

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas



TESIS PROFESIONAL

**ANÁLISIS DE LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE CARGUÍO PARA
MATERIALES DE EXCAVACIÓN EN LA CANTERA PLATERO CHUCO -
CAJAMARCA**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Presentado por:

BACH. ANTONY GARY ALFARO VALENCIA

Asesor:

M. CS. ING. ROBERTO SEVERINO GONZALES YANA

CAJAMARCA-PERÚ

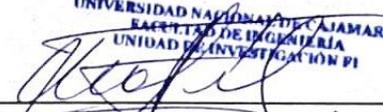
2023

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: ANTONY GARY ALFARO VALENCIA
DNI: 47464316
Escuela Profesional: INGENIERIA DE MINAS
2. Asesor: ROBERTO SEVERINO GONZALES YANA
Facultad: INGENIERIA
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación: ANÁLISIS DE LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE CARGUÍO PARA MATERIALES DE EXCAVACIÓN EN LA CANTERA PLATERO CHUCO - CAJAMARCA
6. Fecha de evaluación: 14-02-2023 22:15:00
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 5%
9. Código Documento: D158645817
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 14-02-2023

 FIRMA DEL ASESOR ROBERTO SEVERINO GONZALES YANA DNI: 29441681	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI Dr. Yvonne Katherine Fernández León DIRECTORA
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "ANÁLISIS DE LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE CARGUÍO PARA MATERIALES DE EXCAVACIÓN EN LA CANTERA PLATERO CHUCO-CAJAMARCA"

ASESOR : M. Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 109-2023-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 23 de febrero del 2023, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los veinticuatro días del mes de febrero del año en curso, siendo las once horas (11:00 a.m.), en la Sala de Sustentaciones de Tesis (4J-210 Auditorio de Ingeniería Geológica), de la Facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

- Presidente : Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Vocal : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Secretario : M. Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "ANÁLISIS DE LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE CARGUÍO PARA MATERIALES DE EXCAVACIÓN EN LA CANTERA PLATERO CHUCO-CAJAMARCA", presentado por el Bachiller en Ingeniería en Minas ANTONY GARY ALFARO VALENCIA de la Escuela Profesional de Ingeniería en Minas, de la Facultad de Ingeniería, asesorado por el M. Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana, para la obtención del Título Profesional.

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA: 04 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA: 10 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 14 PTS CATORCE (En letras)

En consecuencia se lo declara APROBADO con el calificativo de CATORCE acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 12:00 p.m. horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

[Signature of Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado]

Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Presidente

[Signature of Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique]

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Vocal

[Signature of M. Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca]

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

[Signature of M. Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana]

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

DEDICATORIA

La presente tesis se lo dedico a Dios, por haberme permitido llegar hasta donde estoy y así haber podido culminar mi carrera. A mi padre Jaime Alfaro que, aunque no esté físicamente con nosotros, sé que desde el cielo siempre me cuida, y me guía para que todo salga bien.

A mi madre que día a día me cuida y me brinda todo su apoyo para seguir adelante, a mis hermanos que con sus palabras y su compañía siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo, y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, y a aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para el logro de mis objetivos.

Antony Alfaro.

AGRADECIMIENTO

Gracias a mi alma máter la Universidad Nacional de Cajamarca, por haberme acogido en sus aulas durante mi formación académica.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, a mis compañeros de clase y amigos con los cuales pasamos nuestra etapa universitaria, a mis maestros que me supieron inculcar sus enseñanzas en mi formación profesional.

Antony Alfaro.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE FOTOS.....	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	3
2.2. BASES TEÓRICAS.....	4
2.2.1. Explotación de canteras	4
2.2.2. Parámetros del carguío y acarreo	4
2.2.3. Operación de carguío.....	5
2.2.4. Selección de una máquina	10
2.2.5. Estados de los equipos en campo o cantera.....	12
2.2.6. Parámetros y fórmulas de productividad	13
2.2.7. Método de carguío	15
2.2.8. Indicadores de gestión del mantenimiento	16
2.2.9. Productividad y optimización.....	19
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	20

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
3.1.1. Geográfica.....	22
3.1.2. Política	22
3.1.3. Accesibilidad	22
3.1.4. Clima y vegetación.....	23
3.1.5. Sismicidad.....	24
3.2. GEOLOGÍA LOCAL.....	25
3.2.1. Formación Farrat (Ki-fa).....	25
3.2.2. Formación Carhuaz (Ki-ca)	26
3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.3.1. Tipo de investigación.....	27
3.3.2. Nivel de investigación.....	27
3.3.3. Diseño de investigación	27
3.3.4. Método de investigación.....	27
3.3.5. Población de estudio.....	28
3.3.6. Muestra	28
3.3.7. Unidad de análisis.....	28
3.4. PROCEDIMIENTO	28
3.4.1. Etapa preliminar.....	28
3.4.2. Etapa de campo	29
3.4.3. Etapa de gabinete	29
3.5. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	29
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	30
3.6.1. Técnicas.....	30
3.6.2. Instrumentos y equipos	30
3.7. PROCESO DE CARGUÍO.....	31
3.7.1. Excavación.....	31
3.7.2. Zarandeo.....	32
3.7.3. Chancado.....	33
3.7.4. Tiempos en el ciclo de carguío.....	33

	Pag.
3.8. INDICADORES DE CARGUÍO.....	34
3.8.1. Disponibilidad mecánica.....	34
3.8.2. Productividad horaria	34
CAPÍTULO IV	
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	
37	
4.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
4.1.1. Tiempos en el ciclo de carguío.....	37
4.2. INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO.....	39
4.2.1. Disponibilidad mecánica (DM).....	39
4.2.2. Utilización de máquina (UM)	43
4.2.3. Gestión de la demora (GD)	47
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
4.3.1. Ciclo de carguío	51
4.3.2. Indicadores de desempeño	53
4.3.3. Optimización de tiempos de carguío	55
4.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	55
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	
56	
5.1. CONCLUSIONES.....	56
5.2. RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	
58	
ANEXOS	
59	

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 01. Ciclo de carguío en un frente de minado.	7
Cuadro 02. Fórmulas de productividad.	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Tiempo de ciclo de carguío con excavadora	9
Figura 02. Accesibilidad a la Cantera Platero Chuco desde Cajamarca.	23
Figura 03. Zonas sísmicas en el territorio nacional.	24

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 01. Altura de banco Cantera Platero Chuco.....	8
Foto 02. Afloramiento de arenisca blanquesina de Ki-fa.	26
Foto 03. Afloramiento de areniscas de Ki-ca.....	26
Foto 04. Proceso de excavación con martillo hidráulico.....	31
Foto 05. Zona de zarandeo de material excavado.	32
Foto 06. Zona de carguío 01 – Cantera Platero Chuco.....	32
Foto 07. Zona de carguío 02 – Cantera Platero Chuco.....	33

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 01. Tiempo en el ciclo de para los meses de junio, julio y agosto.	38
Gráfico 02. Tendencia de la disponibilidad mecánica mes de junio.	40
Gráfico 03. Tendencia de la disponibilidad mecánica mes de julio.	41
Gráfico 04. Tendencia de la disponibilidad mecánica mes de agosto.	42
Gráfico 05. Disponibilidad mecánica en los meses de junio, julio y agosto.	42
Gráfico 06. Disponibilidad mecánica vs utilización de máquina - mes de junio.	44
Gráfico 07. Disponibilidad mecánica vs utilización de máquina - mes de julio.	45
Gráfico 08. Disponibilidad mecánica vs utilización de máquina - mes de agosto.	46
Gráfico 09. Utilización de máquina en los meses de junio, julio y agosto.	46
Gráfico 10. Gestión de demora vs utilización de máquina - mes de junio.	47
Gráfico 11. Gestión de demora vs utilización de máquina - mes de julio.	49
Gráfico 12. Gestión de demora vs utilización de máquina - mes de agosto.	50
Gráfico 13. Disponibilidad mecánica en los meses de junio, julio y agosto.	50
Gráfico 14. Tiempo del ciclo de carguío en las muestras observadas.	51
Gráfico 15. Tiempo del ciclo de carguío en las muestras observadas.	52
Gráfico 16. Tiempo del ciclo de carguío en las muestras observadas.	53
Gráfico 17. Tiempo del ciclo de carguío en las muestras observadas.	54

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01. Equipos de carguío.....	6
Tabla 02. Factor de llenado del cucharón en cargadores frontales.....	11
Tabla 03. Vías de acceso a la zona de estudio.....	22
Tabla 04. Zonas de sismicidad en los distritos de la provincia de Cajamarca.....	25
Tabla 05. Definición de variables.	30
Tabla 06. Productividad horaria en el mes de junio.....	35
Tabla 07. Productividad horaria en el mes de julio.....	35
Tabla 08. Productividad horaria en el mes de agosto.	36
Tabla 09. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío mes de junio.	39
Tabla 10. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío mes de julio.	40
Tabla 11. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío mes de agosto.	41
Tabla 12. Utilización de máquina mes de junio.	43
Tabla 13. Utilización de máquina mes de julio.	44
Tabla 14. Utilización de máquina mes de agosto.....	45
Tabla 15. Gestión de la demora mes de junio.....	48
Tabla 16. Gestión de la demora mes de julio.	48
Tabla 17. Gestión de la demora mes de agosto.....	49
Tabla 18. Tiempo del ciclo de carguío en las muestras observadas.	54

LISTA DE ABREVIATURAS

Cia.	: Compañía.
HP	: Horse Power (Caballos de fuerza)
Kg/lb	: Kilogramos por libra.
Km/h	: Kilómetros por hora
kN/lb	: Kilonewton por libra.
Kwh	: Kilovatio hora.
MA	: Mechanical Availability (Disponibilidad mecánica)
MR	: Maintenance Ratio (Razón de mantenimiento)
MTBF	: Mean Time Between Failures (Tiempo medio entre fallas)
MTBFS	: Mean Time Between Failures Shutdowns (Tiempo medio entre paradas por fallas)
MTBS	: Mean Time Between Shutdowns (Tiempo medio entre paradas)
MTTR	: Mean Time to Repair (Tiempo medio para reparar)
MU	: Machine Utilization (Utilización de máquina)
PRP	: Porcentaje de reparaciones programadas.
rpm	: Revoluciones por minuto.
R	: Reliability.
S.A.C.	: Sociedad Anónima Cerrada.
S.R.L.	: Sociedad de Responsabilidad Limitada.
SA	: Service Accuracy (Precisión de servicio)
SMU	: Service Meter Unit (Unidad de medidor de servicio)
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

El presente trabajo de investigación se realizó en la cantera Platero Chuco perteneciente a la empresa Bazán Contratistas Generales S.R.L., la cual está ubicada en el Barrio Samanacruz en el distrito, provincia y departamento del mismo nombre Cajamarca. Tiene como finalidad optimizar los tiempos de carguío en dicha operación, haciendo uso de los principales indicadores de gestión en carguío como son la disponibilidad mecánica, utilización de la máquina, y la productividad horaria. El procedimiento que se ha seguido es recopilar de información, relacionada a las operaciones de carguío que se realizan tanto en minería no metálica como en metálica para el afianzamiento de las bases investigativas. Luego se ha observado la secuencia completa del carguío de materiales de construcción en el frente de trabajo de la cantera Platero Chuco, y permitió tomar medida de los tiempos empleados en el equipo de carguío y el ciclo que efectúa para despachar a una unidad de acarreo. Ya con los datos obtenidos se procedió a efectuar los cálculos en referencia a los datos de productividad horaria, así como al rendimiento de los equipos de carguío y su operatividad al momento de realizar su actividad programada. Analizados los resultados se ha concluido en esta primera etapa que la optimización en los tiempos de carguío para la explotación de materiales de excavación en la cantera Platero Chuco deben mejorarse debido a que los principales indicadores calculados en este avance indican carencia de programación y supervisión en la zona de carguío, la disponibilidad mecánica promedio para el mes de junio es 96,7%, para julio de 96,4% y para agosto de 97,7%; utilización de máquina para junio de 32,9%, julio de 14,9% y agosto de 42,8%; gestión de la demora para junio es 37%, julio es 16,8% y agosto de 48,2%. En cuanto a la productividad horaria se ha registrado y calculado también para los tres meses de data informativa con los resultados siguientes: para junio una productividad promedio de 65,2 m³/h, para julio de 70,4 m³/h y finalmente en agosto de 84,2 m³/h.

PALABRAS CLAVES: Cantera, carguío, optimización, tiempo, indicadores.

ABSTRACT

This research work was carried out in the Platero Chuco quarry belonging to the company Bazán Contractors Generales S.R.L., which is located in the Samanacruz neighborhood in the district, province and department of the same name Cajamarca. Its purpose is to optimize loading times in said operation, making use of the main loading management indicators such as mechanical availability, machine use, and hourly productivity. The procedure that has been followed is to collect information related to the loading operations that are carried out in both non-metallic and metallic mining to strengthen the investigative bases. Then, the complete sequence of loading construction materials was observed in the work front of the Platero Chuco quarry, and it allowed to measure the times used by the loading equipment and the cycle it carries out to dispatch to a hauling unit. With the data obtained, the calculations were made in reference to the hourly productivity data, as well as the performance of the loading equipment and its operation at the time of carrying out its scheduled activity. After analyzing the results, it has been concluded in this first stage that the optimization of loading times for the exploitation of excavation materials in the Platero Chuco quarry should be improved because the main indicators calculated in this advance indicate a lack of programming and supervision in the loading area, the average mechanical availability for the month of June is 96.7%, for July it is 96.4% and for August it is 97.7%; machine utilization for June 32.9%, July 14.9% and August 42.8%; Management delay for June is 37%, July is 16.8% and August is 48.2%. As for hourly productivity, it has also been recorded and calculated for the three months of informative data with the following results: for June an average productivity of 65.2 m³ / h, for July of 70.4 m³ / h and finally in August of 84.2 m³ / h.

KEY WORDS: Quarry, loading, optimization, time, indicators.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La Cantera Platero Chuco está ubicada en el distrito de Cajamarca y pertenece a la Minería No Metálica. Actualmente las operaciones realizadas en minería no metálica son las que en menor medida implementan la ingeniería como pilar de apoyo y gestión en el aprovechamiento de los recursos, es por ello que en la presente investigación se brindará un mejoramiento al proceso de carguío realizado en la Cantera Platero Chuco.

Dentro de las operaciones realizadas en la cantera se encuentra el carguío y acarreo de materiales de excavación; el carguío se realiza mediante un cargador frontal y el acarreo con una unidad de volquete, al no tener varias unidades de acarreo hace que el cargador frontal disminuya la productividad y por ende los índices de desempeño sean bajos.

En el problema se plantea: ¿Cómo optimizar el tiempo de carguío para materiales de excavación en la cantera Platero Chuco?, cuya hipótesis es: Al optimizar los tiempos de carguío la productividad de la maquinaria aumentará un 70% en la explotación de materiales de excavación en la cantera Platero Chuco.

La justificación de esta investigación se realiza con el fin de optimizar el tiempo de carguío y mejorar el avance de la maquinaria pesada en el acarreo de materiales de excavación, lo cual aumentará la rentabilidad económica de la operación. Optimizar estos tiempos ayudará a que no exista paralización de equipos sino al contrario mayor fluctuación de material. El objetivo general es optimizar los tiempos de carguío en la explotación de materiales de excavación en la cantera Platero Chuco. Los objetivos específicos son: analizar la disminución de demoras en los equipos de carguío de la cantera Platero Chuco, calcular una mayor rentabilidad aplicando optimización de tiempos en la zona de carguío, describir la operación de carguío de materiales de excavación en una cantera de minería no metálica a cielo abierto y gestionar eficientemente los equipos de carguío y acarreo analizando los índices de rendimiento operativo.

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, de igual manera los fundamentos teóricos que sirven como base o fundamento para la investigación, así como también 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

Calua (2019) en su investigación: Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache S.A.; concluye que la minimización de tiempos improductivos en arreglo de frentes de trabajo, dificultad para cargar, equipo auxiliar y separación de bolonería logra la disminución de horas de demora en carguío y acarreo, siendo la reducción a un tiempo menor o igual a 3 min.

Huarocc (2014) en su investigación: Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño – U.M. Chuco II – Mining S.A.C.; concluye que la gestión de producción mediante los indicadores de desempeño nos permite una reducción de costos en 44\$/Tn en la operación unitaria de carguío de mineral y 34\$/Tn en la operación de acarreo de mineral. Así mismo recalca que la gestión de la producción mediante indicadores de desempeño nos permite mejorar la producción de mineral en la operación de carguío y acarreo es por ello que su mejora se observa en la cantidad de toneladas que se mueven por día de producción mineral.

Rojas (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. El autor concluye que de manera global se ha tenido una rentabilidad promedio de 23.74% en los procesos de carguío y acarreo siendo un resultado favorable, no obstante, no se debe caer en el conformismo, todo lo contrario, se debe optimizar mucho más los procesos ya que es posible.

Silvestre (2015) en su investigación: Optimización de flota de camiones aplicando programación dinámica – Mina Corihuarmi; menciona que en la Mina Corihuarmi se reportaban los costos de carguío y acarreo en 0.72 \$/TM por lo que se requería la optimización de la flota de volquetes para obtener una reducción de los costos de las operaciones mineras mencionadas con el fin de realizar una mejora en el proceso productivo. Aplicando una metodología de observación en campo, indicadores de confiabilidad de los equipos, mediciones con instrumentos, cálculo

de gabinete y haciendo uso de la Programación Dinámica Probabilística en el carguío y acarreo se logró determinar la asignación óptima de N° Volquetes a cada excavadora de la mina, es decir 7 Volquetes a la Excavadora N°1 y 6 Volquetes a la Excavadora N° 2 obteniendo una reducción de costos a 0.57 \$/TM.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Explotación de canteras

Una cantera es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, tienen un conjunto de labores que se llevan a cabo con la finalidad de explotar un material útil en la excavación. Las canteras son explotaciones de pequeño tamaño, aunque el conjunto de todas las canteras representa probablemente el mayor volumen de la minería mundial. Al igual que en la gran minería, la operación de las canteras también se encuentra reguladas para reducir el impacto ambiental. En la explotación de una cantera se toma en cuenta la pendiente, el depósito de material pétreo y se divide en capas horizontales con la finalidad de explotar varias capas (bancos) simultáneamente, de esta manera la cantera va adquiriendo la forma escalonada (Huarocc, 2014).

2.2.2. Parámetros del carguío y acarreo

Hissen (2012), sugiere que en el proceso productivo de carguío y acarreo se tiene que considerar lo siguiente:

A. Tiempo del carguío y acarreo

Una vez que el material ha sido fragmentado se revisa la zona de extracción verificando que la operación sea segura, luego se procede a preparar la zona de carguío, para lo cual se requerirá equipos de apoyo como cargadores de servicio y camiones de riego, los que dejarán el sector apropiado para la operación unitaria de carguío sin inconvenientes para las maniobras de los equipos. Cumplido con la preparación se posiciona el equipo de carguío con su correspondiente flota de equipos de acarreo para iniciar la operación del material.

B. Desarrollo del carguío y acarreo

Fundamentalmente lo que se hace es extraer el material fragmentado desde el frente de operación por el equipo de carguío, para luego ser depositado en el equipo de acarreo. Todo esto se logra posicionando el cargador frontal frente al

material a cargar, en un área donde tanto el equipo de carguío como los equipos de acarreo puedan operar sin problemas. El equipo de carguío penetra el material volado con su balde, llenándolo y desplazándolo hacia el punto de descarga, donde el cucharón es vaciado sobre la tolva del equipo de acarreo.

Esto se repite hasta que el equipo de acarreo alcance su llenado operacional, llenándolo con los pases necesarios de acuerdo a su capacidad y sea reemplazado por otro equipo de acarreo para continuar en forma cíclica hasta agotar el material del frente de trabajo. Los equipos de acarreo trasladarán el material a su destino indicado, ya sea a botaderos (estéril), acopios de mineral con baja ley, acopios de lixiviación, acopios de mineral de alta ley o chancado. Cumplido el destino procederán a descargar el material y retornar a la operación (carguío, reserva o mantención).

C. Equipos utilizados en el carguío y acarreo

La operación se realiza con equipos de carguío medianos y es con un cargador frontal ZL50G, el acarreo mediante un Volquete Volvo FMX 6X4R con una capacidad de 15m³ según la descripción del proceso. La flota seleccionada tendrá relación directa con las características de la cantera, tanto físicas, geométricas y operacionales (rendimientos exigidos).

2.2.3. Operación de carguío

Es la carga de material que ha sido desbrozado del talud o banco por medios físicos o químicos pasa por una zaranda de malla 4.0 pulgadas de ancho por 4.0 pulgadas de largo, y el material pasante fragmentado tiene un diámetro de roca menor a 4.0 pulgadas. El carguío es efectuado por equipos mecánicos y dicho material es transportado a lugares definidos por la operación o compañía, los destinos son la zona de chancado y cancha de acumulación.

En esta etapa se define los sectores o zonas de carga, las direcciones de carguío de los equipos y el destino del material de acuerdo con el tamaño de los fragmentos, volumen y tonelaje. El carguío involucra equipos de gran, mediana y pequeña productividad como los descritos en la Tabla 01, estos equipos precisan de acarreo mínimo o sin acarreo (estáticos en su trabajo).

Tabla 01. Equipos de carguío.

TIPO	SIN ACARREO	ACARREO MÍNIMO
Unidad discreta	Pala eléctrica Retroexcavadora Pala hidráulica Pala neumática	Cargador frontal LHD
Flujo continuo	Excavadora de baldes Dragadora	

Fuente: Cahuari, 2019.

En esta investigación se realiza el estudio de equipos de mediana productividad que consiste en cargadores frontales y volquetes. Lo que se pretende es que estos equipos sean aprovechados en su máxima capacidad tanto en la usabilidad como en las horas de trabajo.

Gutiérrez (2010), opina que dentro de las operaciones unitarias de mayor costo se encuentra el carguío y acarreo de material, debido a que es un proceso que cuenta con la mayor cantidad de equipos mecanizados, con bajo rendimiento productivo por equipo y genera una operación unitaria de baja eficiencia.

Marín (2016), plantea como objetivo que el proceso es retirar el material fragmentado del frente y transportarlo adecuadamente a su lugar de destino, de modo que lo resume de la siguiente manera la operación de carguío y acarreo:

- Preparación de la zona de trabajo.
- Posicionamiento de equipos de carguío y acarreo.
- Carguío del material al equipo de acarreo en el frente de trabajo.
- Acarreo del material al punto de descarga.
- Descarga del material.
- Retorno del equipo de acarreo al punto de carguío.

Esta secuencia se cumple hasta que haya sido retirado el material requerido del frente de trabajo. Mencionado anteriormente, el carguío y acarreo es el proceso productivo más influyente en los costos de operación de la cantera, representa un 45% al 65% del costo total, lo que es de gran importancia garantizar un ambiente de operación apto y adecuado para lograr los mejores rendimientos de los equipos involucrados en el trabajo, así mismo cuidar tanto la parte física (material, equipos,

mantenimiento, disponibilidad, insumos, entre otros), como la parte humana (operadores, supervisores y todo personal involucrado).

En el Cuadro 01 se muestra el ciclo de carguío en un frente de minado y comprende cuatro posiciones del equipo de carguío: el primero está dado por la carga de material a través del cucharón, segundo es la rotación con la carga, tercero la descarga del cucharón hacia el volquete y cuarto la rotación sin carga, esto se efectúa hasta que el volquete tenga completo el volumen de carga y se marche a su lugar de destino. Seguidamente ingresa a la zona de carguío un nuevo equipo de acarreo y se continúa con el mismo procedimiento para efectuar el ciclo de carguío.

Cuadro 01. Ciclo de carguío en un frente de minado.

CICLO DE CARGUÍO			
IMAGEN	CICLO	ACCIÓN	DESCRIPCIÓN
	CARGA DE CUCCHARÓN	Llenado de material para descargar en el volquete	Inicia cuando empieza el llenado del cucharón con el material a cargar.
	ROTACIÓN CON CARGA	Giro para la descarga del material	Inicia cuando el brazo se levanta y empieza a girar con el cucharón cargado de material.
	DESCARGA DE CUCCHARÓN	Cargando el volquete	Inicia cuando empieza a descargar el material en la tolva del camión.
	ROTACIÓN SIN CARGA	Retorno a cargar material	Inicia cuando el brazo empieza a girar con el cucharón sin material.

Fuente: Calua, 2019.

El tiempo del ciclo total de un equipo de carguío va a depender del tamaño de la máquina. Los equipos más pequeños pueden realizar tiempos más rápidos, pero con cargas de menor capacidad, en cambio los equipos grandes realizan tiempos menos rápidos con cargas de mayor capacidad. A todo ello se suma una variable importante que es las condiciones del trabajo en la cual operan estos equipos,

excavaciones exigentes y con obstáculos los equipos de carguío disminuyen su velocidad de carga, lo cual requiere una mayor maniobrabilidad por parte de los operadores.

Cuando el material a cargar se vuelve más difícil de excavar, la demora de tiempo en rellenar el cucharón aumenta, así como al profundizar la carga y aumentar la pila de material, el cucharón tiene que desplazarse más rápidamente por tanto la estructura superior debe rotar más lejos en cada ciclo de excavación. Asimismo, el tiempo del ciclo en el carguío también se ve afectado por la ubicación del camión o la pila de desmonte (Calua, 2019).

Ángulo de giro

Es la rotación que ejerce la pluma del equipo de carguío para realizar la maniobra de carga y descarga. Generalmente depende de la disposición de la pila de material a cargar, la zona de carguío o el espacio libre por donde tendrán acceso las unidades de acarreo y el número de unidades de acarreo.

Altura de corte

Está determinada por las características del diseño de los equipos de carguío, ya que dependerá de la movilidad de la máquina (pluma, balancín, cuchara) y de las dimensiones de la máquina.



Foto 01. Altura de banco Cantera Platero Chuco.

En la Foto 01 se muestra la altura de banco que se ha realizado con el equipo de perforación, aprovechando la topografía del terreno que tiene una pendiente empinada. Cada banco cuenta con una altura de 5.0 m de altura máxima.

Tiempo de ciclo de un pase

Es la repetición continua del llenado de una unidad de acarreo y expresa una función del tipo de máquina y de las condiciones de trabajo que incluyen el ángulo de giro, la profundidad o altura de corte. Un ciclo se considera como el total de las operaciones de corte y tienen cuatro tiempos, ver la Figura 01 (Feliciano, 2018):

- Corte (T-1)
- Giro con carga (T-2)
- Descarga (T-3)
- Giro vacío (T-4)

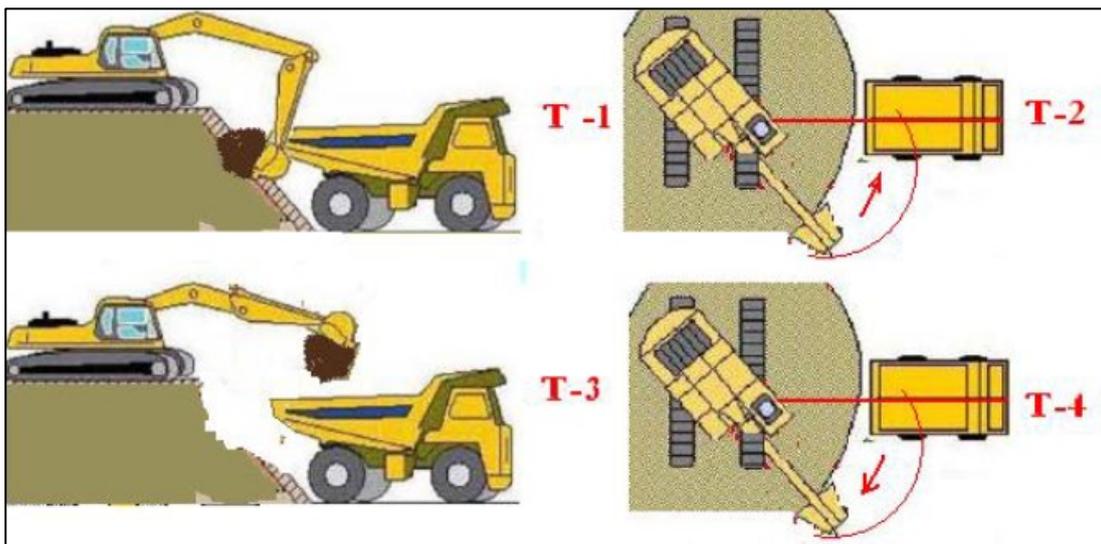


Figura 01. Tiempo de ciclo de carguío con excavadora

Fuente: Caterpillar, 2000.

Es muy importante conocer el tiempo de ciclo de cada unidad de carguío en la cantera, así como determinar la productividad de acuerdo al número de ciclos efectuado en una hora de tiempo y calcular toda la productividad que realiza en un turno de 8 horas de trabajo continuo. Los ciclos también determinan los indicadores de rendimiento operativo de la máquina de carguío.

Tiempos de carga, maniobras, descarga y esperas

El tiempo de carga de un volquete tiene estrecha relación con la capacidad del cucharón de la excavadora o cargador frontal y del ciclo de duración de las mismas. Para el cálculo del tiempo de carguío cuando se conoce el ritmo de carga es multiplicar el número de pases que se necesitan para llenar una unidad de acarreo o volquete por el tiempo de ciclo de cada pase.

$$\text{Tiempo de carga (min)} = \text{Número de pases} * \text{Tiempo de ciclo de un pase}$$

Los tiempos fijos de maniobras involucran la entrada a la zona de carguío, dar pase a otra unidad, retroceder y encuadre para carguío; la descarga y esperas también involucran tiempos de encuadre y maniobrabilidad por parte del operador; sin embargo estos datos están basados en estudios de campo dependiendo de las condiciones de la explotación y estudio.

2.2.4. Selección de una máquina

Basado en el Manual de Rendimiento de Caterpillar, 2012; nos menciona que el método para seleccionar un cargador frontal de tamaño adecuado es el siguiente:

- Determinar la producción requerida o deseada de material explotable en un tiempo determinado.
- Determinar el tiempo de ciclo del cargador frontal y el número de ciclos por hora que realiza en el frente de trabajo. Se debe considerar un tamaño de máquina para poder seleccionar un tiempo de ciclo base.
- Determinar la carga útil de material requerida por ciclo en m³ sueltos y en kg (en yd³ y en lb respectivamente).
- Determinar el tamaño solicitado de cucharón.
- Elegir la máquina considerando el tamaño y la carga útil del cucharón como requisitos de producción que se deben satisfacer.
- Comparar el tiempo de ciclo del cargador frontal utilizado en los cálculos con el tiempo de ciclo de la máquina seleccionada.

Para determinar los ciclos del cargador frontal y el número de ciclos por hora se realiza utilizando la fórmula siguiente como base referencial:

$$\text{Ciclos por hora a 100\% de eficiencia} = \frac{60 \text{ min}}{\text{tiempo total del ciclo en minutos}}$$

Considerando que en el área de operaciones no se llega al 100% de eficiencia, sino que es un porcentaje menor, en tal sentido ajustamos la fórmula a lo siguiente:

$$\text{Ciclos/h a X min/h} = \text{Ciclos/h al 100\% de eficacia} * \frac{X \text{ min}}{60 \text{ min}}$$

Para la determinación del tamaño del cucharón se divide el volumen requerido por ciclo entre el factor de llenado del cucharón, así como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño del cucharón} = \frac{\text{Volumen requerido/ciclo}}{\text{Factor de llenado del cucharón}}$$

Se sabe que una vez llenado el cucharón, éste no ocupa su total capacidad debido a material de diferente fragmentación las cuales forman espacios vacíos en su interior, por lo que dependiendo del material, el cucharón tendrá un factor de llenado aproximado y es la que se menciona en la Tabla 02. En la presente investigación el material es de fragmentación mediana, por lo que su factor de llenado va en un rango del 75% al 90%.

Tabla 02. Factor de llenado del cucharón en cargadores frontales.

Material suelto	
Áridos húmedos mezclados	95-100%
Agregados uniformes hasta 3 mm (1/8")	95-100%
De 3 a 9 mm (1/8 a 3/8")	90-95%
De 12 a 20 mm (1/2 a 3/4")	85-90%
De 24 mm (1") y más grandes	85-90%
Roca de voladura	
Bien fragmentada	80-95%
De fragmentación mediana	75-90%
Mal fragmentada	60-75%
Otro	
Mezcla de tierra y roca	100-120%
Limo húmedo	100-110%
Tierra, piedra, raíces	80-100%
Materiales cementados	85-95%

Fuente: Caterpillar, 2012.

2.2.5. Estados de los equipos en campo o cantera

Los equipos siempre se encuentran en diferentes estados en un frente de trabajo de cualquier operación minera y dependerá del desarrollo de las actividades relacionadas con el equipo de carguío dentro del campo de operaciones. Basándonos en el Sistema Control Sense (2017), se considera cinco (5) estados que se podrán visualizar a lo largo de las actividades que desarrollan los equipos en campo: operando, demora, espera y mantenimiento, cada uno de ellos se detallan a continuación:

A. Operativo (Ready)

Operativo indica que el equipo se encuentra realizando alguna actividad asignada por el centro de control en consecuencia el motor se encuentra encendido. En este estado pueden ocurrir todos los cambios de actividad en los equipos de acarreo y carguío. Asimismo, si fuera necesario un cambio de operador del equipo de carguío, obligatoriamente tendrán que realizarse en un estado diferente al operativo. En conclusión, el estado operativo es el tiempo que el equipo se encuentra funcionando con regularidad.

B. Demora (Delay)

Demora es el estado que nos muestra si existe una dilación o retraso operativo en el frente de trabajo que puede ser ocasionado por diversas razones; es decir los equipos se encuentran con el motor encendido y correcto funcionamiento, pero sin realizar una actividad, puesto que se trata de una demora habitual de la operación, ya sea por el mismo equipo o por equipos que dependen entre sí.

C. En espera (Standby)

En espera indica un equipo sin operatividad, pero listo para recibir órdenes de trabajo. Este estado es algo similar al tiempo de demora, ya que la demora es de carácter operativo; sin embargo, la diferencia radica en que el equipo en standby se encuentra con el motor apagado y en óptimas condiciones, debido a una demora no relacionada directamente al ciclo regular de la operación que es el carguío en el frente de trabajo.

D. Mantenimiento (Maint)

Este estado nos muestra que el equipo se encuentra en mantenimiento, ya sea programado por requerimiento de fábrica o no programado por fallas propias de la operación en el lugar de trabajo, es decir que el equipo se encuentra en manos de los técnicos de mantenimiento o en el área de mantenimiento.

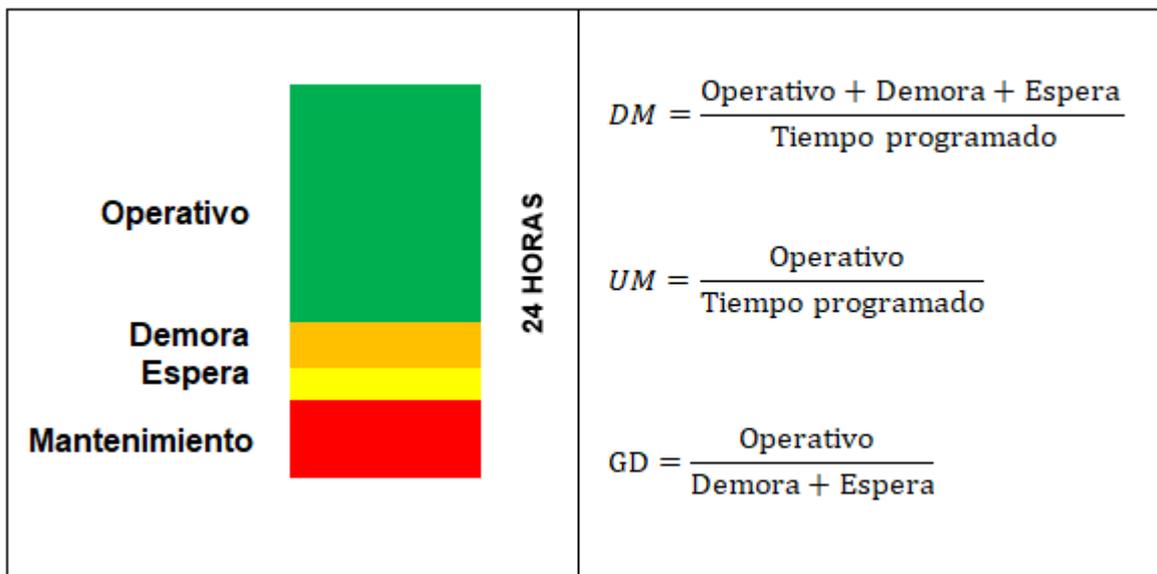
E. Fuera de plan (Out of plan)

Este estado nos muestra que un equipo sale de los cuatro estándares antes mencionados y por lo general no se encuentra considerado en el plan de operaciones. Por consiguiente, no se considera al equipo para la optimización y realización del trabajo operativo debido a diversas causas; por ejemplo, un cargador nuevo por ensamblar y armar, o uno que está desarmado y que no podrá ser considerado dentro del plan operativo.

2.2.6. Parámetros y fórmulas de productividad

Tomando como referencia al Sistema Control Sense (2017), los tres indicadores de rendimiento a evaluar, disponibilidad mecánica (DM), utilización de máquina (UM) y la gestión de la demora (GD); el Cuadra 02 queda definido de la siguiente manera:

Cuadro 02. Fórmulas de productividad.



Fuente: Mine Sense, 2017.

- **Disponibilidad**

Representa un porcentaje del tiempo total programado en que el equipo está disponible para la operación. Sus unidades vienen representadas en tanto por ciento (%).

- **Uso de la disponibilidad**

Porcentaje que representa el tiempo relacionado directamente con la operación de carguío desde el momento en el cual los equipos no están en mantenimiento. Este porcentaje indica cómo se gestiona el tiempo de espera.

- **Uso**

Porcentaje que indica cómo se gestiona el tiempo de demora en la operación.

- **Utilización**

Porcentaje que indica el tiempo que el equipo está operativo con respecto al tiempo total disponible para el equipo.

- **Productividad de acarreo (tn/h)**

Se define como la cantidad de material o tonelaje que transporta una unidad de acarreo dividido entre el ciclo de acarreo para un viaje.

- **Productividad operativa de carguío (tn/h)**

Es la relación entre las toneladas nominales y el tiempo total productivo que realiza el cargador frontal, que incluye el tiempo de carguío, tiempo de acomodo y tiempo de espera de unidades de acarreo.

$$PO = \frac{\text{toneladas cargadas}}{t_{\text{cargando}} + t_{\text{acomodo}} + t_{\text{espera}}}$$

- **Productividad efectiva de carguío (tn/h)**

Es la relación entre las toneladas nominales cargadas y el tiempo efectivo de carga efectuado por el cargador frontal, incluyendo el tiempo de acomodo de la unidad de acarreo. Esto representa lo que se produciría en una hora si el tiempo de espera fuera cero.

$$PE = \frac{\text{toneladas cargadas}}{t_{\text{cargando}} + t_{\text{acomodo}}}$$

- **Tasa de excavación (tn/h)**

Es la relación entre las toneladas nominales cargadas y el tiempo de carguío efectuado por el cargador frontal, también se le denomina tasa de excavación o digrate.

$$TE = \frac{\text{toneladas cargadas}}{\text{tiempo cargando}}$$

- **Espera del equipo de carguío (Hang)**

Es un parámetro que indica el tiempo de espera en los equipos de carguío por la llegada de un equipo de acarreo y se contabiliza desde que el camión sale del carguío y no hay otros equipos de acarreo esperando en el frente de carguío.

$$TE = \frac{\text{Esperando}}{N^{\circ} \text{ de cargas}}$$

2.2.7. Método de carguío

Carga a un solo lado

Se refiere a la manera en que una unidad de carguío carga a las unidades de acarreo, cuando tiene a un solo equipo entonces carga a un solo lado y cuando tiene a dos equipos tanto a la derecha e izquierda entonces carga a doble lado, siempre y cuando la máquina tenga un ángulo de giro de 360°. Para nuestro caso,

el cargador frontal carga a un solo lado y en explotación de materiales de excavación generalmente se realiza la carga por un solo lado ya que no requiere de una gran flota de acarreo por lo que el cargador frontal abastece a cada volquete de manera adecuada.

En ocasiones como al haber una gran pila de material fragmentado el espacio de carguío es reducido, en tal situación solo se permitirá que tanto el equipo de carguío como el de acarreo puedan ejecutar sus maniobras en ese espacio y la carga a un solo lado. Considerando que hubiese una gran cantidad de material a mover, ahí se precisará de una flota de volquetes y también se necesitará más espacio para la unidad de carguío, así abastecerá a más unidades de acarreo y por ende se puede utilizar el carguío a doble lado.

El carguío a un solo lado genera un trabajo de mayor rendimiento, ya que cuando un volquete es cargado primero tiene que salir para permitir al siguiente que está esperando pueda ingresar a la zona de carguío y acomodarse adecuadamente para ser despachado, es ahí donde el cargador frontal pierde tiempo entre salida e ingreso de volquetes; sin embargo, si hubiese la carga a doble lado, una unidad sería cargada y la otra estaría acomodándose al otro lado, por lo que el tiempo del cargador se aprovecharía al máximo.

Uno de los inconvenientes de este método de carguío a un solo lado, es limpiar el derrame de material en la zona de carguío para que los volquetes tengan un mejor posicionamiento que vienen después al punto de carguío. La ventaja de este método radica en que es más fácil para los equipos de carguío y acarreo acomodarse a espacios reducidos en cualquier banco o plataforma de carguío, permitiendo también al operador tener mayor visibilidad del frente de trabajo para el carguío de las unidades de acarreo.

2.2.8. Indicadores de gestión del mantenimiento

En una operación a tajo abierto, considerando una cantera, no se tiene el tiempo necesario de analizar todos los indicadores de rendimiento que se llevan a cabo en todas las etapas o niveles de operación, por lo que es necesario escoger indicadores de mayor importancia que permitan analizar si se están consiguiendo los resultados esperados.

Además, es necesario analizar pocos indicadores y que estos muestren claramente el resultado esperado. Los indicadores de rendimiento más usados en las empresas a nivel internacional para el control de la gestión del mantenimiento de equipos pesados son los siguientes (Zegarra, 2016):

- Costos de operación de equipos.
- TMEP - Tiempo medio entre paradas.
- TMPR - Tiempo medio para reparar.
- DM - Disponibilidad mecánica.
- UM - Utilización de máquina.
- TMEF - Tiempo medio entre fallas.
- TMEPF - Tiempo medio entre paradas por fallas.
- C - Confiabilidad.
- RM - Razón de mantenimiento.
- PS - Precisión de servicio.
- PRP - Porcentaje de reparaciones programadas.
- Tendencias

TMEP: Tiempo medio entre paradas

Es un indicador que calcula el tiempo promedio que trabaja una máquina antes de parar por algún motivo mecánico. Proporciona información sobre la adecuada gestión del mantenimiento al equipo, ya que una correcta gestión del planeamiento proporcionará un adecuado TMEP.

El TMEP para un tiempo determinado se calcula dividiendo el número de horas trabajadas en dicho tiempo entre el número de paradas por motivos mecánicos que tuvo la máquina con el mismo periodo de tiempo en el frente de trabajo de la operación.

$$\text{TMEP} = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Número de paradas}}$$

Las horas trabajadas son las horas del horómetro registrada en la máquina (SMU) y el número de paradas solo considera las fallas que se produzcan en la máquina y que no permita operar con normalidad, queda fuera de análisis las paradas

operativas. Un alto TMEP es indicativo de que la máquina tiene una baja frecuencia de fallas y que está con mayor tiempo produciendo que en el taller de mantenimiento. Las buenas prácticas en operaciones mineras, recomiendan que este indicador oscile entre 60 y 80 horas por parada en promedio. Los valores meta de este indicador dependerán del tipo de máquina y de la aplicación que se encuentra sometida.

TMPR: Tiempo medio para reparar

Indica el tiempo promedio que demoran las reparaciones o intervenciones a la máquina por motivos mecánicos. Es el tiempo que la máquina se encuentra bajo el estado de reparación y por ende inoperativa para el trabajo diario. Proporciona datos valiosos sobre la correcta gestión del planeamiento y del taller.

El TMPR para un determinado tiempo se calcula dividiendo las horas totales que se encuentra en reparación entre el número de paradas que tuvo la máquina por motivos mecánicos en un tiempo determinado; de igual manera no se consideran las paradas operativas.

$$\text{TMPR} = \frac{\text{Horas en reparaciones}}{\text{Número de paradas}}$$

Dado que cuando se interviene la máquina el horómetro se paraliza, entonces las horas consideradas son las horas solares de reloj. Valores altos de TMPR indica que se invierten muchas horas en reparar la máquina debido a alguna deficiencia en la gestión. Valores bajos de TMPR indica que no se realizan las reparaciones de mantenimiento como debieran hacerse. Valores recomendables de mantenimiento para el indicador TMPR se encuentran entre las 3 y 6 horas.

TMEF: Tiempo medio entre fallas

Es el tiempo promedio que la máquina trabaja sin presentar alguna falla en el frente de trabajo de la operación minera; matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$\text{TMEF} = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Nº de fallas presentadas}}$$

El indicador TMEF debe evaluarse en conjunto con diferentes áreas de la cantera, ya que las fallas presentadas pueden ser causadas por mala operación, malas reparaciones realizadas, repuestos defectuosos y fallas del producto original, por lo tanto, es necesario realizar un análisis minucioso para detectar la causa raíz de la falla.

TMEPF: Tiempo medio entre paradas por fallas

Este indicador mide el tiempo que la máquina está operativa sin presentar fallas, se usa mayormente el concepto del tiempo medio entre paradas por fallas, que el tiempo medio entre fallas. Los cálculos para el tiempo medio que la máquina trabaja entre paradas por fallas se realiza de la siguiente manera:

$$\text{TMEPF} = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{N}^\circ \text{ de paradas por fallas}}$$

Un alto valor de TMEPF indica que se está gestionando adecuadamente las paradas por fallas y, por el contrario, un bajo valor indicará que las fallas no son detectadas a tiempo, por ende, la máquina debe parar de manera imprevista.

2.2.9. Productividad y optimización

La productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema y los recursos que han sido necesarios utilizar para generarlo. La productividad minera tiene muchos valores que se denominan productos y estos productos generados son las toneladas extraídas de material, toneladas de mineral, toneladas de concentrado o toneladas de onzas finas. Sin embargo, cada operación minera define la métrica adecuada para su productividad.

La optimización busca la mejor manera de realizar una actividad con el uso correcto y adecuado de los recursos con los cuales se tenga, satisfaciendo los objetivos propuestos y planteados en el tiempo programado. Se menciona de optimización cuando se han efectuado modificaciones en el procedimiento usual de las actividades, por lo cual se han obtenido resultados que están por encima del promedio. Optimizar el tiempo de carguío es aprovechar la mayor cantidad horaria en producción sin demoras o interrupciones (Schwarz, 2012).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Acarreo: Consiste en el accionamiento, mecanismos y disposiciones necesarias para desplazar el material desde la zona de carguío hacia la zona de chancado, stock de mineral o botaderos (Ortiz, 2014).

Altura de banco: Es la distancia vertical entre dos niveles, lo que es igual desde el pie del banco hasta la parte más alta o cabeza del mismo (Feliciano, 2018).

Ancho del frente de minado: Es la longitud que tiene un frente de carguío, en el cual se posiciona el cargador frontal para cargar los volquetes en orden de llegada, ya sea a un solo lado o a doble lado (Gold Fields, 2017).

Bolonería: Material fragmentado cuyo diámetro es mayor a 6" en el caso de mineral, 7" en desmonte y 10" en material de cantera (Atapoma, 2019).

Carguío: Carga de material fragmentado del frente de trabajo, efectuado por un cargador frontal, una excavadora o palas hidráulicas; la operación de carguío involucra el desarrollo de una serie de funciones para asegurar que el proceso se lleve a cabo con normalidad y eficiencia (Codelco, 2017).

Estéril o desmonte: Material no económico o no aprovechable para su distribución a venta en una operación minera.

Hang: Es el tiempo de espera del equipo de carguío hasta la llegada de una unidad de acarreo al frente de minado, se contabiliza desde el instante que es despachada una unidad hasta la llegada de otra unidad al frente de carguío (Mine Sense, 2017).

KPI: Son los indicadores clave de desempeño en maquinaria minera, miden todo el proceso en función del desempeño, localizando falencias y corrigiéndolas, detectando buenos resultados y optimizándolos (Camiper, 2021).

Minería No Metálica: Comprende las actividades de extracción de recursos minerales no metálicos que, luego de un adecuado tratamiento se transforman en productos aplicables a la industria en general, gracias a sus propiedades físicas y químicas (Cochilco, 2022).

Operador: Persona que labora en minería, obras de construcción u otro rubro y es responsable de manejar equipos de maquinaria pesada como volquetes y cargadores frontales. Así mismo, realiza labores simples de mantenimiento y revisión de la maquinaria (Atapoma, 2019).

Producción: Volumen o peso total de material que se cuantifica en una operación específica como el carguío en una cantera.

Productividad: Es la producción real por unidad de tiempo, mide la cantidad de material que se mueve en una operación minera, tomando en consideración la eficiencia del personal y maquinaria.

Queue: Es el tiempo de espera de una unidad de acarreo por falta de cargador, sucede mientras el cargador está llenando otra unidad, se contabiliza desde que llega al frente de minado hasta el instante que la unidad de carguío empieza a cargarlo (Mine Sense, 2017).

Rendimiento: Es la capacidad operativa de un equipo pesado al efectuar los procesos para el cual ha sido fabricado, aquí están involucrados la velocidad y el tiempo del proceso (Chuctaya y Larota, 2020).

Tiempo de carguío: Es la actividad que el equipo de carguío realiza cargando con material de excavación al equipo de acarreo en el frente de minado de la operación (Mine Sense, 2017).

Vías o caminos de acarreo: Son medios por los cuales se extrae el material explotable, estéril u otra carga; además permite efectuar el movimiento de equipos pesados y livianos, así como servicios entre diferentes puntos de la misma operación minera (Bustillo y López, 1997).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Geográfica

La cantera está referenciada en la Carta Nacional Hoja 15f de la Zona N° 17 Sur, delimitada por las coordenadas del sistema UTM, Datum WGS-84 y está contenida dentro de los siguientes vértices:

V1. 773500, 9210700

V2. 773500, 9210400

V3. 773200, 9210400

V4. 773200, 9210700

A una altitud sobre el nivel de mar de 2751 m, en el distrito de Cajamarca.

3.1.2. Política

Políticamente, la Cantera Platero Chuco se ubica en el distrito, provincia y región de Cajamarca, al NO de la ciudad de Cajamarca.

3.1.3. Accesibilidad

Para acceder al área de investigación se toma como punto de partida la Plaza de Armas de Cajamarca, la distancia es de 3 km aproximadamente, tomando un tiempo aproximado de 10 minutos en automóvil.

Tabla 03. Vías de acceso a la zona de estudio.

Ruta	Distancia	Tipo de vía	Tiempo
Cajamarca - Cantera Platero Chuco	3 km	Asfalto	10 minutos

El acceso hasta la Cantera Platero Chuco se da por la carretera asfaltada que conduce desde Cajamarca hacia Bambamarca, ruta nacional 3N vía longitudinal de la Sierra. Ver Figura 02.

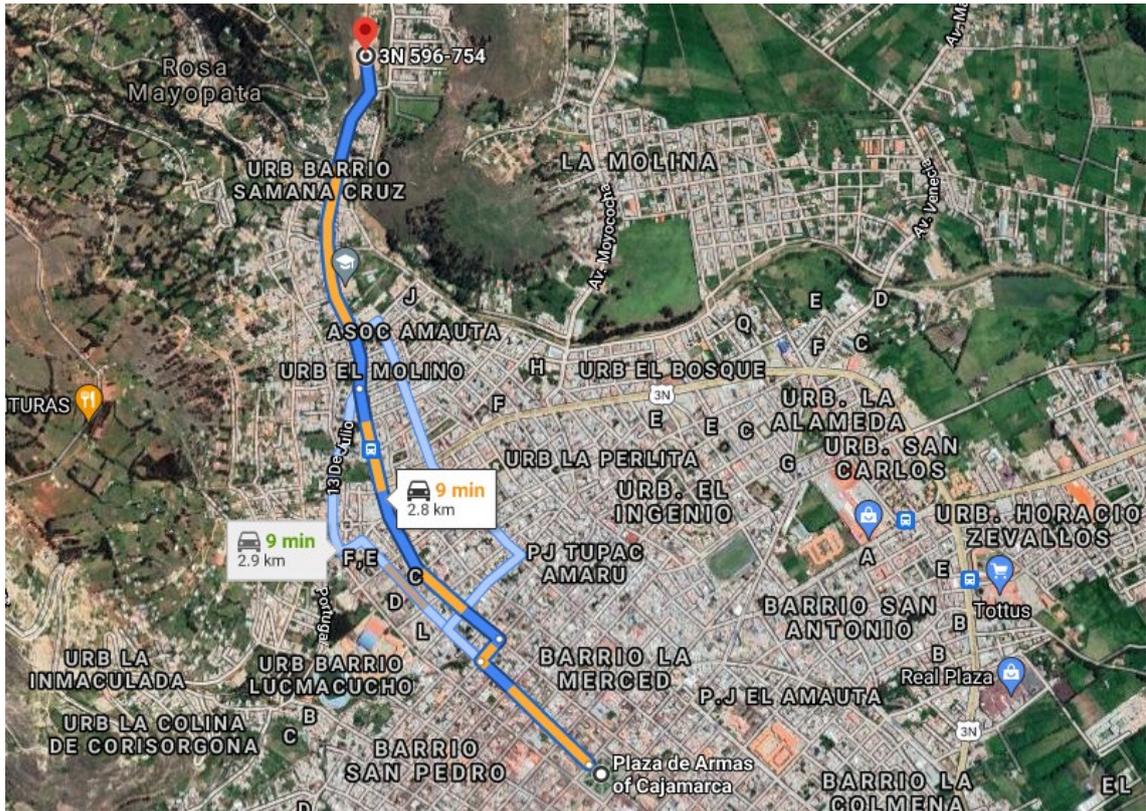


Figura 02. Accesibilidad a la Cantera Platero Chuco desde Cajamarca.
Fuente: Google Earth, 2021.

3.1.4. Clima y vegetación

El clima presente en la zona de investigación es templado. Durante el año las temperaturas promedio mínimas y máximas no cambian mucho y mantienen una diferencia de 10 °C entre las temperaturas diurnas y nocturnas. De acuerdo con la Estación Meteorológica Augusto Weberbauer (ubicada en la Universidad Nacional de Cajamarca) registra una temperatura máxima de 24 °C y una mínima de 7 °C, estos registros se mantienen en el transcurso de todo el año. Los periodos secos van desde el mes de mayo al mes de octubre y los lluviosos de noviembre a abril (SENAMHI, 2021).

En los alrededores a las instalaciones de la Cantera Platero Chuco la vegetación está conformada por árboles y arbustos que en general son eucaliptos y capulíes; además estos tipos de árboles crecen cercanos a los ríos y quebradas, los arbustos están en las laderas de montaña con pendiente alta del terreno.

3.1.5. Sismicidad

El Perú es un país con alta actividad sísmica en el mundo, por lo que este peligro trae consigo la pérdida de vidas humanas y materiales. Se produce por la interacción de las placas tectónicas Sudamericana y de Nazca, además de ello existen algunos reajustes que se producen en la corteza terrestre como consecuencia de la propia interacción y morfología.

El territorio peruano se encuentra dividido en cuatro zonas sísmicas y es la que se puede observar en la Figura 03, ahí muestra las características generales de los movimientos sísmicos basada en la distribución espacial.



Figura 03. Zonas sísmicas en el territorio nacional.

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

En Cajamarca existe una gran probabilidad de ocurrencia de sismos debido a sus formaciones geológicas, naturaleza de los suelos y presencia volcánica. Los efectos se agudizan un poco más por las características propias de los suelos, cabe mencionar que algunos autores lo consideran como zona de silencio sísmico (González, 2017).

Tomando como base la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, la Cantera Platero Chuco cercano a la ciudad de Cajamarca se encuentran dentro de la zona de sismicidad 3, exceptuando al distrito de La Encañada que está en la zona de sismicidad 2, la Tabla 04 muestra lo dicho anteriormente.

Tabla 04. Zonas de sismicidad en los distritos de la provincia de Cajamarca.

Departamento	Provincia	Distrito	Zona Sísmica
Cajamarca	Cajamarca	La Encañada	2
		Asunción	3
		Cajamarca	
		Chetilla	
		Cospán	
		Jesús	
		Llacanora	
		Los Baños del Inca	
		Magdalena	
		Matara	
		Namora	
		San Juan	

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

El Mapa de Peligros de la propia ciudad de Cajamarca elaborado por el Instituto Nacional de Defensa Civil, ha identificado cuatro (04) zonas sísmicas en función al análisis de las variables de aceleración, amplificación de ondas, factor de sitio y tiempo de recurrencia. Estas 4 zonas son: nivel severo, nivel moderado, nivel menor y nivel leve. La cantera se encuentra en el nivel menor con bajas aceleraciones sísmicas y capacidad portante media (INDECI, 2005).

3.2. GEOLOGÍA LOCAL

3.2.1. Formación Farrat (Ki-fa)

La Formación Farrat suprayace con aparente concordancia a la Formación Carhuaz y subyace, con la misma relación, a la Formación Inca, esta formación representa el nivel superior de la parte clástica del Cretácico Inferior. Consta de areniscas blancas de grano medio a grueso, en algunos lugares se observa estratificación sesgada y marcas de oleaje. El área de la Formación Farrat tiene aproximadamente un grosor de 500 m.



Foto 02. Afloramiento de arenisca blanquesina de Ki-fa.

3.2.2. Formación Carhuaz (Ki-ca)

La Formación Carhuaz yace con suave discordancia sobre la Formación Santa e infrayace concordantemente a la Formación Farrat, consta de una alternancia de areniscas con limolitas grises, las primeras con matices rojizos, violetas y verdosos. Hacia la parte superior contiene bancos de cuarcitas blancas que se intercalan con limolitas y areniscas. El área de la Formación Carhuaz tiene aproximadamente un grosor de 500 m.

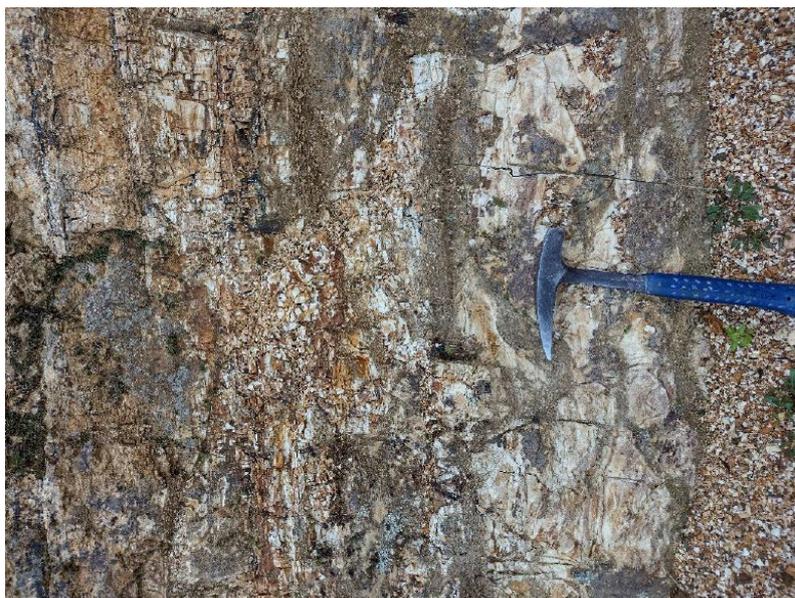


Foto 03. Afloramiento de areniscas de Ki-ca.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es No Experimental ya que no se han realizado pruebas en laboratorio o manipulado deliberadamente las variables independientes; sin embargo, se emplea un enfoque Cuantitativo ya que se ha tomado como base el planteamiento del problema y la recolección de datos. Según su tipo es Aplicada porque se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo de estudio.

3.3.1. Tipo de investigación

El presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada o tecnológica de carácter cuantitativo, porque el problema está establecido y es reconocido, así mismo se utilizaron conceptos de Minería No Metálica y su incidencia que tienen los equipos de carguío sobre el proceso de minado en la cantera.

3.3.2. Nivel de investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne las características de ser descriptiva porque consiste en la caracterización de un hecho con el fin de establecer su estructura o comportamiento y explicativa porque se encarga de buscar la razón de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa – efecto.

3.3.3. Diseño de investigación

Es una investigación de diseño de campo ya que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados y de la realidad donde ocurren los hechos sin manipular o controlar variable alguna. De ahí que es de carácter no experimental y transversal en el tiempo.

3.3.4. Método de investigación

El método usado en la investigación es el científico utilizando un análisis hipotético-deductivo, ya que se han observado fenómenos y medido tiempos en el proceso de carguío, con lo que se ha llegado a determinadas conclusiones.

3.3.5. Población de estudio

Canteras de explotación de materiales de excavación en el distrito de Cajamarca.

3.3.6. Muestra

Cantera Platero Chuco, frente de minado de la zona de carguío y acarreo de material fragmentado en la plataforma de explotación.

3.3.7. Unidad de análisis

Tiempos en el ciclo de carguío, disponibilidad mecánica, utilización mecánica y el tonelaje producido por el equipo de carguío, Cargador Frontal ZL50G.

3.4. PROCEDIMIENTO

3.4.1. Etapa preliminar

En esta etapa inicial de investigación lo primero que se hizo fue buscar información relacionada con el carguío de materiales de excavación en fuentes como: libros, tesis, papers, vídeos. Estas fuentes consultadas se hicieron de manera física, así como también de manera digital. La información investigada fue precisa y concisa en los siguientes temas: proceso de carguío en minería, tiempos de carguío, indicadores de rendimiento en maquinaria pesada como la disponibilidad mecánica, utilización mecánica, optimización de tiempos y procesos productivos propiamente dichos en minería no metálica.

Con toda la revisión bibliográfica se empezó a unir los puntos estratégicos para la presente investigación. Se verificó los principales indicadores de medición en los equipos de carguío para poder evaluar la optimización requerida mediante las hojas técnicas proveídas por la misma empresa. El proceso de carguío en minería no metálica no cuenta con investigaciones profundas y fue ahí que propició una investigación exhaustiva. De los informes, trabajos e investigaciones relacionados al título de esta investigación se elaboró las bases fundamentales que sustentan esta tesis. Así mismo en esta parte preliminar del procedimiento se procedió a elaborar los cuadros de registro para la toma de datos de tiempo del equipo de carguío y también se elaboró los dos primeros capítulos de esta investigación.

3.4.2. Etapa de campo

Esta segunda etapa involucró primeramente el reconocimiento del terreno, que en adelante lo llamaremos o pasará a denominarse zona de estudio. Una vez ahí presente se observó el proceso de carguío de material excavado mediante la técnica de observación directa. En todo el proyecto de investigación se han tomado datos relacionados al proceso de carguío, esta toma de datos se hizo mediante un cronómetro digital y todos los tiempos fueron recolectados en las hojas o formularios elaborados anteriormente en la etapa preliminar.

En esta etapa se acudido a la zona de estudio o frente de carguío en la Cantera Platero Chuco con el fin de tomar los tiempos que efectúa el cargador frontal cargando una unidad de volquete, se ha registrado los tiempos de operatividad, demora y en espera. Todos los tiempos registrados fueron contrastados con los indicadores propuestos en las bases teóricas y hojas técnicas de maquinaria para un mejor esbozo de avance, demoras y retrasos en el carguío de materiales de excavación. También se verificó la calidad, condiciones y procedimientos correctos para la obtención de resultados precisos en el frente de trabajo.

3.4.3. Etapa de gabinete

En esta etapa final se ha tomado como base los datos recopilados en la etapa de campo, se procedió al análisis y contrastación de la performance del equipo cargador. Así mismo se elaboró los gráficos de los tiempos de carguío, mapas de ubicación y geología relacionada a la zona de estudio. En este análisis se usó métodos estadísticos y el uso de histogramas para evaluar la información recopilada en campo, de tal modo que se estableció escenarios de bajo y alto rendimiento del cargador frontal, también se determinó los resultados para elaborar el informe final de la presente investigación.

3.5. DEFINICIÓN DE VARIABLES

En la investigación se identifica variables independientes y variables dependientes, de acuerdo a causa-efecto las variables independientes: disponibilidad mecánica, utilización de máquina y gestión de la demora en equipos pesados; las variables dependientes: índice de rendimiento y productividad operativa.

Tabla 05. Definición de variables.

Variables Independientes	Variables Dependientes
Disponibilidad mecánica	Índice de rendimiento Productividad operativa
Utilización de máquina	
Gestión de la demora	

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Técnicas

Análisis documental

La documentación informativa ha sido necesaria para establecer una comparación entre lo establecido mediante normas y lo que se observó en campo. Las fuentes consultadas han sido libros, tesis, informes y estudios relacionados a las operaciones de carguío que se realizan en minería no metálica.

Observación directa

Ha sido el proceso por el cual se ha observado la secuencia completa o ciclo del carguío de materiales de excavación en el frente de trabajo de la cantera Platero Chuco, y permitió tomar o cronometrar la medida de los tiempos que emplea el equipo de carguío en levantar la carga de material desde el suelo hasta el equipo de acarreo.

3.6.2. Instrumentos y equipos

La toma de datos se realizó con los siguientes instrumentos y equipos, los cuales ayudaron en gran manera a obtener los resultados esperados:

- 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 cantera Platero Chuco.

- Libreta y lapiceros para realizar anotaciones de los tiempos de carguío en las fichas de recolección de datos.
- Equipo de protección personal se usó de manera obligatoria para ingresar al área de operaciones, específicamente a la zona de carguío de materiales de excavación.
- Cronómetro para tomar 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, la cual permitió el desarrollo y culminación de la tesis.

3.7. PROCESO DE CARGUÍO

El proceso de carguío se realiza en las mismas instalaciones de la cantera Platero Chuco y sigue los siguientes procedimientos:

3.7.1. Excavación

El proceso de excavación se realiza con una Excavadora de martillo hidráulico XE370C (ver Foto 04) y todo el material se acumula para que pase por el siguiente proceso de zarandeo.



Foto 04. Proceso de excavación con martillo hidráulico.

3.7.2. Zarandeo

Todo el material excavado pasa por la zaranda con un diámetro menor o igual a 4 pulgadas (ver Foto 05), este proceso de zarandeo lo realiza el cargador frontal, así mismo aquí se produce la zona de carguío 01 de material por zaranda. El material fragmentado mayor a 4 pulgadas es transportado a la zona de chancado. La Foto 06, muestra el espacio para el carguío delimitado con un contorno de línea amarilla.



Foto 05. Zona de zarandeo de material excavado.



Foto 06. Zona de carguío 01 – Cantera Platero Chuco.

3.7.3. Chancado

El material con diámetro mayor a 4 pulgadas que no pasa la zaranda es enviado a la chancadora para reducción de diámetro según requerimientos (1/2", 3/4", 1" y 2"). Es aquí donde se genera la zona de carguío 02 de material de excavación, en la Foto 07 se muestra el carguío de material chancado efectuado por el cargador frontal a una unidad de volquete.



Foto 07. Zona de carguío 02 – Cantera Platero Chuco.

El carguío de material se realiza a través del Cargador Frontal ZL50G con una capacidad de cucharón de 3.0 m³ y el acarreo se realiza mediante un volquete con capacidad de 15 m³.

3.7.4. Tiempos en el ciclo de carguío

La presente investigación partió de la observación directa en campo, registrando los tiempos que emplea el cargador frontal en llenar la tolva de los volquetes que llegan a la zona de carguío. El ciclo se contabiliza desde el momento que el cucharón es levantado del piso con carga hasta llenar la tolva del volquete.

Cada cucharón cargado y descargado en la tolva del volquete es un pase registrado, el total de pases acumulados en llenar la capacidad de cada volquete es el ciclo que empleó el cargador frontal en despachar una unidad de acarreo. En el Anexo 01 se registró cada tiempo empleado por el cargador frontal en el ciclo de carguío durante los meses de junio, julio y agosto. Así mismo con esa data se procedió a evaluar y analizar los índices de rendimiento operativo.

3.8. INDICADORES DE CARGUÍO

Son los que permitieron la referencia a los datos de productividad horaria, así como al rendimiento de los equipos de carguío y su operatividad al momento de realizar su actividad programada en el frente de carguío de la cantera.

3.8.1. Disponibilidad mecánica

Para la presente investigación se necesitó del tiempo que el equipo de carguío estuvo en estado operativo, en estado de demora y en estado de espera durante una jornada laboral, ya que la operación de carguío en la Cantera Platero Chuco solo se realiza en un solo turno y es de día. En el Anexo 01 se ha registrado la data de tiempos en el ciclo de carguío para el cargador frontal (CF01), la jornada completa es de 9 horas diarias, y también se menciona que dentro de los tiempos marcados incluye el tiempo que el operador tiene para refrigerio, verificar alguna falla o comunicar las averías que pueda sufrir el equipo.

3.8.2. Productividad horaria

La productividad horaria es el tonelaje despachado del frente de trabajo en un tiempo determinado, para el presente estudio se ha registrado el material producido por día, la cantidad de ciclos que realiza el cargador en una hora de trabajo y el tiempo que estuvo operando (ready) en la zona de carguío sin interrupciones.

En la Tabla 06 se muestra la productividad horaria para el mes de junio, considerando la fecha de carguío, capacidad del cucharón, ciclos por hora y el estado operando. La capacidad de cucharón del cargador frontal es de 3.0 m³, el material excavado tiene un factor de llenado al 75% (ver Tabla 02), el número de pases por ciclo es siete. La productividad calculada es el resultado de multiplicar la capacidad de cucharón, número de pases por ciclo, factor de llenado y ciclos por hora operando, con un promedio mensual de 65,2 m³/h, juntamente también se ha calculado el tiempo operativo (ready) que ha empleado el cargador frontal en un día de trabajo sin interrupciones, fallas, averías o mantenimiento correctivo, con un promedio mensual de 3.0 h/día.

Tabla 06. Productividad horaria en el mes de junio.

Fecha	Cargador Frontal	Capacidad de cucharón (m ³)	Ciclos/hora	Operando (h/día)	Productividad (m ³ /h)
14-jun.-21	CF01	3	5,2	4,1	81,9
15-jun.-21	CF01	3	6,5	4,9	102,4
16-jun.-21	CF01	3	5,6	4,1	88,2
17-jun.-21	CF01	3	4,8	3,2	75,6
18-jun.-21	CF01	3	5,8	3,6	91,4
28-jun.-21	CF01	3	1,6	1,2	25,2
29-jun.-21	CF01	3	1,8	1,3	28,4
30-jun.-21	CF01	3	1,8	1,3	28,4
Promedio			4,1	3,0	65,2

Tabla 07. Productividad horaria en el mes de julio.

Fecha	Cargador Frontal	Capacidad de cucharón (m ³)	Ciclos/hora	Operando (h/día)	Productividad (m ³ /h)
1-jul.-21	CF01	3	4	1,3	63,0
2-jul.-21	CF01	3	4,1	1,3	64,6
3-jul.-21	CF01	3	4,3	1,3	67,7
5-jul.-21	CF01	3	4,2	1,4	66,2
6-jul.-21	CF01	3	4,4	1,2	69,3
7-jul.-21	CF01	3	4,3	1,5	67,7
8-jul.-21	CF01	3	4,2	1,2	66,2
9-jul.-21	CF01	3	4,7	1,3	74,0
10-jul.-21	CF01	3	4,6	1,2	72,5
20-jul.-21	CF01	3	4,8	1,3	75,6
21-jul.-21	CF01	3	4,3	1,3	67,7
22-jul.-21	CF01	3	4,8	1,6	75,6
23-jul.-21	CF01	3	4,7	1,8	74,0
24-jul.-21	CF01	3	4,5	1,1	70,9
26-jul.-21	CF01	3	5,1	1,3	80,3
Promedio			4,5	1,3	70,4

En la Tabla 07 se muestra la productividad horaria para el mes de julio, considerando la fecha de carguío, capacidad del cucharón, ciclos por hora y el estado operando. La capacidad de cucharón del cargador frontal es de 3.0 m³, el material excavado tiene un factor de llenado al 75% (ver Tabla 02), el número de pases por ciclo es siete. La productividad calculada es el resultado de multiplicar la

capacidad de cucharón, número de pases por ciclo, factor de llenado y ciclos por hora operando, con un promedio mensual de 70,4 m³/h, juntamente también se ha calculado el tiempo operativo (ready) que ha empleado el cargador frontal en un día de trabajo sin interrupciones, fallas, averías o mantenimiento correctivo, con un promedio mensual de 1.3 h/día.

La Tabla 08 muestra la productividad horaria para el mes de agosto, considerando la fecha de carguío, capacidad del cucharón, ciclos por hora y el estado operando. La capacidad de cucharón del cargador frontal es de 3.0 m³, el material excavado tiene un factor de llenado al 75% (ver Tabla 02), el número de pases por ciclo es siete. La productividad calculada es el resultado de multiplicar la capacidad de cucharón, número de pases por ciclo, factor de llenado y ciclos por hora operando, con un promedio mensual de 84,2 m³/h, juntamente también se ha calculado el tiempo operativo (ready) que ha empleado el cargador frontal en un día de trabajo sin interrupciones, fallas, averías o mantenimiento correctivo, con un promedio mensual de 3.9 h/día.

Tabla 08. Productividad horaria en el mes de agosto.

Fecha	Cargador Frontal	Capacidad de cucharón (m ³)	Ciclos/hora	Operando (h/día)	Productividad (m ³ /h)
2-ago.-21	CF01	3	6,2	4,1	97,7
3-ago.-21	CF01	3	6,4	4,1	100,8
4-ago.-21	CF01	3	5,8	4,0	91,4
5-ago.-21	CF01	3	4,1	3,1	64,6
6-ago.-21	CF01	3	5,3	3,8	83,5
9-ago.-21	CF01	3	6,1	4,2	96,1
10-ago.-21	CF01	3	5,4	4,0	85,1
11-ago.-21	CF01	3	5,3	4,2	83,5
12-ago.-21	CF01	3	5,0	4,4	78,8
13-ago.-21	CF01	3	4,8	3,6	75,6
16-ago.-21	CF01	3	4,9	3,2	77,2
17-ago.-21	CF01	3	4,8	3,7	75,6
18-ago.-21	CF01	3	4,5	3,5	70,9
19-ago.-21	CF01	3	5,2	3,6	81,9
20-ago.-21	CF01	3	6,4	4,3	100,8
Promedio			5,3	3,9	84,2

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1. Tiempos en el ciclo de carguío

Los tiempos registrados en los ciclos de carguío durante los meses de junio, julio y agosto para esta investigación son referencia para la optimización del carguío, ya que tiene que ver con la solución técnica de los problemas presentados en las máquinas, implementación de las buenas prácticas para la solución de problemas mecánicos o atención de reparaciones.

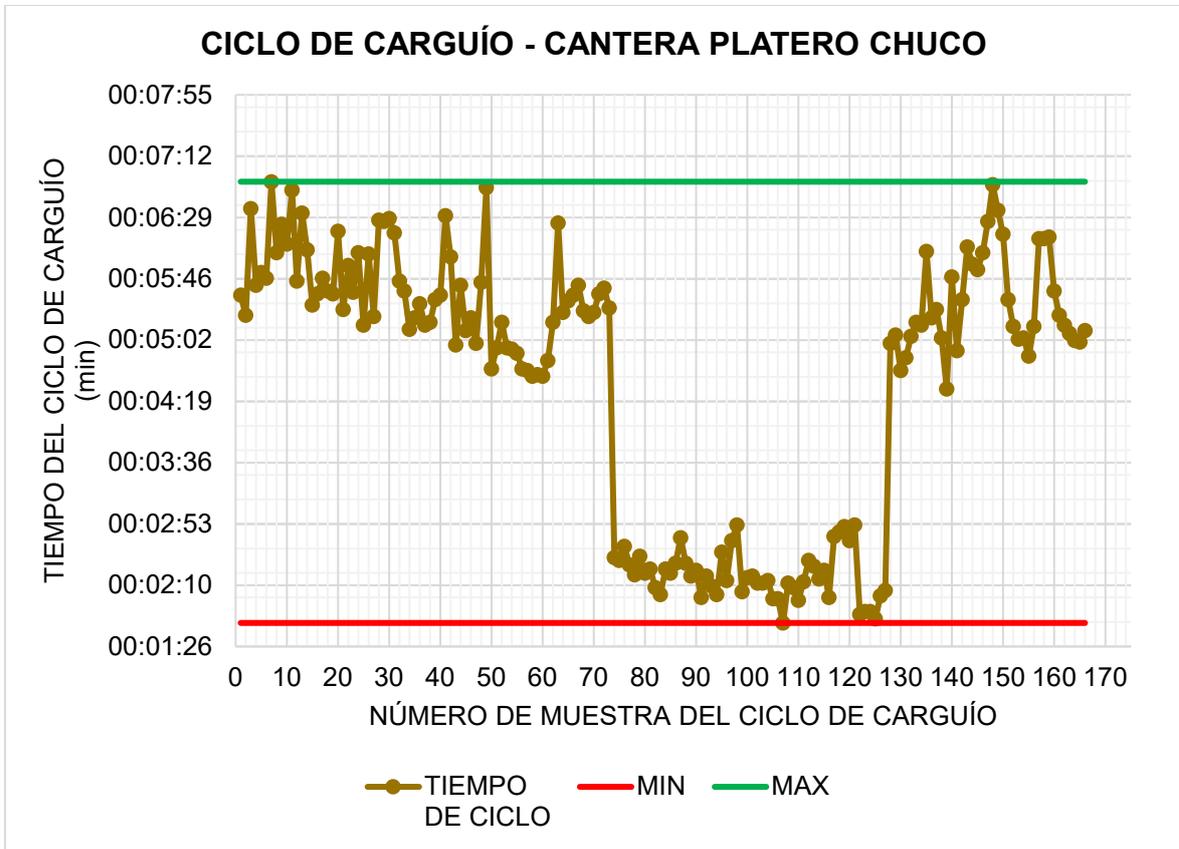
Los tiempos empleados en el carguío varían de acuerdo a los diseños estratégicos que emplee el área de planeamiento de la cantera. Para el carguío realizado en la presente investigación se analizó los índices de desempeño, tomando como referencia cada registro de mes en las zonas de carguío.

En la investigación se analizó 166 muestras, de la muestra 1 a la 73 pertenecen al mes de junio, de la muestra 74 a la 127 pertenecen al mes de julio y de la muestra 128 a la 166 son del mes de agosto. En cada muestra el tiempo del ciclo de carguío no es constante, sino que tiene variaciones y esto se debe a los siguientes factores:

- Reducido espacio del área de carguío, esto hace que tanto la unidad de carguío emplee más tiempo en cargar, así como la unidad de acarreo se estacione mal y dificulte su llenado.
- Obstáculos en el espacio de carguío, lo que se observó en la Cantera Platero Chuco es la presencia de mallas de zarandeo de materiales entre la unidad de carguío y la unidad de acarreo, lo que causó que el cargador frontal tenga que dar vuelta al obstáculo para llenar al volquete y esto amplió la demora en el ciclo.
- Escasez de unidades de carguío, se observó que solo hay una unidad designada a acarreo, lo que generó es que el cargador frontal al llenar y despachar esta unidad ya no tenga unidades que cargar, en consecuencia, la demora o espera hace que los tiempos se incrementen y perjudique a los indicadores de desempeño del equipo de carguío.

El Gráfico 01 muestra la tendencia en el tiempo del ciclo de carguío durante tres meses, en las primeras setenta muestras se puede observar que los tiempos de carguío son demasiado altos, las siguientes muestras hasta la ciento treinta hay un bajón en ciclo de carguío por lo que los tiempos en cada ciclo son más cortos y es lo que deberían ser todos los valores de las muestras, ya que el cargador está trabajando eficientemente, las últimas muestras nuevamente son altos los tiempos en el ciclo de carguío; el tiempo máximo de ciclo de carguío es de 6 minutos 54 segundos y el tiempo mínimo es de 1 minuto 43 segundos.

Gráfico 01. Tiempo en el ciclo de para los meses de junio, julio y agosto.



Fuente: Elaboración propia.

4.2. INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO

4.2.1. Disponibilidad mecánica (DM)

Cuantifica un porcentaje del tiempo total que está disponible la máquina para la operación, por sí solo no es un buen referente para medir una gestión de desempeño. Es conveniente analizar la disponibilidad mecánica con otros indicadores de rendimiento para obtener un resultado óptimo en el ciclo de carguío. El valor recomendable de este indicador es sobre el 90%.

Según los datos registrados en los meses de junio, julio y agosto se logró obtener la operatividad del equipo de carguío CF01; los parámetros tomados en cuenta son: Ready (tiempo del equipo disponible y operando en la zona de carguío), Delay (tiempo durante el cual el equipo se encuentra paralizado, ya sea en estado operativo o malogrado) y Standby (tiempo en el cual la máquina está apagada y sin conductor). El tiempo total programado de trabajo es de 9 horas diarias. La disponibilidad mecánica se calcula mediante la siguiente fórmula:

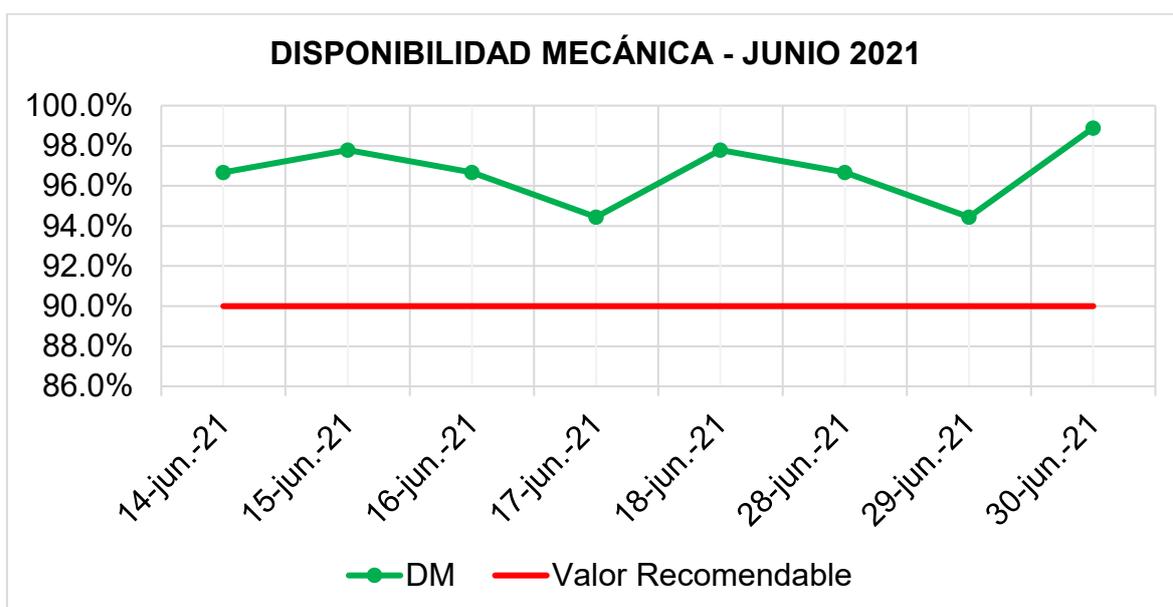
$$DM (\%) = \frac{\text{Operativo} + \text{Demora} + \text{Espera}}{\text{Tiempo Total}}$$

En la Tabla 09 se presenta el cálculo de la disponibilidad mecánica (DM) para el equipo de carguío en el mes de junio y en el Gráfico 02 se ha realizado una comparación con el valor recomendable que debe ser dicha disponibilidad mecánica por sobre el 90%; en ambos casos dichos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos; sin embargo, este indicador evaluado por sí solo no es suficiente en la optimización, por lo que se ha comparado con otros índices de desempeño.

Tabla 09. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío mes de junio.

Fecha	Cargador Frontal	Operativo (h)	Demora (h)	Espera (h)	DM
14-jun.-21	CF01	4,1	3,9	0,7	96,7%
15-jun.-21	CF01	4,9	3,1	0,8	97,8%
16-jun.-21	CF01	4,1	3,9	0,7	96,7%
17-jun.-21	CF01	3,2	4,8	0,5	94,4%
18-jun.-21	CF01	3,6	4,4	0,8	97,8%
28-jun.-21	CF01	1,2	6,8	0,7	96,7%
29-jun.-21	CF01	1,3	6,7	0,5	94,4%
30-jun.-21	CF01	1,3	6,7	0,9	98,9%

Gráfico 02. Tendencia de la disponibilidad mecánica mes de junio.



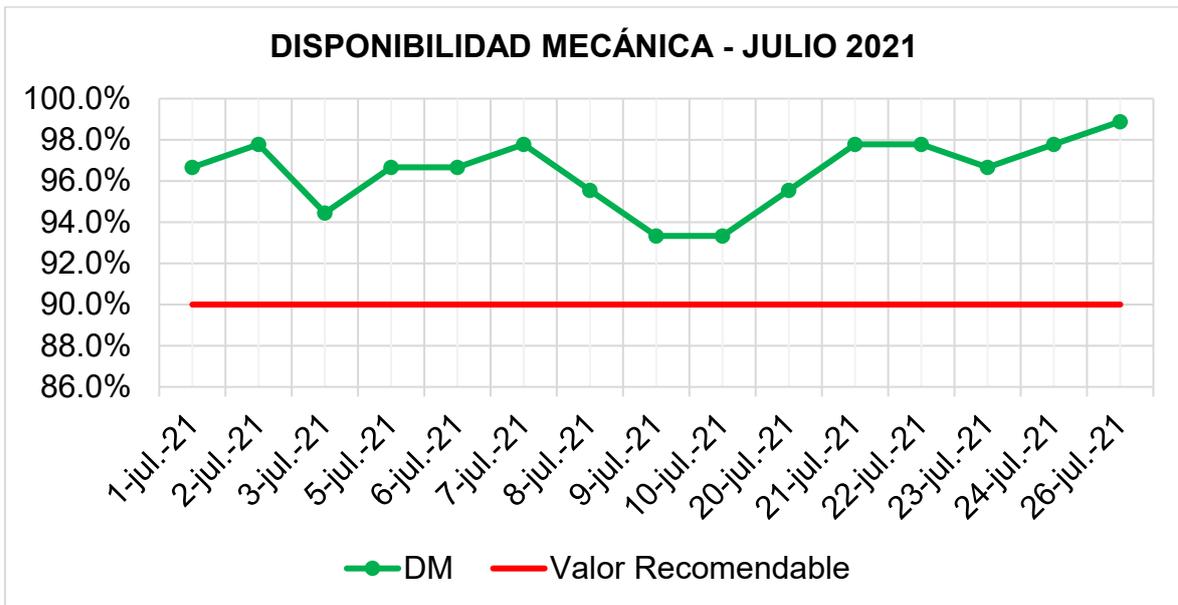
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 10 se presenta el cálculo de la disponibilidad mecánica (DM) para el equipo de carguío en el mes de julio y en el Gráfico 03 se ha realizado una comparación con el valor recomendable que debe ser dicha disponibilidad mecánica por sobre el 90%; en ambos casos dichos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Tabla 10. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío mes de julio.

Fecha	Cargador Frontal	Operativo (h)	Demora (h)	Espera (h)	DM
1-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,7	96,7%
2-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,8	97,8%
3-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,5	94,4%
5-jul.-21	CF01	1,4	6,6	0,7	96,7%
6-jul.-21	CF01	1,2	6,8	0,7	96,7%
7-jul.-21	CF01	1,5	6,5	0,8	97,8%
8-jul.-21	CF01	1,2	6,8	0,6	95,6%
9-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,4	93,3%
10-jul.-21	CF01	1,2	6,8	0,4	93,3%
20-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,6	95,6%
21-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,8	97,8%
22-jul.-21	CF01	1,6	6,4	0,8	97,8%
23-jul.-21	CF01	1,8	6,2	0,7	96,7%
24-jul.-21	CF01	1,1	6,9	0,8	97,8%
26-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,9	98,9%

Gráfico 03. Tendencia de la disponibilidad mecánica mes de julio.



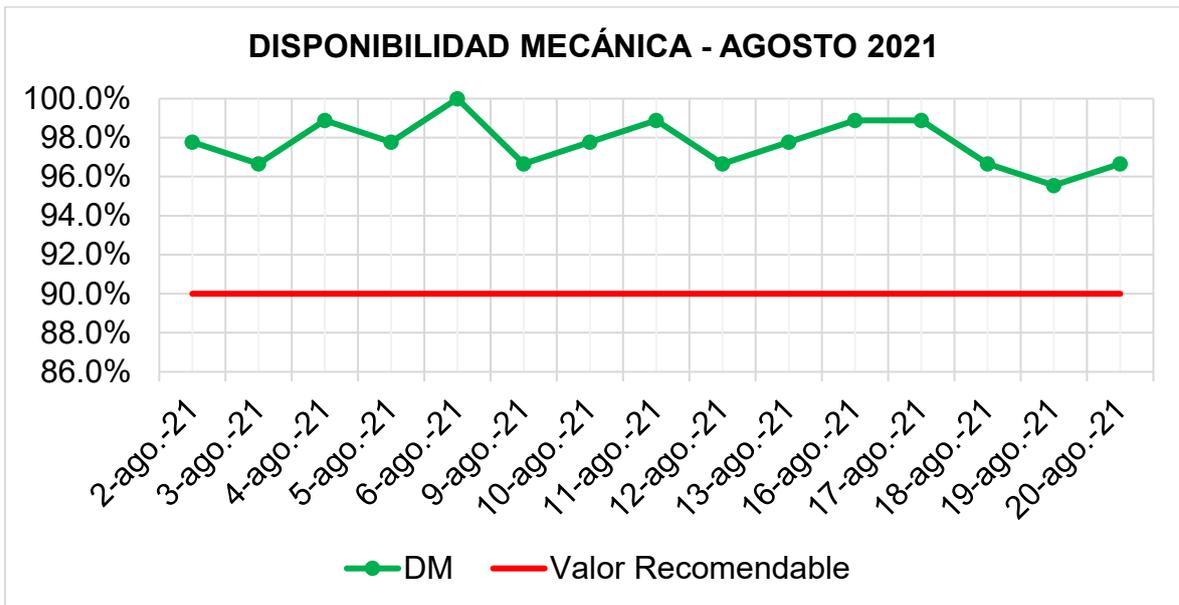
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 11 se presenta el cálculo de la disponibilidad mecánica (DM) para el equipo de carguío en el mes de agosto y en el Gráfico 04 se ha realizado una comparación con el valor recomendable que debe ser dicha disponibilidad mecánica por sobre el 90%; en ambos casos dichos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Tabla 11. Disponibilidad mecánica del equipo de carguío mes de agosto.

Fecha	Cargador Frontal	Operativo (h)	Demora (h)	Espera (h)	DM
2-ago.-21	CF01	4,1	3,9	0,8	97,8%
3-ago.-21	CF01	4,1	3,9	0,7	96,7%
4-ago.-21	CF01	4	4	0,9	98,9%
5-ago.-21	CF01	3,1	4,9	0,8	97,8%
6-ago.-21	CF01	3,8	4,2	1	100,0%
9-ago.-21	CF01	4,2	3,8	0,7	96,7%
10-ago.-21	CF01	4	4	0,8	97,8%
11-ago.-21	CF01	4,2	3,8	0,9	98,9%
12-ago.-21	CF01	4,4	3,6	0,7	96,7%
13-ago.-21	CF01	3,6	4,4	0,8	97,8%
16-ago.-21	CF01	3,2	4,8	0,9	98,9%
17-ago.-21	CF01	3,7	4,3	0,9	98,9%
18-ago.-21	CF01	3,5	4,5	0,7	96,7%
19-ago.-21	CF01	3,6	4,4	0,6	95,6%
20-ago.-21	CF01	4,3	3,7	0,7	96,7%

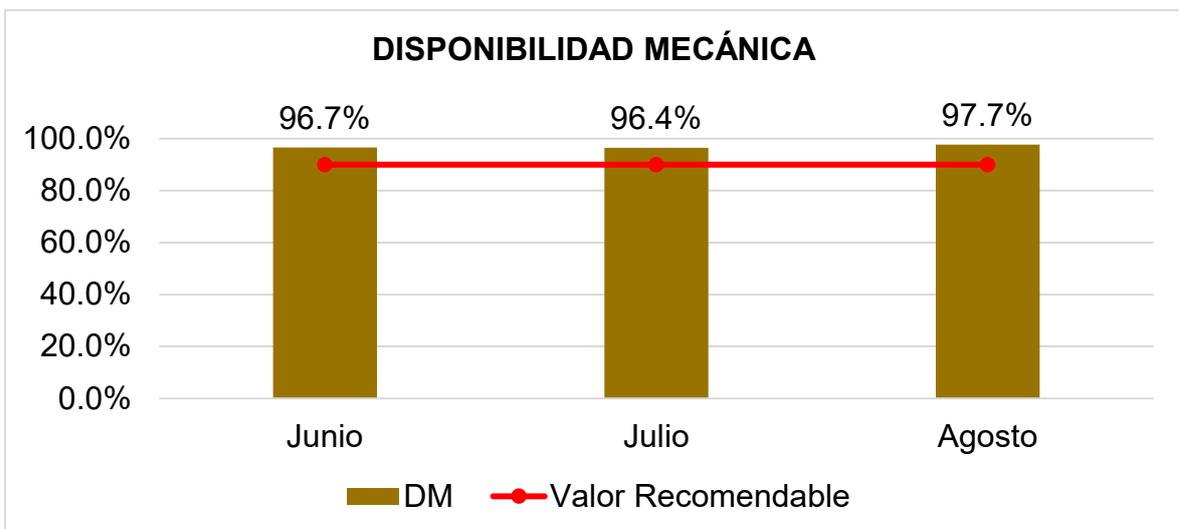
Gráfico 04. Tendencia de la disponibilidad mecánica mes de agosto.



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 05 se analizó la disponibilidad mecánica en conjunto de los meses de junio, julio y agosto; los resultados obtenidos están sobre el valor recomendado del 90%, sin embargo, por sí solo se llegaría a conclusiones erróneas, por lo que es necesario evaluar otros índices, los cuales están en los siguientes puntos de esta investigación.

Gráfico 05. Disponibilidad mecánica en los meses de junio, julio y agosto.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Utilización de máquina (UM)

Este indicador mide el porcentaje de utilización de la máquina o equipo de carguío con respecto al tiempo programado o de disponibilidad para el trabajo. Proporciona información sobre el buen uso del tiempo de los activos de la empresa. Un alto valor de este indicador muestra que la máquina está siendo utilizada todo el tiempo disponible en labores de producción. Un valor bajo de la utilización de máquina indica que existe un mal planeamiento del uso de los equipos en obra.

La utilización de máquina se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$UM (\%) = \frac{\text{Operativo}}{\text{Tiempo Programado}}$$

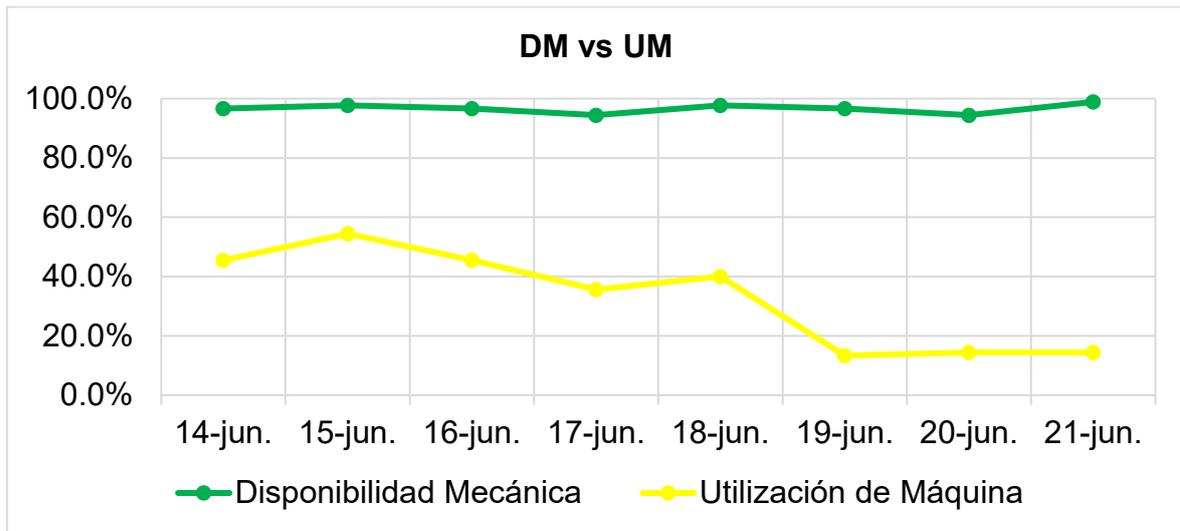
La Tabla 12 muestra los resultados obtenidos en el mes de junio de la utilización de máquina aplicado al cargador frontal y el Gráfico 06 muestra la tendencia que hay entre la disponibilidad mecánica y la utilización de máquina, si bien la DM es alta no pasa lo mismo con la UM, todos los valores a excepción de una muestra tienen valores por debajo del 50%, por lo que no es un buen indicador de desempeño del equipo de carguío y ahí radica el primer inconveniente a optimizar. Los valores recomendables deben estar por encima del 70%, con lo cual se establecería que el equipo está efectuando un trabajo óptimo y en buenas condiciones.

Las causas observadas en la zona de carguío por la cual estos valores son bajos se deben a la falta de unidades de acarreo que genera demora, déficit de capacitación al operador del equipo de carguío y espacios amplios de encuadre tanto del cargador como del volquete lo que genera mayor tiempo en el ciclo de carguío.

Tabla 12. Utilización de máquina mes de junio.

Fecha	Cargador Frontal	Operativo (h)	Demora (h)	Espera (h)	UM
14-jun.-21	CF01	4,1	3,9	0,7	45,6%
15-jun.-21	CF01	4,9	3,1	0,8	54,4%
16-jun.-21	CF01	4,1	3,9	0,7	45,6%
17-jun.-21	CF01	3,2	4,8	0,5	35,6%
18-jun.-21	CF01	3,6	4,4	0,8	40,0%
28-jun.-21	CF01	1,2	6,8	0,7	13,3%
29-jun.-21	CF01	1,3	6,7	0,5	14,4%
30-jun.-21	CF01	1,3	6,7	0,9	14,4%

Gráfico 06. Disponibilidad mecánica vs utilización de máquina - mes de junio.



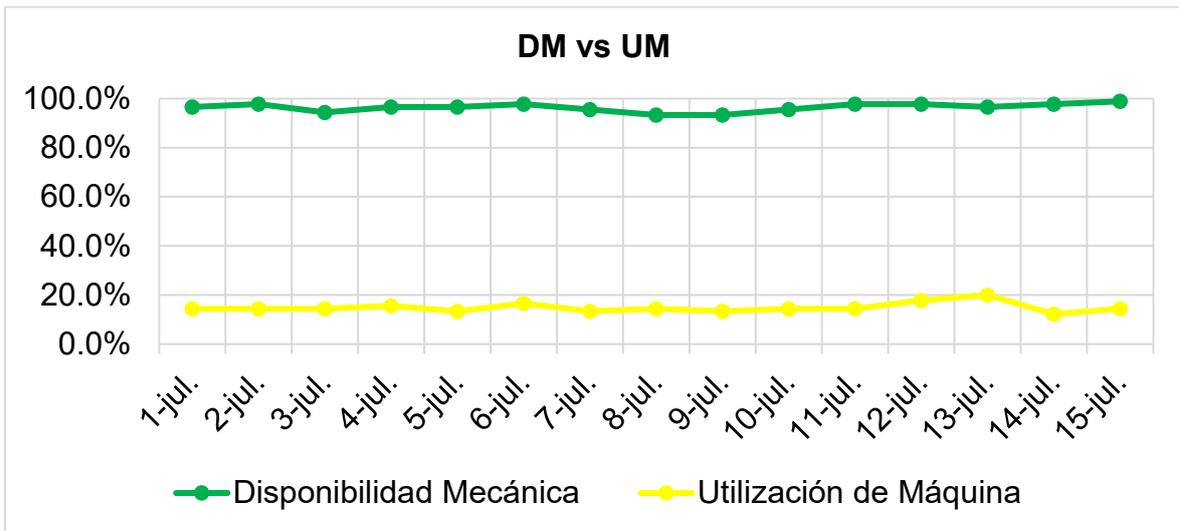
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 13 y el Gráfico 07 muestran la tendencia que hay entre la disponibilidad mecánica y la utilización de máquina, si bien la DM indica que el equipo está en operación mas no indica si está realmente trabajando, es ahí que la UM nos indica cuanto tiempo está realmente trabajando el cargador, los valores obtenidos están muy por debajo del 50% y realmente deficientes; esto se debe principalmente a la falta de unidades de acarreo.

Tabla 13. Utilización de máquina mes de julio.

Fecha	Cargador Frontal	Operativo (h)	Demora (h)	Espera (h)	UM
1-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,7	14,4%
2-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,8	14,4%
3-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,5	14,4%
5-jul.-21	CF01	1,4	6,6	0,7	15,6%
6-jul.-21	CF01	1,2	6,8	0,7	13,3%
7-jul.-21	CF01	1,5	6,5	0,8	16,7%
8-jul.-21	CF01	1,2	6,8	0,6	13,3%
9-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,4	14,4%
10-jul.-21	CF01	1,2	6,8	0,4	13,3%
20-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,6	14,4%
21-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,8	14,4%
22-jul.-21	CF01	1,6	6,4	0,8	17,8%
23-jul.-21	CF01	1,8	6,2	0,7	20,0%
24-jul.-21	CF01	1,1	6,9	0,8	12,2%
26-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,9	14,4%

Gráfico 07. Disponibilidad mecánica vs utilización de máquina - mes de julio.



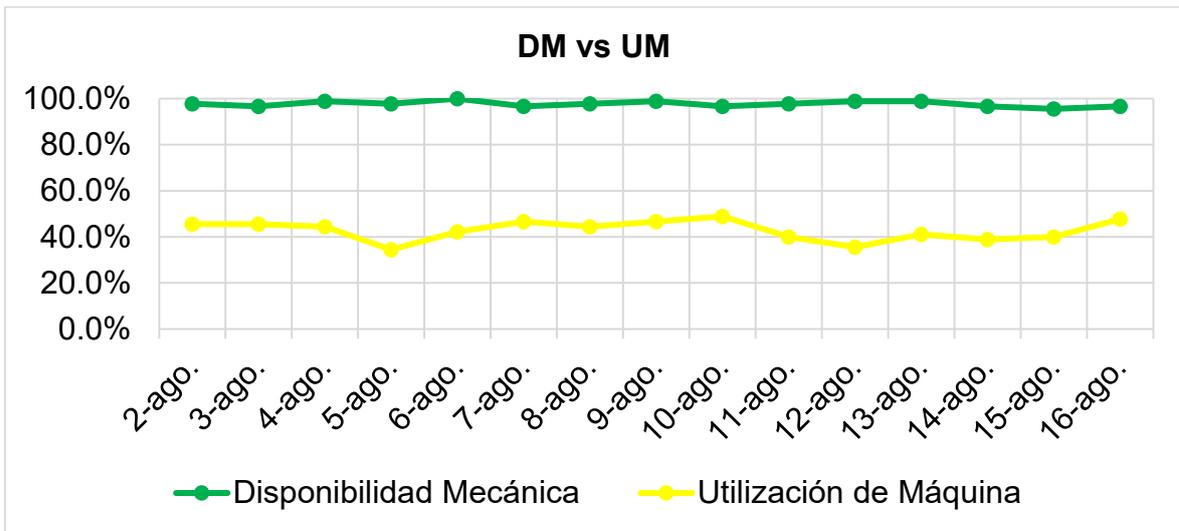
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 14 y el Gráfico 08 muestran la tendencia que hay entre la disponibilidad mecánica y la utilización de máquina, si bien la DM indica que el equipo está en operación y con valores altos, pero no indica si está realmente trabajando, es ahí que la UM nos indica que los valores obtenidos están por debajo del 50% y son deficientes; esto se debe a la falta de unidades de acarreo e inadecuado encuadre de las unidades tanto de carguío como de acarreo.

Tabla 14. Utilización de máquina mes de agosto.

Fecha	Cargador Frontal	Operativo (h)	Demora (h)	Espera (h)	UM
2-ago.-21	CF01	4,1	3,9	0,8	45,6%
3-ago.-21	CF01	4,1	3,9	0,7	45,6%
4-ago.-21	CF01	4	4	0,9	44,4%
5-ago.-21	CF01	3,1	4,9	0,8	34,4%
6-ago.-21	CF01	3,8	4,2	1	42,2%
9-ago.-21	CF01	4,2	3,8	0,7	46,7%
10-ago.-21	CF01	4	4	0,8	44,4%
11-ago.-21	CF01	4,2	3,8	0,9	46,7%
12-ago.-21	CF01	4,4	3,6	0,7	48,9%
13-ago.-21	CF01	3,6	4,4	0,8	40,0%
16-ago.-21	CF01	3,2	4,8	0,9	35,6%
17-ago.-21	CF01	3,7	4,3	0,9	41,1%
18-ago.-21	CF01	3,5	4,5	0,7	38,9%
19-ago.-21	CF01	3,6	4,4	0,6	40,0%
20-ago.-21	CF01	4,3	3,7	0,7	47,8%

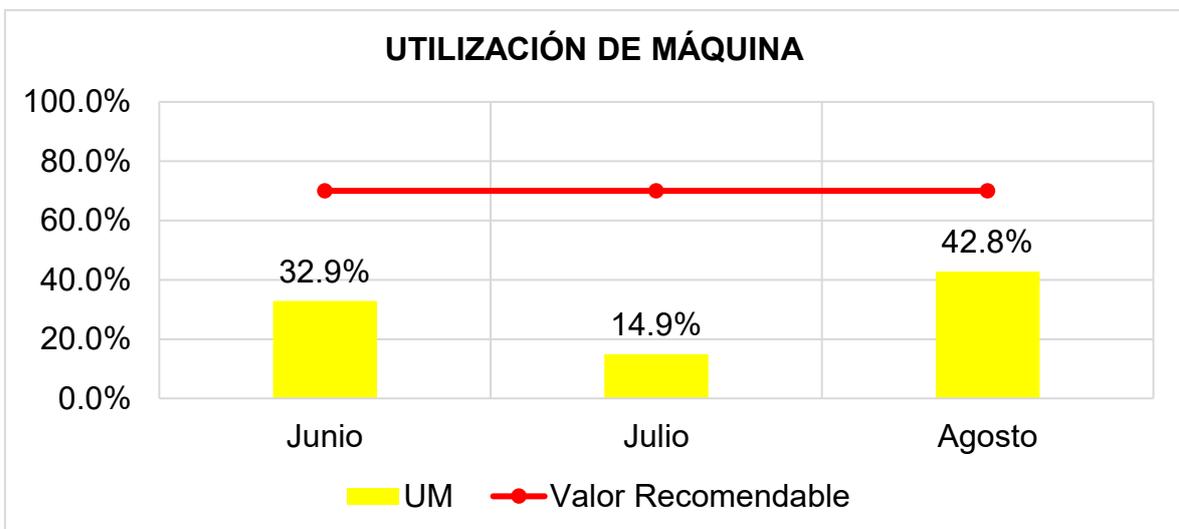
Gráfico 08. Disponibilidad mecánica vs utilización de máquina - mes de agosto.



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 09 se analizó la utilización de máquina en conjunto de los meses de junio, julio y agosto; los resultados obtenidos están por debajo del valor recomendado del 70%, esto implica que el cargador está haciendo buen uso de sus tiempos y que el problema radica en la falta de unidades de acarreo, en consecuencia, genera demasiados tiempos de demora al equipo de carguío.

Gráfico 09. Utilización de máquina en los meses de junio, julio y agosto.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Gestión de la demora (GD)

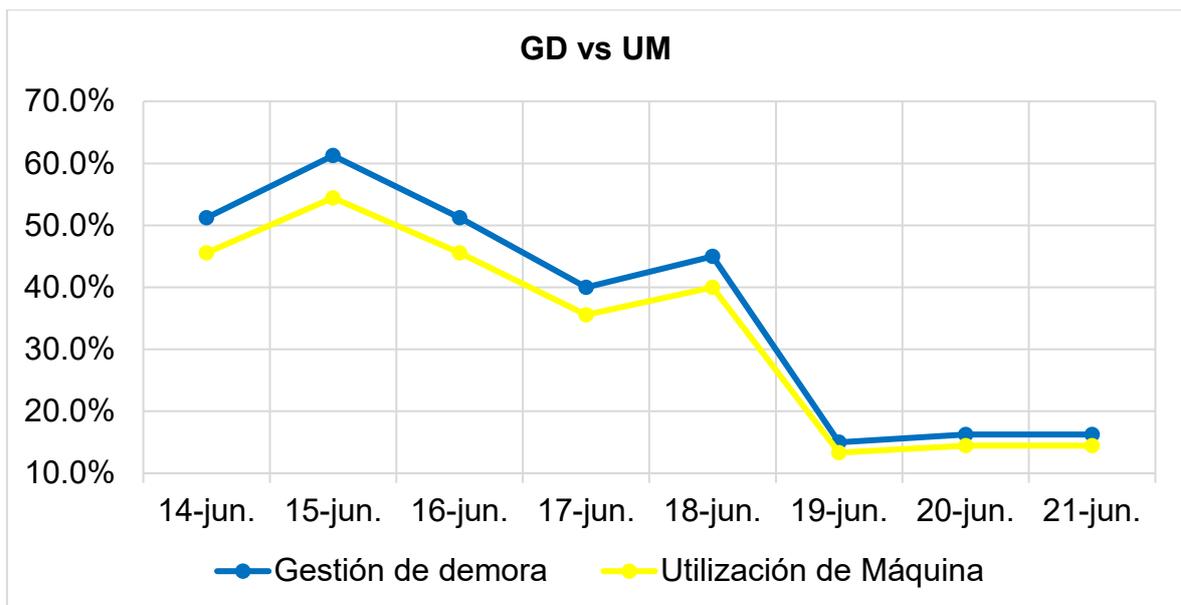
Este indicador de desempeño cuantifica que tanto se gestiona el tiempo de demora en la operación o zona de carguío. Valores altos indican que existe una buena gestión de la demora en la operación, sin embargo, valores bajos representa que existe mucha demora y pérdidas de tiempo en exceso.

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

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

En la Tabla 15 se calculó los valores para la gestión de la demora en el mes de junio, los cuales no representan una buena gestión de la demora en el carguío ya que dichos valores están por debajo del 80% que es el valor recomendable y en el Gráfico 10 se hizo una comparación entre dicha gestión y la utilización de máquina, se observa que tienen la misma tendencia en los cálculos; una buena gestión de la demora hace que la utilización del equipo de carguío se más óptimo y esté completamente operando sin muchas paradas o demoras; sucede lo contrario si hay mala gestión de la demora entonces la utilización es pésima.

Gráfico 10. Gestión de demora vs utilización de máquina - mes de junio.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Gestión de la demora mes de junio.

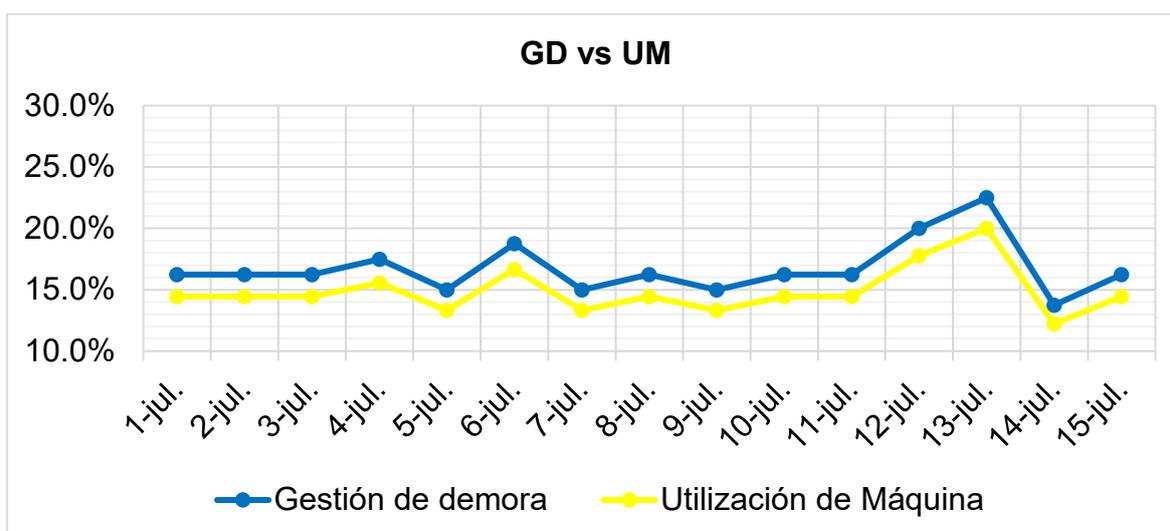
Fecha	Cargador Frontal	Operativo (h)	Demora (h)	Espera (h)	Uso
14-jun.-21	CF01	4,1	3,9	0,7	51,3%
15-jun.-21	CF01	4,9	3,1	0,8	61,3%
16-jun.-21	CF01	4,1	3,9	0,7	51,3%
17-jun.-21	CF01	3,2	4,8	0,5	40,0%
18-jun.-21	CF01	3,6	4,4	0,8	45,0%
28-jun.-21	CF01	1,2	6,8	0,7	15,0%
29-jun.-21	CF01	1,3	6,7	0,5	16,3%
30-jun.-21	CF01	1,3	6,7	0,9	16,3%

En la Tabla 16 se calculó los valores para la gestión de la demora en el mes de julio, dichos valores no representan una buena gestión de la demora en el equipo de carguío ya que dichos valores están muy por debajo del 80% que es el valor recomendable y en el Gráfico 11 se hizo una comparación entre dicha gestión y la utilización de máquina, se observa que tienen la misma tendencia en los cálculos; una buena gestión de la demora hace que la utilización del equipo de carguío se más óptimo y esté completamente operando sin muchas paradas o tiempos muertos; sucede lo contrario si hay mala gestión de la demora entonces la utilización de máquina es pésima.

Tabla 16. Gestión de la demora mes de julio.

Fecha	Cargador Frontal	Operativo (h)	Demora (h)	Espera (h)	Uso
1-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,7	16,3%
2-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,8	16,3%
3-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,5	16,3%
5-jul.-21	CF01	1,4	6,6	0,7	17,5%
6-jul.-21	CF01	1,2	6,8	0,7	15,0%
7-jul.-21	CF01	1,5	6,5	0,8	18,8%
8-jul.-21	CF01	1,2	6,8	0,6	15,0%
9-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,4	16,3%
10-jul.-21	CF01	1,2	6,8	0,4	15,0%
20-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,6	16,3%
21-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,8	16,3%
22-jul.-21	CF01	1,6	6,4	0,8	20,0%
23-jul.-21	CF01	1,8	6,2	0,7	22,5%
24-jul.-21	CF01	1,1	6,9	0,8	13,8%
26-jul.-21	CF01	1,3	6,7	0,9	16,3%

Gráfico 11. Gestión de demora vs utilización de máquina - mes de julio.



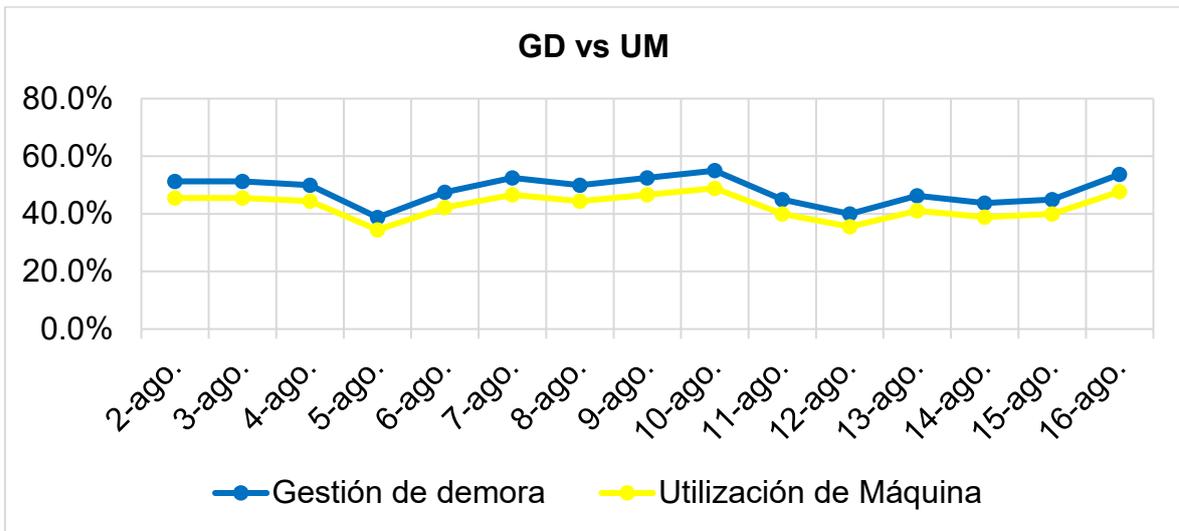
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 17 se muestra los resultados para el mes de agosto, dichos valores se han gestionado regularmente; sin embargo, están por debajo del 80% que es el valor recomendable y en el Gráfico 12 se observa que tienen la misma tendencia la gestión de la demora y la utilización de máquina; una buena gestión de demora hace que la utilización del equipo de carguío se más óptimo y esté completamente operando sin muchas paradas o tiempos muertos; sucede lo contrario si hay mala gestión de la demora entonces la utilización de máquina no es la adecuada y por ende se está afectando a la economía de la cantera.

Tabla 17. Gestión de la demora mes de agosto.

Fecha	Cargador Frontal	Operativo (h)	Demora (h)	Espera (h)	Uso
2-ago.-21	CF01	4,1	3,9	0,8	51,3%
3-ago.-21	CF01	4,1	3,9	0,7	51,3%
4-ago.-21	CF01	4	4	0,9	50,0%
5-ago.-21	CF01	3,1	4,9	0,8	38,8%
6-ago.-21	CF01	3,8	4,2	1	47,5%
9-ago.-21	CF01	4,2	3,8	0,7	52,5%
10-ago.-21	CF01	4	4	0,8	50,0%
11-ago.-21	CF01	4,2	3,8	0,9	52,5%
12-ago.-21	CF01	4,4	3,6	0,7	55,0%
13-ago.-21	CF01	3,6	4,4	0,8	45,0%
16-ago.-21	CF01	3,2	4,8	0,9	40,0%
17-ago.-21	CF01	3,7	4,3	0,9	46,3%
18-ago.-21	CF01	3,5	4,5	0,7	43,8%
19-ago.-21	CF01	3,6	4,4	0,6	45,0%
20-ago.-21	CF01	4,3	3,7	0,7	53,8%

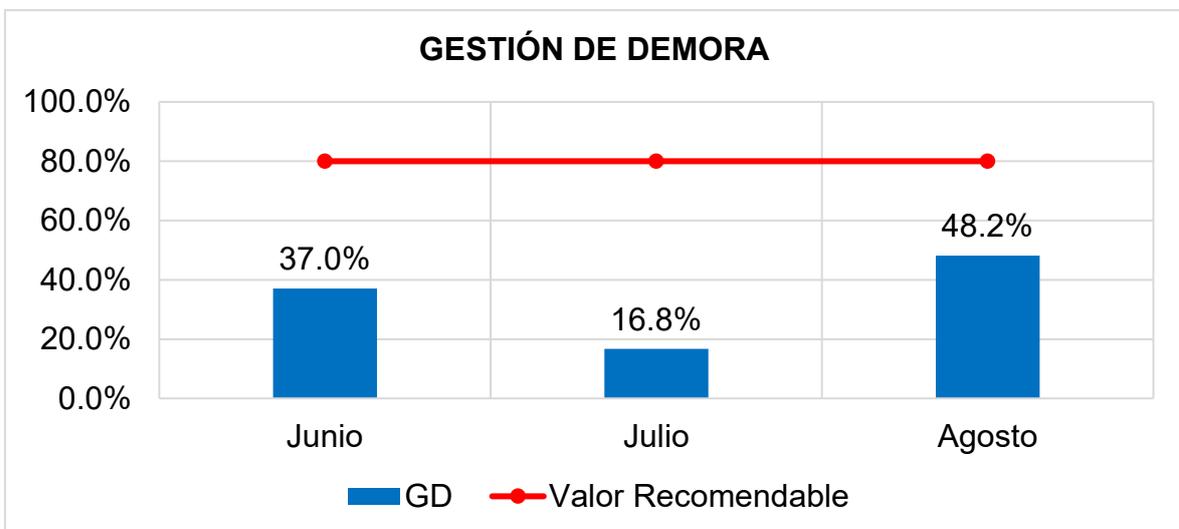
Gráfico 12. Gestión de demora vs utilización de máquina - mes de agosto.



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 13 se analizó la utilización de máquina en conjunto de los meses de junio, julio y agosto; los resultados obtenidos están por debajo del valor recomendado del 80%, esto implica que el cargador está haciendo buen uso de sus tiempos y que el problema radica en la falta de unidades de acarreo, en consecuencia, genera demasiados tiempos de demora al equipo de carguío.

Gráfico 13. Disponibilidad mecánica en los meses de junio, julio y agosto.



Fuente: Elaboración propia.

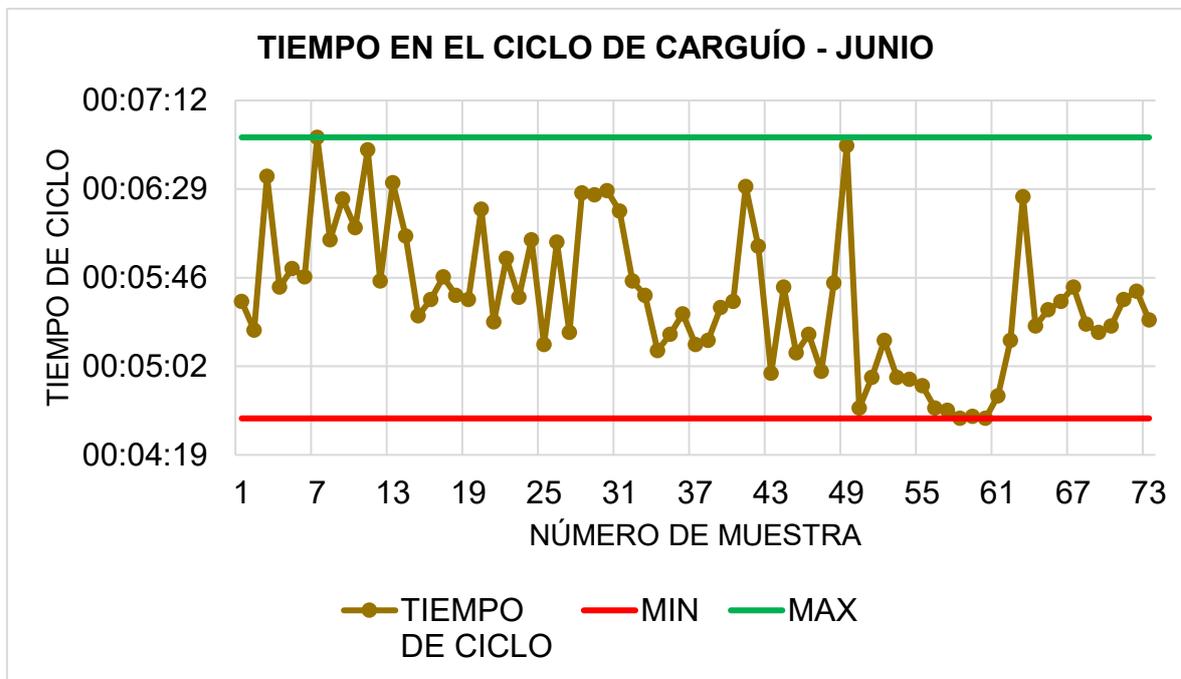
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.3.1. Ciclo de carguío

El ciclo de carguío que se realiza en la cantera Platero Chuco sigue los parámetros que se efectúan en minería no metálica; cada ciclo de carguío que realiza el cargador frontal lo hace en 7 pases; sin embargo como norma práctica se considera que el equipo de carguío realice entre 3 y 6 pases, por lo que en el presente estudio de dicha cantera se ha observado un pase adicional con lo que involucra ampliación de tiempo en el ciclo de carguío; cada ciclo de pase lo efectúa en 4 tiempos que también coinciden con los parámetros definidos en minería.

En el mes de junio el tiempo empleado en el ciclo de carguío es sumamente excesivo con un mínimo de 4 minutos 37 segundos y un máximo de 6 minutos 54 segundos, esto se debe primero a un pase adicional involucrado en el carguío, segundo a elementos involucrados entre la unidad de carguío y la unidad de acarreo con lo que genera un mayor recorrido del cargador frontal aumentando su tiempo en el ciclo de carga, el Gráfico 14 nos muestra la tendencia de tiempos a lo largo de cada día evaluado en la zona de carguío.

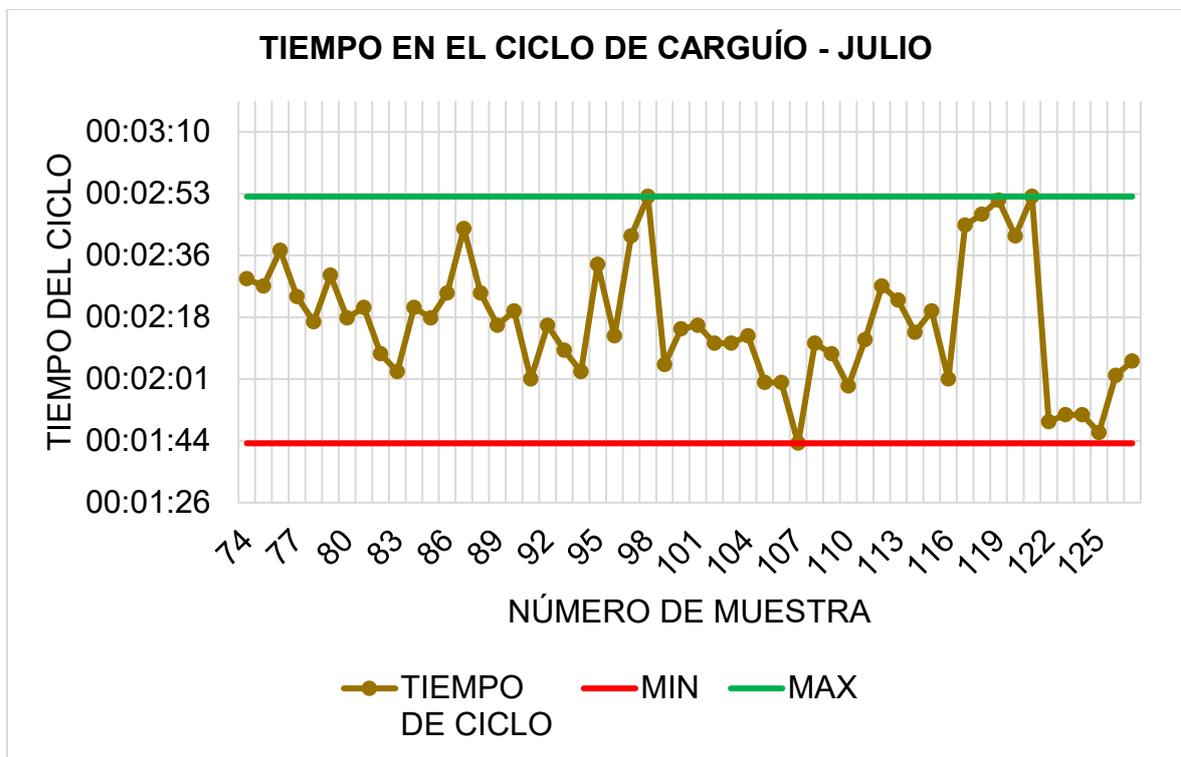
Gráfico 14. Tiempo del ciclo de carguío en las muestras observadas.



Fuente: Elaboración propia.

Para el mes de julio el tiempo empleado en el ciclo de carguío se encuentra dentro de los parámetros convencionales de la minería con un mínimo de 1 minuto 43 segundos y un máximo de 2 minutos 52 segundos, esto se debe a un buen posicionamiento que tienen tanto la unidad de carguío como la unidad de acarreo ya que facilita el tiempo de carguío en tiempos cortos, el Gráfico 15 nos muestra la tendencia de tiempos a lo largo de cada día evaluado en la zona de carguío.

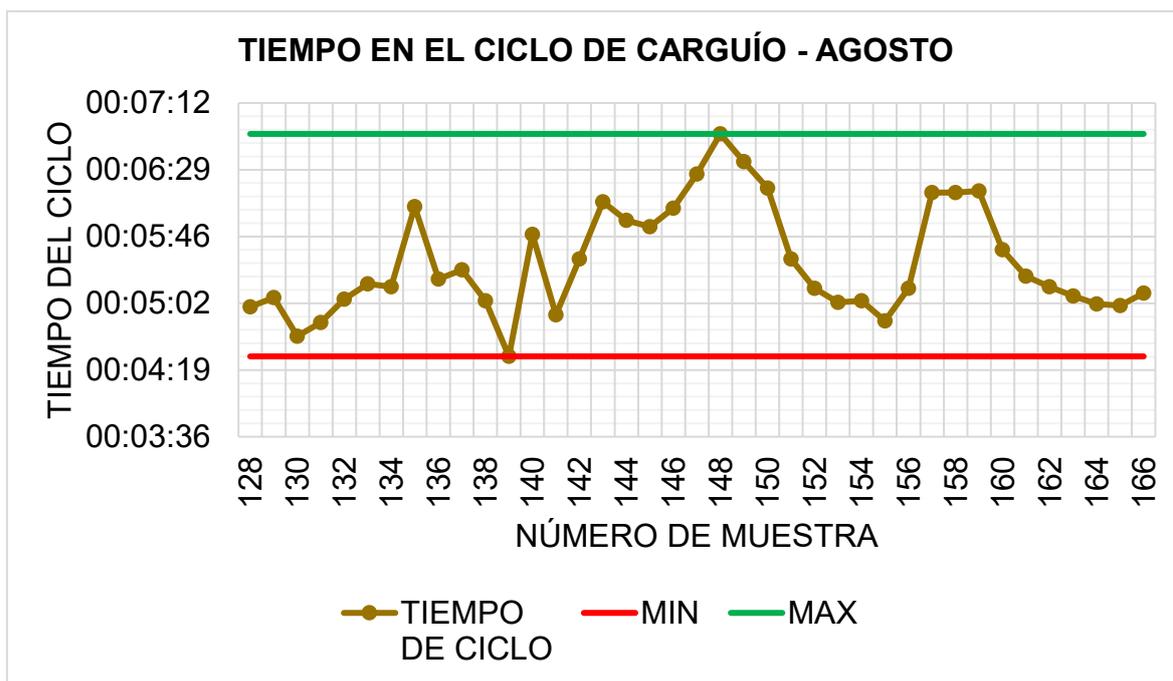
Gráfico 15. Tiempo del ciclo de carguío en las muestras observadas.



Fuente: Elaboración propia.

En el mes de agosto el tiempo empleado en el ciclo de carguío es también excesivo al igual que en el mes de junio, los tiempos tienen un mínimo de 4 minutos 28 segundos y un máximo de 6 minutos 52 segundos, esto se debe a elementos involucrados entre la unidad de carguío y la unidad de acarreo con lo que genera un mayor recorrido del cargador frontal aumentando su tiempo en el ciclo de carga, el Gráfico 16 nos muestra la tendencia de tiempos a lo largo de cada día evaluado en la zona de carguío.

Gráfico 16. Tiempo del ciclo de carguío en las muestras observadas.



Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Indicadores de desempeño

Los índices clave de desempeño evaluados en esta investigación han sido la disponibilidad mecánica, utilización de máquina y la gestión de la demora del equipo de carguío.

La disponibilidad mecánica que ha presentado el cargador frontal se encuentra dentro de los parámetros definidos y por encima del valor recomendable, estos valores se muestran en la Tabla 18 y Gráfica 17. Si bien el equipo ha sido puesto en obra para los trabajos de carguío y efectúa las indicaciones establecidas por la empresa, sin embargo, un estudio a fondo nos dice que este índice de desempeño tiene baja confiabilidad.

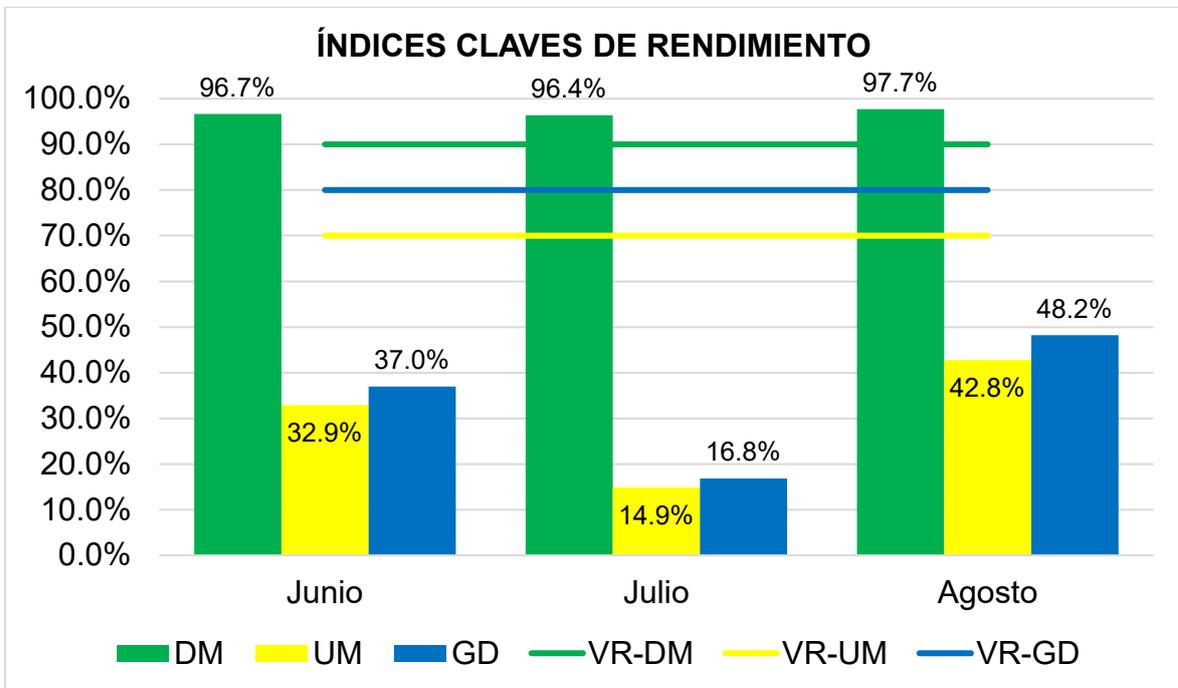
La utilización de máquina como índice de desempeño ha demostrado que los resultados obtenidos no son los esperados y que el equipo de carguío presenta poco uso del tiempo asignado a una jornada completa de 9 horas diarias, los resultados que se hubiesen esperando debieran ser mayores al 70%, sin embargo, estos están muy por debajo de lo recomendable. Sus valores se muestran en la Tabla 18 y el Gráfico 17.

La gestión de la demora toma como parámetros el tiempo operativo y el tiempo de demora del equipo de carguío, si el tiempo operativo es mucho mayor que la demora entonces el índice de desempeño nos indicará que se encuentra dentro de los parámetros establecidos que es por encima del 80%; sin embargo, si el tiempo de demora es mayor que el tiempo operativo entonces se está gestionando pésimamente este indicador. En esta investigación realizada los tiempos de demora superan a los operativos, con lo cual hay una mala gestión en el índice de carguío. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 18 y el Gráfico 17.

Tabla 18. Tiempo del ciclo de carguío en las muestras observadas.

MES	DM	UM	GD	VR-DM	VR-UM	VR-GD
Junio	96,7%	32,9%	37,0%	90,0%	70,0%	80,0%
Julio	96,4%	14,9%	16,8%	90,0%	70,0%	80,0%
Agosto	97,7%	42,8%	48,2%	90,0%	70,0%	80,0%

Gráfico 17. Tiempo del ciclo de carguío en las muestras observadas.



Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Optimización de tiempos de carguío

La optimización de tiempos de carguío para materiales de excavación viene dada por los siguientes puntos a tener en cuenta:

- Contar con más de una unidad de acarreo en la zona de carguío y esto permitirá al cargador frontal tener menos tiempo de espera y mayor productividad.
- Mantener siempre la zona de carguío limpia y sin obstáculos o elementos que interfieran con las unidades de carguío y acarreo, lo que permitirá una disminución de tiempo en el ciclo de carguío.
- Un posicionamiento ágil y adecuado de la unidad de acarreo reducirá los tiempos muertos en el equipo de carguío.
- Seguir los procesos administrativos de recolección de datos y flujo de la información con el fin de utilizarlos en la organización y administración de las fallas o bajos rendimientos que se puedan solucionar en el menor tiempo posible.
- La manera de saber si la gestión del mantenimiento está llevada adecuadamente es midiéndola y obteniendo valores que nos indiquen si los resultados se encuentran dentro de los parámetros esperados para la gestión.

4.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se ha demostrado que existe dificultad y carencia en la evaluación de los índices clave de desempeño para la operación de carguío en la cantera Platero Chuco. Se ha propuesto reducir los tiempos muertos en la operación de carguío con lo cual se optimizaría la productividad hasta en un 70% para la explotación de materiales de excavación en la cantera Platero Chuco.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se concluye que existe una carencia en la planificación y análisis de los índices clave de desempeño en la operación de carguío; el promedio de la disponibilidad mecánica es del 96,9%, utilización de máquina 30,2% y gestión de demora presenta un 34%.

La disponibilidad mecánica como primer índice evaluado para el mes de junio es de 96,7%, para julio de 96,4% y para agosto de 97,7%; utilización de máquina como segundo índice para junio es 32,9%, julio de 14,9% y agosto de 42,8%; gestión de la demora como tercer índice para junio es 37%, julio es 16,8% y agosto de 48,2%.

La disponibilidad mecánica se encuentra por encima del valor recomendable del 90%, los valores de la utilización de máquina están muy por debajo de lo recomendado que es ser mayor al 70% y la gestión de demora en el equipo de carguío presenta un resultado también muy bajo de lo esperado que es estar por sobre el 80%.

Los indicadores servirán para que el área de planeamiento de la cantera Platero Chuco gestione eficientemente los equipos de carguío y acarreo. Así como realice las decisiones de mejora continua antes de que los problemas sean mayores.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Cantera Platero Chuco continuar la evaluación de los indicadores de desempeño de la maquinaria pesada en la operación de carguío durante un mayor tiempo en años y así se obtenga una data confiable y segura en la mejora de la productividad.

Se recomienda a la Cantera Platero Chuco evaluar todos los indicadores clave de desempeño en la operación de carguío y otras operaciones relacionadas a la explotación de materiales de excavación.

Se recomienda a la Cantera Platero Chuco proceder a evaluar los costos operativos que involucra el carguío y correlacionarlo con los indicadores clave de desempeño, en consecuencia, se tendrá que porcentaje de la economía de inversión no se está administrando adecuadamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atapoma, J. M. 2019. Optimización de las operaciones unitarias de carguío y acarreo en la mina de Tajo Norte de Sociedad Minera El Brocal, implementando el sistema de despacho Mine Sense. Tesis Lic. Cerro de Pasco, Perú, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 172 p.
- Calua, F. 2019. Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en Cía. Minera Coimolache S.A. Tesis Lic. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 98 p.
- Gonzales, FJ. 2017. Vulnerabilidad Sísmica del Edificio 1-I de la Universidad Nacional de Cajamarca. Tesis Lic. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 114 p.
- Huarocc, PM. 2014. Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C. Tesis Lic. Huancayo, Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú. 133 p.
- INDECI. 2005. Ciudades Sostenibles. Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca. Lima, Perú. 127 p.
- Mejía, JL. 2021. Análisis del grado de susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante SIG en la microcuenca del río San Lucas – Distrito de Cajamarca. Tesis Lic. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 118 p.
- Ortiz, J. 2014. Curso de Minería. Santiago, Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad de Chile. 20 p.
- Rojas, IF. 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.
- Zegarra, M. 2016. Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. Lima, Perú. 13 p.

ANEXOS

- Anexo 01. Panel fotográfico.
- Anexo 02. Formato de control de tiempos de carguío.
- Anexo 03. Ficha técnica del equipo de carguío.
- Anexo 04. Ficha técnica del equipo de acarreo.
- Anexo 05. Autorización de uso de información.
- Anexo 06. Plano de ubicación.
- Anexo 07. Imagen satelital.
- Anexo 08. Plano geológico.

Anexo 01. Panel fotográfico.



Foto 08.



Foto 09.

La Foto 08 muestra la excavación de materiales con martillo hidráulico accionado por la Excavadora XE370C.

La Foto 09 nos muestra la zona de zarandeo de material con un diámetro pasante menor o igual a 4 pulgadas.

La Foto 10 muestra el material pasante por la zaranda.

La Foto 11 muestra el acopio de material zarandeado.

La Foto 12 muestra el área de chancado de la cantera Platero Chuco.



Foto 10.



Foto 11.



Foto 12.

CONTROL DE TIEMPOS - CICLO DE CARGUÍO CANTERA PLATERO CHUCO

CARGADOR FRONTAL:		ZL50G	CAPACIDAD DE CUCHARÓN:						3.0 m ³
MUESTRA	FECHA	PASE 1	PASE 2	PASE 3	PASE 4	PASE 5	PASE 6	PASE 7	CICLO DE CARGUÍO
1	14-jun.-21	8:07:44	8:08:38	8:09:28	8:10:26	8:11:31	8:12:33	8:13:18	0:05:34
2	14-jun.-21	8:20:10	8:21:03	8:21:53	8:22:58	8:23:48	8:24:43	8:25:30	0:05:20
3	14-jun.-21	8:30:17	8:31:07	8:32:12	8:33:02	8:34:09	8:35:57	8:36:52	0:06:35
4	14-jun.-21	8:46:37	8:47:29	8:48:22	8:49:23	8:50:19	8:51:29	8:52:18	0:05:41
5	14-jun.-21	8:59:05	9:00:08	9:00:58	9:02:03	9:02:52	9:04:02	9:04:55	0:05:50
6	14-jun.-21	9:15:20	9:16:13	9:17:08	9:18:01	9:18:56	9:20:01	9:21:06	0:05:46
7	14-jun.-21	9:27:13	9:28:04	9:29:01	9:30:56	9:32:01	9:32:58	9:34:07	0:06:54
8	14-jun.-21	9:39:07	9:40:11	9:41:14	9:42:10	9:43:21	9:44:27	9:45:11	0:06:04
9	14-jun.-21	9:52:31	9:53:43	9:54:47	9:55:51	9:56:49	9:57:57	9:58:55	0:06:24
10	14-jun.-21	10:05:21	10:06:18	10:07:17	10:08:28	10:09:37	10:10:43	10:11:31	0:06:10
11	14-jun.-21	10:14:55	10:16:07	10:17:19	10:18:31	10:19:38	10:20:35	10:21:43	0:06:48
12	14-jun.-21	10:30:31	10:31:27	10:32:22	10:33:27	10:34:23	10:35:19	10:36:15	0:05:44
13	14-jun.-21	10:40:09	10:41:03	10:42:16	10:43:25	10:44:36	10:45:33	10:46:41	0:06:32
14	14-jun.-21	10:49:56	10:50:54	10:51:58	10:53:02	10:54:11	10:55:04	10:56:02	0:06:06
15	14-jun.-21	11:01:08	11:02:01	11:02:50	11:03:41	11:04:38	11:05:42	11:06:35	0:05:27
16	14-jun.-21	11:10:03	11:10:54	11:11:49	11:12:38	11:13:47	11:14:44	11:15:38	0:05:35
17	14-jun.-21	11:19:47	11:20:50	11:21:45	11:22:36	11:23:39	11:24:41	11:25:33	0:05:46
18	14-jun.-21	11:31:55	11:32:58	11:33:47	11:34:35	11:35:38	11:36:31	11:37:32	0:05:37
19	14-jun.-21	11:45:16	11:46:10	11:47:14	11:48:09	11:48:58	11:49:54	11:50:51	0:05:35
20	14-jun.-21	11:54:33	11:55:34	11:56:42	11:57:45	11:58:48	11:59:43	12:00:52	0:06:19

CONTROL DE TIEMPOS - CICLO DE CARGUÍO CANTERA PLATERO CHUCO

CARGADOR FRONTAL:		ZL50G		CAPACIDAD DE CUCHARÓN:					3.0 m ³
MUESTRA	FECHA	PASE 1	PASE 2	PASE 3	PASE 4	PASE 5	PASE 6	PASE 7	CICLO DE CARGUÍO
21	14-jun.-21	12:04:37	12:05:29	12:06:22	12:07:24	12:08:20	12:09:11	12:10:01	0:05:24
22	14-jun.-21	12:17:18	12:18:13	12:19:23	12:20:15	12:21:18	12:22:09	12:23:13	0:05:55
23	14-jun.-21	13:30:49	13:31:37	13:32:35	13:33:40	13:34:44	13:35:35	13:36:25	0:05:36
24	14-jun.-21	13:40:33	13:41:28	13:42:21	13:43:33	13:44:39	13:45:45	13:46:37	0:06:04
25	14-jun.-21	13:51:22	13:52:10	13:53:05	13:53:55	13:54:52	13:55:41	13:56:35	0:05:13
26	14-jun.-21	14:02:47	14:03:49	14:04:53	14:05:47	14:06:52	14:07:55	14:08:50	0:06:03
27	14-jun.-21	14:11:18	14:12:05	14:13:01	14:13:56	14:14:41	14:15:38	14:16:37	0:05:19
28	14-jun.-21	14:19:22	14:20:29	14:21:33	14:22:38	14:23:44	14:24:55	14:25:49	0:06:27
29	14-jun.-21	14:28:57	14:29:58	14:31:03	14:32:01	14:33:17	14:34:15	14:35:23	0:06:26
30	14-jun.-21	14:39:07	14:40:11	14:41:15	14:42:10	14:43:05	14:44:20	14:45:35	0:06:28
31	14-jun.-21	14:51:04	14:52:13	14:53:05	14:54:09	14:55:14	14:56:01	14:57:22	0:06:18
32	14-jun.-21	15:02:21	15:03:18	15:04:16	15:05:12	15:06:04	15:07:12	15:08:05	0:05:44
33	14-jun.-21	15:12:45	15:13:39	15:14:36	15:15:25	15:16:17	15:17:08	15:18:22	0:05:37
34	14-jun.-21	15:31:34	15:32:25	15:33:16	15:34:11	15:35:01	15:35:52	15:36:44	0:05:10
35	14-jun.-21	15:42:11	15:43:08	15:43:57	15:44:53	15:45:45	15:46:38	15:47:29	0:05:18
36	14-jun.-21	15:51:55	15:52:47	15:53:46	15:54:43	15:55:39	15:56:30	15:57:23	0:05:28
37	14-jun.-21	16:02:15	16:03:16	16:04:05	16:04:51	16:05:45	16:06:36	16:07:28	0:05:13
38	15-jun.-21	10:16:55	10:17:45	10:18:38	10:19:32	10:20:25	10:21:22	10:22:10	0:05:15
39	15-jun.-21	10:25:49	10:26:40	10:27:45	10:28:41	10:29:33	10:30:31	10:31:20	0:05:31
40	15-jun.-21	10:35:37	10:36:30	10:37:25	10:38:22	10:39:33	10:40:20	10:41:11	0:05:34

CONTROL DE TIEMPOS - CICLO DE CARGUÍO CANTERA PLATERO CHUCO

CARGADOR FRONTAL:		ZL50G		CAPACIDAD DE CUCHARÓN:					3.0 m ³
MUESTRA	FECHA	PASE 1	PASE 2	PASE 3	PASE 4	PASE 5	PASE 6	PASE 7	CICLO DE CARGUÍO
41	15-jun.-21	10:45:02	10:46:05	10:47:12	10:47:57	10:49:08	10:50:22	10:51:32	0:06:30
42	15-jun.-21	10:56:21	10:57:18	10:58:14	10:59:05	11:00:07	11:01:04	11:02:22	0:06:01
43	15-jun.-21	11:07:05	11:07:45	11:08:25	11:09:17	11:10:01	11:11:17	11:12:04	0:04:59
44	15-jun.-21	11:15:51	11:16:49	11:17:40	11:18:36	11:19:21	11:20:29	11:21:32	0:05:41
45	16-jun.-21	14:57:33	14:58:20	14:59:09	15:00:02	15:00:59	15:01:51	15:02:42	0:05:09
46	16-jun.-21	15:10:51	15:11:46	15:12:37	15:13:30	15:14:27	15:15:16	15:16:09	0:05:18
47	16-jun.-21	15:22:19	15:23:21	15:24:11	15:24:56	15:25:47	15:26:34	15:27:19	0:05:00
48	16-jun.-21	15:33:44	15:34:24	15:35:17	15:36:34	15:37:53	15:38:37	15:39:27	0:05:43
49	16-jun.-21	15:44:01	15:45:50	15:46:43	15:47:51	15:48:43	15:49:36	15:50:51	0:06:50
50	16-jun.-21	15:56:48	15:57:33	15:58:18	15:59:05	15:59:56	16:00:46	16:01:30	0:04:42
51	17-jun.-21	9:05:21	9:06:03	9:06:49	9:07:42	9:08:33	9:09:26	9:10:18	0:04:57
52	17-jun.-21	9:20:01	9:20:54	9:21:45	9:22:33	9:23:29	9:24:22	9:25:16	0:05:15
53	17-jun.-21	9:34:36	9:35:25	9:36:27	9:37:20	9:38:09	9:38:53	9:39:33	0:04:57
54	17-jun.-21	9:48:44	9:49:34	9:50:25	9:51:15	9:52:11	9:52:55	9:53:40	0:04:56
55	17-jun.-21	10:02:22	10:03:12	10:03:57	10:04:48	10:05:35	10:06:20	10:07:15	0:04:53
56	18-jun.-21	8:10:07	8:10:52	8:11:42	8:12:31	8:13:15	8:14:02	8:14:49	0:04:42
57	18-jun.-21	8:21:33	8:22:18	8:23:04	8:23:49	8:24:40	8:25:25	8:26:14	0:04:41
58	18-jun.-21	8:33:10	8:34:03	8:34:45	8:35:32	8:36:17	8:37:01	8:37:47	0:04:37
59	18-jun.-21	8:45:02	8:45:42	8:46:31	8:47:24	8:48:10	8:48:53	8:49:40	0:04:38
60	18-jun.-21	8:56:50	8:57:42	8:58:25	8:59:09	8:59:52	9:00:40	9:01:27	0:04:37

CONTROL DE TIEMPOS - CICLO DE CARGUÍO CANTERA PLATERO CHUCO

CARGADOR FRONTAL:		ZL50G		CAPACIDAD DE CUCHARÓN:					3.0 m ³
MUESTRA	FECHA	PASE 1	PASE 2	PASE 3	PASE 4	PASE 5	PASE 6	PASE 7	CICLO DE CARGUÍO
61	18-jun.-21	9:07:47	9:08:32	9:09:25	9:10:01	9:10:56	9:11:41	9:12:35	0:04:48
62	28-jun.-21	8:05:26	8:06:20	8:07:11	8:07:55	8:08:58	8:09:48	8:10:41	0:05:15
63	28-jun.-21	8:51:12	8:52:07	8:53:52	8:54:47	8:55:40	8:56:33	8:57:37	0:06:25
64	28-jun.-21	9:35:47	9:36:42	9:37:32	9:38:25	9:39:26	9:40:15	9:41:09	0:05:22
65	28-jun.-21	10:18:55	10:19:57	10:20:45	10:21:36	10:22:29	10:23:31	10:24:25	0:05:30
66	28-jun.-21	11:02:35	11:03:33	11:04:27	11:05:20	11:06:20	11:07:14	11:08:09	0:05:34
67	28-jun.-21	11:50:31	11:51:27	11:52:22	11:53:16	11:54:14	11:55:10	11:56:12	0:05:41
68	29-jun.-21	13:25:20	13:26:21	13:27:16	13:28:12	13:29:04	13:29:54	13:30:43	0:05:23
69	29-jun.-21	14:12:07	14:13:01	14:13:56	14:14:44	14:15:32	14:16:29	14:17:26	0:05:19
70	29-jun.-21	15:01:54	15:02:46	15:03:42	15:04:35	15:05:26	15:06:18	15:07:16	0:05:22
71	30-jun.-21	9:02:37	9:03:33	9:04:26	9:05:24	9:06:22	9:07:18	9:08:12	0:05:35
72	30-jun.-21	9:45:36	9:46:28	9:47:27	9:48:21	9:49:28	9:50:21	9:51:15	0:05:39
73	30-jun.-21	10:38:05	10:38:55	10:39:45	10:40:41	10:41:37	10:42:34	10:43:30	0:05:25
74	1-jul.-21	8:07:22	8:07:40	8:08:03	8:08:33	8:08:54	8:09:26	8:09:51	0:02:29
75	1-jul.-21	8:26:09	8:26:33	8:26:54	8:27:19	8:27:39	8:28:06	8:28:36	0:02:27
76	1-jul.-21	8:43:41	8:44:06	8:44:32	8:45:02	8:45:31	8:45:57	8:46:18	0:02:37
77	1-jul.-21	9:01:34	9:01:55	9:02:24	9:02:46	9:03:08	9:03:33	9:03:58	0:02:24
78	1-jul.-21	9:19:45	9:20:10	9:20:37	9:21:01	9:21:27	9:21:43	9:22:02	0:02:17
79	2-jul.-21	10:11:26	10:11:47	10:12:15	10:12:45	10:13:09	10:13:34	10:13:56	0:02:30
80	2-jul.-21	10:28:10	10:28:35	10:28:57	10:29:20	10:29:40	10:30:06	10:30:28	0:02:18

CONTROL DE TIEMPOS - CICLO DE CARGUÍO CANTERA PLATERO CHUCO

CARGADOR FRONTAL:		ZL50G	CAPACIDAD DE CUCHARÓN:						3.0 m ³
MUESTRA	FECHA	PASE 1	PASE 2	PASE 3	PASE 4	PASE 5	PASE 6	PASE 7	CICLO DE CARGUÍO
81	2-jul.-21	10:45:56	10:46:20	10:46:41	10:46:58	10:47:23	10:47:48	10:48:17	0:02:21
82	2-jul.-21	11:07:22	11:07:42	11:07:57	11:08:18	11:08:44	11:09:03	11:09:30	0:02:08
83	3-jul.-21	9:42:21	9:42:37	9:42:59	9:43:21	9:43:39	9:44:05	9:44:24	0:02:03
84	3-jul.-21	9:58:55	9:59:18	9:59:40	10:00:07	10:00:32	10:00:52	10:01:16	0:02:21
85	3-jul.-21	10:17:03	10:17:25	10:17:45	10:18:08	10:18:34	10:18:55	10:19:21	0:02:18
86	3-jul.-21	10:36:18	10:36:43	10:37:05	10:37:30	10:37:56	10:38:21	10:38:43	0:02:25
87	5-jul.-21	13:50:42	13:51:10	13:51:39	13:52:06	13:52:33	13:52:57	13:53:25	0:02:43
88	5-jul.-21	14:10:47	14:11:10	14:11:35	14:11:58	14:12:20	14:12:48	14:13:12	0:02:25
89	5-jul.-21	14:27:36	14:27:56	14:28:18	14:28:48	14:29:06	14:29:31	14:29:52	0:02:16
90	5-jul.-21	14:45:47	14:46:08	14:46:28	14:46:52	14:47:16	14:47:37	14:48:07	0:02:20
91	6-jul.-21	11:06:22	11:06:42	11:07:01	11:07:19	11:07:41	11:07:58	11:08:23	0:02:01
92	6-jul.-21	11:23:01	11:23:21	11:23:43	11:24:02	11:24:28	11:24:55	11:25:17	0:02:16
93	6-jul.-21	11:41:26	11:41:47	11:42:10	11:42:30	11:42:51	11:43:10	11:43:35	0:02:09
94	6-jul.-21	11:59:02	11:59:17	11:59:39	11:59:56	12:00:16	12:00:41	12:01:05	0:02:03
95	7-jul.-21	9:42:21	9:42:46	9:43:13	9:43:38	9:44:03	9:44:28	9:44:54	0:02:33
96	7-jul.-21	10:00:57	10:01:21	10:01:46	10:02:12	10:02:37	10:02:53	10:03:10	0:02:13
97	7-jul.-21	10:17:10	10:17:37	10:18:07	10:18:35	10:19:02	10:19:26	10:19:51	0:02:41
98	7-jul.-21	10:35:01	10:35:31	10:35:58	10:36:25	10:36:54	10:37:24	10:37:53	0:02:52
99	8-jul.-21	9:04:56	9:05:16	9:05:37	9:05:57	9:06:18	9:06:38	9:07:01	0:02:05
100	8-jul.-21	9:22:12	9:22:32	9:22:52	9:23:15	9:23:38	9:24:02	9:24:27	0:02:15

CONTROL DE TIEMPOS - CICLO DE CARGUÍO CANTERA PLATERO CHUCO

CARGADOR FRONTAL:		ZL50G		CAPACIDAD DE CUCHARÓN:					3.0 m ³
MUESTRA	FECHA	PASE 1	PASE 2	PASE 3	PASE 4	PASE 5	PASE 6	PASE 7	CICLO DE CARGUÍO
101	8-jul.-21	9:40:06	9:40:26	9:40:48	9:41:10	9:41:32	9:41:59	9:42:22	0:02:16
102	8-jul.-21	9:59:31	9:59:56	10:00:19	10:00:34	10:00:54	10:01:17	10:01:42	0:02:11
103	9-jul.-21	9:10:22	9:10:37	9:10:57	9:11:21	9:11:46	9:12:08	9:12:33	0:02:11
104	9-jul.-21	9:30:11	9:30:30	9:30:54	9:31:16	9:31:39	9:32:01	9:32:24	0:02:13
105	9-jul.-21	9:46:44	9:47:05	9:47:30	9:47:48	9:48:06	9:48:26	9:48:44	0:02:00
106	10-jul.-21	9:50:38	9:50:57	9:51:15	9:51:35	9:51:53	9:52:13	9:52:38	0:02:00
107	10-jul.-21	10:09:24	10:09:44	10:09:58	10:10:18	10:10:30	10:10:50	10:11:07	0:01:43
108	10-jul.-21	10:27:37	10:27:55	10:28:12	10:28:37	10:28:58	10:29:23	10:29:48	0:02:11
109	20-jul.-21	14:07:05	14:07:26	14:07:47	14:08:10	14:08:30	14:08:53	14:09:13	0:02:08
110	20-jul.-21	14:25:18	14:25:30	14:25:51	14:26:16	14:26:37	14:26:52	14:27:17	0:01:59
111	20-jul.-21	14:42:46	14:43:07	14:43:27	14:43:48	14:44:10	14:44:35	14:44:58	0:02:12
112	21-jul.-21	14:36:29	14:36:54	14:37:17	14:37:39	14:38:06	14:38:31	14:38:56	0:02:27
113	21-jul.-21	14:55:04	14:55:29	14:55:53	14:56:18	14:56:40	14:57:02	14:57:27	0:02:23
114	21-jul.-21	15:12:41	15:13:03	15:13:25	15:13:45	15:14:06	15:14:31	15:14:55	0:02:14
115	21-jul.-21	15:29:57	15:30:20	15:30:41	15:31:05	15:31:31	15:31:51	15:32:17	0:02:20
116	22-jul.-21	14:10:27	14:10:42	14:10:58	14:11:20	14:11:40	14:12:03	14:12:28	0:02:01
117	22-jul.-21	14:26:33	14:26:58	14:27:28	14:27:53	14:28:23	14:28:50	14:29:17	0:02:44
118	22-jul.-21	14:45:15	14:45:45	14:46:13	14:46:43	14:47:09	14:47:35	14:48:02	0:02:47
119	23-jul.-21	15:21:08	15:21:35	15:22:03	15:22:33	15:23:00	15:23:29	15:23:59	0:02:51
120	23-jul.-21	15:38:24	15:38:49	15:39:17	15:39:42	15:40:10	15:40:35	15:41:05	0:02:41

CONTROL DE TIEMPOS - CICLO DE CARGUÍO CANTERA PLATERO CHUCO

CARGADOR FRONTAL:		ZL50G		CAPACIDAD DE CUCHARÓN:					3.0 m ³
MUESTRA	FECHA	PASE 1	PASE 2	PASE 3	PASE 4	PASE 5	PASE 6	PASE 7	CICLO DE CARGUÍO
121	23-jul.-21	15:56:29	15:56:54	15:57:19	15:57:47	15:58:16	15:58:46	15:59:21	0:02:52
122	24-jul.-21	14:44:25	14:44:45	14:45:02	14:45:18	14:45:33	14:45:54	14:46:14	0:01:49
123	24-jul.-21	15:00:42	15:01:01	15:01:20	15:01:40	15:01:57	15:02:15	15:02:33	0:01:51
124	24-jul.-21	15:22:33	15:22:52	15:23:10	15:23:30	15:23:47	15:24:05	15:24:24	0:01:51
125	26-jul.-21	10:11:46	10:12:02	10:12:22	10:12:38	10:12:56	10:13:15	10:13:32	0:01:46
126	26-jul.-21	10:27:55	10:28:18	10:28:36	10:28:56	10:29:15	10:29:35	10:29:57	0:02:02
127	26-jul.-21	10:45:09	10:45:29	10:45:47	10:46:09	10:46:30	10:46:55	10:47:15	0:02:06
128	2-ago.-21	8:10:21	8:11:12	8:12:04	8:12:54	8:13:45	8:14:33	8:15:21	0:05:00
129	2-ago.-21	8:24:44	8:25:41	8:26:30	8:27:33	8:28:15	8:29:03	8:29:50	0:05:06
130	3-ago.-21	8:16:12	8:17:01	8:17:47	8:18:31	8:19:18	8:20:05	8:20:53	0:04:41
131	3-ago.-21	8:30:06	8:30:46	8:31:29	8:32:27	8:33:15	8:34:11	8:34:56	0:04:50
132	4-ago.-21	8:04:35	8:05:24	8:06:19	8:07:15	8:08:05	8:08:49	8:09:40	0:05:05
133	4-ago.-21	8:20:03	8:20:54	8:21:48	8:22:39	8:23:28	8:24:22	8:25:18	0:05:15
134	5-ago.-21	9:10:18	9:11:10	9:12:03	9:12:54	9:13:46	9:14:42	9:15:31	0:05:13
135	5-ago.-21	9:33:49	9:34:40	9:35:31	9:36:25	9:37:17	9:38:10	9:39:54	0:06:05
136	6-ago.-21	9:03:26	9:04:16	9:05:12	9:05:57	9:06:59	9:07:51	9:08:44	0:05:18
137	6-ago.-21	9:20:32	9:21:22	9:22:19	9:23:15	9:24:12	9:25:06	9:25:56	0:05:24
138	9-ago.-21	14:07:27	14:08:20	14:09:15	14:10:08	14:11:02	14:11:45	14:12:31	0:05:04
139	9-ago.-21	14:20:05	14:20:45	14:21:30	14:22:18	14:23:04	14:23:49	14:24:33	0:04:28
140	9-ago.-21	14:31:11	14:32:02	14:32:46	14:33:31	14:34:20	14:35:13	14:36:58	0:05:47

CONTROL DE TIEMPOS - CICLO DE CARGUÍO CANTERA PLATERO CHUCO

CARGADOR FRONTAL:		ZL50G		CAPACIDAD DE CUCHARÓN:					3.0 m ³
MUESTRA	FECHA	PASE 1	PASE 2	PASE 3	PASE 4	PASE 5	PASE 6	PASE 7	CICLO DE CARGUÍO
141	10-ago.-21	14:01:56	14:02:45	14:03:32	14:04:22	14:05:17	14:06:10	14:06:51	0:04:55
142	10-ago.-21	14:15:22	14:16:10	14:17:04	14:17:49	14:18:41	14:19:45	14:20:53	0:05:31
143	10-ago.-21	14:29:13	14:30:16	14:31:25	14:32:22	14:33:13	14:34:10	14:35:21	0:06:08
144	11-ago.-21	13:55:17	13:56:25	13:57:22	13:58:17	13:59:19	14:00:08	14:01:13	0:05:56
145	11-ago.-21	14:09:44	14:10:48	14:11:52	14:12:50	14:13:40	14:14:37	14:15:36	0:05:52
146	11-ago.-21	14:23:26	14:24:35	14:25:45	14:26:47	14:27:48	14:28:44	14:29:30	0:06:04
147	12-ago.-21	14:37:18	14:38:26	14:39:33	14:40:41	14:41:55	14:42:51	14:43:44	0:06:26
148	12-ago.-21	14:51:56	14:53:04	14:54:21	14:55:25	14:56:29	14:57:36	14:58:48	0:06:52
149	12-ago.-21	15:06:51	15:07:58	15:09:10	15:10:23	15:11:42	15:12:36	15:13:25	0:06:34
150	13-ago.-21	10:03:24	10:04:36	10:05:43	10:06:47	10:07:48	10:08:45	10:09:41	0:06:17
151	13-ago.-21	10:20:05	10:21:02	10:21:57	10:22:50	10:23:45	10:24:41	10:25:36	0:05:31
152	13-ago.-21	10:36:01	10:36:45	10:37:36	10:38:30	10:39:23	10:40:18	10:41:13	0:05:12
153	16-ago.-21	10:07:24	10:08:14	10:09:03	10:09:56	10:10:40	10:11:34	10:12:27	0:05:03
154	16-ago.-21	10:23:11	10:24:12	10:25:04	10:25:48	10:26:41	10:27:22	10:28:15	0:05:04
155	16-ago.-21	10:39:36	10:40:21	10:41:12	10:41:57	10:42:49	10:43:42	10:44:27	0:04:51
156	17-ago.-21	8:17:20	8:18:22	8:19:10	8:19:55	8:20:51	8:21:45	8:22:32	0:05:12
157	17-ago.-21	8:33:13	8:34:08	8:34:51	8:35:46	8:36:34	8:37:38	8:39:27	0:06:14
158	17-ago.-21	8:48:55	8:49:44	8:50:51	8:51:53	8:53:07	8:54:12	8:55:09	0:06:14
159	18-ago.-21	8:04:42	8:05:51	8:06:49	8:07:50	8:08:55	8:09:49	8:10:57	0:06:15
160	18-ago.-21	8:21:38	8:22:33	8:23:23	8:24:20	8:25:27	8:26:20	8:27:15	0:05:37

CONTROL DE TIEMPOS - CICLO DE CARGUÍO CANTERA PLATERO CHUCO**CARGADOR FRONTAL:**

ZL50G

CAPACIDAD DE CUCHARÓN:3.0 m³

MUESTRA	FECHA	PASE 1	PASE 2	PASE 3	PASE 4	PASE 5	PASE 6	PASE 7	CICLO DE CARGUÍO
161	18-ago.-21	8:39:01	8:39:46	8:40:30	8:41:22	8:42:15	8:43:13	8:44:21	0:05:20
162	19-ago.-21	14:45:16	14:46:10	14:47:05	14:47:56	14:48:44	14:49:37	14:50:29	0:05:13
163	19-ago.-21	15:00:37	15:01:33	15:02:24	15:03:16	15:04:07	15:04:55	15:05:44	0:05:07
164	19-ago.-21	15:14:51	15:15:42	15:16:34	15:17:25	15:18:17	15:19:07	15:19:53	0:05:02
165	20-ago.-21	14:02:45	14:03:34	14:04:25	14:05:16	14:06:00	14:06:49	14:07:46	0:05:01
166	20-ago.-21	14:16:28	14:17:20	14:18:10	14:19:06	14:19:51	14:20:40	14:21:37	0:05:09

Anexo 03. Ficha técnica del equipo de carguío - Cargador Frontal ZL50G.



ESPECIFICACIONES		
Capacidad de balde	m ³	3.0
Carga nominal	kg/lb	5000/11023
Descarga	mm/"	3090/122
Tiempo de elevación	s	6
Duración total del ciclo	s	11
Máxima fuerza de arrastre	kN/lb	145/32596
Máxima fuerza de arranque	kN/lb	170/38216
Ángulo de articulación	°	35
Radio mínimo de giro	mm/"	6400/252
Distancia entre ejes	mm/"	3300/130
Ancho entre pisadas	mm/"	2200/86.6
Velocidades de desplazamiento		
Primera (avance)	km/h	0-11.5
Segunda (avance)	km/h	0-37
Primera (retroceso)	km/h	0-16.5
Segunda (retroceso)	km/h	0-37
Modelo del motor		WD615.67G3
Largo total	mm	8110
Ancho total	mm	2800
Alto total	mm	3460
Peso de operación	t	18.5
Neumáticos		23.5-25

MOTOR	
Modelo	WD615.67G3/3306
Tipo	6 cilindros, 4 tiempos refrigeración por agua, inyección directa turboalimentados, diesel
Potencia nominal	217HP
Velocidad nominal	2200 rpm
Torque máximo	860N.m/1300rpm
Consumo de combustible a potencia nominal	230g/Kwh
Consumo de aceite	2g/Kwh
Método de encendido	eléctrico

TRANSMISIÓN	
Tipo	con convertidor de torque
Marchas	2 hacia adelante y 2 atrás
Cambio de marchas	con electroválvula
1	0-11.5Km/h
2	0-37Km/h
Reversa 1	0-16.5Km/h
Reversa 2	0-37Km/h

EJES	
Tipo de diferencial	Planetario de reducción simple
Coefficiente de reducción	5286

CABINA
Cabina sellada y de vibración aislada FOPS & ROPS con excelente visibilidad, seguridad y confiabilidad.

SISTEMA ELÉCTRICO	
Voltaje	24V
Baterías	2x12V

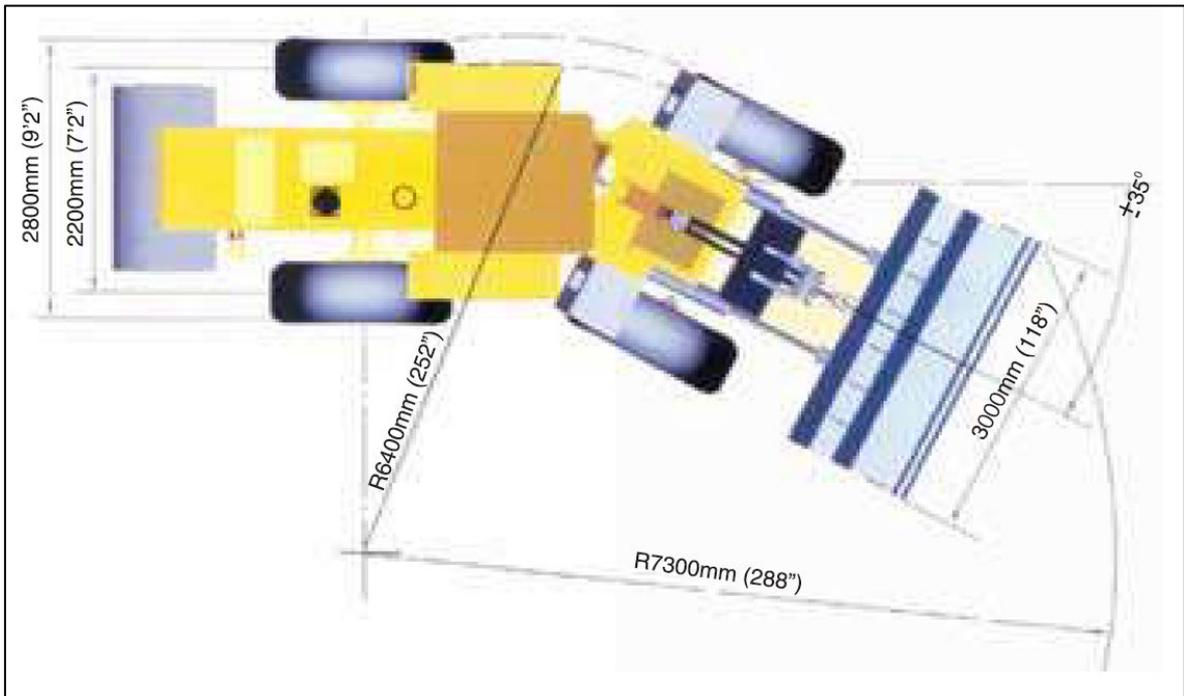
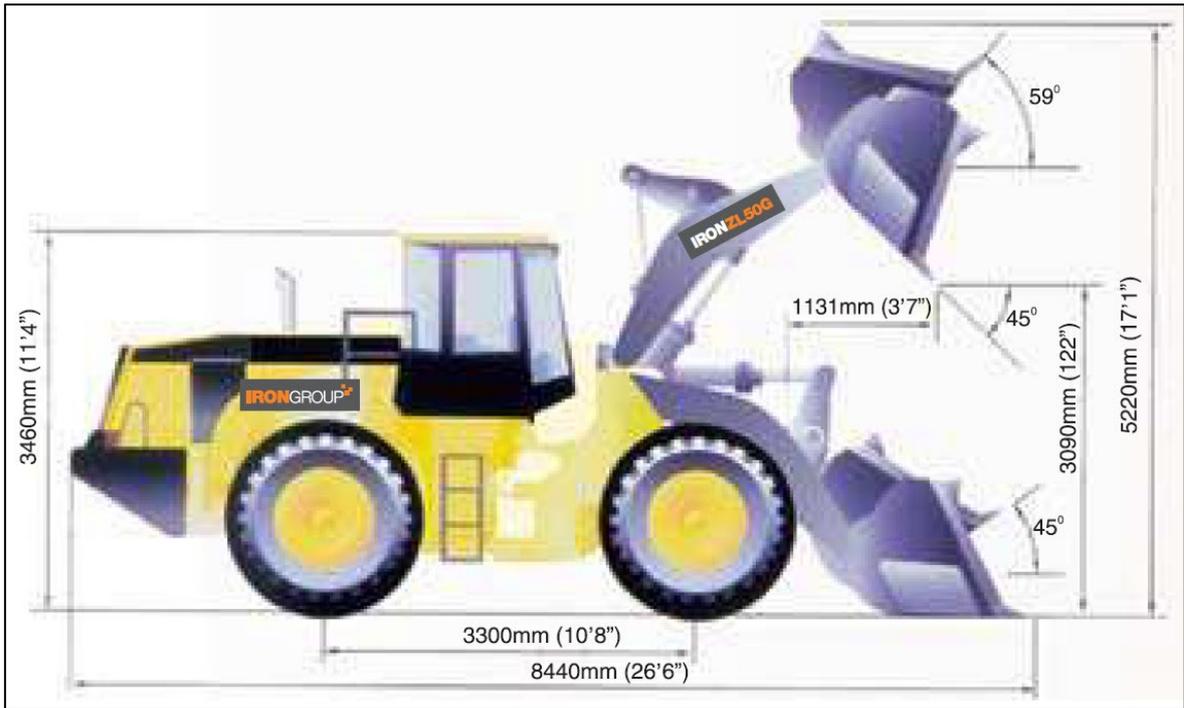
SISTEMA DE DIRECCIÓN	
Tipo	articulada hidráulicamente
Presión de sistema	16 Mpa
Articulación	35°

SISTEMA DE FRENOS	
Tipo	Hidro-neumático
Presión de sistema	784-933Kpa
Freno de mano (de emergencia)	SI/sobre transmisión

NEUMÁTICOS Y BALDES	
Modelo del neumático	23,5-25(L3)
Presión de inflado del neumático	delantera 0,33-0,35Mpa trasera 0,28-0,30Mpa
Capacidad de balde	3.0 m ³
Ancho balde	3000 mm

ACCESORIOS DISPONIBLES	
Balde de 3.5m ³ - 4.0m ³	
Balde para roca	
Uñas portapallets	
Balde con giro lateral	
Garra forestal	

CAPACIDADES VOLUMÉTRICAS	
Combustible	300L
Sistema de lubricación de motor	21L
Sistema hidráulico	300L
Transmisión	34L+28L



Anexo 04. Ficha técnica del equipo de acarreo – Volquete FMX 6X4R.



DATOS TÉCNICOS

MOTOR

Modelo: VOLVO D13C Euro 5

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

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

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

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

CAJA DE VELOCIDADES

Modelo: Volvo AT2612F

Tipo: Automatizada sin sincronizados

Sistema: I-Shift con soft HD

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

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

DIFERENCIAL

Modelo: RTH3210F con red. de cubos.

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

Capacidad de arrastre: 100 Ton*

*(consultar para mayores capacidades)

Opcional: RTS2370 sin red. de cubos

SUSPENSIÓN DELANTERA

Tipo: Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora.

Capacidad: 7.500 a 10.000 kg

SUSPENSIÓN TRASERA

Tipo: Ballestas semielípticas con amortiguadores y barra estabilizadora.

Capacidad: 26.000 a 32.000 kg

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

FRENOS

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

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

Opcional: Retardador Hidráulico

CHASIS

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

Altura: 300 mm.

Ala: 90 mm

Espesor + refuerzo: 9 + 5 mm

TANQUES DE COMBUSTIBLE

Tipo: Rectangular plástico.

Capacidad: 400 lts

NEUMÁTICOS Y LLANTAS

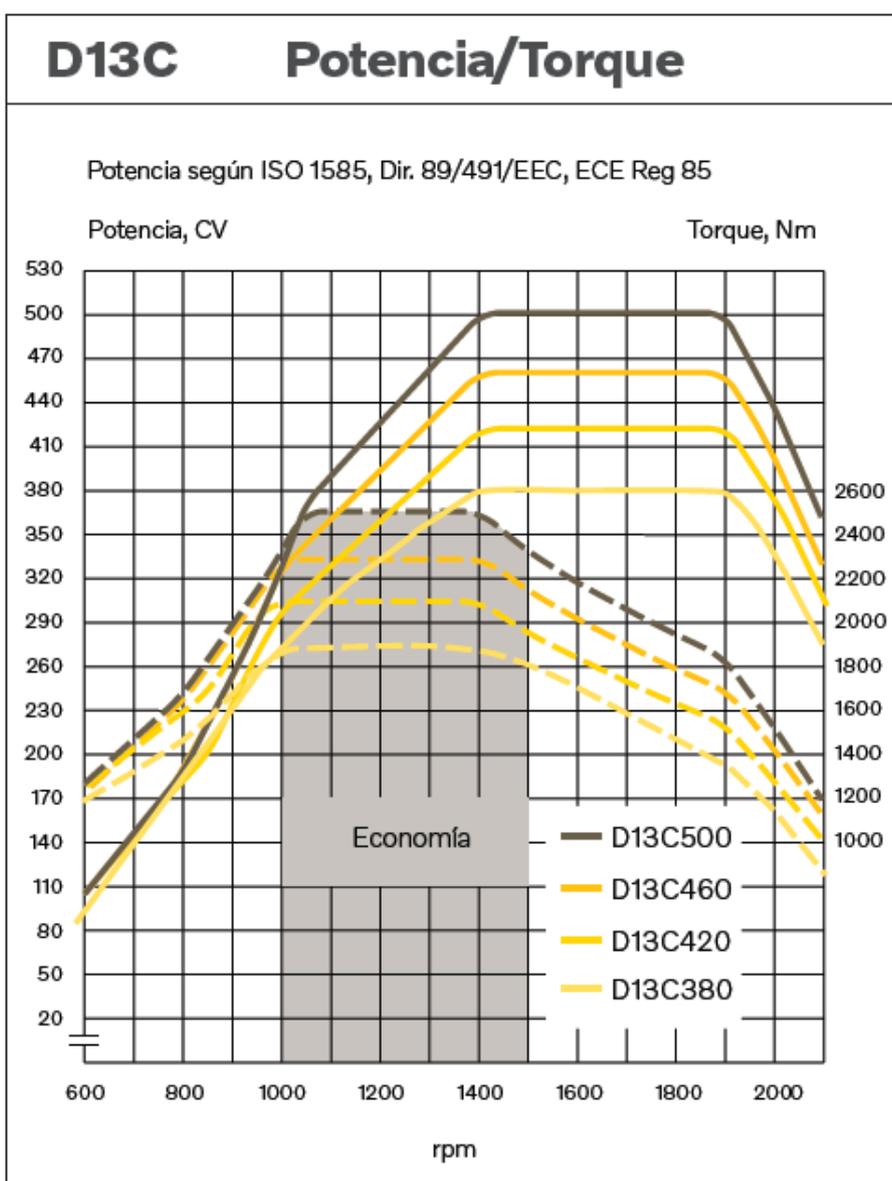
Neumáticos: 12R20

Llantas: Acero

PESOS Y CAPACIDADES (Kg)

	Eje delantero	Eje trasero	Total
Capac. técnica	7.500 a 10.000	21.000 a 32.000	28.500 a 42.000
Límite legal	6.000	18.000	24.000
Peso del chasis*	5.031	4.557	9.588

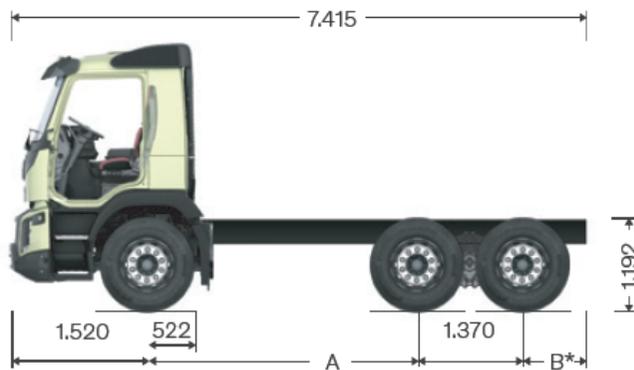
*Pesos estimados con 100 lts de combustible, sin chofer y con rueda de auxilio. llantas de acero, frenos a tambor, cabina extendida techo normal y eje RTH 3210F. Distancia entre ejes 3.700 mm. Para eje sin reductor RTS 2370 restar 150 Kg.



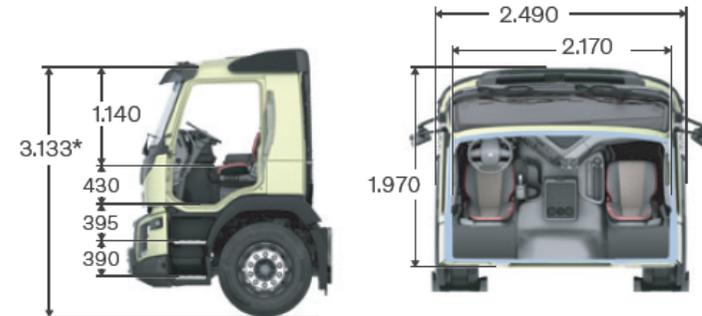
MEDIDAS

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

CABINA NORMAL



A: Distancia entre ejes. De 3.400 a 6.000 mm (consultar otras medidas).
B: Voladizo trasero (en función del entre ejes)



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

DESCANSO Y CONFORT

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

PUESTO DE CONDUCCIÓN

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

CLIMATIZACIÓN

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

SEGURIDAD

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

Vehículos a medida

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

Pasador de remolque delantero

Garantizado por testeos internos con fuerzas por encima de 32 toneladas.

Paragolpes de acero

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

Altura

Versiones con mayor despeje.

Ejes delanteros

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

Toma de aire elevada

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

Tomas de fuerza para todas las aplicaciones

Uso continuo o intermitente, amplia gama de relaciones y potencias.

Suspensión trasera

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

Nuevas configuraciones de ejes

4x4 y 6x6 además de 6x4 y 8x4



OPCIONALES

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

SISTEMA DE GESTIÓN DE FLOTAS



DYNAFLEET

Seguimiento y optimización del desempeño del camión en forma remota.

CONTRATOS DE MANTENIMIENTO



PROGRAMA AZUL

Mantenimiento preventivo básico: 12 meses.



PROGRAMA AZUL PLUS

Mantenimiento preventivo completo: 12 meses.



PROGRAMA ORO

Mantenimiento preventivo y reparación: 36 meses.



RUC : 20495783937

Jr. Puno N° 240
Barrio Chontapaccha – Cajamarca
CEL.: 976483046 - 976909095
948035192
976360550 – 976360551 - 976360552

E-Mail : bazancg@yahoo.es

PLANTA CHANCADORA
Av. Miguel Carducci N°. 696 Bar. SAMANACRUZ

Cajamarca, 05 de mayo del 2021

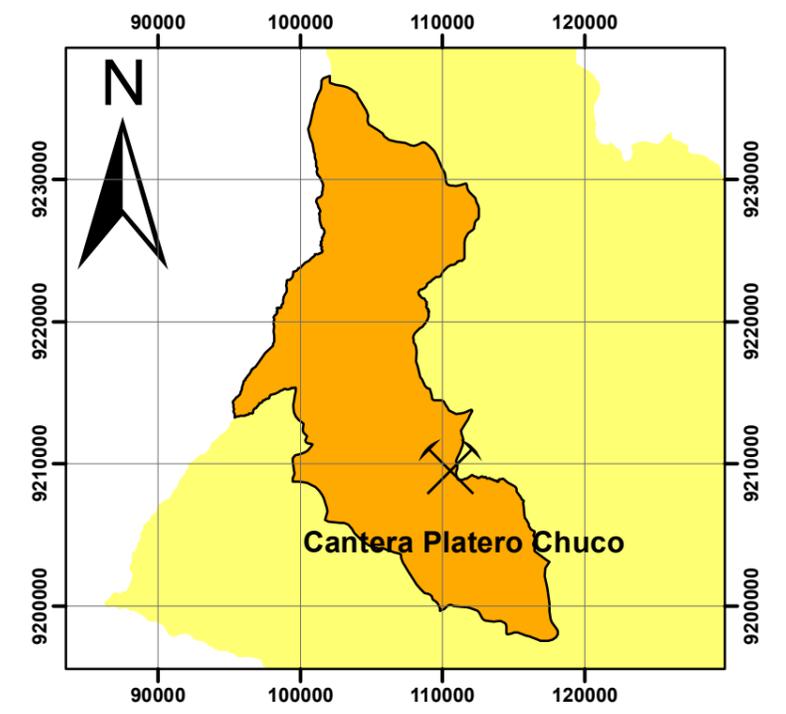
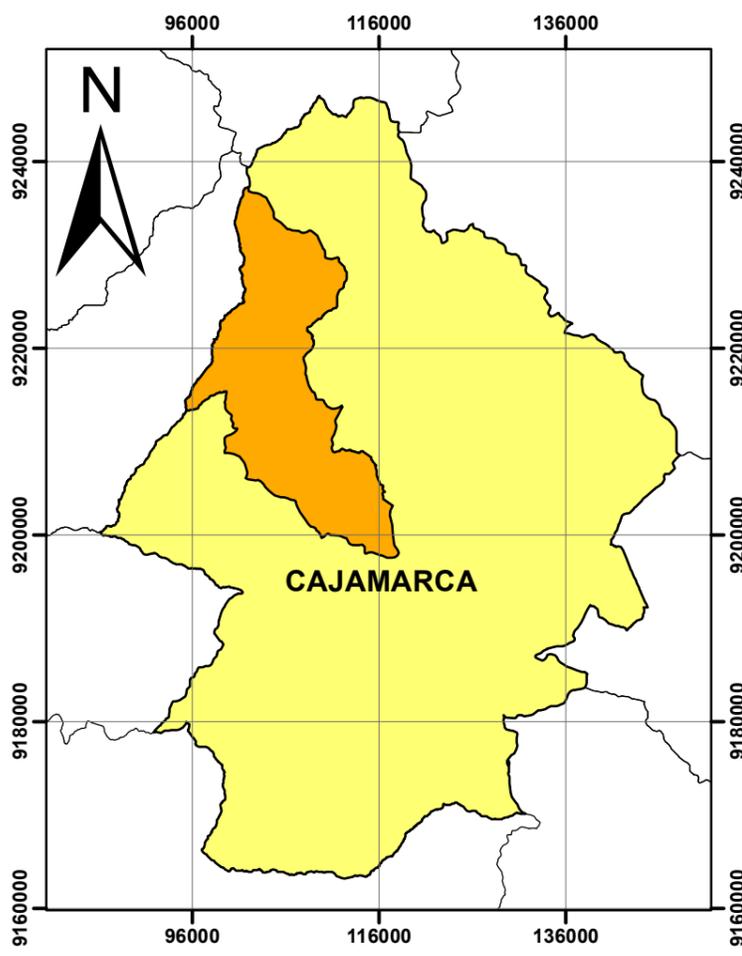
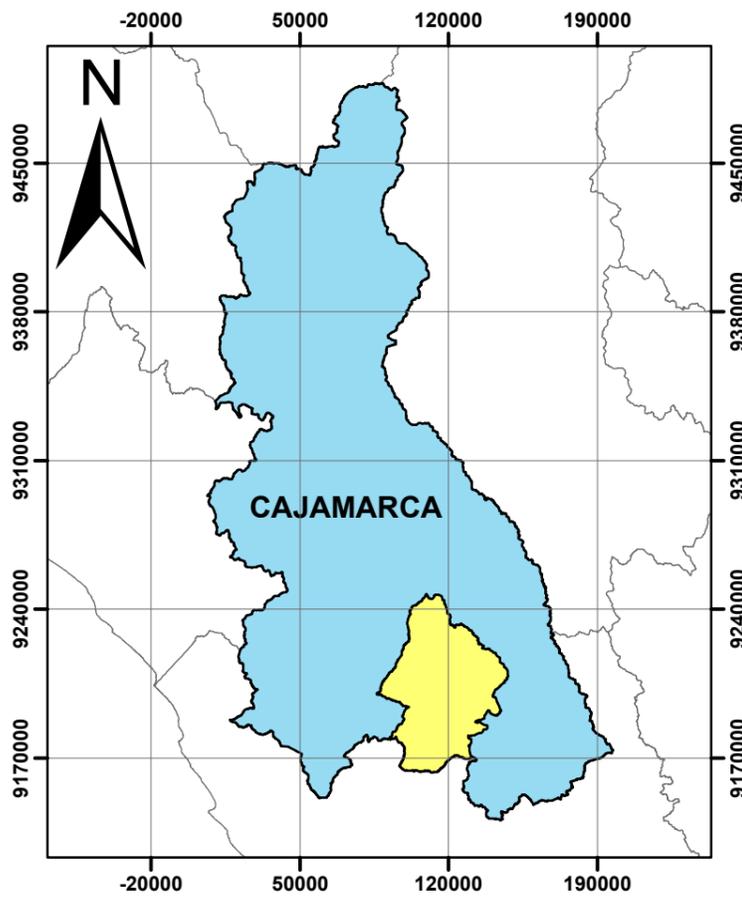
Sr.
ANTONY GARY ALFARO VALENCIA
Bach. Ingeniería de Minas
Universidad Nacional de Cajamarca
Presente.-

De mi consideración:

Por el presente le comunicamos que nuestra Empresa "BAZAN CONTRTISTAS GENERALES SRL", ha aceptado el desarrollo de su tesis "OPTIMIZACION EN EL TIEMPO DE CARGUIO DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN EN LA CANTERA PLATERO CHUCO", en el área de carguío y acarreo; en tal sentido brindo el permiso respectivo de ingresar al área de explotación con el fin de tomar datos referidos a su tema de tesis, para lo cual debe contar con su EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP).

Atentamente,

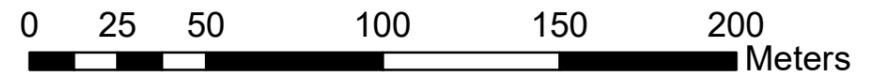
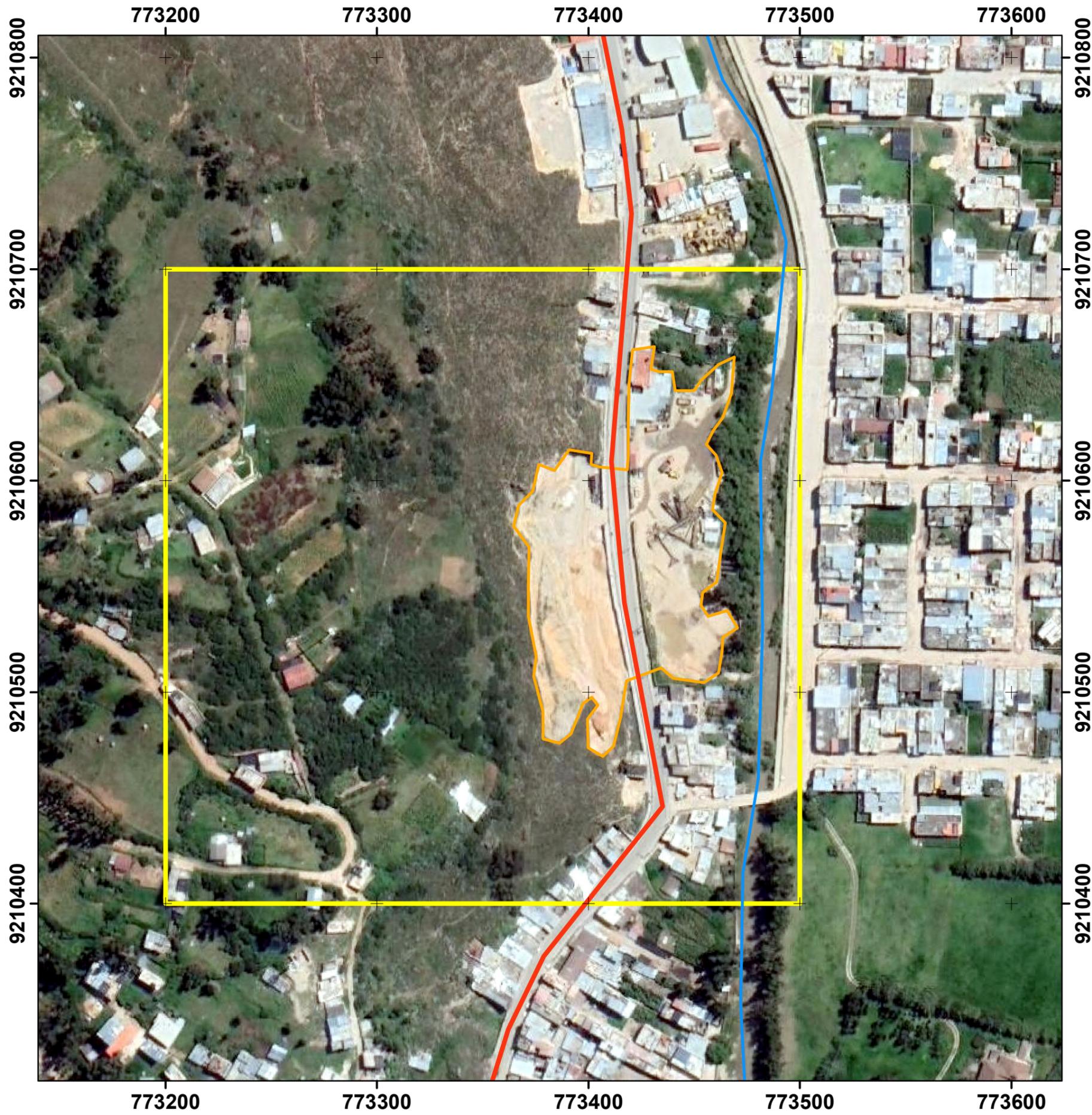
BAZAN CONTRATISTAS GRLS. SRL.
Luis Abel BAZAN
CPC Luis Abel Bazán Honores
GERENTE GENFRAL



SIMBOLOGIA

-  Cantera Platero Chuco
-  Area de chancado
-  Area de zarandeo
-  Zona de carguio
-  Oficina administrativa

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS	
TESIS PROFESIONAL: "ANÁLISIS DE LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE CARGUÍO PARA MATERIALES DE EXCAVACIÓN EN LA CANTERA PLATERO CHUCO - CAJAMARCA"	
PLANO: UBICACION	P-01
TESISTA: BACH. ANTONY GARY ALFARO VALENCIA	
ASESOR: M. CS. ING. ROBERTO S. GONZALES YANA	
ESCALA: INDICADA	FECHA: ENERO 2023
	

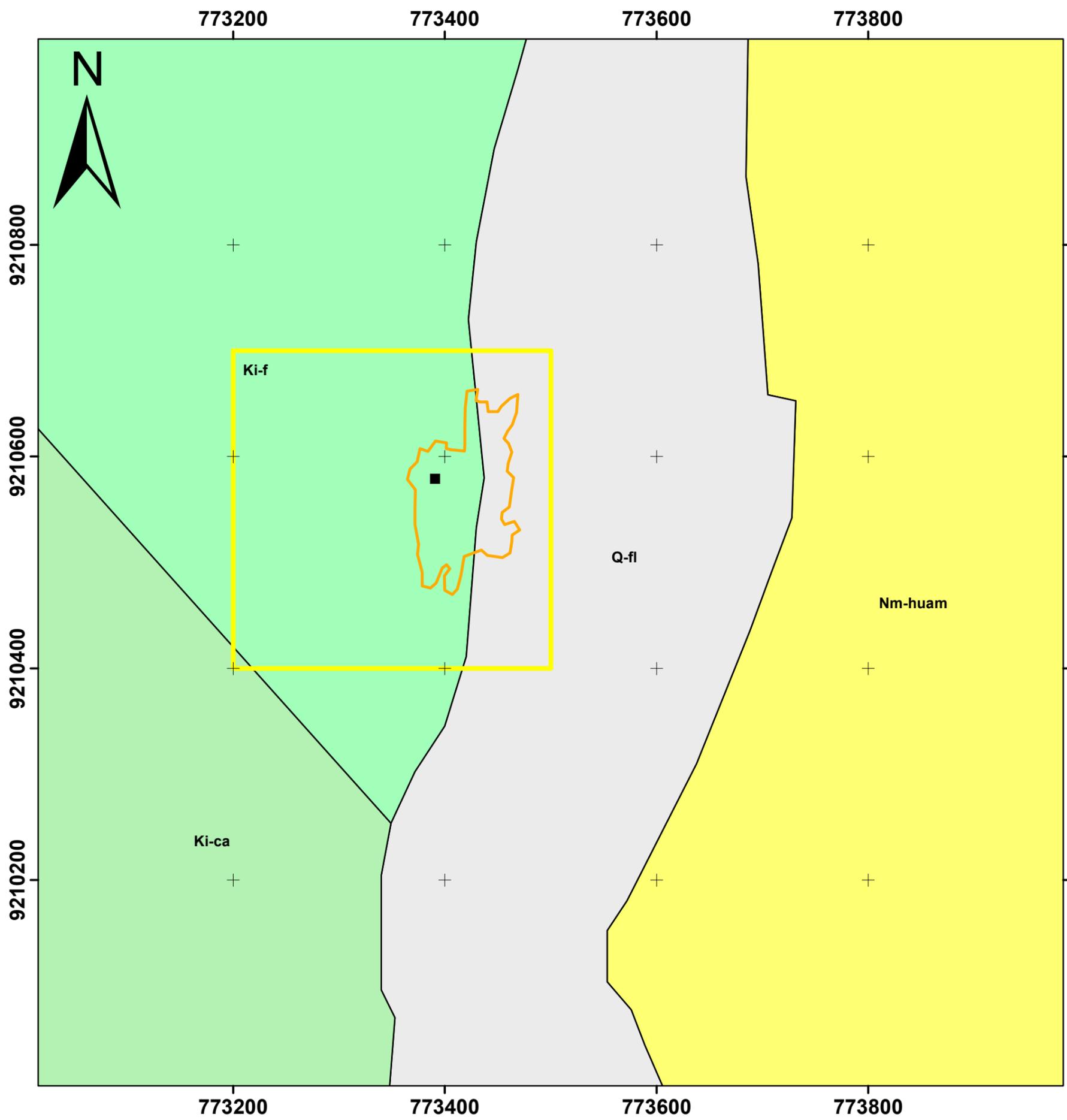


Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984

SIMBOLOGIA

-  Zona de Estudio
-  Cantera Platero Chuco
-  Ruta Nacional PE-3N
-  Rio Mashcon

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS	
TESIS PROFESIONAL: "ANÁLISIS DE LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE CARGUÍO PARA MATERIALES DE EXCAVACIÓN EN LA CANTERA PLATERO CHUCO - CAJAMARCA"	
PLANO: IMAGEN SATELITAL	P-02
TESISTA: BACH. ANTONY GARY ALFARO VALENCIA	
ASESOR: M. CS. ING. ROBERTO S. GONZALES YANA	
ESCALA: 1 / 2000	FECHA: ENERO 2023
	

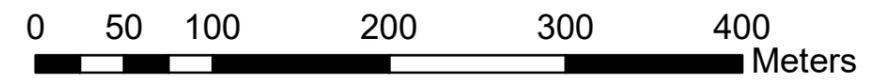


SIMBOLOGIA

- Zona de Estudio
- Cantera Platero Chuco
- Zona de Carguio

Formación Geológica

- Depósito Fluvial (Q-fl)
- Formación Huambos (Nm-huam)
- Formación Farrat (Ki-f)
- Formación Carhuaz (Ki-ca)



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS	
TESIS PROFESIONAL: "ANÁLISIS DE LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE CARGUÍO PARA MATERIALES DE EXCAVACIÓN EN LA CANTERA PLATERO CHUCO - CAJAMARCA"	
PLANO: GEOLOGICO	P-03
TESISTA: BACH. ANTONY GARY ALFARO VALENCIA	
ASESOR: M. CS. ING. ROBERTO S. GONZALES YANA	
ESCALA: 1 / 4000	FECHA: ENERO 2023

