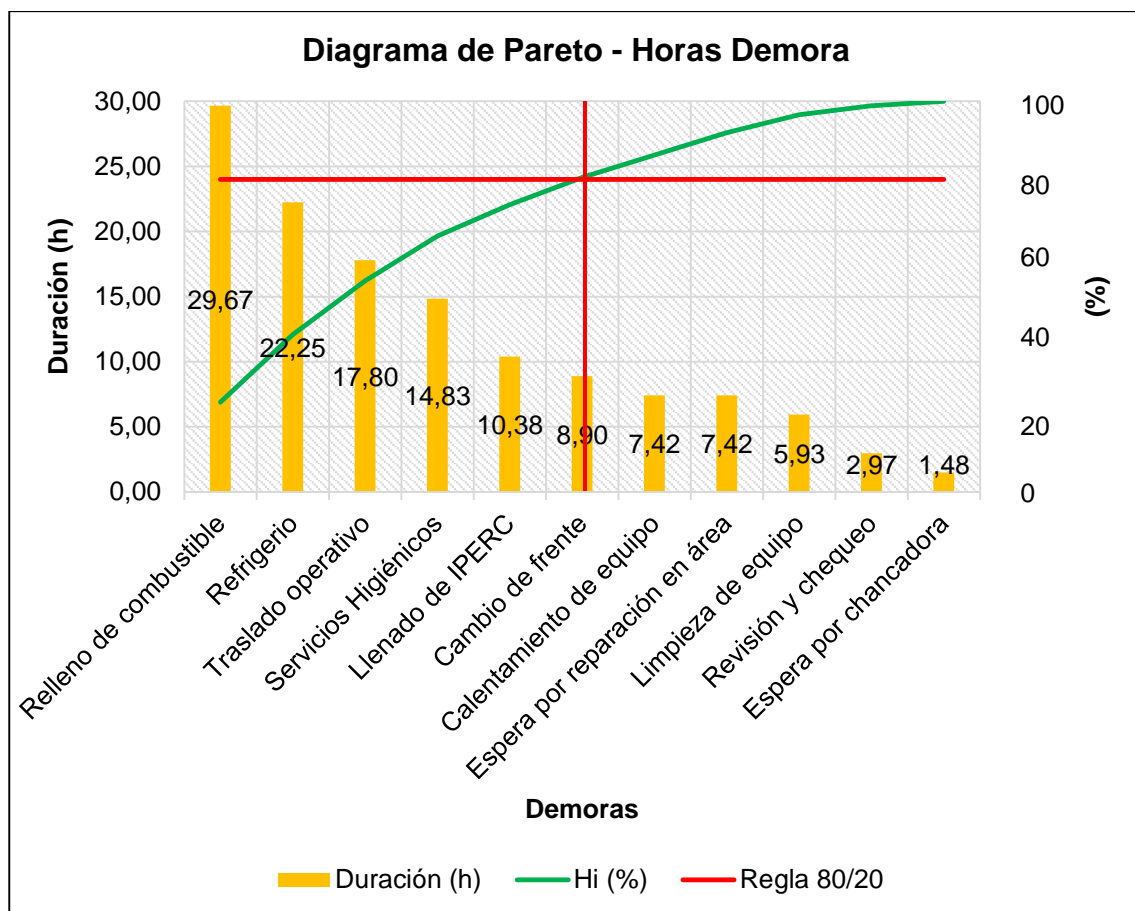
Tabla 38. Cálculo de Hi (%) para el diagrama de Pareto.

Demora	Duración (h)	hi (%)	Hi (%)
Relleno de combustible	29,67	23,0	23,0
Refrigerio	22,25	17,2	40,2
Traslado operativo	17,80	13,8	54,0
Servicios Higiénicos	14,83	11,5	65,5
Llenado de IPERC	10,38	8,0	73,6
Cambio de frente	8,90	6,9	80,5
Calentamiento de equipo	7,42	5,7	86,2
Espera por reparación en área	7,42	5,7	92,0
Limpieza de equipo	5,93	4,6	96,6
Revisión y chequeo	2,97	2,3	98,9
Espera por chancadora	1,48	1,1	100,0
Total	129,05		

Para graficar el diagrama de Pareto se procedió a ordenar las actividades de demora en forma descendente del acumulativo de horas sumadas en los tres meses de investigación, que se muestra en la Tabla 38.

En el Gráfico 10 se muestra el diagrama de Pareto para las actividades de demora, los datos desde el punto de intersección entre las líneas rojas y línea verde hacia la izquierda indica los datos “pocos vitales” y hacia la derecha se encuentran los “muchos triviales”.

Gráfico 10. Diagrama de Pareto en las actividades de demora.



Para la mejora continua se toman como referencia los datos “pocos vitales” ya que se concentra la mayor cantidad de horas en realizar dichas actividades: relleno de combustible, refrigerio, traslado operativo, servicios higiénicos, llenado de IPERC y cambio de frente. Por lo tanto es necesario optimizar dichos tiempos mediante la supervisión y así reducir el tiempo de demora.

4.1.3. Análisis de las horas standby

Las horas de standby representan el 25,9% del total de estados, ver Tabla 35. El detalle de cada actividad considerada como standby y su porcentaje de representación con respecto a las horas totales en los tres meses de investigación se muestra en la Tabla 39.

Tabla 39. Actividades realizadas en horas de standby.

Stand By	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)	Total	Porcentaje (%)
Equipo no requerido	42,00	46,50	45,00	133,50	65,2
Falta de frente de carguío	9,33	10,33	10,00	29,67	14,5
Falta de frente de descarga	3,27	3,62	3,50	10,38	5,1
Fatiga	1,40	1,55	1,50	4,45	2,2
Charla de seguridad	5,60	6,20	6,00	17,80	8,7
Clima severo	0,93	1,03	1,00	2,97	1,4
Neblina	1,87	2,07	2,00	5,93	2,9
Total	64,40	71,30	69,00	204,70	

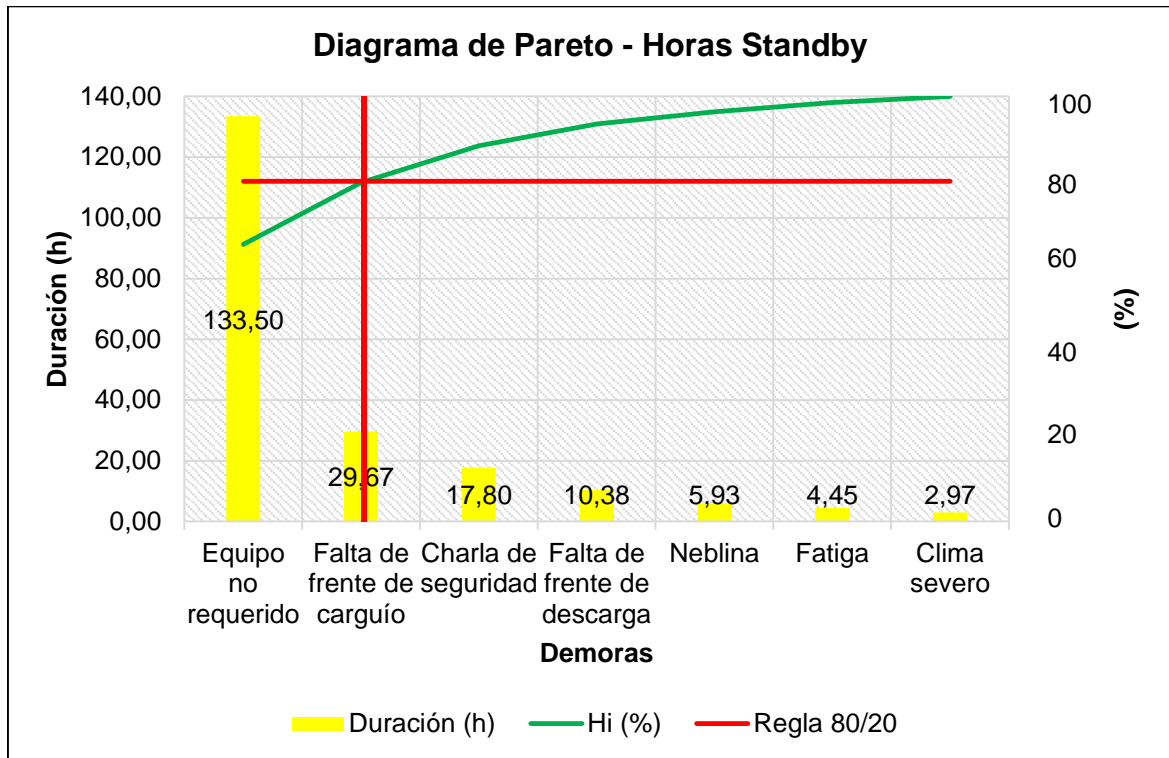
Para graficar el diagrama de Pareto se procedió a ordenar las actividades de standby en forma descendente del acumulativo de horas sumadas en los tres meses de investigación, y se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40. Cálculo de Hi (%) para el diagrama de Pareto.

Stand By	Duración (h)	hi (%)	Hi (%)
Equipo no requerido	133,50	65,2	65,2
Falta de frente de carguío	29,67	14,5	79,7
Charla de seguridad	17,80	8,7	88,4
Falta de frente de descarga	10,38	5,1	93,5
Neblina	5,93	2,9	96,4
Fatiga	4,45	2,2	98,6
Clima severo	2,97	1,4	100,0
Total	204,70		

En el Gráfico 11 se muestra el diagrama de Pareto para las actividades de standby, los datos desde el punto de intersección entre las líneas rojas y línea verde hacia la izquierda indica los datos “pocos vitales” y hacia la derecha se encuentran los “muchos triviales”.

Gráfico 11. Diagrama de Pareto en las actividades de standby.



Para la mejora continua se toman como referencia los datos “pocos vitales” ya que concentran la mayor cantidad de horas en realizar dichas actividades: equipo no requerido y falta de frente de carguío. Por lo tanto es necesario optimizar dichos tiempos mediante el planeamiento operativo y así reducir los tiempos de standby.

4.1.4. Análisis de las horas mantenimiento

Las horas de mantenimiento representan el 28,7% del total de estados operativos, ver Tabla 35. Los dos tipos de mantenimiento, tanto programado como no programado se han agrupado en una sola tabla. El detalle de cada actividad considerada como mantenimiento viene dada por sumar las horas en cada mes como un total y de ahí se obtuvo su porcentaje de representación con respecto a las horas totales en los tres meses de investigación, el resumen se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41. Actividades realizadas en horas de mantenimiento.

Mantenimiento	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)	Total	Porcentaje (%)
Motor	23,33	25,83	25,00	74,17	32,7
Transmisión y mandos finales	12,60	13,95	13,50	40,05	17,6
Sistema hidráulico	9,33	10,33	10,00	29,67	13,1
Frenos	6,07	6,72	6,50	19,28	8,5
Sistema eléctrico	9,33	10,33	10,00	29,67	13,1
Cabina	1,40	1,55	1,50	4,45	2,0
Lubricación y engrase	9,33	10,33	10,00	29,67	13,1
Total	71,40	79,05	76,50	226,95	

Para graficar el diagrama de Pareto se procedió a ordenar las actividades de mantenimiento en forma descendente del acumulativo de horas sumadas en los tres meses de investigación y se muestra en la Tabla 42.

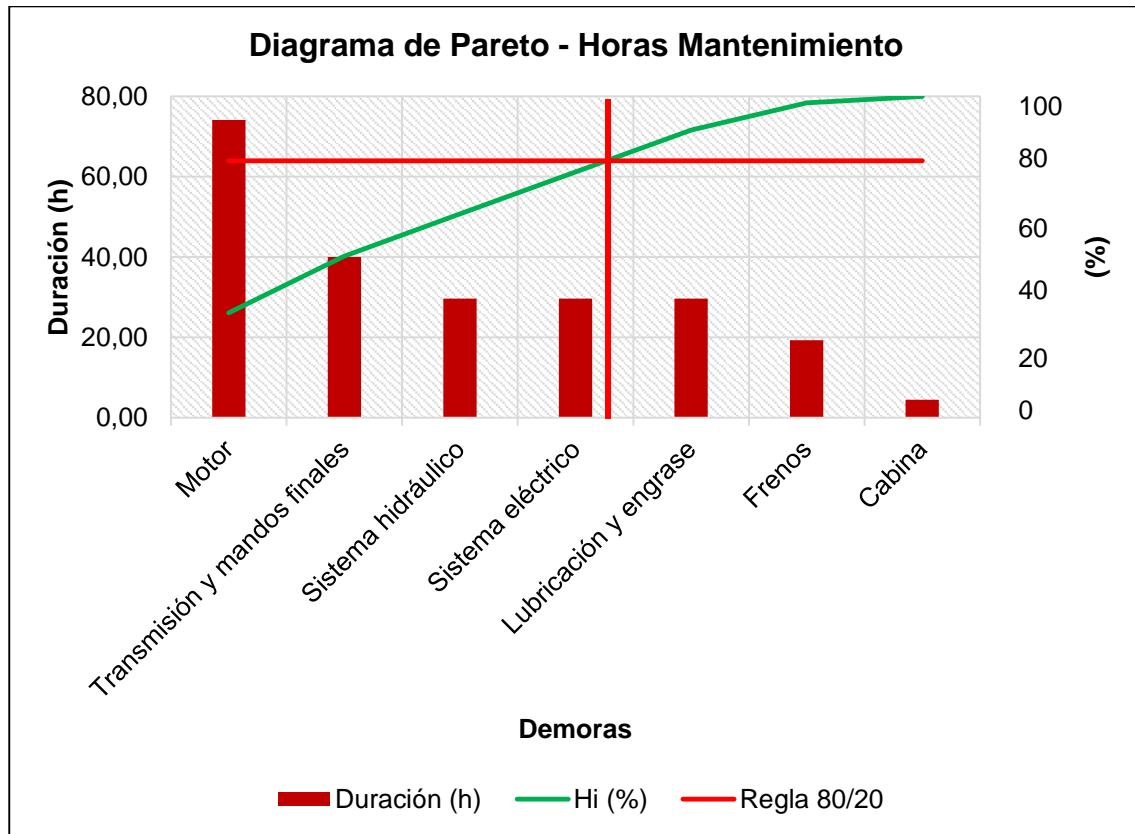
Tabla 42. Cálculo de Hi (%) para el diagrama de Pareto.

Mantenimiento	Duración (h)	hi (%)	Hi (%)
Motor	74,17	32,7	32,7
Transmisión y mandos finales	40,05	17,6	50,3
Sistema hidráulico	29,67	13,1	63,4
Sistema eléctrico	29,67	13,1	76,5
Lubricación y engrase	29,67	13,1	89,5
Frenos	19,28	8,5	98,0
Cabina	4,45	2,0	100,0
Total	226,95		

En el Gráfico 12 se muestra el diagrama de Pareto para las actividades de standby, los datos desde el punto de intersección entre las líneas rojas y línea verde hacia la izquierda indica los datos “pocos vitales” y hacia la derecha se encuentran los “muchos triviales”.

Para la mejora continua se toman como referencia los datos “pocos vitales” ya que concentran la mayor cantidad de horas en realizar dichas actividades: motor, transmisión y mandos finales, sistema hidráulico y sistema eléctrico. Por lo tanto es necesario optimizar dichos tiempos mediante capacitaciones al personal y así reducir los tiempos de tardío.

Gráfico 12. Diagrama de Pareto en las actividades de mantenimiento.



4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Establecido los estados operacionales así como los indicadores de rendimiento, se procedió a evaluar cada KPI de acuerdo a los valores objetivo que deben alcanzar y que tan eficientes han sido en el proceso de carguío. El resumen de los targets o valores recomendados se muestra a continuación:

Tabla 43. Valores objetivo de KPIs para equipos de carguío.

KPI	Valor Objetivo - Target
Disponibilidad Mecánica	90%
Utilización de Máquina	65%
Usage	60%
Gestión de Demoras	80%
Uso de la Disponibilidad	75%

4.2.1. Disponibilidad mecánica

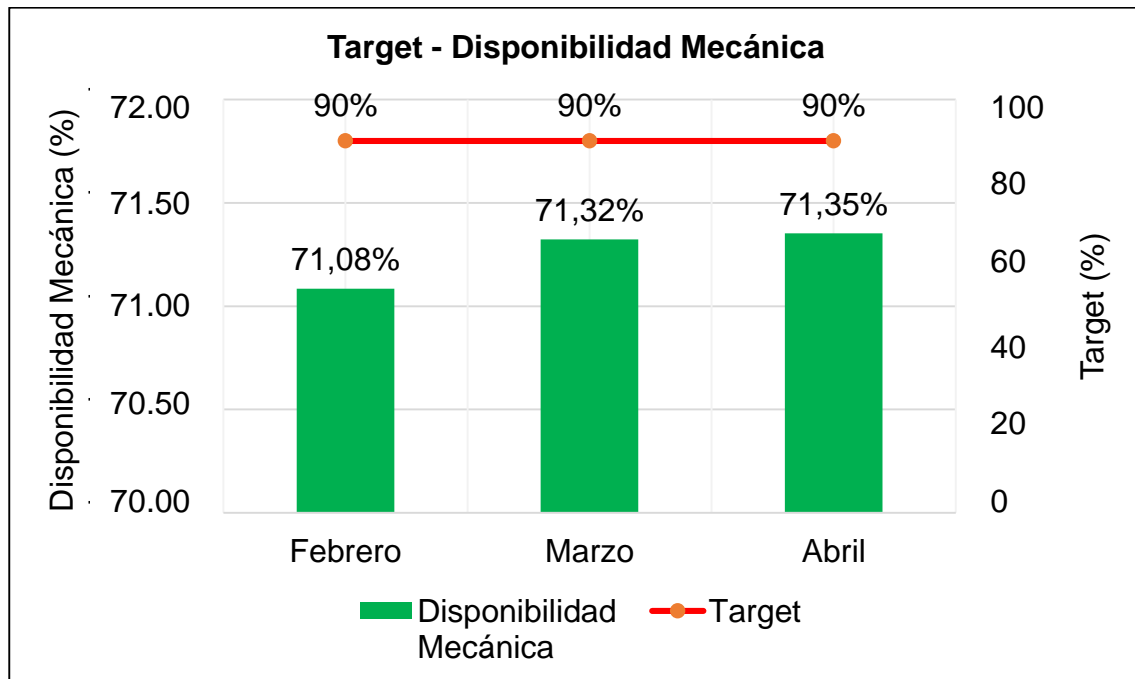
La disponibilidad mecánica calculada para los meses de febrero, marzo y abril del 2022 en la operación de carguío muestra una pequeña variación porcentual entre los valores hallados del 71% y el valor recomendado, como se muestra en la Tabla 45 y Gráfico 13.

Este índice toma como base para los cálculos a los cuatro estados operacionales: horas operativo, horas demora, horas standby y horas mantenimiento. Si bien no alcanza el valor target establecido pero es una buena referencia que el equipo si está disponible para la operación de carguío. Por lo tanto es necesario optimizar cada uno de los estados operacionales para alcanzar el objetivo deseado del 90%.

Tabla 44. Disponibilidad mecánica y target recomendado.

Mes	Disponibilidad Mecánica (%)	Target (%)	Variación (%)
Febrero	71,08	90	18,92
Marzo	71,32	90	18,68
Abril	71,35	90	18,65

Gráfico 13. Variación porcentual en la disponibilidad mecánica.



4.2.2. Utilización de máquina

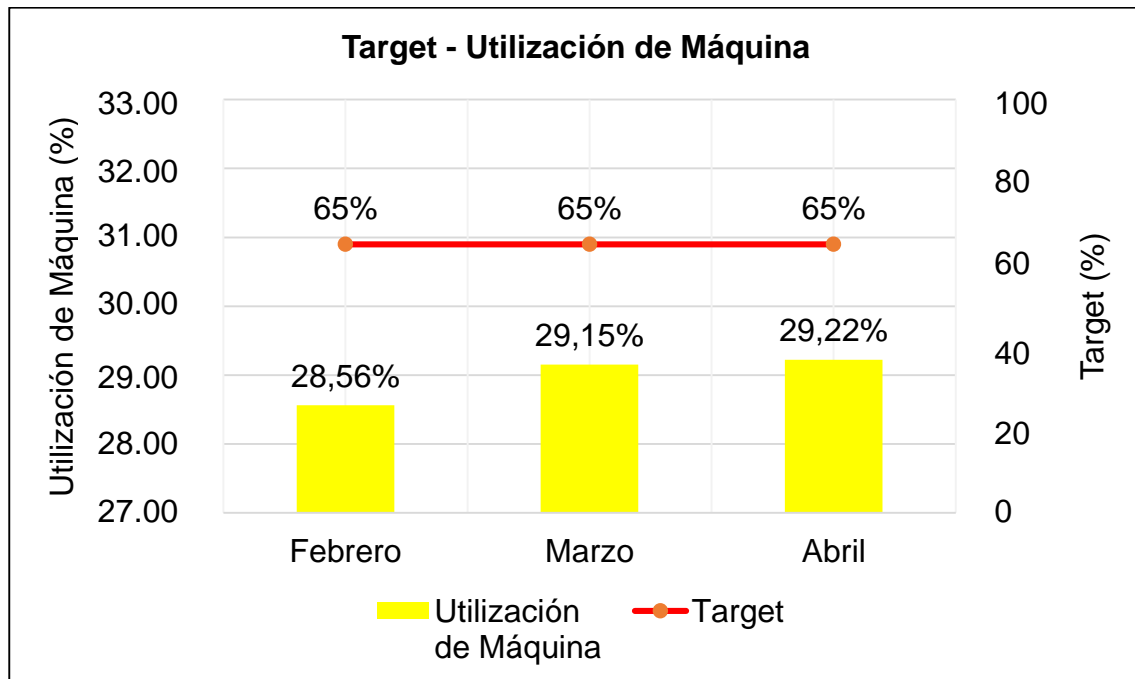
La utilización de máquina calculada para los meses de febrero, marzo y abril del 2022 en la operación de carguío muestra una amplia variación porcentual entre los valores hallados del 29% y el valor recomendado del 65%, como se muestra en la Tabla 45 y Gráfico 14.

Este índice toma como base para los cálculos a las horas operativas y a las horas totales. Si bien no alcanza el valor target establecido; sin embargo es una indicación que el equipo no está en el frente de trabajo sino realizando otras actividades. Por lo tanto es necesario coordinar con el área de planeamiento para lograr el objetivo deseado del 65%.

Tabla 45. Utilización de máquina y target recomendado.

Mes	Utilización de Máquina (%)	Target (%)	Variación (%)
Febrero	28,56	65	36,44
Marzo	29,15	65	35,85
Abril	29,22	65	35,78

Gráfico 14. Variación porcentual en la utilización de máquina.



4.2.3. Usage

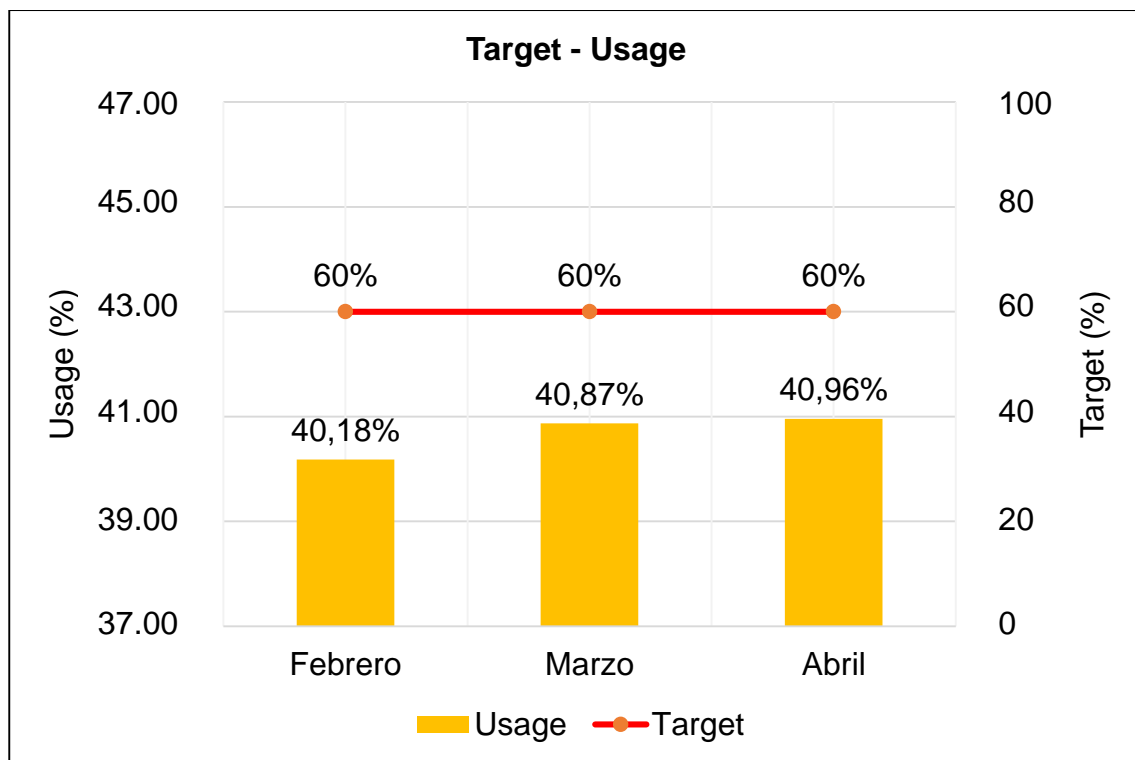
El usage calculado para los meses de febrero, marzo y abril del 2022 en la operación de carguío muestra una pequeña variación porcentual cercana al 20% entre los valores hallados del 40% y el valor recomendado del 60%, como se muestra en la Tabla 46 y Gráfico 15.

Este índice toma como base para los cálculos a las horas operativas, horas demora y horas standby, no tomando en cuenta el mantenimiento. Si bien está lejos del valor target establecido es necesario evaluar las demoras y el standby del cargador frontal. Optimizando se logrará el objetivo deseado del 60%.

Tabla 46. Usage y target recomendado.

Mes	Usage (%)	Target (%)	Variación (%)
Febrero	40,18	60	19,82
Marzo	40,87	60	19,13
Abril	40,96	60	19,04

Gráfico 15. Variación porcentual en el usage.



4.2.4. Gestión de demoras

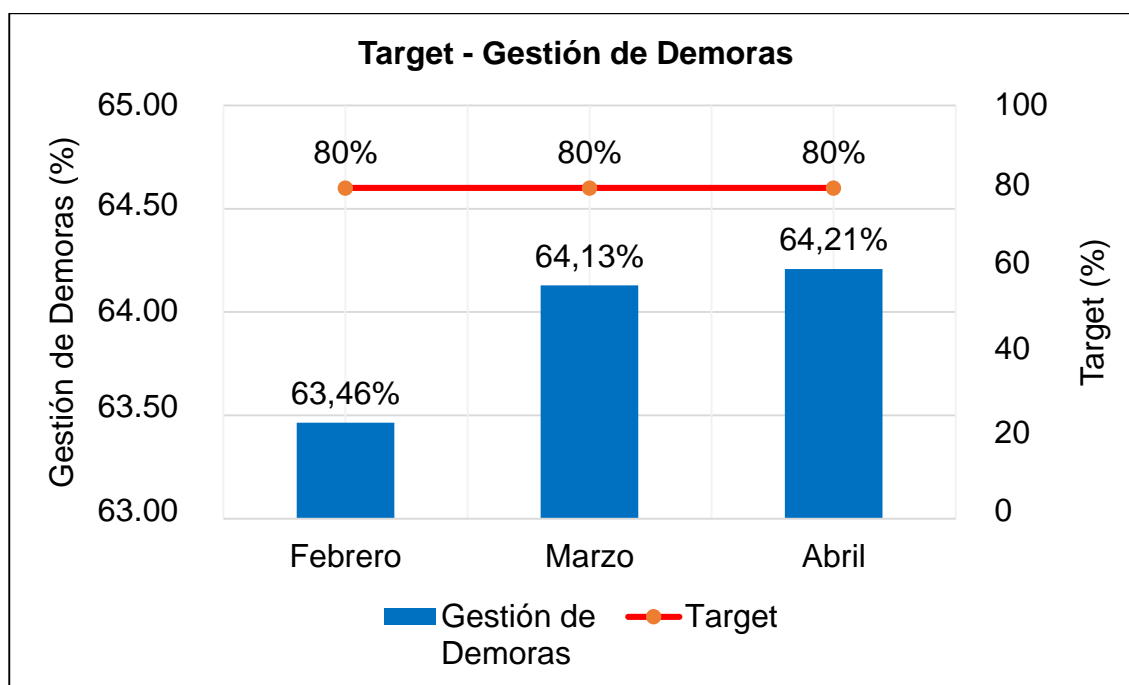
La gestión de demoras calculado para los meses de febrero, marzo y abril del 2022 en la operación de carguío muestra una pequeña variación porcentual cercana al 16% entre los valores hallados del 64% y el valor recomendado del 80%, como se muestra en la Tabla 47 y Gráfico 16.

Este índice toma como base para los cálculos a las horas operativas y horas de demora. Si bien está cercano al valor target establecido es necesario evaluar las demoras operativas del cargador frontal para mejorar el rendimiento. Rediciendo los tiempos muertos en las demoras se logrará el objetivo deseado del 80%.

Tabla 47. Gestión de demoras y target recomendado.

Mes	Gestión de Demoras (%)	Target (%)	Variación (%)
Febrero	63,46	80	16,54
Marzo	64,13	80	15,87
Abril	64,21	80	15,79

Gráfico 16. Variación porcentual de la gestión de demoras.



4.2.5. Uso de la disponibilidad

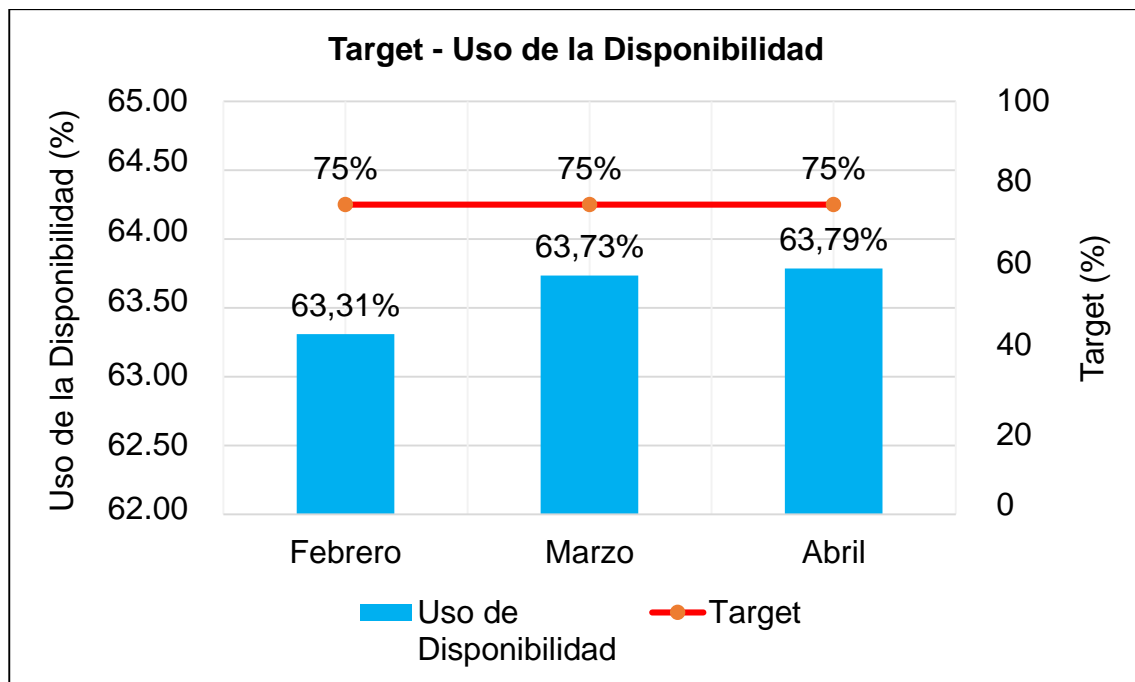
El uso de la disponibilidad calculado para los meses de febrero, marzo y abril del 2022 en la operación de carguío muestra una pequeña variación porcentual cercana al 12% entre los valores hallados del 63% y el valor recomendado del 75%, como se muestra en la Tabla 48 y Gráfico 17.

Este índice toma como base para los cálculos a las horas operativas, horas de demora y horas standby. Si bien está cercano al valor target establecido es necesario evaluar las horas standby del cargador frontal y reducir los tiempos en las actividades relacionadas. Rediciendo los tiempos muertos en las horas standby se logrará el objetivo deseado del 75%.

Tabla 48. Uso de la disponibilidad y target recomendado.

Mes	Uso de Disponibilidad (%)	Target (%)	Variación (%)
Febrero	63,31	75	11,69
Marzo	63,73	75	11,27
Abril	63,79	75	11,21

Gráfico 17. Variación porcentual del uso de la disponibilidad.



4.2.6. Índice de mantenimiento

El índice de mantenimiento calculado para los meses de febrero, marzo y abril del 2022 en la operación de carguío muestra una ligera igualdad entre las horas operativas y las horas de mantenimiento, como se muestra en la Tabla 49. Por lo que el equipo de carguío se encuentra mayormente fuera del área de operaciones, ya sea en demoras, standby o mantenimiento.

Este índice indica cuánto tiempo está operando el equipo de carguío por cada hora que pasa en mantenimiento, mientras el índice de mantenimiento se mucho mayor a la unidad se puede decir que el equipo pasa la mayor cantidad de horas produciendo, de lo contrario con valores cercanos a 1 o menores, entonces el equipo se encuentra en otras operaciones fuera de producción.

Tabla 49. Índice de mantenimiento del cargador frontal.

Mes	Operativo (h)	Mantenimiento (h)	Índice de Mantenimiento
Febrero	70,52	71,40	0,99
Marzo	80,36	79,05	1,02
Abril	78,04	76,50	1,02

4.2.7. Síntesis de KPIs

El resumen de los KPIs calculados para el equipo de carguío, cargador frontal 938H, en los meses de febrero, marzo y abril del 2022 se observan en la Tabla 50.

Tabla 50. Índice de mantenimiento del cargador frontal.

KPI	Febrero	Marzo	Abril	Promedio	Target	Variación
Disponibilidad mecánica	71,08%	71,32%	71,35%	71,25%	90%	18,75%
Utilización de máquina	28,56%	29,15%	29,22%	28,98%	65%	36,02%
Usage	40,18%	40,87%	40,96%	40,67%	60%	19,33%
Gestión de demora	63,46%	64,13%	64,21%	63,93%	80%	16,07%
Uso de la disponibilidad	63,31%	63,73%	63,79%	63,61%	75%	11,39%
Índice de mantenimiento	0,99	1,02	1,02	1,01	> 1	-

4.3. OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS

Los KPI, Indicadores Clave de Desempeño, tienen una gran importancia en la empresa ya que nos permitieron analizar en qué estado se encuentran el proceso productivo del carguío de material caliza a partir de una base de datos. Asimismo permitió identificar lo que se está fallando para mejorar y optimizar todo el proceso, la optimización de tiempos de carguío en la producción de cal se realizará mejorando y tomando en cuenta los siguientes puntos:

- Reducir los tiempos excesivos en el arreglo del frente de carguío.
- Realizar el cambio en el tiempo de relleno de combustible que se realiza en horas de demora y pasarlo a horas fuera de actividad o guardia.
- Asignar un tiempo adecuado para el tiempo de refrigerio y servicios higiénicos.
- Agilizar las marchas de velocidad cuando se realice traslado operativo de la máquina desde un frente de trabajo a otro.
- Reducir el tiempo de llenado del IPERC diariamente.
- Realizar las inspecciones de motor, transmisión, mandos finales, sistema hidráulico y sistema eléctrico de manera oportuna y correcta aprovechando el tiempo al máximo tanto en inspecciones como reparaciones.
- Seguir los procesos administrativos de recolección de datos con el fin de utilizarlos en la empresa y mejorando las fallas o bajos rendimientos que se puedan solucionar en el menor tiempo posible.

4.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se ha analizado cada uno de los indicadores de desempeño: disponibilidad mecánica, utilización de máquina, usage, gestión de demora, uso de la disponibilidad e índice de mantenimiento, comprobando que existe dificultad y carencia en la operación de carguío de la empresa calera Bendición de Dios. En la hipótesis inicial se estableció que el equipo de carguío se encontraba sobresaturado de funciones por realizar tanto actividades de carguío como de acarreo por lo que los indicadores clave de desempeño estarían muy por debajo de los valores nominales o permitidos. Mencionado todo lo anterior, se indica que la hipótesis inicial ha sido contrastada y validada.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los indicadores clave de desempeño en la operación de carguío de la calera Bendición de Dios fueron: disponibilidad mecánica del 71%, utilización de máquina del 29%, usage del 41%, gestión de demora del 64%, uso de la disponibilidad del 64% y el índice de mantenimiento de 1.01 horas de operación por cada hora en mantenimiento.

Todos los indicadores se encuentran por debajo de los valores target recomendados: la disponibilidad mecánica se encuentra a 19% por debajo, la utilización de máquina a 36%, el usage a 19%, la gestión de demora a 16% y el uso de la disponibilidad a 11%.

Las actividades que se deben mejorar en reducir sus tiempos de operación fueron los siguientes: arreglo del frente de carguío, relleno de combustible, refrigerio, traslado operativo, llenado de IPERC, equipo no requerido, falta de frente de carguío, mantenimiento de motor, sistema hidráulico y sistema eléctrico.

Los indicadores servirán para que el área de planeamiento gestione eficientemente los equipos de carguío.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la calera Bendición de Dios investigar nuevos factores en los equipos involucrados en el carguío de material caliza como "cambio de equipos de trabajo" y "nuevas rutas de transporte", así se obtendrá una data confiable y segura en la mejora de la productividad.

La empresa Bendición de Dios implementará programas de capacitación al personal que opera los equipos pesados en el área de carguío y acarreo con el fin de mejorar las habilidades y maniobrabilidad.

Proceder a evaluar los costos operativos que involucra el carguío con los indicadores clave de desempeño actuales y después de realizar la optimización; en consecuencia se obtendrá reducción de costos involucrados en toda la operación minera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernaola, C. H. 2012. Gestión de la productividad total en minería subterránea: Indicadores de productividad. Lima, Perú. 110 p.
- Bustamante, J. E. 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 Lic. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 141 p.
- Casas, D. E. 2018. Indicadores clave de desempeño de equipo pesado para control de rendimiento y productividad. Tesis Lic. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 132 p.
- Córdova, F. V. 2018. Determinación de los KPI's de la flota de camiones para la optimización del acarreo de lastre en la Mina Pierina 2017. Tesis Lic. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. 87 p.
- Fernández, K. L. 2021. Caracterización morfológica de los karst en rocas carbonatadas del caserío Machaypungo – Bambamarca. Tesis Lic. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 132 p.
- Mather, D. 2005. The maintenance scorecard – creating strategic advantage. New York, EEUU. 265 p.
- Ramírez, N. 2006. Sistema de gestión del tiempo en operaciones mineras: Concepto de gestión de tiempos. Lima, Perú. 124 p.
- Ramírez, J. C. 1990. Cálculo para el requerimiento de volquetes en minería a cielo abierto. Moquegua, Perú. 25 p.
- Reátegui, C. 2014. Gestión estratégica de costos y presupuestos en minería superficial. Lima, Perú. 405 p.
- Rojas, I. F. 2019. Optimización del proceso de carguío y acarreo mediante el uso de KPI's en la fase de relleno del espaldón de la presa de relaves – Antamina. Tesis Lic. Piura, Perú, Universidad Nacional de Piura. 96 p.
- Salas, L. A. 2013. Estudio de KPIs en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de producción de 3000 a 3600 TM/día en la Mina

Pallancata – Hochschild Mining. Tesis Lic. Arequipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 138 p.

STRACON. 2014. Definiciones de disponibilidad física, stand-by, demoras operativas y utilización. Cusco, Perú. 5 p.

Vilar, R. 2009. Indicadores e índices en las operaciones mineras. Jujuy, Argentina. 40 p.

Wilson, J. 1984. INGEMMET Boletín N° 38: Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén. Lima, Perú. 121 p.

ANEXOS

- Anexo 01. Panel fotográfico.
- Anexo 02. Data de control de tiempos de carguío.
- Anexo 03. Ficha técnica del equipo de carguío.
- Anexo 04. Autorización de ingreso a la calera.
- Anexo 05. Plano de Ubicación.
- Anexo 06. Plano Geológico.

Anexo 01. Panel fotográfico.



Foto 3. Perforación de roca caliza.



Foto 4. Perforadora RocDrill.





Foto 5. Carguío de material de caliza.





Foto 6. Hornos de calcinación.


Anexo 02. Data de control de tiempos en el carguío de roca caliza.


		Coordenadas UTM WGS-84						
		Carga	772239.15 E			9263229.99 N		Cota
		Descarga	772357.25 E			9263228.22 N		2730 m.s.n.m.
Nº	Fecha	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Ciclo del Carguío
1	14-feb.-22	9:05:52	9:06:04	9:06:10	9:06:40	9:06:48	9:06:53	0:01:26
2	14-feb.-22	9:07:18	9:07:30	9:07:36	9:08:07	9:08:15	9:08:20	0:01:26
3	14-feb.-22	9:08:44	9:08:55	9:09:01	9:09:32	9:09:40	9:09:46	0:01:27
4	14-feb.-22	9:10:11	9:10:23	9:10:28	9:10:58	9:11:07	9:11:13	0:01:24
5	14-feb.-22	9:11:35	9:11:47	9:11:52	9:12:22	9:12:30	9:12:34	0:01:22
6	14-feb.-22	9:12:57	9:13:09	9:13:14	9:13:47	9:13:56	9:14:02	0:01:30
7	14-feb.-22	9:14:27	9:14:39	9:14:44	9:15:13	9:15:22	9:15:50	0:01:23
8	15-feb.-22	9:10:21	9:10:33	9:10:39	9:11:14	9:11:22	9:11:28	0:01:32
9	15-feb.-22	9:11:53	9:12:05	9:12:11	9:12:44	9:12:52	9:12:57	0:01:28
10	15-feb.-22	9:13:21	9:13:33	9:13:39	9:14:12	9:14:20	9:14:25	0:01:29
11	15-feb.-22	9:14:50	9:15:03	9:15:09	9:15:42	9:15:50	9:15:56	0:01:30
12	15-feb.-22	9:16:20	9:16:33	9:16:38	9:17:08	9:17:16	9:17:22	0:01:24
13	15-feb.-22	9:17:44	9:17:56	9:18:01	9:18:33	9:18:41	9:18:47	0:01:26
14	15-feb.-22	9:19:10	9:19:24	9:19:29	9:19:59	9:20:08	9:20:35	0:01:25
15	16-feb.-22	9:08:44	9:08:57	9:09:03	9:09:37	9:09:45	9:09:51	0:01:31
16	16-feb.-22	9:10:15	9:10:27	9:10:32	9:11:02	9:11:10	9:11:16	0:01:26
17	16-feb.-22	9:11:41	9:11:53	9:11:58	9:12:31	9:12:40	9:12:45	0:01:29
18	16-feb.-22	9:13:10	9:13:22	9:13:29	9:13:59	9:14:07	9:14:13	0:01:25
19	16-feb.-22	9:14:35	9:14:46	9:14:51	9:15:22	9:15:31	9:15:36	0:01:26
20	16-feb.-22	9:16:01	9:16:13	9:16:19	9:17:00	9:17:09	9:17:15	0:01:36
21	16-feb.-22	9:17:37	9:17:48	9:17:53	9:18:26	9:18:35	9:19:03	0:01:26


		Coordenadas UTM WGS-84						
		Carga	772239.15 E			9263229.99 N		Cota
		Descarga	772357.25 E			9263228.22 N		2730 m.s.n.m.
N°	Fecha	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Ciclo del Carguío
22	17-feb.-22	9:08:03	9:08:15	9:08:21	9:08:51	9:08:58	9:09:03	0:01:22
23	17-feb.-22	9:09:25	9:09:36	9:09:42	9:10:13	9:10:21	9:10:27	0:01:27
24	17-feb.-22	9:10:52	9:11:06	9:11:11	9:11:46	9:11:53	9:11:58	0:01:29
25	17-feb.-22	9:12:21	9:12:33	9:12:38	9:13:08	9:13:18	9:13:23	0:01:25
26	17-feb.-22	9:13:46	9:13:58	9:14:05	9:14:37	9:14:45	9:14:52	0:01:28
27	17-feb.-22	9:15:14	9:15:26	9:15:31	9:16:01	9:16:11	9:16:15	0:02:56
28	17-feb.-22	9:18:10	9:18:21	9:18:28	9:19:03	9:19:10	9:19:39	0:01:29
29	21-feb.-22	9:10:45	9:10:57	9:11:02	9:11:32	9:11:42	9:11:45	0:01:25
30	21-feb.-22	9:12:10	9:12:25	9:12:30	9:13:02	9:13:12	9:13:15	0:01:29
31	21-feb.-22	9:13:39	9:13:52	9:13:57	9:14:27	9:14:35	9:14:41	0:01:22
32	21-feb.-22	9:15:01	9:15:16	9:15:21	9:15:50	9:16:01	9:16:05	0:01:24
33	21-feb.-22	9:16:25	9:16:35	9:16:41	9:17:13	9:17:23	9:17:27	0:01:27
34	21-feb.-22	9:17:52	9:18:04	9:18:08	9:18:38	9:18:50	9:18:55	0:01:30
35	21-feb.-22	9:19:22	9:19:32	9:19:37	9:20:06	9:20:16	9:20:50	0:01:28
36	22-feb.-22	14:43:15	14:43:27	14:43:33	14:44:01	14:44:12	14:44:16	0:01:26
37	22-feb.-22	14:44:41	14:44:53	14:44:58	14:45:27	14:45:37	14:45:41	0:01:25
38	22-feb.-22	14:46:06	14:46:16	14:46:21	14:46:54	14:47:06	14:47:11	0:01:30
39	22-feb.-22	14:47:36	14:47:48	14:47:53	14:48:23	14:48:32	14:48:38	0:01:31
40	22-feb.-22	14:49:07	14:49:17	14:49:22	14:49:50	14:50:01	14:50:06	0:01:21
41	22-feb.-22	14:50:28	14:50:40	14:50:43	14:51:13	14:51:22	14:51:27	0:01:24
42	22-feb.-22	14:51:52	14:52:03	14:52:08	14:52:39	14:52:47	14:53:16	0:01:24
43	23-feb.-22	8:30:37	8:30:47	8:30:53	8:31:27	8:31:37	8:31:42	0:01:31
44	23-feb.-22	8:32:08	8:32:30	8:32:35	8:33:03	8:33:13	8:33:18	0:01:33


		Coordenadas UTM WGS-84						
		Carga	772239.15 E			9263229.99 N		Cota
		Descarga	772357.25 E			9263228.22 N		2730 m.s.n.m.
N°	Fecha	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Ciclo del Carguío
45	23-feb.-22	8:33:41	8:33:52	8:33:57	8:34:25	8:34:35	8:34:39	0:01:20
46	23-feb.-22	8:35:01	8:35:11	8:35:15	8:35:44	8:35:53	8:35:58	0:01:24
47	23-feb.-22	8:36:25	8:36:37	8:36:43	8:37:11	8:37:22	8:37:26	0:01:26
48	23-feb.-22	8:37:51	8:38:03	8:38:08	8:38:38	8:38:50	8:38:55	0:01:29
49	23-feb.-22	8:39:20	8:39:31	8:39:36	8:40:06	8:40:16	8:40:46	0:01:26
50	24-feb.-22	8:40:22	8:40:34	8:40:39	8:41:10	8:41:20	8:41:24	0:01:27
51	24-feb.-22	8:41:49	8:42:02	8:42:07	8:42:38	8:42:49	8:42:54	0:01:30
52	24-feb.-22	8:43:19	8:43:32	8:43:37	8:44:07	8:44:19	8:44:23	0:01:34
53	24-feb.-22	8:44:53	8:45:05	8:45:09	8:45:44	8:45:50	8:45:54	0:01:23
54	24-feb.-22	8:46:16	8:46:28	8:46:33	8:47:02	8:47:10	8:47:15	0:01:24
55	24-feb.-22	8:47:40	8:47:52	8:47:57	8:48:29	8:48:39	8:48:43	0:01:28
56	24-feb.-22	8:49:08	8:49:20	8:49:24	8:49:57	8:50:08	8:50:35	0:01:27
57	25-feb.-22	10:40:21	10:40:33	10:40:38	10:41:10	10:41:20	10:41:25	0:01:29
58	25-feb.-22	10:41:50	10:42:03	10:42:09	10:42:42	10:42:50	10:42:55	0:01:30
59	25-feb.-22	10:43:20	10:43:32	10:43:37	10:44:02	10:44:12	10:44:16	0:01:21
60	25-feb.-22	10:44:41	10:44:56	10:45:01	10:45:28	10:45:38	10:45:42	0:01:26
61	25-feb.-22	10:46:07	10:46:19	10:46:24	10:46:53	10:47:01	10:47:06	0:01:23
62	25-feb.-22	10:47:30	10:47:41	10:47:46	10:48:16	10:48:23	10:48:29	0:01:24
63	25-feb.-22	10:48:54	10:49:08	10:49:13	10:49:43	10:49:53	10:50:23	0:01:29
64	28-feb.-22	8:30:17	8:30:29	8:30:34	8:31:04	8:31:12	8:31:16	0:01:24
65	28-feb.-22	8:31:41	8:31:53	8:31:58	8:32:26	8:32:36	8:32:40	0:01:24
66	28-feb.-22	8:33:05	8:33:15	8:33:22	8:33:52	8:34:03	8:34:08	0:01:29
67	28-feb.-22	8:34:34	8:34:46	8:34:51	8:35:21	8:35:31	8:35:35	0:01:26

		Coordenadas UTM WGS-84						
		Carga	772239.15 E			9263229.99 N		Cota
		Descarga	772357.25 E			9263228.22 N		2730 m.s.n.m.
N°	Fecha	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Ciclo del Carguío
68	28-feb.-22	8:36:00	8:36:10	8:36:16	8:36:46	8:36:57	8:37:02	0:01:27
69	28-feb.-22	8:37:27	8:37:38	8:37:43	8:38:13	8:38:21	8:38:26	0:01:24
70	28-feb.-22	8:38:51	8:39:03	8:39:08	8:39:38	8:39:48	8:40:18	0:01:27
71	1-mar.-22	14:32:04	14:32:16	14:32:21	14:32:51	14:33:00	14:33:05	0:01:26
72	1-mar.-22	14:33:30	14:33:42	14:33:47	14:34:17	14:34:26	14:34:31	0:01:26
73	1-mar.-22	14:34:56	14:35:08	14:35:14	14:35:44	14:35:52	14:35:57	0:01:28
74	1-mar.-22	14:36:24	14:36:34	14:36:39	14:37:09	14:37:17	14:37:22	0:01:23
75	1-mar.-22	14:37:47	14:37:58	14:38:03	14:38:33	14:38:42	14:38:48	0:01:26
76	1-mar.-22	14:39:13	14:39:25	14:39:30	14:40:02	14:40:13	14:40:17	0:01:29
77	1-mar.-22	14:40:42	14:40:54	14:41:01	14:41:31	14:41:39	14:42:08	0:01:26
78	2-mar.-22	8:22:16	8:22:28	8:22:33	8:23:01	8:23:09	8:23:13	0:01:23
79	2-mar.-22	8:23:39	8:23:50	8:23:56	8:24:26	8:24:36	8:24:40	0:01:26
80	2-mar.-22	8:25:05	8:25:17	8:25:23	8:25:54	8:26:04	8:26:10	0:01:28
81	2-mar.-22	8:26:33	8:26:45	8:26:51	8:27:20	8:27:30	8:27:35	0:01:27
82	2-mar.-22	8:28:00	8:28:10	8:28:14	8:28:48	8:28:58	8:29:03	0:01:29
83	2-mar.-22	8:29:29	8:29:40	8:29:44	8:30:10	8:30:17	8:30:21	0:01:17
84	2-mar.-22	8:30:46	8:30:59	8:31:04	8:31:31	8:31:39	8:32:06	0:01:20
85	3-mar.-22	10:11:37	10:11:50	10:11:55	10:12:25	10:12:32	10:12:37	0:01:25
86	3-mar.-22	10:13:02	10:13:15	10:13:21	10:13:53	10:14:01	10:14:06	0:01:29
87	3-mar.-22	10:14:31	10:14:44	10:14:49	10:15:15	10:15:23	10:15:29	0:01:23
88	3-mar.-22	10:15:54	10:16:04	10:16:09	10:16:44	10:16:54	10:16:58	0:01:28
89	3-mar.-22	10:17:22	10:17:34	10:17:39	10:18:09	10:18:19	10:18:23	0:01:26
90	3-mar.-22	10:18:48	10:18:59	10:19:04	10:19:33	10:19:42	10:19:46	0:01:22

		Coordenadas UTM WGS-84						
		Carga	772239.15 E			9263229.99 N		Cota
		Descarga	772357.25 E			9263228.22 N		2730 m.s.n.m.
N°	Fecha	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Ciclo del Carguío
91	3-mar.-22	10:20:10	10:20:22	10:20:27	10:20:58	10:21:07	10:21:11	0:01:26
92	3-mar.-22	10:21:36	10:21:48	10:21:52	10:22:25	10:22:34	10:23:04	0:01:28
93	4-mar.-22	14:08:37	14:08:49	14:08:56	14:09:27	14:09:34	14:09:40	0:01:28
94	4-mar.-22	14:10:05	14:10:17	14:10:23	14:10:56	14:11:05	14:11:10	0:01:30
95	4-mar.-22	14:11:35	14:11:47	14:11:52	14:12:25	14:12:34	14:12:40	0:01:35
96	4-mar.-22	14:13:10	14:13:23	14:13:29	14:14:01	14:14:10	14:14:15	0:01:30
97	4-mar.-22	14:14:40	14:14:53	14:14:59	14:15:29	14:15:36	14:15:40	0:01:22
98	4-mar.-22	14:16:02	14:16:15	14:16:20	14:16:50	14:16:58	14:17:03	0:01:23
99	4-mar.-22	14:17:25	14:17:37	14:17:43	14:18:18	14:18:26	14:18:52	0:01:27
100	14-mar.-22	11:24:57	11:25:09	11:25:14	11:25:47	11:25:56	11:26:02	0:01:30
101	14-mar.-22	11:26:27	11:26:36	11:26:41	11:27:12	11:27:20	11:27:25	0:01:30
102	14-mar.-22	11:27:57	11:28:08	11:28:13	11:28:43	11:28:52	11:28:58	0:01:28
103	14-mar.-22	11:29:25	11:29:37	11:29:42	11:30:12	11:30:20	11:30:25	0:01:27
104	14-mar.-22	11:30:52	11:31:05	11:31:10	11:31:42	11:31:52	11:31:57	0:01:30
105	14-mar.-22	11:32:22	11:32:41	11:32:46	11:33:16	11:33:24	11:33:29	0:01:32
106	14-mar.-22	11:33:54	11:34:06	11:34:11	11:34:41	11:34:50	11:35:20	0:01:26
107	15-mar.-22	8:43:12	8:43:27	8:43:32	8:44:05	8:44:13	8:44:19	0:01:20
108	15-mar.-22	8:44:32	8:44:45	8:44:50	8:45:23	8:45:31	8:45:36	0:01:26
109	15-mar.-22	8:45:58	8:46:10	8:46:16	8:46:47	8:46:55	8:47:01	0:01:28
110	15-mar.-22	8:47:26	8:47:39	8:47:44	8:48:17	8:48:25	8:48:30	0:01:29
111	15-mar.-22	8:48:55	8:49:05	8:49:10	8:49:42	8:49:50	8:49:56	0:01:26
112	15-mar.-22	8:50:21	8:50:33	8:50:38	8:51:11	8:51:19	8:51:25	0:01:29
113	15-mar.-22	8:51:50	8:52:01	8:52:07	8:52:40	8:52:49	8:53:15	0:01:25

		Coordenadas UTM WGS-84						
		Carga	772239.15 E			9263229.99 N		Cota
		Descarga	772357.25 E			9263228.22 N		2730 m.s.n.m.
N°	Fecha	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Ciclo del Carguío
114	16-mar.-22	8:33:10	8:33:21	8:33:27	8:34:00	8:34:08	8:34:13	0:01:25
115	16-mar.-22	8:34:35	8:34:47	8:34:53	8:35:26	8:35:35	8:35:39	0:01:30
116	16-mar.-22	8:36:05	8:36:18	8:36:23	8:36:56	8:37:04	8:37:10	0:01:29
117	16-mar.-22	8:37:34	8:37:44	8:37:49	8:38:19	8:38:27	8:38:33	0:01:24
118	16-mar.-22	8:38:58	8:39:10	8:39:15	8:39:45	8:39:53	8:39:58	0:01:25
119	16-mar.-22	8:40:23	8:40:35	8:40:40	8:41:11	8:41:21	8:41:27	0:01:26
120	16-mar.-22	8:41:49	8:42:01	8:42:07	8:42:39	8:42:47	8:43:18	0:01:29
121	17-mar.-22	8:33:51	8:34:02	8:34:07	8:34:40	8:34:49	8:34:55	0:01:27
122	17-mar.-22	8:35:18	8:35:30	8:35:36	8:36:07	8:36:15	8:36:21	0:01:28
123	17-mar.-22	8:36:46	8:36:59	8:37:06	8:37:36	8:37:43	8:37:48	0:01:24
124	17-mar.-22	8:38:10	8:38:23	8:38:29	8:39:00	8:39:09	8:39:15	0:01:27
125	17-mar.-22	8:39:37	8:39:49	8:39:55	8:40:30	8:40:37	8:40:41	0:01:26
126	17-mar.-22	8:41:03	8:41:15	8:41:20	8:41:50	8:41:59	8:42:04	0:01:26
127	17-mar.-22	8:42:29	8:42:41	8:42:46	8:43:18	8:43:26	8:43:55	0:01:26
128	18-mar.-22	15:02:31	15:02:45	15:02:50	15:03:23	15:03:31	15:03:37	0:01:28
129	18-mar.-22	15:03:59	15:04:12	15:04:17	15:04:47	15:04:55	15:04:59	0:01:25
130	18-mar.-22	15:05:24	15:05:37	15:05:42	15:06:15	15:06:24	15:06:28	0:01:26
131	18-mar.-22	15:06:50	15:07:12	15:07:17	15:07:46	15:07:55	15:08:00	0:01:40
132	18-mar.-22	15:08:30	15:08:41	15:08:47	15:09:20	15:09:28	15:09:34	0:01:30
133	18-mar.-22	15:10:00	15:10:13	15:10:19	15:10:49	15:10:58	15:11:02	0:01:24
134	18-mar.-22	15:11:24	15:11:36	15:11:41	15:12:13	15:12:21	15:12:50	0:01:26
135	4-abr.-22	9:10:15	9:10:27	9:10:32	9:11:05	9:11:14	9:11:20	0:01:30
136	4-abr.-22	9:11:45	9:11:58	9:12:04	9:12:35	9:12:43	9:12:50	0:01:27

		Coordenadas UTM WGS-84						
		Carga	772239.15 E			9263229.99 N		Cota
		Descarga	772357.25 E			9263228.22 N		2730 m.s.n.m.
N°	Fecha	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Ciclo del Carguío
137	4-abr.-22	9:13:12	9:13:24	9:13:29	9:13:58	9:14:08	9:13:15	0:01:28
138	4-abr.-22	9:14:40	9:14:54	9:15:01	9:15:34	9:15:42	9:15:48	0:01:33
139	4-abr.-22	9:16:13	9:16:25	9:16:31	9:17:03	9:17:11	9:17:17	0:01:26
140	4-abr.-22	9:17:39	9:17:50	9:17:56	9:18:27	9:18:35	9:18:42	0:01:25
141	4-abr.-22	9:19:04	9:19:17	9:19:24	9:19:54	9:20:02	9:20:30	0:01:26
142	5-abr.-22	9:07:41	9:07:53	9:07:59	9:08:32	9:08:40	9:08:47	0:01:31
143	5-abr.-22	9:09:12	9:09:26	9:09:32	9:10:02	9:10:10	9:10:16	0:01:29
144	5-abr.-22	9:10:41	9:10:52	9:10:58	9:11:32	9:11:40	9:11:46	0:01:29
145	5-abr.-22	9:12:10	9:12:23	9:12:28	9:12:59	9:13:08	9:13:13	0:01:25
146	5-abr.-22	9:13:35	9:13:47	9:13:52	9:14:22	9:14:30	9:14:37	0:01:24
147	5-abr.-22	9:14:59	9:15:12	9:15:18	9:15:49	9:15:58	9:16:03	0:01:26
148	5-abr.-22	9:16:25	9:16:39	9:16:46	9:17:16	9:17:22	9:17:49	0:01:24
149	6-abr.-22	9:16:08	9:16:20	9:16:26	9:17:01	9:17:10	9:17:14	0:01:28
150	6-abr.-22	9:17:36	9:17:47	9:17:52	9:18:22	9:18:31	9:18:38	0:01:27
151	6-abr.-22	9:19:03	9:19:15	9:19:21	9:19:54	9:20:02	9:20:07	0:01:31
152	6-abr.-22	9:20:34	9:20:46	9:20:52	9:21:22	9:21:30	9:21:35	0:01:23
153	6-abr.-22	9:21:57	9:22:09	9:22:14	9:22:45	9:22:54	9:22:59	0:01:25
154	6-abr.-22	9:23:22	9:23:36	9:23:42	9:24:12	9:24:20	9:24:25	0:01:25
155	6-abr.-22	9:24:47	9:24:58	9:25:04	9:25:36	9:25:44	9:26:14	0:01:27
156	8-abr.-22	9:23:03	9:23:16	9:23:22	9:23:55	9:24:02	9:24:08	0:01:27
157	8-abr.-22	9:24:30	9:24:42	9:24:48	9:25:18	9:25:26	9:25:32	0:01:27
158	8-abr.-22	9:25:57	9:26:10	9:26:17	9:26:49	9:26:55	9:27:01	0:01:25
159	8-abr.-22	9:27:22	9:27:34	9:27:40	9:28:10	9:28:17	9:28:22	0:01:22

		Coordenadas UTM WGS-84						
		Carga	772239.15 E			9263229.99 N		Cota
		Descarga	772357.25 E			9263228.22 N		2730 m.s.n.m.
N°	Fecha	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Ciclo del Carguío
160	8-abr.-22	9:28:44	9:28:58	9:29:04	9:29:39	9:29:47	9:29:52	0:01:33
161	8-abr.-22	9:30:17	9:30:30	9:30:36	9:31:06	9:31:13	9:31:18	0:01:26
162	8-abr.-22	9:31:43	9:31:55	9:32:02	9:32:35	9:32:42	9:33:10	0:01:27
163	11-abr.-22	14:31:07	14:31:19	14:31:24	14:31:57	14:32:05	14:32:11	0:01:26
164	11-abr.-22	14:32:33	14:32:44	14:32:50	14:33:23	14:33:29	14:33:35	0:01:24
165	11-abr.-22	14:33:57	14:34:10	14:34:15	14:34:48	14:34:56	14:35:01	0:01:26
166	11-abr.-22	14:35:23	14:35:35	14:35:41	14:36:14	14:36:22	14:36:26	0:01:28
167	11-abr.-22	14:36:51	14:37:03	14:37:09	14:37:42	14:37:50	14:37:55	0:01:29
168	11-abr.-22	14:38:20	14:38:32	14:38:38	14:39:10	14:39:18	14:39:24	0:01:28
169	11-abr.-22	14:39:48	14:40:01	14:40:07	14:40:37	14:40:43	14:41:11	0:01:23
170	12-abr.-22	14:22:47	14:22:58	14:23:04	14:23:35	14:23:43	14:23:50	0:01:28
171	12-abr.-22	14:24:15	14:24:27	14:24:33	14:25:06	14:25:14	14:25:20	0:01:29
172	12-abr.-22	14:25:44	14:25:55	14:26:00	14:26:32	14:26:40	14:26:45	0:01:26
173	12-abr.-22	14:27:10	14:27:24	14:27:29	14:27:59	14:28:05	14:28:11	0:01:27
174	12-abr.-22	14:28:37	14:28:48	14:28:53	14:29:23	14:29:31	14:29:36	0:01:21
175	12-abr.-22	14:29:58	14:30:10	14:30:15	14:30:46	14:30:54	14:30:59	0:01:25
176	12-abr.-22	14:31:23	14:31:36	14:31:42	14:32:15	14:32:23	14:32:50	0:01:27
177	13-abr.-22	14:17:01	14:17:14	14:17:19	14:17:49	14:17:58	14:18:03	0:01:24
178	13-abr.-22	14:18:25	14:18:36	14:18:42	14:19:12	14:19:21	14:19:28	0:01:25
179	13-abr.-22	14:19:50	14:20:02	14:20:07	14:20:38	14:20:46	14:20:53	0:01:25
180	13-abr.-22	14:21:15	14:21:27	14:21:33	14:22:04	14:22:11	14:22:17	0:01:25
181	13-abr.-22	14:22:40	14:22:53	14:22:59	14:23:34	14:23:45	14:23:57	0:01:40
182	13-abr.-22	14:24:20	14:24:33	14:24:39	14:25:12	14:25:22	14:25:27	0:01:32

		Coordenadas UTM WGS-84						
		Carga	772239.15 E			9263229.99 N		Cota
		Descarga	772357.25 E			9263228.22 N		2730 m.s.n.m.
N°	Fecha	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Ciclo del Carguío
183	13-abr.-22	14:25:52	14:26:04	14:26:09	14:26:40	14:26:48	14:27:15	0:01:23
184	14-abr.-22	14:41:22	14:41:34	14:41:40	14:42:13	14:42:22	14:42:27	0:01:27
185	14-abr.-22	14:42:49	14:43:01	14:43:08	14:43:43	14:43:48	14:43:53	0:01:27
186	14-abr.-22	14:44:16	14:44:30	14:44:35	14:45:05	14:45:14	14:45:20	0:01:29
187	14-abr.-22	14:45:45	14:45:57	14:46:03	14:46:38	14:46:43	14:46:49	0:01:28
188	14-abr.-22	14:47:13	14:47:26	14:47:32	14:48:05	14:48:14	14:48:19	0:01:31
189	14-abr.-22	14:48:44	14:48:58	14:49:04	14:49:34	14:49:41	14:49:47	0:01:28
190	14-abr.-22	14:50:12	14:50:25	14:50:30	14:51:04	14:51:13	14:51:40	0:01:28
191	15-abr.-22	15:07:14	15:07:25	15:07:30	15:08:01	15:08:10	15:08:16	0:01:27
192	15-abr.-22	15:08:41	15:08:53	15:08:59	15:09:33	15:09:42	15:09:47	0:01:25
193	15-abr.-22	15:10:06	15:10:17	15:10:23	15:10:56	15:11:05	15:11:10	0:01:29
194	15-abr.-22	15:11:35	15:11:48	15:11:54	15:12:24	15:12:34	15:12:39	0:01:29
195	15-abr.-22	15:13:04	15:13:16	15:13:22	15:13:57	15:14:04	15:14:10	0:01:31
196	15-abr.-22	15:14:35	15:14:47	15:14:52	15:15:22	15:15:31	15:15:36	0:01:24
197	15-abr.-22	15:15:59	15:16:13	15:16:19	15:16:52	15:17:02	15:17:29	0:01:30

Anexo 03. Ficha técnica del equipo de carguío – Cargador Frontal 938H



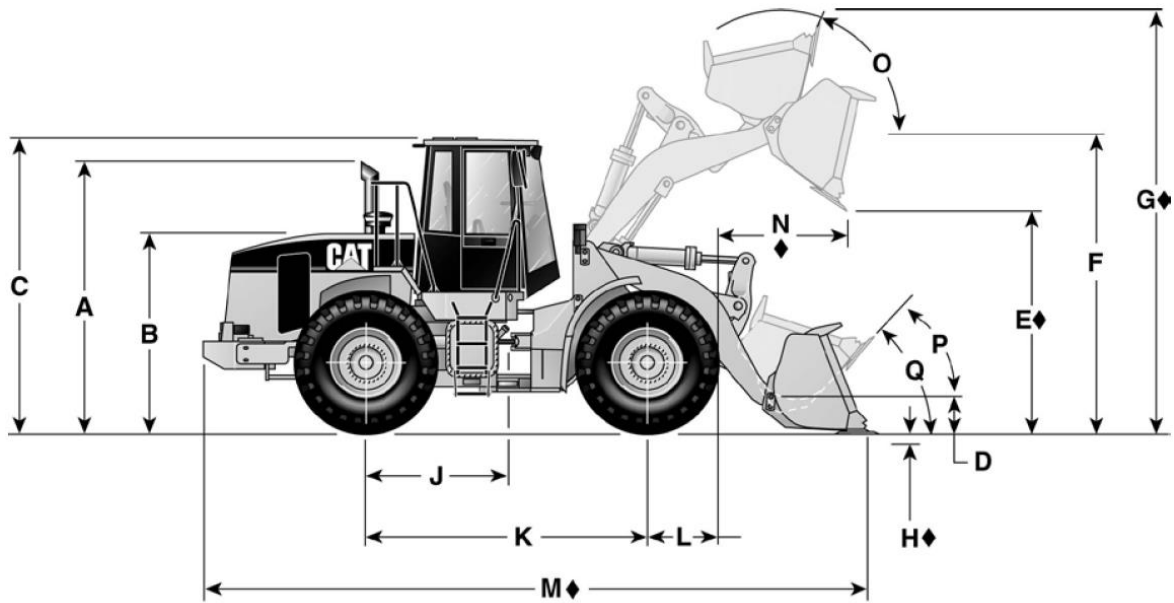
MODELO	938H	
Potencia al volante neta	134 kW	180 hp
Potencia al volante bruta	147 kW	197 hp
Modelo del motor	C6.6	
RPM nominales del motor	2100	
Calibre	105 mm	4,13"
Carrera	127 mm	5"
Número de cilindros	6	
Cilindrada	6,6 L	403 pulg3
Velocidades de avance	km/h	mph
1°	7,9	4,9
2°	14,2	8,8
3°	25	15,5
4°	41,1	25,5
Velocidades de retroceso		
1°	7,9	4,9
2°	14,2	8,8
3°	25	15,5
Tiempo del ciclo hidráulico con carga nominal en cucharón:	Segundos	
Subida	5,4	
Descarga	1,4	
Descenso libre (vacío)	2,7	
Total	9,5	
Ancho de la banda de rodadura	2,02 m	6' 8"
Ancho con neumáticos	2,65 m	8' 8"
Espacio libre sobre el suelo	397 mm	16"
Capacidad del tanque de combustible	247 L	65,3 gal USA
Capacidad del tanque hidráulico	89 L	23,5 gal USA
Capacidad del sistema hidráulico (incluyendo el tanque)	162 L	42,8 gal USA

Tipo de cucharón		Uso general – con pasadores								Delta de levantamiento alto		
		Cuchillas empernables	Dientes y segmentos	Dientes	Cuchillas empernables	Dientes y segmentos	Dientes	Cuchillas empernables	Dientes y segmentos		Dientes	
Tipo de cuchilla	Capacidad – nominal	m ³	2,3	2,3	2,1	2,5	2,5	2,3	2,8	2,8	2,7	–
		yd ³	3,0	3,0	2,8	3,3	3,3	3,0	3,7	3,7	3,5	–
Capacidad – a ras		m ³	2,0	2,0	1,9	2,1	2,1	2,0	2,4	2,4	2,3	–
		yd ³	2,6	2,6	2,4	2,8	2,8	2,6	3,2	3,2	3,0	–
Ancho		mm	2.700	2.777	2.777	2.700	2.777	2.777	2.700	2.777	2.777	–
		pies/pulg.	8' 10"	9' 1"	9' 1"	8' 10"	9' 1"	9' 1"	8' 10"	9' 1"	9' 1"	–
Altura de descarga a 45° y levantamiento máximo		mm	2.890	2.786	2.786	2.849	2.744	2.744	2.771	2.664	2.664	+423
		pies/pulg.	9' 5"	9' 1"	9' 1"	9' 4"	9' 0"	9' 0"	9' 1"	8' 8"	8' 8"	+1' 5"
Alcance de descarga a 45° y levantamiento máximo		mm	993	1.098	1.098	1.019	1.123	1.123	1.077	1.179	1.179	+112
		pies/pulg.	3' 3"	3' 7"	3' 7"	3' 4"	3' 8"	3' 8"	3' 6"	3' 10"	3' 10"	4,4"
Alcance con brazo de levantamiento y cucharón horizontales		mm	2.189	2.336	2.336	2.239	2.386	2.386	2.339	2.486	2.486	+381
		pies/pulg.	7' 2"	7' 7"	7' 7"	7' 4"	7' 9"	7' 9"	7' 8"	8' 1"	8' 1"	+1' 3"
Profundidad de excavación		mm	50	50	25	50	50	25	50	50	25	+58
		Pulg.	1,9	1,9	0,9	1,9	1,9	0,9	1,9	1,9	0,9	+2,3
Longitud total		mm	7.173	7.331	7.331	7.223	7.381	7.381	7.323	7.481	7.481	+490
		pies/pulg.	23' 6"	24' 0"	24' 0"	23' 8"	24' 2"	24' 2"	24' 0"	24' 6"	24' 6"	+1' 7"
Altura total con cucharón a levantamiento máximo		mm	5.140	5.140	5.140	5.188	5.188	5.188	5.284	5.284	5.284	+423
		pies/pulg.	16' 10"	16' 10"	16' 10"	17' 0"	17' 0"	17' 0"	17' 4"	17' 4"	17' 4"	+1' 5"
Círculo de giro del cargador con cucharón en posición de acarreo		mm	11.946	12.105	12.105	11.971	12.131	12.131	12.024	12.185	12.185	+499
		pies/pulg.	39' 2"	39' 8"	39' 8"	39' 3"	39' 9"	39' 9"	39' 5"	39' 11"	39' 11"	+1' 8"
Carga límite de equilibrio estático – recto*		kg	11.784	11.687	11.908	11.706	11.608	11.828	11.544	11.445	11.661	-1.999
		lb	25.971	25.757	26.246	25.800	25.584	26.068	25.442	25.224	25.701	-4.406
Carga límite de equilibrio estático – articulado. giro máximo de 40°		kg	10.260	10.163	10.372	10.187	10.089	10.297	10.034	9.935	10.140	-1.792
		lb	22.613	22.399	22.860	22.452	22.236	22.694	22.115	21.897	22.348	-3.949
Fuerza de desprendimiento**		kN	142	141	153	135	134	145	123	122	131	-5
		lb	31.876	31.701	34.295	30.316	30.141	32.506	27.574	27.401	29.393	-1.232
Peso en orden de trabajo*		kg	14.885	14.960	14.865	14.919	14.994	14.899	14.992	15.067	14.972	+324
		lb	32.808	32.973	32.763	32.881	33.046	32.837	33.043	33.208	32.998	+714

Tipo de cucharón		Uso general – con pasadores			Manipulación de materiales – fijado con pasador			Delta de levantamiento alto	
		Cuchillas empernables	Dientes y segmentos	Dientes	Cuchillas empernables	Dientes y segmentos	Dientes		
Tipo de cuchilla	Capacidad – nominal	m ³	3,0	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	–
		yd ³	3,9	3,9	3,7	3,7	3,7	3,5	–
Capacidad – a ras		m ³	2,7	2,7	2,6	2,4	2,4	2,3	–
		yd ³	3,5	3,5	3,3	3,2	3,2	3,0	–
Ancho		mm	2.700	2.777	2.777	2.700	2.777	2.777	–
		pies/pulg.	8' 10"	9' 1"	9' 1"	8' 10"	9' 1"	9' 1"	–
Altura de descarga a 45° y levantamiento máximo		mm	2.702	2.597	2.597	2.720	2.607	2.607	+423
		pies/pulg.	8' 10"	8' 6"	8' 6"	8' 11"	8' 6"	8' 6"	+1' 5"
Alcance de descarga a 45° y levantamiento máximo		mm	1.102	1.206	1.206	1.001	1.096	1.096	+112
		pies/pulg.	3' 7"	3' 11"	3' 11"	3' 3"	3' 7"	3' 7"	+4,4"
Alcance con brazo de levantamiento y cucharón horizontales		mm	2.397	2.544	2.544	2.339	2.486	2.486	+381
		pies/pulg.	7' 10"	8' 4"	8' 4"	7' 8"	8' 1"	8' 1"	+1' 3"
Profundidad de excavación		mm	110	110	85	50	50	25	+58
		Pulg.	4,3	4,3	3,3	1,9	1,9	0,9	+2,3
Longitud total		mm	7.430	7.588	7.588	7.323	7.482	7.482	+490
		pies/pulg.	24' 4"	24' 10"	24' 10"	24' 0"	24' 6"	24' 6"	+1' 7"
Altura total con cucharón a levantamiento máximo		mm	5.195	5.195	5.195	5.272	5.272	5.272	+423
		pies/pulg.	17' 0"	17' 0"	17' 0"	17' 3"	17' 3"	17' 3"	+1' 5"
Círculo de giro del cargador con cucharón en posición de acarreo		mm	12.106	12.267	12.267	12.024	12.185	12.185	+499
		pies/pulg.	39' 8"	40' 2"	40' 2"	39' 5"	39' 11"	39' 11"	+1' 8"
Carga límite de equilibrio estático – recto*		kg	11.440	11.340	11.553	11.465	11.367	11.577	-1.999
		lb	25.213	24.993	25.463	25.268	25.052	25.516	-4.406
Carga límite de equilibrio estático – articulado. giro máximo de 40°		kg	9.960	9.860	10.062	9.966	9.868	10.068	-1.792
		lb	21.951	21.731	22.177	21.966	21.750	22.190	-3.949
Fuerza de desprendimiento**		kN	117	116	124	123	122	131	-5
		lb	26.319	26.132	27.958	27.575	27.401	29.393	-1.232
Peso en orden de trabajo*		kg	14.831	14.906	14.811	14.981	15.056	14.961	+324
		lb	32.688	32.853	32.644	33.018	33.183	32.974	+714

Tipo de cucharón	Uso general – Acoplador rápido Fusion									Delta de levantamiento alto	
	Cuchillas emperna- bles	Dientes y segmen- tos	Dientes	Cuchillas emperna- bles	Dientes y segmen- tos	Dientes	Cuchillas emperna- bles	Dientes y segmen- tos	Dientes		
Tipo de cuchilla											
Capacidad – nominal	m ³ yd ³	2,3 3,0	2,3 3,0	2,1 2,8	2,5 3,3	2,5 3,3	2,3 3,0	2,9 3,8	2,9 3,8	2,7 3,5	– –
Capacidad – a ras	m ³ yd ³	1,7 2,2	1,7 2,2	1,6 2,1	1,8 2,4	1,8 2,4	1,8 2,3	2,2 2,9	2,2 2,9	2,1 2,7	– –
Ancho	mm pies/pulg.	2.700 8' 10"	2.777 9' 1"	2.777 9' 1"	2.700 8' 10"	2.777 9' 1"	2.777 9' 1"	2.700 8' 10"	2.777 9' 1"	2.777 9' 1"	– –
Altura de descarga a 45° y levantamiento máximo	mm pies/pulg.	2.816 9' 2"	2.713 8' 10"	2.713 8' 10"	2.765 9' 0"	2.661 8' 8"	2.661 8' 8"	2.669 8' 9"	2.562 8' 4"	2.562 8' 4"	+423 +1' 5"
Alcance de descarga a 45° y levantamiento máximo	mm pies/pulg.	1.038 3' 4"	1.145 3' 9"	1.145 3' 9"	1.068 3' 6"	1.173 3' 10"	1.173 3' 10"	1.135 3' 8"	1.237 4' 0"	1.237 4' 0"	+112 +4,4"
Alcance con brazo de levantamiento y cucharón horizontales	mm pies/pulg.	2.265 7' 5"	2.412 7' 10"	2.412 7' 10"	2.326 7' 7"	2.473 8' 1"	2.473 8' 1"	2.447 8' 0"	2.594 8' 6"	2.594 8' 6"	+381 +1' 3"
Profundidad de excavación	mm Pulg.	100 3,9	100 3,9	75 2,9	100 3,9	100 3,9	75 2,9	100 3,9	100 3,9	75 2,9	+58 +2,3
Longitud total	mm pies/pulg.	7.290 23' 11"	7.448 24' 5"	7.448 24' 5"	7.351 24' 1"	7.509 24' 7"	7.509 24' 7"	7.472 24' 6"	7.630 25' 0"	7.630 25' 0"	+490 +1' 7"
Altura total con cucharón a levantamiento máximo	mm pies/pulg.	5.042 16' 6"	5.042 16' 6"	5.042 16' 6"	5.100 16' 8"	5.100 16' 8"	5.100 16' 8"	5.217 17' 1"	5.217 17' 1"	5.217 17' 1"	+423 +1' 5"
Círculo de giro del cargador con cucharón en posición de acarreo	mm pies/pulg.	11.977 39' 3"	12.132 39' 9"	12.132 39' 9"	12.007 39' 4"	12.162 39' 10"	12.162 39' 10"	12.067 39' 7"	12.224 40' 1"	12.224 40' 1"	+499 +1' 8"
Carga límite de equilibrio estático – recto*	kg lb	11.392 25.107	11.295 24.894	11.512 25.372	11.381 25.085	11.284 24.870	11.493 25.331	11.190 24.663	11.091 24.445	11.299 24.903	-1.999 -4.406
Carga límite de equilibrio estático – articulado. giro máximo de 40°	kg lb	9.851 21.712	9.754 21.499	9.959 21.949	9.846 21.700	9.748 21.485	9.946 21.920	9.665 21.302	9.567 21.085	9.763 21.518	-1.792 -3.949
Fuerza de desprendimiento**	kN lb	131 29.384	130 29.199	140 31.440	124 27.863	123 27.679	132 29.706	111 25.042	111 24.860	118 26.539	-5 -1.232
Peso en orden de trabajo*	kg lb	15.451 34.053	15.526 34.218	15.433 34.013	15.433 34.015	15.508 34.180	15.415 33.975	15.522 34.210	15.597 34.376	15.504 34.171	+324 +714

Tipo de cucharón	Uso general – Acoplador rápido Fusion			Manipulación de materiales – Acoplador rápido Fusion			Delta de levantamiento alto
	Cuchillas emperna- bles	Dientes y segmen- tos	Dientes	Cuchillas emperna- bles	Dientes y segmen- tos	Dientes	
Tipo de cuchilla							
Capacidad – nominal	m ³ yd ³	3,1 4,1	3,1 4,1	2,9 3,8	3,1 4,1	3,1 4,1	2,9 3,8
Capacidad – a ras	m ³ yd ³	2,4 3,1	2,4 3,1	2,3 3,0	2,4 3,2	2,4 3,2	2,3 3,1
Ancho	mm pies/pulg.	2.700 8' 10"	2.777 9' 1"	2.777 9' 1"	2.700 8' 10"	2.777 9' 1"	2.777 9' 1"
Altura de descarga a 45° y levantamiento máximo	mm pies/pulg.	2.625 8' 7"	2.518 8' 3"	2.518 8' 3"	2.593 8' 6"	2.480 8' 1"	2.480 8' 1"
Alcance de descarga a 45° y levantamiento máximo	mm pies/pulg.	1.169 3' 10"	1.270 4' 2"	1.270 4' 2"	1.114 3' 7"	1.208 3' 11"	1.208 3' 11"
Alcance con brazo de levantamiento y cucharón horizontales	mm pies/pulg.	2.504 8' 2"	2.651 8' 8"	2.651 8' 8"	2.509 8' 2"	2.656 8' 8"	2.656 8' 8"
Profundidad de excavación	mm Pulg.	100 3,9	100 3,9	75 2,9	60 2,3	60 2,3	35 1,3
Longitud total	mm pies/pulg.	7.529 24' 8"	7.687 25' 2"	7.687 25' 2"	7.501 24' 7"	7.660 25' 1"	7.660 25' 1"
Altura total con cucharón a levantamiento máximo	mm pies/pulg.	5.273 17' 3"	5.273 17' 3"	5.273 17' 3"	5.290 17' 4"	5.290 17' 4"	5.290 17' 4"
Círculo de giro del cargador con cucharón en posición de acarreo	mm pies/pulg.	12.096 39' 8"	12.253 40' 2"	12.253 40' 2"	12.065 39' 7"	12.223 40' 1"	12.223 40' 1"
Carga límite de equilibrio estático – recto*	kg lb	11.094 24.450	10.994 24.231	11.200 24.685	11.197 24.678	11.098 24.460	11.304 24.914
Carga límite de equilibrio estático – articulado. giro máximo de 40°	kg lb	9.574 21.101	9.475 20.882	9.670 21.312	9.668 21.309	9.570 21.091	9.765 21.522
Fuerza de desprendimiento**	kN lb	106 23.878	105 23.696	112 25.244	106 23.829	105 23.656	112 25.197
Peso en orden de trabajo*	kg lb	15.569 34.313	15.644 34.478	15.551 34.273	15.541 34.253	15.616 34.418	15.523 34.213



938H

Uso general

Cuchillas empernables

MODELO	2,8 m ³	3,65 yd ³
A Altura hasta la parte superior del tubo de escape	3.099 mm	10' 2"
B Altura hasta el capó del motor	2.415 mm	7' 11"
C Altura hasta la parte superior de la ROPS	3.356 mm	11' 0"
D Altura al pasador del cucharón en posición de acarreo	539 mm	21"
◆ E Altura de descarga a 45°, a levantamiento máximo	2,77 m	9' 1"
F Altura al pasador del cucharón en levantamiento máximo	3,84 m	12' 7"
◆ G Altura total máxima	5,28 m	17' 4"
◆ H Profundidad máxima de excavación	50 mm	1,9"
J Distancia de centro de máquina al eje	1,51 m	4' 11"
K Distancia entre ejes	3,02 m	9' 11"
L Radio del neumático	741 mm	2' 5"
◆ M Longitud total máxima	7.343 mm	24' 1"
◆ N Alcance a levantamiento máximo	1.077 mm	3' 10"
O Plegado máx. de cucharón a levantamiento máximo		65°
P Plegado máx. de cucharón a altura acarreo		50°
Q Inclinación máxima hacia atrás en el suelo		44°
Espacio libre sobre el suelo (con neumáticos estándar)	397 mm	15"
Entrevía (con neumáticos estándar)	2,02 m	6' 8"
Ancho con neumáticos (neumáticos estándar)	2.674 mm	8' 9"
Longitud — del eje trasero al parachoques	1.869 mm	6' 1"
Espacio libre del cucharón horizontal a levantamiento máximo		-
Ángulo máx. de descarga a levantamiento máximo		50°
Neumáticos utilizados para las medidas		20.5R25 (L-3)



Cajamarca, 01 de marzo de 2022

EDWIN RAFAEL OCAS RAMÍREZ
Bach. Ingeniería de Minas
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Presente.-

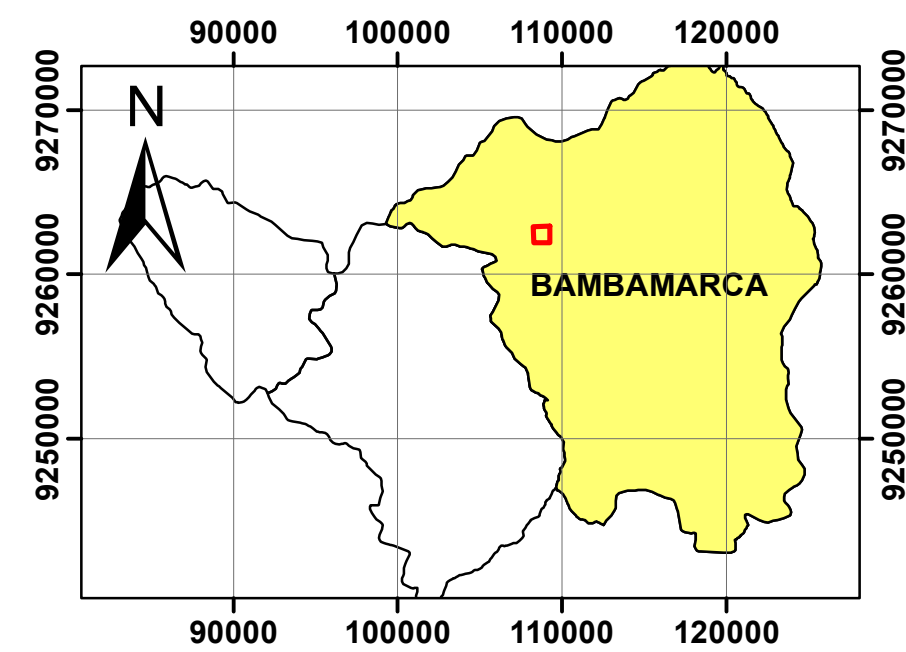
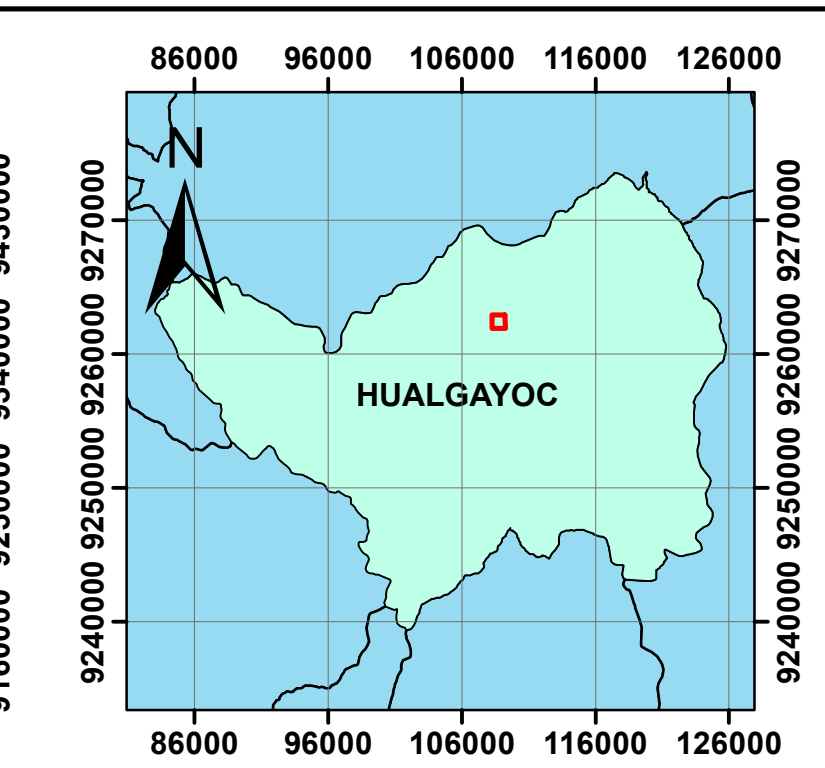
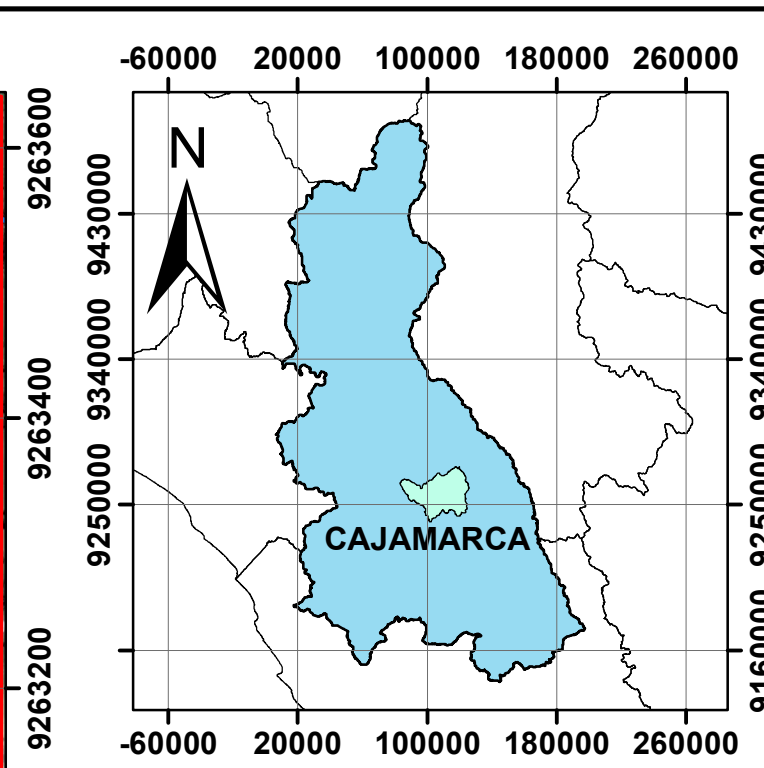
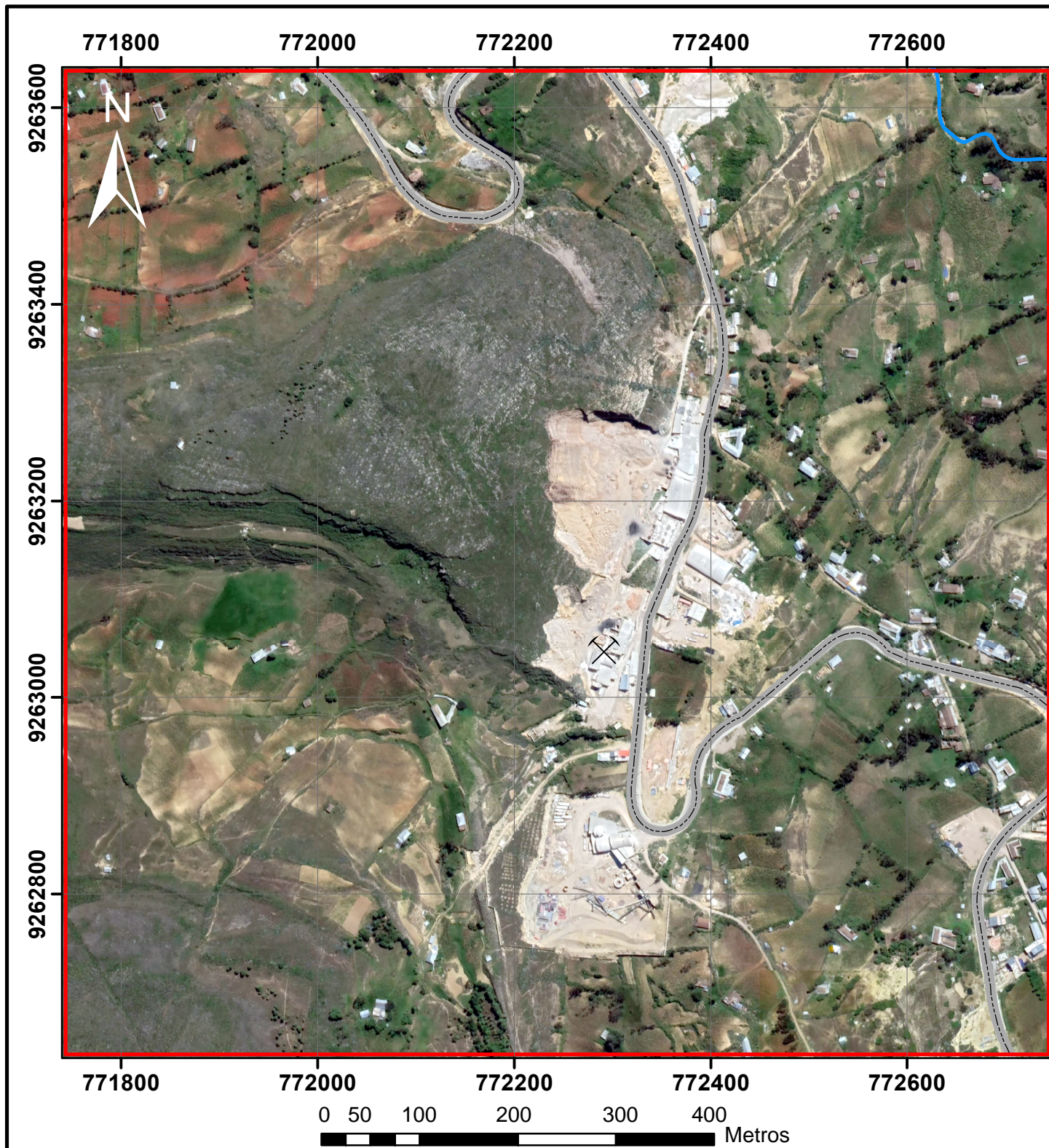
De mi consideración:

Saludarlo respetuosamente y al mismo tiempo comunicar que nuestra empresa CALERA BENDICIÓN DE DIOS E.I.R.L., ha tomado la consideración de aceptar la solicitud de desarrollar el proyecto de investigación de tesis con título: **"EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPIs) EN EQUIPOS DE CARGUÍO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE CAL EN LA CALERA BENDICIÓN DE DIOS - BAMBAMARCA"**, correspondiente al área de carguío y acarreo; en tal sentido se brindará el permiso correspondiente para la toma de datos referido a su investigación y desarrollo hasta su presentación de informe final.





Atentamente,


JUAN FRANCO NAVARRO GARCIA
CUI N° 67996
JEFE DE OPERACIONES

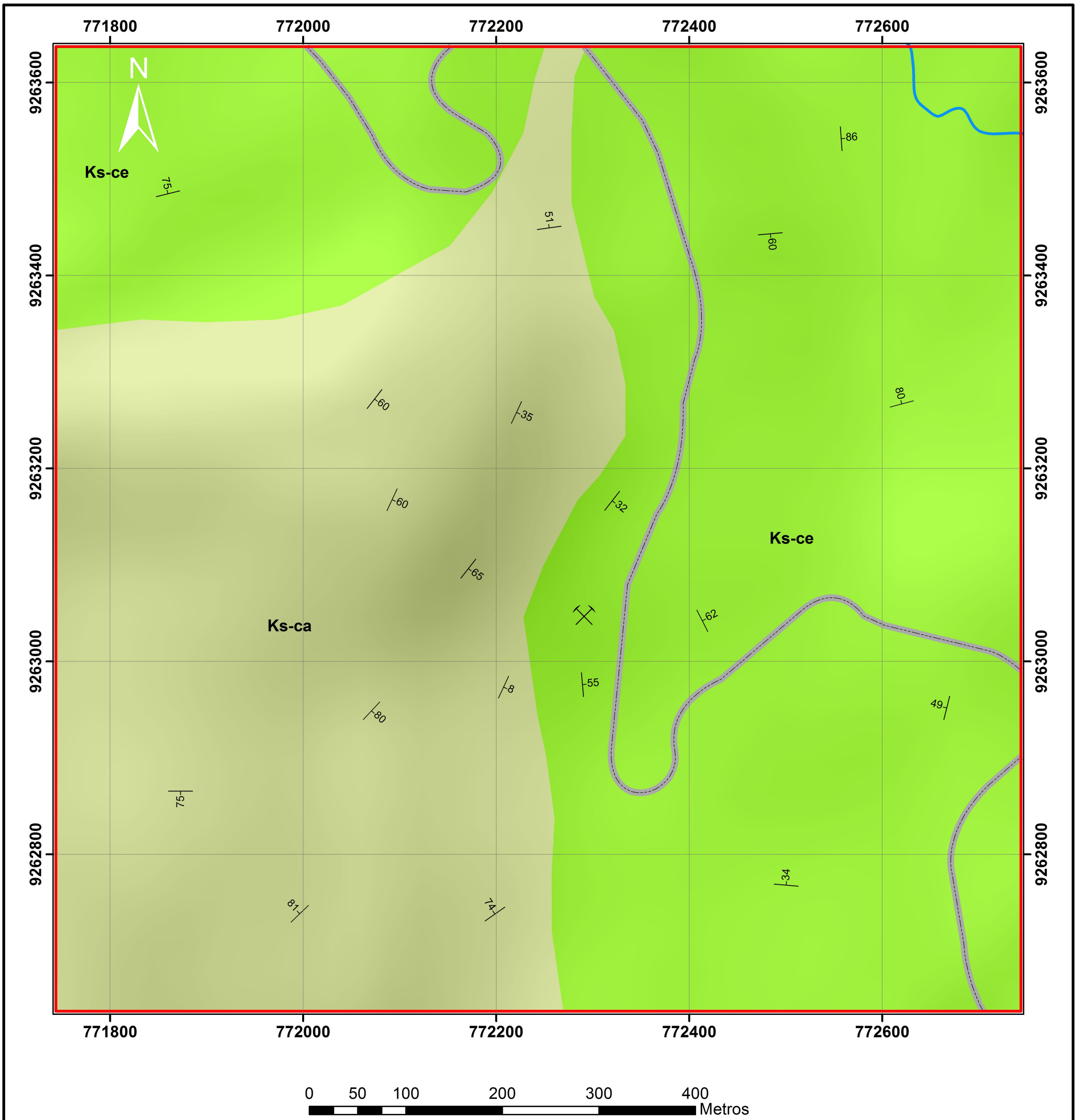
.....
NAVARRO GARCIA JUAN FRANCO
JEFE DE OPERACIONES



SIMBOLOGÍA

	Concesión Minera No Metálica "LOS CHANCAS III 5HNOS"
	Cantera Bendición de Dios
	Vía Longitudinal de la Sierra
	Río



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y MINAS	
TESIS PROFESIONAL: EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPIs) EN EQUIPOS DE CARGUÍO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE CAL EN LA CALERA BENDICIÓN DE DIOS - BAMBAMARCA"	
PLANO:	UBICACIÓN
TESISTA:	BACH. EDWIN RAFAEL OCAS RAMÍREZ
ASESOR:	M. CS. ING. ROBERTO S. GONZALES YANA
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	MARZO 2024
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">P-01</div>  </div>	



SIMBOLOGÍA

-  Concesión Minera
-  Rumbo y Buzamiento
-  Calera Bendición de Dios
-  Río
-  Vía Longitudinal de la Sierra

Formaciones Geológicas

-  Ks-ca: Formación Cajamarca
-  Ks-ce: Formación Celendín

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

TESIS PROFESIONAL:
EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPIs)
EN EQUIPOS DE CARGUÍO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN
DE CAL EN LA CALERA BENDICIÓN DE DIOS - BAMBAMARCA"

PLANO: GEOLÓGICO	P-02
TESISTA: BACH. EDWIN RAFAEL OCAS RAMÍREZ	
ASESOR: M. CS. ING. ROBERTO S. GONZALES YANA	
ESCALA: 1 / 4000	FECHA: MARZO 2024

