

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

**APLICACIÓN DE SENSORES EN EL CONTROL DE LA
PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO,
MEDIANTE MACROS EXCEL, EN LA U. M. DOS ESTRELLAS DE
HUAYPETUHE – MADRE DE DIOS – 2023**

PRESENTADO POR:

Br. BENJAMIN EGUILUZ DE LA BARRA
PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO DE MINAS

ASESOR:

Mgt. ODILÓN CONTRERAS ARANA

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor Odilon Contreras Arana.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: "Aplicación de sensores en
el control de la productividad de los
equipos de carga y acarreo, mediante
Macros excel en la U.M. Dos estrellas Huaypue -
Madre de Dios - 2023
Presentado por: Benjamin Aguilar de la Barra..... DNI N° 43010503;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de Ingeniero de Minas.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 0.1 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5 %.

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

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 12 de agosto..... de 2026.....

[Firma]
Firma
Post firma Mgt: Odilon Contreras Arana
Nro. de DNI 23823356
ORCID del Asesor 3193-0-2023-FIGM

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259-613140908

TESIS INDICE, BEJAMIN PARA IMPRIMIR.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:613140908

200 páginas

Fecha de entrega

8 ago 2026, 11:44 a.m. GMT-5

37.112 palabras

234.128 caracteres

Fecha de descarga

8 ago 2026, 11:50 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS INDICE, BEJAMIN PARA IMPRIMIR.pdf

Tamaño del archivo

7.5 MB

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
55 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
1 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

V2B°
Fuerza
Asesor.

DEDICATORIA

A Dios Todo poderoso, por guiar mis pasos, bendecir mi camino y ser mi protección constante a lo largo de la vida.

A mi padre y mi hermano (†), quienes me cuidan e iluminan con su memoria, siendo mi fuerza para alcanzar este logro.

Al Dr. Lauro por ser como un padre para mí, por ser la mano firme que me levantó en cada caída y ser el motor que me impulsa a seguir adelante cada día.

A mi madre, por su amor incondicional y apoyo inquebrantable; y a mis hermanos y sobrinos, por sus sabios consejos y por ser mi compañía en cada etapa de este camino.

Benjamín Eguiluz de la Barra

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por abrirme las puertas de sus aulas y brindarme una formación integral. Mi sincero reconocimiento a esta casa de estudios por moldear las competencias y conocimientos que hoy me permiten optar al título profesional de Ingeniero de Minas.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio abad del Cusco por haberme brindado las aulas, las herramientas y los conocimientos necesarios para consolidar mi formación académica y profesional. Asimismo, expreso mi profundo reconocimiento y gratitud a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, en especial a todos mis docentes por la paciencia, experiencia y conocimientos con los que guiaron mi formación. Gracias por cada lección compartida y por los valiosos momentos vividos en las aulas y el campo de acción, los cuales marcaron mi crecimiento profesional y humano. Asimismo, agradezco a todas las personas que de manera directa o indirecta me acompañaron y colaboraron en la culminación de este trabajo de investigación. A mi Asesor, Mgt. Odilon Contreras Arana por su valioso tiempo, guía metodológica, consejos, experiencias y conocimientos recibidas para el desarrollo de este trabajo de investigación. A la comisión evaluadora del temario de tesis ingeniero Dr. Romulo Dueñas Vargas y Raimundo Molina Delgado por sus sabios consejos al inicio de la investigación y su agudeza intelectual para la aplicación de esta tesis. A los ingenieros dictaminantes, Mgt. Tomás Achanccaray y Dr. Manuel Peña, por su rigor científico, sus acertadas observaciones y constante exigencia académica que fueron determinantes para la correcta estructuración y el éxito de este trabajo de investigación. Mi sincero reconocimiento al Sr. Julio César Aramayo Hinojosa, Gerente General de la Unidad Minera Dos Estrellas en Huaypetuhe, Madre de Dios por su apertura y apoyo incondicional que permitieron acceder a la flotilla de volquetes y contar con todas las facilidades logísticas y operativas en el terreno, haciendo posible la obtención de la data experimental indispensable para culminar con éxito esta investigación

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	I
LISTA DE TABLAS	IV
LISTA DE FIGURAS	VI
ACRONIMOS	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.Situación del problema	1
1.2.Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3.Justificación e importancia de la investigación	3
1.3.1. Justificación	3
1.3.2. Importancia.....	3
1.4.Objetivos de la investigación	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5.Delimitaciones de la investigación	4
1.5.1. Delimitación temporal	4
1.5.2. Delimitación espacial	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	6
2.1.Antecedentes de investigación	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	7
2.2.Marco conceptual.....	10
2.2.1. Entorno, contexto geológico y minero.....	10
2.2.2. Tecnología, Instrumentación e Inteligencia artificial	10
2.2.3. Equipos componentes y transporte de carga	11
2.2.4. Productividad, métricas físicas.....	12
2.2.5. Contexto Normativo y Legal de la Operación	14

2.3. Bases teóricas	14
2.3.1. Minería	14
2.3.2. Yacimiento aluvial	24
2.3.3. Unidad minera.....	32
2.3.4. Báscula de peso para camiones.....	33
2.3.5. Celdas de carga o sensores para bascula de camiones.....	40
2.3.6. Macros excel	53
2.3.7. Carguío y acarreo minero	56
2.3.8. Producción minera	58
2.4. Hipótesis.....	65
2.4.1. Hipótesis general.....	65
2.4.2. Hipótesis específicas.....	65
2.5. Identificación de Variables e indicadores	66
2.5.1. Variable independiente.....	66
2.5.2. Variable dependiente.....	67
2.6. Operacionalización de variables	70
CAPÍTULO III METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	71
3.1. Tipo y nivel de investigación	71
3.1.1. Tipo de la investigación.....	71
3.1.2. Nivel de Investigación.....	72
3.1.3. Diseño de investigación	72
3.2. Población y muestra de la Investigación.....	73
3.2.1. Población.....	73
3.2.2. Muestra	74
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	75
3.3.1. Técnicas de recolección de datos:	75
3.3.2. Instrumentos de recolección de información	76
3.4. Procesamiento para el análisis de datos.....	77
3.5. Descripción del ámbito de estudio	77
3.5.1. Ubicación	77
3.5.2. Accesibilidad	78
3.5.3. Reseña histórica.....	80
3.5.4. Geología	81

3.5.5. Capacidad de producción	88
3.5.6. Planta de tratamiento	89
3.5.7. Método de explotación por lavado y concentración	93
3.5.8. Programación de operaciones	94
3.5.9. Ciclo de carguío y acarreo	100
3.5.10. Características de la vía	103
3.5.11. Condiciones de la vía.	103
3.5.12. Condiciones naturales	104
3.5.13. Características del material a transportar	104
3.5.14. Equipos implicados en el carguío y acarreo	105
3.5.14. Balanza electrónica.....	108
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSION	111
4.1. Procesamiento, análisis e interpretación de resultados	111
4.1.1. Análisis estadístico de las encuestas aplicadas al personal del área de carguío y acarreo, antes del trabajo de campo	111
4.1.2. Análisis estadístico del control de productividad de carguío y acarreo	115
4.2. Prueba de hipótesis.....	144
4.2.1. Análisis estadístico e inferencial del contraste de hipótesis general ..	144
4.2.2. Análisis estadístico e inferencial del contraste de las hipótesis específicas (1).....	147
4.2.3. Análisis estadístico e inferencial del contraste de las hipótesis específicas (2).....	149
4.2.4. Análisis estadístico e inferencial del contraste de las hipótesis específicas (3).....	151
4.3. Discusión de resultados	153
CONCLUSIONES	157
RECOMENDACIONES	159
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160
ANEXOS.....	163

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Minería, extensión y volumen.....	18
Tabla 2 Equipos de carguío y acarreo	58
Tabla 3 Operacionalización de las Variables y Productividad.....	70
Tabla 4 Equipos de carguío y acarreo	74
Tabla 5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	75
Tabla 6 Coordenadas UTM WGS 84 de la Unidad Minera Dos Estrellas	78
Tabla 7 Acceso a la zona de estudio.....	80
Tabla 8 Vida probable de la Unidad Minera Dos Estrellas	88
Tabla 9 Características de la excavadora 329DL.....	106
Tabla 10 Capacidad o colmatada del cucharón en porcentajes	106
Tabla 11 Características Del Volquete Volvo FH6X4T.....	108
Tabla 12 Pregunta N°1: ¿Ud. toma el peso del material acarreado?, Si la respuesta es (si), ¿Cómo se toma el peso?	111
Tabla 13 Pregunta N°2: ¿Cómo acumulan el control de tonelaje del acarreo? ...	112
Tabla 14 Pregunta N°3: ¿Considera que el sistema de pesado es fácil?, ¿Porqué?	112
Tabla 15 Pregunta N°4: Cree que una balanza digital con sistema de sensores facilitaría tomar el peso de los equipos del acarreo, ¿Por qué?	112
Tabla 16 Pregunta N°5: Conoce Ud. alguna Unidad Minera cercana que utiliza balanzas digitales con sistema de sensores para el control de carguío y acarreo de equipos, Donde.....	113
Tabla 17 Pregunta N°6: Ud. cree que sería importante que Unidad Minera con una balanza electrónica, ¿Por qué?	113
Tabla 18	116
Tabla 19 Tiempo de carguío de una tolva de un volquete en 6 ciclos.....	117
Tabla 20 Ciclo de carguío - turno mañana (volquetes 1 al 4).....	119
Tabla 21 Ciclo de carguío - turno tarde (volquetes 5 al 8).....	120
Tabla 22 Resumen comparativo de promedios generales de ciclos de carguío de 8 volquetes	121
Tabla 23 Balance de ciclos de carguío y eficiencia por 7 horas	122
Tabla 24 Tiempo de carguío de ciclos de cucharones de la excavadora en horas / meses.....	123

Tabla 25 Matriz productividad y rendimiento del equipo de carguío (excavadora)	124
Tabla 26 Acumulación de la tolva por tm de ocho volquetes	125
Tabla 27 Acumulación de la tolva en TM por hora, días y semanas	126
Tabla 28 Promedios de tiempos de un ciclo de acarreo	127
Tabla 29 Desempeño del volquete N° 1	129
Tabla 30 Desempeño del volquete N°2	130
Tabla 31 Desempeño del volquete N°3	131
Tabla 32 Desempeño del volquete N°4	132
Tabla 33 Desempeño del volquete N°5	133
Tabla 34 Desempeño del volquete N°6	134
Tabla 35 Desempeño del volquete N°7	135
Tabla 36 Desempeño del volquete N°8	136
Tabla 37 Tabla comparativa de rendimiento por 8 volquetes	138
Tabla 38 Rendimiento operativo y eficiencia de los equipos de acarreo en Km...	139
Tabla 39 Matriz de productividad y rendimiento físico de equipo de acarreo (flotilla 8 v)	141
Tabla 40 Rendimiento operativo, costo de acarreo e ingresos de la flotilla de 8 volquetes por jornada de 7h	142
Tabla 41 Matriz de rendimiento y variabilidad de la flota tras la implementación de sensores	145

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Minería subterránea	19
Figura 2 Minería a cielo abierto	20
Figura 3 Minería submarina.....	21
Figura 4 Minería de pozos de perforación o in situ.....	21
Figura 5 Minería aluvial o de placeres.....	22
Figura 6 Minería inteligente	24
Figura 7 Yacimiento aluvial.....	25
Figura 8 Método explotación la canaleta.....	29
Figura 9 Método explotación dragas de succión	29
Figura 10 Método explotación chupaderas y carrancheras	30
Figura 11 Método explotación ingenio.....	30
Figura 12 Método explotación arrastre	31
Figura 13 Método Explotación Módulo o Chute	32
Figura 14 Bascula de peso para camiones.....	34
Figura 15 Bascula O balanza de plataforma	35
Figura 16 Bascula o balanza por ejes.....	37
Figura 17 Bascula o balanza portátil.....	38
Figura 18 Sensor o celdas de carga análogas.....	41
Figura 19 Sensor Celdas de Carga hidráulica.....	42
Figura 20 Celdas de carga híbridas analógicas o digitales.....	42
Figura 21 Celdas de Carga Digitales	43
Figura 22 Celdas de carga powercell	44
Figura 23 Celda de carga tipo botella.....	45
Figura 24 Celda de carga tipo viga	46
Figura 25 Celda de carga tipo viga doble apoyo.....	47
Figura 26 Tipo Viga en cantiléver o de ménsula.....	47
Figura 27 Celda de carga tipo s.....	48
Figura 28 Celda de carga tipo plataforma	49
Figura 29 Señal de Salida de Una celda de carga o sensor.....	50
Figura 30 Circuito de la celda de carga o sensor.....	52
Figura 31 Ley ohm	53
Figura 32 Hoja de cálculo macros excel	54

Figura 33	Carguío Y acarreo minero.....	57
Figura 34	Producción minera	60
Figura 35	Medición de la productividad.....	61
Figura 36	Plano de ubicación.....	78
Figura 37	Columna estratigráfica del departamento de Madre de Dios.....	82
Figura 38	Producción estimada de oro de la Unidad Minera.....	88
Figura 39	Diagrama de flujo planta de tratamiento de la unidad minera	89
Figura 40	Método de explotación	94
Figura 41	Extracción de la grava aurífera	95
Figura 42	Extracción de la grava aurífera	96
Figura 43	Planta de tratamiento, chute	97
Figura 44	Área de amalgamado	98
Figura 45	Disposición del desmonte.....	99
Figura 46	Cuidado del medio ambiente.....	100
Figura 47	Ciclo de carguío.....	101
Figura 48	Acarreo	102
Figura 49	Descarga	103
Figura 50	Grava aurífera de la Unidad Minera Dos Estrellas	104
Figura 51	Excavadora 329DL.....	105
Figura 52	Factor de llenado de acuerdo al material	107
Figura 53	Volquete volvo FH6X4T	108
Figura 54	Balanza electrónica eje por eje	110
Figura 55	Tiempo del ciclo de la excavadora de un cucharón en segundos	116
Figura 56	Ciclo de carguío - turno mañana (volquetes 1 al 4).....	119
Figura 57	Ciclo de carguío - turno mañana (volquetes 1 al 4).....	120
Figura 58	Distribución el tiempo del ciclo de acarreo	128
Figura 59	Distribución normal y regiones de decisión para el contraste de la hipótesis General	146

ACRONIMOS

Abreviatura	Significado	Aplicación y Contexto en la Investigación
APA	American Psychological Association	Estilo normado y estandarizado para la redacción científica de la tesis.
C&O	Costos de Propiedad y Operación	Cálculo de costos fijos y variables por hora operativa de cada volquete.
gm	Gramo de Oro Nativo	Unidad de medida para calcular la ley de cabeza por m ³ de grava extraída.
H0	Hipótesis Nula	Suposición estadística que niega el efecto significativo de los sensores implementados.
H1	Hipótesis Alterna	Suposición de la investigación que afirma la incidencia positiva del sistema tecnológico.
IGAFOM	Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal	Unidad de análisis documental empleada para la parte teórica de esta investigación
KPI	Indicador Clave de Rendimiento	Métricas que evalúan el tiempo de ciclo, productividad y eficiencia de la flota.
R2	Coeficiente de Determinación	Parámetro estadístico empleado para medir la correlación perfecta de la productividad.
TI	Tecnologías de la Información	Sector de herramientas tecnológicas al que pertenece la innovación implementada.
TK	Tonelada - Kilómetro	Indicador de rendimiento del circuito de transporte en los 5.0 km de ruta.
TM	Tonelada Métrica	Unidad de peso oficial registrada para medir la capacidad de carga por volquete.
TM/h	Toneladas Métricas por Hora	Medición de la tasa de acarreo horaria de mineral movilizado por la flota.
U. M.	Unidad Minera	Sigla que identifica el espacio geográfico del estudio (U. M. Dos Estrellas).
USD	Dólar Estadounidense	Moneda estándar internacional utilizada para la valorización del oro y el petróleo.
VBA	Visual Basic para Aplicaciones	Lenguaje de programación empleado para codificar el programa automatizado de macros.
WTI	West Texas Intermediate	Tipo de petróleo de referencia global utilizado para ajustar el precio del diésel.
Zcalc	Valor Estadístico Z Calculado	Resultado de la prueba Gaussiana obtenida con los datos reales de los volquetes.
Zcrit	Valor Estadístico Z Crítico	Límite teórico de tabla que define la zona de rechazo de la hipótesis nula.

RESUMEN

Esta investigación se ejecutó en la Unidad Minera Dos Estrellas de Huaypetuhe - Madre de Dios, donde se evaluó cómo la aplicación de sensores incide significativamente en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo mediante macros en Excel en línea frente al sistema mecánico y empírico. La metodología fue de tipo aplicada, con diseño cuasi-experimental y enfoque cuantitativo, analizando una flotilla de 8 volquetes en un circuito de 5.0 km durante 12 semanas.

La automatización digital logró una eficiencia en el procesamiento administrativo, reduciendo el tiempo de registro por turno. Los resultados demostraron la estabilización del tiempo de ciclo general en 25 minutos y 47 segundos, alcanzando un rendimiento constante de 2.35 viajes/hora por volquete. Con una carga promedio de 16.812 TM por viaje y velocidades de 12.23 km/h (ida) y 16.08 km/h (vuelta), se determinó una producción física diaria de 2,211.44 TM de grava aurífera.

En el contraste de hipótesis se rechazó la hipótesis nula (H_0) Y se aceptó la hipótesis alterna (H_1), en el análisis económico reflejó un ingreso bruto diario de \$7,625.03 USD frente a un costo de acarreo de \$2,912.00 USD, generando un excedente neto operacional de \$4,713.03 USD diarios. Se concluye que la tecnificación digital mediante sensores erradica la incertidumbre operativa y maximiza la rentabilidad de la aplicación minera.

PALABRAS CLAVE: SENSORES, MACROS EXCEL, PRODUCTIVIDAD, GRAVA AURÍFERA

ABSTRACT

This research was conducted at the Dos Estrellas Mining Unit in Huaypetuhe - Madre de Dios, where it evaluated how the application of sensors significantly impacts the productivity control of loading and hauling equipment using online Excel macros compared to a mechanical and empirical system. The methodology was applied, with a quasi-experimental design and a quantitative approach, analyzing a fleet of 8 dump trucks in a 5.0-km circuit over 12 weeks.

Digital automation achieved efficiency in administrative processing, reducing recording time per shift. The results demonstrated the stabilization of the overall cycle time at 25 minutes and 47 seconds, reaching a consistent performance of 2.35 trips/hour per dump truck. With an average payload of 16.812 MT per trip and speeds of 12.23 km/h (outbound) and 16.08 km/h (return), a daily physical production of 2,211.44 MT of gold-bearing gravel was determined.

In the hypothesis testing, the null hypothesis (H0) was rejected and the alternative hypothesis (H1) was accepted. The economic analysis reflected a daily gross revenue of \$7,625.03 USD compared to a hauling cost of \$2,912.00 USD, generating a daily net operational surplus of \$4,713.03 USD. It is concluded that digital modernization through sensors eliminates operational uncertainty and maximizes the profitability of the mining application.

KEYWORDS: SENSORS, EXCEL MACROS, PRODUCTIVITY, GOLD-BEARING GRAVEL.

INTRODUCCIÓN

Cumpliendo en el reglamento de grados y títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería De Minas de la Universidad San Antonio Abad del Cusco ponemos a vuestra consideración el siguiente trabajo de investigación intitulado “**APLICACIÓN DE SENSORES EN EL CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO, MEDIANTE MACROS EXCEL, EN LA U. M. DOS ESTRELLAS DE HUAYPETUHE – MADRE DE DIOS 2023**”; para optar al título Profesional de Ingeniero de Mina.

El presente trabajo aborda el tema de control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo aspectos importantes para el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, porque la falta de un buen control genera pérdidas para la Unidad Minera, donde lo ideal es reducir o bajar los tiempos muertos tanto del equipo de carguío como el de acarreo; en este sentido, el siguiente trabajo de investigación está estructurado en seis capítulos esenciales:

El **Capítulo I**, aborda formalmente el planteamiento del problema mediante una descripción detallada de la realidad problemática objeto de estudio. En esta sección se configuran la formulación y los objetivos de la investigación, tanto generales como específicos. Asimismo, se determina la justificación, importancia y limitaciones del estudio; concluyendo con el planteamiento de las hipótesis y la operacionalización de las variables que delimitan el marco metodológico de esta investigación.

En el **Capítulo II**, se recopila y organiza la información que sustenta el marco teórico. En primer lugar, se exponen los antecedentes de la investigación a través de la revisión de investigaciones previas. Posteriormente, se presenta la definición

de términos básicos, ofreciendo un deslinde terminológico que facilita la comprensión del lector.

En el **Capítulo III**, se aborda la Metodología que se aplicó en la siguiente investigación donde se plantea el tipo y nivel de investigación, se determina la población y muestra de la siguiente investigación, las técnicas e instrumentos que se utilizaron en la ejecución de esta investigación. Asimismo, se describe el ámbito de estudio y el contexto operativo y los parámetros específicos de la unidad minera, proporcionando un panorama integral del entorno donde se implementó la investigación.

En el **Capítulo IV**, se presentan los hallazgos de la investigación mediante un tratamiento estadístico detallado en tablas y gráficos. Asimismo, se incluye el análisis de los datos obtenidos y el correspondiente contraste de hipótesis, elementos fundamentales para la validación y fundamentación científica del estudio

Por último, se presentan las conclusiones, recomendaciones y la bibliografía de esta investigación, así como los anexos en el que se presentan evidencias fotográficas, así como documentarias que respaldan las acciones realizadas ejecutadas en la siguiente investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación del problema

La transformación digital de hoy en día a nivel mundial es una realidad obligatoria para todos los sectores, sobre todo para el sector minero donde las empresas mineras han implementado un moderno control de software y hardware que facilita el incremento de la productividad, la reducción de costos operacionales, el consumo de combustible entre otros aspectos relacionados al carguío y acarreo. En este sentido, el sector minero en nuestro país se encuentra en un proceso de transformación en el que vemos algunas minas y unidades mineras crecer a pasos agigantados y otros quedarse atrás. Entonces, para mantenerse en el mercado tiene que necesariamente implementar el uso de la inteligencia artificial; donde esta inteligencia sea capaz de mejorar y automatizar muchas tareas de forma eficiente. Por otro lado un gran sector minero de nuestro país, aún no han implementa la inteligencia artificial como es caso de la Unidad Minera Dos en el distrito de Huaypetuhe, Provincia de Manu y Departamento de Madre de Dios donde aún se utilizan técnicas convencionales o manuales como: el cubicaje o la estimación aproximada de la carga (tanteo) aspectos que generan bajo control de productividad debido que en muchas ocasiones se usan técnicas ineficientes situación que fue superada con la aplicación de sensores de peso con un sistema electrónico compuesto por celda de carga de gran capacidad para soportar sobrecargas, estas celdas de carga registran el peso que es leído por un indicador electrónico (balanza electrónica) transformando, recopilando y enviando datos en tiempo real sobre el rendimiento de dichos equipos como: la cantidad de material

transportado, tiempo de los ciclos; datos que son integrados en una hoja de cálculo Macros Excel herramienta que facilita tareas como: la acumulación, actualización automática de datos, cálculo de la productividad, tiempos, distancia entre otros datos aspectos que contribuyen en las operaciones, toma de decisiones precisas de forma rápida optima mejorando la eficiencia y sobre todo reduciendo costos situación que influye sustancialmente en el control de la productividad de equipos de carguío y acarreo.

Por último, en esta investigación se combina la tecnología, la inteligencia artificial a través de sensores de peso (celdas de carga) con la flexibilidad del macro excel para un control efectivo y sencillo de la productividad de operaciones de carguío y acarreo aspecto fundamental de toda empresa minera.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo la aplicación de sensores incide en el control de la productividad de equipos de carguío y acarreo, mediante macros excel, en la U. M. Dos Estrellas de Huaypetuhe - Madre de Dios?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo es el sistema actual para el control de peso de la carga en las tolvas de los volquetes en la Unidad Minera Dos Estrellas?
- ¿Cómo obtener y organizar datos en línea de la carga de los volquetes Unidad Minera Dos Estrellas?
- ¿Cuáles son los parámetros de producción de los equipos de carguío y acarreo en la Unidad Minera Dos Estrellas?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

1.3.1. Justificación

La transformación digital y las soluciones tecnológicas en estos últimos tiempos se han vuelto indispensables en la minería porque la inteligencia artificial en minería permite optimizar el flujo de trabajo y el uso de equipos y maquinaria aumentando la eficiencia y la productividad donde se mejora la confiabilidad de los datos obtenidos y sobre todo proporciona información en tiempo real contribuyendo eficazmente en la toma de decisiones.

En esta investigación se pone un sistema de inteligencia artificial a través de Macros Excel donde se implementa un sistema inteligente artificial, asimismo se usa una báscula de peso para camiones que se colocó debajo de las ruedas y el cuerpo de los camiones para determinar la relación del material (grava) expresado en unidades físicas (toneladas de material extraído) con respecto al insumo expresado en horas efectivas de trabajo.

La aplicación de esta investigación permitió fortalecer la planificación minera, Mejorar el presupuesto y la gestión de riesgos y la eficiencia a través de la tecnología y la inteligencia artificial Persiguiendo la excelencia operativa, y tener la información en tiempo real.

1.3.2. Importancia

La importancia del presente estudio radica en el análisis de la aplicación de sensores en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo, utilizando la herramienta digital Microsoft Excel en la Unidad Minera Dos Estrellas de Huaypetuhe, en Madre de Dios. Con ello, se busca determinar cómo los sensores de peso influyen en la eficiencia del control productivo, permitiendo

reducir el tiempo destinado a estas tareas y obteniendo datos precisos en tiempo real desde diferentes áreas de la unidad minera, listos para su procesamiento. En este sentido, la investigación resalta la relevancia de la minería inteligente mediante la digitalización de los procesos, lo que contribuiría a mejorar la toma de decisiones y optimizar la producción. Asimismo, se enfatiza la importancia de la inteligencia artificial como un componente clave para el futuro del sector minero en el Perú.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Demostrar que la aplicación de sensores incide en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo, mediante macros excel en la U.M. Dos Estrellas de Huaypetuhe -Madre de Dios

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el actual sistema de control de peso de la tolva de los volquetes en la Unidad Minera Dos Estrellas
- Diseñar un esquema mecánico y electrónico con el programa macro Excel en línea para recabar y organizar datos de la carga de los volquetes en la Unidad Minera Dos Estrellas
- Determinar los parámetros de producción de los equipos de carguío y acarreo en la Unidad Minera Dos Estrellas

1.5. Delimitaciones de la investigación

1.5.1. Delimitación temporal

El desarrollo de esta propuesta investigativa se llevó a cabo entre los meses de diciembre 2023 hasta abril del año 2024.

1.5.2. Delimitación espacial

Esta investigación se desarrollará en la Unidad Minera Dos Estrellas del Distrito de Huaypetuhe, Provincia de Manu y Departamento de Madre de Dios

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

De la revisión de las bibliotecas de nuestra institución y de las páginas web se encontró que se han presentado varias tesis, dichas investigaciones que contribuyeron sustancialmente en la planificación, organización y ejecución de este trabajo de investigación, expuestos del siguiente modo:

2.1.1. Antecedentes internacionales

LOOR CÁRDENAS. V (2020), TESIS DE POST GRADO “Aplicación de Inteligencia Artificial para el Agendamiento y Optimización del Diseño de Fases en Minería a Cielo Abierto”, presentada en la Universidad de Chile, tuvo como objetivo principal desarrollar una metodología que apoye el diseño óptimo de minas a cielo abierto, llegando a las siguientes conclusiones la metodología basada en inteligencia artificial presenta cuatro ventajas principales. En primer lugar, los pushbacks generados mediante IA no requieren una selección manual, lo que representa una mejora frente al método tradicional, donde el resultado depende en gran medida de la experiencia del planificador minero. En este sentido, la IA contribuye a reducir el tiempo del proceso en la generación de pushbacks y en el diseño de fases posteriores. En segundo lugar, la IA permite obtener pushbacks más pequeños y disminuir las diferencias de tonelaje, evitando así el problema del “gap”. En tercer lugar, el tamaño del modelo de bloques no constituye una limitación. Finalmente, los pushbacks obtenidos cumplen con las restricciones operativas y de diseño establecidas, facilitando el desarrollo de las fases posteriores. En contraste, los pushbacks generados con la metodología tradicional presentan mayores dificultades para su operatividad. Como resultado, las fases

diseñadas con apoyo de IA incorporan una menor proporción de estéril y ofrecen una guía más eficiente para el diseño.

Concurrencia investigativa: La relación que existe con la presente investigación sobre metodología IA para pushbacks y la aplicación de sensores en el control de la productividad de equipos de carguío y acarreo es de retroalimentación y ejecución de precisión. Mientras la IA define el plan maestro óptimo, los sensores aseguran que ese plan se cumpla efectivamente en el terreno, transformando los datos teóricos en control operativo real.

2.1.2. Antecedentes nacionales

CASTILLO LIBERATO. O (2022), TESIS DE PRE GRADO “Desarrollo De Modelos Predictivos De Regresión En La Industria Minera Mediante El Uso De Algoritmo De Machine Learning” presentada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos cuyo objetivo principal fue desarrollar modelos predictivos en casos de la Industria Minera mediante algoritmo de Machine Learning, donde concluyeron que los resultados obtenidos permitieron una mejora significativa en la productividad, el consumo energético, la reducción de los niveles de contaminación y la optimización de la seguridad de los trabajadores. El estudio planteó soluciones en tres casos de la industria minera mediante el uso de modelos predictivos de regresión, los cuales posibilitaron estimar con un alto nivel de precisión el precio del oro, el contenido de sílice en el concentrado de hierro y el consumo de combustible en camiones mineros de gran tonelaje. Asimismo, se desarrollaron estos modelos a partir de distintos algoritmos de machine learning utilizando datos históricos. No obstante, para la predicción del contenido de sílice en el concentrado de hierro fue necesario emplear el algoritmo de ensamble Random Forest, además de

comprender adecuadamente el problema a resolver mediante técnicas de aprendizaje automático Castillo, (2022)

Concurrencia investigativa: La relación existente con esta investigación sobre modelos predictivos y la implementación de sensores en maquinaria de acarreo y carguío es de origen y aplicación. Porque los sensores actúan como la fuente de datos en tiempo real que alimenta los modelos de Machine Learning (ML) para transformar mediciones crudas decisiones estratégicas que optimizan la productividad razón de ser de esta investigación.

CASTRO LÓPEZ. R y GARCÍA TIMOTEO. O (2020), TESIS DE PRE GRADO “Desarrollo de un Sistema Inteligente para la Adecuada Gestión de Mantenimiento en una Flota de Máquinas PC4000-6” presentado en la Universidad Nacional de Piura, donde su objetivo principal fue automatizar la recolección, filtrado y clasificación algorítmica de las fallas de la flota PC4000-6, concluyendo que se observó que el modelo logra clasificar correctamente los datos de fallas en un 85%. Asimismo, se evidencia una reducción del tiempo empleado en la clasificación de fallas de la flota de máquinas PC4000-6 mediante el uso de un algoritmo de machine learning. De esta manera, el personal del área de mantenimiento cuenta con una herramienta de apoyo que facilita la obtención rápida de información precisa, permitiendo el desarrollo de estrategias orientadas a mejorar la gestión del mantenimiento de dicha flota Castro y García (2020)

Concurrencia investigativa: Básicamente la relación que existe entre ambas investigaciones es que los sensores generan la información, el algoritmo la procesa y el personal toma decisiones estratégicas para que la producción no se detenga, aspecto muy importante de una mina.

VÁSQUEZ TORRES. G (2021), TESIS DE PRE GRADO “Diseño e Implementación de un Sistema de Telemetría en Apoyo a la Optimización de la Productividad en la Unidad Operativa Inmaculada, de la Compañía Minera Ares – Año 2021” presentado en la Universidad Tecnológica del Peru, plantearon como objetivo principal diseñar e implementar una arquitectura telemétrica orientada a optimizar los índices de productividad en los procesos de extracción minera subterránea donde concluyeron que la información se actualiza solo una vez al día, lo cual genera retrasos en la disponibilidad de los datos y, en consecuencia, una toma de decisiones tardía. Además, al depender únicamente de registros manuales realizados por los operadores sobre el trabajo de los vehículos en el proceso de extracción de mineral, no es posible obtener una medición precisa de su rendimiento. En contraste, con la implementación de un sistema de telemetría basado en tecnologías inalámbricas y sensores, se logró automatizar el proceso de captura y registro de información de producción. Esto permitió reducir la intervención humana y los errores asociados, acortar el tiempo de recolección de datos y monitorear de forma remota el desempeño de los vehículos. Como resultado, se obtiene información más exacta y oportuna, favoreciendo una mejor toma de decisiones y la optimización de la productividad operativa

Concurrencia investigativa: En esencia, la relación con esta investigación es que ambas investigaciones sustentan que la aplicación de los sensores a través de una balanza convierte un proceso manual lento y propenso a errores, en un flujo creciente de datos automáticos, preciso y remoto que permite controlar la flota de carguío y acarreo con eficiencia en real.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Entorno, contexto geológico y minero

Cantera Sitio de donde se saca piedra, greda u otra sustancia análoga para obras varias.

Ciclo minero. Es la secuencia de etapas sucesivas y obligatorias que atraviesa un proyecto desde que se busca el mineral hasta que la mina deja de operar o producir

Grava aurífera: En un contexto minero es un depósito sedimentario compuesto por fragmentos de roca, arena y limo que contiene partículas de oro libre en su interior. Este tipo de yacimientos es conocido técnicamente como placeres.

Mina. Se entiende por depósito natural, acumulación o concentración de minerales y materiales fósiles que poseen valor económico y pueden ser explotados de manera rentable, encontrándose tanto en la superficie terrestre como en el subsuelo.

Mina subterránea. es aquella explotación de recursos mineros que se desarrolla por debajo de la superficie del terreno. Mina.

Yacimiento minero. Es parte de la corteza terrestre, en la cual debido a procesos geológicos es una concentración o acumulación materia prima como: minerales, rocas, hidrocarburos, etc.

2.2.2. Tecnología, Instrumentación e Inteligencia artificial

Inteligencia artificial (IA). En el ámbito técnico y minero, la Inteligencia Artificial se entiende como un conjunto de herramientas tecnológicas y algoritmos

diseñados para que los sistemas computacionales puedan aprender, analizar información y ejecutar actividades que, por lo general, demandan capacidades propias de la inteligencia humana. En la minería moderna, la IA actúa como un asistente digital que procesa volúmenes masivos de datos para optimizar todas las fases del ciclo minero. Especialmente en el ciclo de carguío y acarreo.

Sensores. Dispositivos que detectan una determinada acción externa puede ser temperatura, presión, peso, etc. y la transmite adecuadamente.

Tecnología. Tecnología no debe entenderse únicamente como un objeto o herramienta, sino como un proceso y una capacidad que permite modificar, integrar o aprovechar elementos ya existentes para crear algo nuevo o asignarle una función diferente.

Macros. Son procesos automatizados que pueden configurarse para ejecutar tareas complejas de manera repetitiva, permitiendo realizarlas cuantas veces sea necesario sin tener que repetir manualmente cada una de las acciones involucradas.

Machine learning. También llamado aprendizaje Automático, es una rama de la Inteligencia Artificial y que permite que las máquinas aprendan de los datos por sí mismas, sin ser programadas explícitamente para cada tarea. En lugar de seguir reglas rígidas el sistema utiliza algoritmos para identificar patrones en grandes cantidades de información y tomar decisiones o predicciones basadas en esa experiencia previa.

2.2.3. Equipos componentes y transporte de carga

Flotilla. En transporte hace referencia a un grupo reducido de vehículos, en el ámbito del transporte y la logística, hace referencia a un grupo o conjunto

reducido de vehículos automotores que operan bajo una misma administración o asignación de trabajo.

Maquinaria pesada. En un contexto minero se refiere al conjunto de vehículos y equipos de grandes dimensiones diseñados para realizar tareas que exceden la capacidad humana o de herramientas convencionales, como el movimiento de grandes volúmenes de tierra, excavación, carga y transporte de materiales.

Tolva de volquete. Dispositivo que sirve para transportar y/o almacenar gran cantidad de carga como arena, piedras, minerales.

Transporte de carga. Es el tipo de transporte encargado de movilizar bienes y mercaderías de un lugar de origen a otro de destino

Vehículos Automotores. Unidades de transporte motorizadas de más de dos ruedas, equipadas con un sistema de tracción propio que les permite desplazarse de forma autónoma con la función principal de movilizar bienes, materiales o cargas diversas

2.2.4. Productividad, métricas físicas

Carga útil. Es la cantidad neta de material mineral o estéril que un equipo de acarreo puede transportar de forma segura y eficiente en cada ciclo.

Cubicaje. También llamado cubicación en minería es el proceso técnico mediante el cual se determina el volumen, tonelaje y leyes de un yacimiento mineral. Es una etapa crítica de la exploración avanzada que permite traducir los datos geológicos en valores numéricos para evaluar si un proyecto es económicamente viable.

Magnitudes físicas. Las magnitudes corresponden a las características físicas que posee un objeto y que pueden ser medidas, mientras que las unidades constituyen los patrones de referencia empleados para cuantificar y expresar dichas propiedades.

Metros cúbicos (m³). Son la unidad de medida de volumen, en el Sistema Internacional. Representan el espacio ocupado por un cubo que tiene un metro de largo, un metro de ancho y un metro de alto (1mx1mx1m).

Pesaje. Acción de medición y registro de masa ejecutada por celdas de carga y sensores instalados en la suspensión de la maquinaria pesada. En el marco de esta tesis, el concepto se delimita como el origen de la señal digital que la telemetría a bordo inalámbricamente hacia el centro de control, eliminando los errores de estimación visual o el registro manual de los operadores

Productividad. Es la capacidad de producción de minerales que son comercializados como materia prima

Superficie de terreno. Medida que expresa el tamaño o extensión de un terreno. Magnitud geométrica bidimensional que expresa el tamaño, área o extensión total de una porción de terreno determinada dentro de la concesión minera.

Toneladas métricas (TM). Dentro de un contexto minero y técnico las Toneladas Métricas son la unidad de medida de masa estándar utilizada para cuantificar el volumen de producción y el movimiento de tierras. Una Tonelada Métrica equivale exactamente a 1,000 kilogramos.

2.2.5. Contexto Normativo y Legal de la Operación

Cateo minero. Es la etapa inicial de la actividad minera que consiste en buscar indicios de mineralización en la superficie del terreno mediante herramientas sencillas caracterizándose por ser una fase exploratoria visual y de bajo costo.

Minería ilegal. No paga impuestos, genera alto impacto ambiental, contamina el agua y trae consecuencias secundarias muy graves en su ejecución. comprende un conjunto de actividades ilícitas a su alrededor como lavado de dinero y la extracción ilegal

Minería legal. Es aquella que tiene todos los documentos al día que le otorga el estado, y que respeta todo lo mencionado por las leyes de cada país y la ley minera de cada estado.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Minería

Para Ministerio de Minas y Energía (2023) la minería es una “ciencia, técnicas y actividades que tienen que ver con el descubrimiento y la explotación de yacimientos minerales” (p. 108) conocido también como depósitos o masas geológicas que son parte de nuestra corteza terrestre, es también una actividad económica principal que pertenece al sector primario conocido también como actividades económicas de recolección, extracción y transformación de recursos naturales en este caso minerales y otros materiales geológicos que son esenciales para la producción, fabricación y abastecimiento de materias primas en diversas industrias, como la construcción, manufactura, electrónica y energía.

Asimismo, según Herrera, la minería es una actividad industrial orientada a la extracción selectiva de sustancias minerales presentes en la corteza terrestre, ya

sean sólidas (como minerales y combustibles), líquidas (como el petróleo) o gaseosas (como el gas natural). Estos recursos son transformados en materias primas, minerales o productos energéticos, los cuales permiten satisfacer las necesidades de abastecimiento de materiales esenciales para el desarrollo de la sociedad humana. (2017.p.01) en tal sentido, la minería es una actividad económica extractiva de minerales mediante diferentes métodos ya sea método superficial o subterránea, por lo cual debería garantizar el cuidado del medio ambiente al extraerlos del suelo y sub suelo.

2.3.1.1. Ley General de Minería en el Perú. Es el marco legal fundamental que regula todas aquellas actividades mineras dentro del territorio peruano. Desde el cateo hasta la comercialización. También define los derechos y obligaciones de las concesiones, obligaciones ambientales, seguridad, promoción e inversión minera.

a) Decreto Supremo N° 014-92-EM: Este Decreto Supremo que fue publicado el 03 junio 1992; es una norma que regula fundamentalmente las actividades mineras en Perú, establecida en el año 1992 para fomentar la inversión privada mediante un marco legal claro. Esta ley rige la propiedad estatal de los recursos minerales, el sistema de concesiones para exploración y explotación, donde se establece las obligaciones de producción y pago de vigencia por parte de los titulares. Ley que impulsa el crecimiento económico mediante la atracción de inversión.

b) Decreto Supremo N° 014-92-EM sobre las concesiones La ley define la naturaleza y los tipos de concesiones que el Estado otorga:

- **(Artículo 9) Definición:** De acuerdo con el artículo noveno de la Ley General de Minería del Perú, la concesión minera confiere a su titular el derecho

exclusivo y real de llevar a cabo actividades de exploración y explotación de recursos minerales dentro de una zona geográfica previamente delimitada.

- **(Artículo 10) Atribuciones del Título:** Este artículo reconoce que el título de concesión minera unifica las actividades de exploración y explotación.
- **(Artículos 19 y 20) Labor General:** en el **Artículo 19** la ley define la labor general como la actividad que presta servicios auxiliares (ventilación, desagüe, explotación) a dos o más concesiones de distintos titulares, esto quiere decir que si hay dos o tres minas diferentes una al lado de la otra, En lugar de que cada dueño gaste una fortuna haciendo su propio sistema de ventilación o bombeo de agua, la ley permite que estas minas puedan compartir estos servicios auxiliares tanto en el uso como en el gasto. Por otro lado, el **Artículo 20:** Otorga al titular el derecho a prestar dichos servicios y dice que quien construye y opera esta labor tiene el derecho exclusivo de cobrar por ese servicio a las otras minas. Se convierte en un prestador de servicios logísticos mineros.
- **(Artículo 39) Derecho de Vigencia:** Establece la obligación de los titulares de pagar un monto anual obligatorio (como un pago de alquiler al estado) por cada hectárea para mantener vigente su derecho.

c) Decreto Supremo N° 014-92-EM Sobre la Minería Artesanal: En cuanto a la Minería Artesanal el estado reconoce a través de los siguientes artículos:

- **Artículo 91** es fundamental, ya que clasifica a los productores mineros según su escala y capacidad.
 - **Artículo 91, inciso b:** Son personas naturales o jurídicas (incluyendo cooperativas) que se dedican habitualmente a la minería como medio de sustento.

Este mismo artículo reconoce que los **Límites de Extensión:** o Límite de tierra el estado reconoce que para ser pequeños o artesanales no pueden tener más de 1,000 hectáreas en total (sumando lo que tengan a su nombre y lo que alquilen a otros) Si se pasan de esas 1,000 hectáreas, dejan de ser "pequeños" ante la ley y pasan automáticamente al régimen de **Minería Mediana o Grande**, lo que implica pagar más impuestos y tener reglas mucho más estrictas. **De la Capacidad de Producción:** El estado reconoce que su capacidad instalada de producción y/o beneficio no debe superar las veinticinco (25) toneladas métricas diarias (**TMD**) para minerales metálicos, excepto en yacimientos tipo placer donde el límite es de doscientos (200) metros cúbicos diarios. De las **Obligaciones y Contratos** primero la **Inscripción y Acreditación:** Los mineros artesanales deben cumplir con las condiciones del artículo 91 para ser reconocidos como tales ante la autoridad minera. Segundo **Contratos de Explotación (Artículo 162):** Permite que titulares de concesiones celebren contratos con terceros (como mineros artesanales) para que estos últimos realicen actividades de explotación en sus áreas.

2.3.1.2. Clasificación de la minería. La minería para el Perú, nuestro país, es el pilar fundamental de la economía, en este sentido Maldonado (2021) clasifica la minería en base al área y volumen de explotación de la siguiente forma:

2.3.1.2.1. Gran minería o minería a gran escala. Se trata de una actividad minera que produce más de 5000 toneladas diarias y que comprende una extensión superior a 2000 hectáreas mineras, destinada a la explotación de grandes yacimientos. Entre los casos más frecuentes se encuentran los pórfidos cupríferos de cobre y los grandes depósitos de oro. Este tipo de minería es habitual en países desarrollados como Estados Unidos, China, Rusia y varios países europeos. En

América Latina, son pocos los países que realizan gran minería de manera adecuada, destacando como pioneros Perú, Chile y Brasil.

2.3.1.2.2. Mediana minería. se define como aquella actividad que extrae hasta 5000 toneladas métricas diarias y se desarrolla en áreas superiores a 2000 hectáreas mineras. Este tipo de minería es frecuente en la explotación de yacimientos de tamaño medio, especialmente de oro.

2.3.1.2.3. Pequeña minería. se define como aquella actividad que puede producir hasta 300 toneladas métricas por día y que se desarrolla en un área de hasta 2000 hectáreas mineras. Este tipo de minería emplea tecnología avanzada para la extracción de minerales, diferenciándose de la mediana y gran minería principalmente por el volumen de producción y el tamaño del yacimiento.

2.3.1.2.4. Minería artesanal. se caracteriza por producir hasta 25 toneladas métricas por día y desarrollarse en áreas de hasta 1000 hectáreas mineras. Aunque comúnmente se cree que no utiliza tecnología avanzada, en realidad requiere el uso de herramientas tecnológicas similares a las de la gran minería, pero adaptadas de manera específica para optimizar su eficiencia y rentabilidad según sus objetivos.

Tabla 1

Minería, extensión y volumen

Minería	Extensión	Volumen
Gran Minería	Más de 2000 hectáreas mineras	Más de 5000 Tm/día
Mediana Minería	Más de 2000 hectáreas mineras	Hasta 5000 Tm/día
Pequeña Minería	Hasta 2000 hectáreas mineras	Hasta 300 Tm/día (1)
Minería Artesanal	Hasta 1000 hectáreas mineras	Hasta 25 Tm/día (2)

Nota: Esta tabla que muestra las clases de la minería su extensión y el volumen que tienen. Adaptado de Geologiawed 2023(s.p),

2.3.1.3. Tipos de minería. La minería se encarga de la extracción de minerales que posteriormente son utilizados para la elaboración de materiales y herramientas empleadas en la vida cotidiana, lo que ha dado lugar a diversas formas de explotación. Según Yandry (2023), los tipos de minería se clasifican de acuerdo con los métodos de explotación.

2.3.1.3.1. Minería subterránea. la extracción del mineral se realiza a través de excavaciones bajo tierra, las cuales suelen adoptar la forma de túneles, piques o chimeneas mineras.

Estas operaciones, conocidas como labores mineras subterráneas, se caracterizan por desarrollarse a grandes profundidades y por no tener conexión directa con la superficie.

Figura 1

Minería subterránea



Nota: Adaptado de Geologiawed 2023(s.p); figura que muestra el trabajo subterráneo pueden ser túneles, piques o chimeneas mineras

2.3.1.3.2. Minería a cielo abierto. Radica en la extracción del mineral mediante grandes excavaciones realizadas en la superficie, organizadas en bancos horizontales. Este método se emplea tanto para la explotación de minerales metálicos como no metálicos, aunque es más frecuente en yacimientos de gran extensión o alto volumen. Usualmente, se utiliza en la explotación de pórfidos cupríferos y en canteras destinadas a la obtención de materiales de construcción.

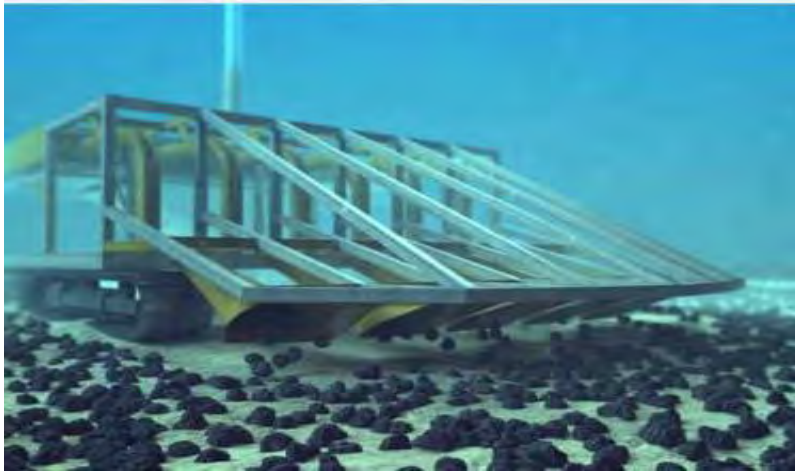
Figura 2

Minería a cielo abierto



Nota: Adaptado de Geologiawed 2023(s.p); figura que muestra excavaciones de gran tamaño en superficie

2.3.1.3.3. Minería submarina. Son actividades mineras que se realizan en el fondo marino, específicamente en el lecho oceánico. Su principal objetivo es la extracción de minerales metálicos formados a partir de procesos hidrotermales en montes submarinos y dorsales oceánicas. Según Maldonado, existe un especial interés en los nódulos de manganeso, debido a que suelen contener altas concentraciones de diversos metales.

Figura 3*Minería submarina*

Nota: Adaptado de Geologiawed 2023(s.p); figura que muestra procesos mineros en el fondo minero

2.3.1.3.4. Minería de pozos de perforación o In Situ. Se refiere a cualquier perforación o excavación del terreno realizada con la finalidad de localizar y extraer fluidos combustibles, como el petróleo o los hidrocarburos gaseosos, entre ellos el gas natural.

Figura 4*Minería de pozos de perforación o in situ*

Nota: Adaptado de Geologiawed 2023(s.p); figura que muestra excavaciones de suelo con el fin de extraer fluido

2.3.1.3.5. Minería aluvial o de placeres. Comprenden las actividades y operaciones mineras que se desarrollan en los cauces de los ríos, así como el uso de técnicas de minería aluvial para la extracción de minerales y materiales en terrazas aluviales. Estas terrazas son pequeñas plataformas o superficies elevadas formadas en los valles fluviales por la acumulación de sedimentos transportados por el propio río.

Figura 5

Minería aluvial o de placeres



Nota: Esta figura que muestra operaciones mineras en los cauces de los ríos. Adaptado de Geologiawed 2023(s.p);

2.3.1.4. Minería en Madre de Dios. Madre de Dios es uno de los 24 departamentos del Perú, y su capital es la ciudad de Puerto Maldonado, En el boletín Perú el Cuerpo de Ingenieros de Minas manifiestan que Madre de Dios “se extiende del Sudeste al Noroeste conteniendo una sucesión de nevados muy altos, entre los que sobresalen el Ananea, Aricoma, el Quenamari, el Ausangate, Callántate, el Huaylla - Huaylla” (1936. P 15) en este sentido, Madre De Dios es zona de flora y fauna abundante y se caracteriza principalmente por la concentración de metales pesados principalmente el oro.

Según Loaiza y Calderón, la cordillera Oriental es la principal fuente del oro detrítico, el cual se acumula en los depósitos de piedemonte y en la llanura de Madre de Dios. Este oro de origen primario fue desprendido de la roca encajonante por la acción de agentes exógenos y posteriormente transportado por los ríos que descienden de dicha cordillera, como el Marcapata (o Araza), Inambari, Malinowski y Colorado, hasta llegar al río Madre de Dios. En esta cuenca se encuentran diversos depósitos aluviales formados por dicho material. En general, el oro se encuentra en forma diseminada (zona alta), en charpas (Zona Intermedia), fino y laminar (zona baja)” (2021.p 56) desde este punto de vista podemos ver, que el autor dice que el oro se encuentra de forma dispersa en los causes y llanuras de los ríos. Desde hace varios años, en Madre de Dios se realiza la explotación de oro en lavaderos ubicados principalmente en las orillas de los ríos. La grava aurífera se encuentra bajo la superficie, cubierta por una capa arcillosa, por lo que su extracción requiere la limpieza del terreno y la remoción de la sobrecarga. Este proceso se lleva a cabo en las zonas ribereñas o en las playas fluviales.

2.3.1.5. Minería inteligente. Según los Andes Pacific Technology Access, la minería inteligente “Se trata de la adaptación de la industria en toda su cadena de valor y refleja la visión de la minería del futuro, la cual, mediante la incorporación integrada de tecnologías de vanguardia, logra una gestión más eficiente del proceso productivo. Asimismo, permite optimizar el uso de la energía, proteger la vida de las personas e infraestructuras, y asegurar la continuidad de las operaciones” (2021. p.7) y para esta misma revista se dice que la minería inteligente es una minería del futuro donde “La implementación de redes mediante plataformas de comunicación podría contribuir a mejorar dicho desempeño. En el caso de la minería a tajo abierto, el sistema más utilizado corresponde a las comunicaciones

en bandas UHF/VHF. Asimismo, la aplicación de sistemas automatizados demanda redes locales capaces de transmitir y recibir datos e información, además de integrar sistemas de posicionamiento que optimicen el control y seguimiento de los equipos” (p.17) Para el autor la implementación de redes mejora el desempeño de una mina donde se envían y reciben mensajes en tiempo real, entonces podemos decir que, la inteligencia artificial se llegará integrar de manera que automatizará toda la producción, concentración, hasta la comercialización de toda la unidad minera, facilitando sus funciones de manera más directa en tiempo real.

Figura 6

Minería inteligente



Nota: Adaptado de la web <https://hubinnovacionminera.pe/el-futuro-de-la-mineria-con-ia/> donde se muestra la adaptación de la industria minera a las redes a través de la tecnología de vanguardia

2.3.2. Yacimiento aluvial

Es aquello que se forma a lo largo del tiempo cuando un río atraviesa zonas con presencia de oro, donde la fuerza del agua va separando los materiales más livianos de los más pesados, quedando el oro, que por su densidad permanece sin desplazarse fácilmente. El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico indica que el oro “se concentra en los depósitos de piedemonte como en la llanura de Madre de

Dios. Este oro primario fue desprendido de la roca encajonante mediante diversos agentes exógenos y luego transportado por los ríos que descienden de la cordillera, tales como el Marcapata (o Araza), Inambari, Malinowski y Colorado hasta su desembocadura en el río Madre de Dios, donde se encuentran diversos depósitos aluviales. En general, el oro se presenta en forma diseminada en la zona alta, en charpas en la zona intermedia, y en formas finas y laminares en la zona baja" (2021, p. 57), por lo que estos ríos Marcapata o Araza, Inambari, Malinowski y Colorado desembocan en el río Madre de Dios, formando una cuenca con múltiples depósitos aluviales, donde el oro aparece distribuido como diseminado en la parte alta, en charpas en la zona media y en formas finas y laminares en la parte baja.

Figura 7

Yacimiento aluvial



Nota: Adaptado de la web Ingeoexpert donde se muestra la concentración del oro en un yacimiento aluvial y como se encuentra

Asimismo, los yacimientos aluviales se ubican en la Faja Andina y en las llanuras de Madre de Dios, donde se encuentran depósitos de sedimentos auríferos que son transportados por los ríos, presentándose el oro en forma de partículas finas o láminas, lo cual permite su aprovechamiento mediante la extracción aluvial.

En este contexto, Rubiano afirma que “el agua es fundamental en la minería de socavón, pero para el arrastre del material extraído. Tanto en el Pacífico como en la Amazonia oriental, los ríos son protagonistas centrales de la historia” (2020, p. 11), resaltando la importancia del agua y los ríos en el traslado y dinámica de los materiales mineros.

2.3.2.1. Tipos de yacimiento aluvial. Ramírez (2017) En su trabajo de investigación manifiesta que los tipos de placeres pueden clasificarse en: placeres aluviales de piedemonte y placeres aluviales de llanura.

2.3.2.1.1. Yacimientos aluviales de piedemonte: Son depósitos ubicados en zonas próximas del flanco de la Cordillera Oriental y en la faja subandino de la región Madre de Dios, los cuales se presentan en quebradas con pequeñas elevaciones y acantilados. Las formaciones más antiguas llegan a alturas de hasta 500 msnm, configurando niveles escalonados con una leve inclinación, mientras que las más recientes son relativamente planas y con ondulaciones suaves, conocidas como terrazas colgadas. Estas características se observan en las quebradas de Caychihue, Huaypetuhe y Guacamayo.

2.3.2.1.2. Yacimientos aluviales de llanura. Corresponden a los sedimentos que se encuentran en playas y cauces fluviales, así como a una serie de terrazas muy planas que pueden llegar hasta los 50 metros de altura. Estas formaciones se observan en el río Madre de Dios y en sus principales afluentes, como el Inambari, Tambopata y Malinowski. Este investigador en su investigación clasifica en: Yacimientos aluviales de piedemonte y Yacimientos aluviales de llanura. Por otro lado, para Ramírez (2017) Los tipos de yacimientos aluviales, según la geomorfología, implican la apertura de un pique con la finalidad de identificar la ubicación de la grava aurífera subyacente. De acuerdo con las

características fisiográficas de la zona, se distinguen dos áreas principales: las llanuras fluviales y el pie de monte. En la llanura aluvial se reconocen terrazas ubicadas en las cabeceras de los cursos de los ríos y playas que se forman durante la época de estiaje. El muestreo suele realizarse a lo largo de la playa, con una separación aproximada de 4 a 5 metros entre puntos. Asimismo, en los cauces de los ríos se realiza la extracción mediante succión de material utilizando maquinaria como balsas o dragas, donde la experiencia de los pequeños mineros y mineros artesanales ha permitido identificar diferentes tipos de depósitos.

- a) **Bolsones:** aquellos formados en caídas de agua.
- b) **Depósitos:** en la confluencia de dos ríos.
- c) **Botaderos:** en los codos de los ríos.
- d) **Corridas:** salida de los ríos. Se tiene por un lado en **Piedemonte:** se tiene áreas de purmas o zonas con boscosas identificándose zonas como Monte: se realizan piques. de 0,5x0, 5x0, 5m. El material es extraído con lampas, y en ellas, determinan la cantidad de "chispas de oro". Y por el otro, **Terrazas:** Generalmente en las quebradas afloran terrazas colgadas que generan pequeños acantilados que permiten visualizar zonas de grava aurífera y la potencia de la misma.

2.3.2.2. Explotación en un yacimiento aluvial. El boletín del Ingemmet (2021, p. 58) señala que el método de extracción utilizado en zonas de piedemonte y en terrazas de llanura se realiza de manera continua durante todo el año. Para su operación, es necesario acondicionar el área de trabajo mediante su limpieza y contar con una fuente de agua cercana, como ríos, quebradas, aguajales o lagunas. El proceso de explotación y beneficio, aplicado en lechos fluviales o zonas de inundación, se lleva a cabo mediante la succión directa del material ubicado por debajo del espejo de agua o del nivel freático. El proceso de extracción

se realiza mediante una bomba fija de entre 18 y 20 HP, la cual impulsa agua a presión hacia la zona de trabajo con el fin de generar una mezcla lodosa. Posteriormente, una segunda bomba de mayor potencia, que puede variar entre 90, 120 y 180 HP, se encarga de succionar y transportar dicho lodo hasta una zaranda y una tolva equipadas con una canaleta recubierta con alfombras, donde se retienen las partículas finas que contienen oro. Como resultado de esta actividad, se forma una excavación de dimensiones irregulares que puede alcanzar aproximadamente 10 metros de profundidad, dependiendo de la ubicación de la roca madre. Asimismo, el sistema de succión denominado “castillo” se instala sobre un puente de madera o metal colocado en una plataforma flotante, estructura conocida comúnmente como “traca”. Por otro lado, la planta de concentración, compuesta por la tolva de alimentación, la zaranda y la canaleta de lavado con alfombras en el fondo, se ubica en el mismo sector de explotación, pero asentada sobre terreno firme para garantizar su estabilidad durante las operaciones. También, describimos los métodos de explotación en yacimientos aluviales, del siguiente modo:

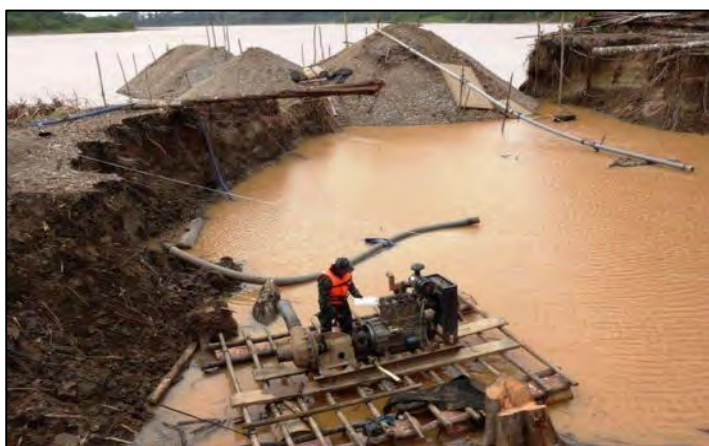
2.3.2.2.1. En Llanura Aluvial. Se desarrolla a lo largo de la rivera de los ríos o montes donde se usa los métodos de explotación siguientes:

a) La Canaleta. Este procedimiento consiste en trasladar la grava con contenido aurífero mediante una carretilla hasta una parrilla ubicada sobre una canaleta de recuperación, donde se realiza el proceso de separación del mineral. Para efectuar el lavado de la grava aurífera se emplea una bomba de agua de 5 HP o, en algunos casos, baldes, los cuales permiten remover el material y facilitar la recuperación de las partículas de oro.

Figura 8*Método explotación la canaleta*

Nota: Adaptado de [www.gama Peru-organización](http://www.gama-peru-organización) 2008, representa al método de explotación donde se alimenta a la canaleta con carretilla

b) Dragas de succión, O también llamadas bolsas este método es a través de ductos de succión de diámetro 6" bomba de 35-60HP y de 8", 10" y 12" tipo lanza de fierro y acciones a través de sistema mecánico o hidráulico, donde se aspira el material aurífero del fondo del cauce utilizando bombas de solidos de 35-90HP

Figura 9*Método explotación dragas de succión*

Nota: Adaptado de [www.gama Peru-organización](http://www.gama-peru-organización) 2008, representa al método de explotación por ductos de succión donde el material es aspirado

c) Chupaderas y carrancheras, Consiste en la succión del Material Aurífero por debajo del nivel del agua, mediante bombas de 4" a 6" de 35-60HP, el material pasa

a tolvas ubicados en la tierra, en el caso de chupaderas el material aurífero es desagregado por monitoreo y las bombas de las tolvas entran en la tierra

Figura 10

Método explotación chupaderas y carrancheras



Nota: Adaptado de [www Actualidad Ambiental 2026](http://www.ActualidadAmbiental2026.com) (s.p) método de explotación donde se succiona por debajo del nivel del agua

2.3.2.2 En terrazas de pie de monte. Este método se desarrolla en las partes altas, superficies de las terrazas colgadas

a. Ingenio. Este método consiste en abastecer el material aurífero (grava) con palas y picos a una acequia por donde circula el agua y que lleva el material aurífero a una canaleta de recuperación.

Figura 11

Método explotación ingenio



Nota: Adaptado de [www Actualidad Ambiental 2026](http://www.ActualidadAmbiental2026.com) (s.p) método de explotación donde llevan el material a una canaleta de recuperación

b. Arrastre. Consiste en explotar el afloramiento de grava aurífera que se encuentran en los acantilados, utilizando bomba de suministro de 16 a 35 HP, donde se desmorona el material aurífero, luego cae a un canal con agua que arrastra a la canaleta de recuperación, en este método utiliza abundante agua.

Figura 12

Método explotación arrastre



Nota: Adaptado de [www Actualidad Ambiental 2026](http://www.ActualidadAmbiental2026.com) (s.p) método de explotación donde el material se desmorona

c. Módulo o chute: En este método se utiliza maquinaria pesada como: cargadores frontales, volquetes, retro excavadoras para trabajos de arranque, carguío y acarreo, donde se transporta el material aurífero (grava) hacia el chute donde se efectúa el lavado del material mediante fuertes cantidades de agua.

Donde la mayor cantidad de material es descartado y solo una porción reducida para a una o más canaletas de recuperación.

Figura 13*Método Explotación Módulo o Chute*

Nota: Adaptado de [www Actualidad Ambiental 2026](http://www.ActualidadAmbiental2026.com) método de explotación donde se usa maquinaria pesada

2.3.3. Unidad minera

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, una unidad minera se define como la unidad económica que opera bajo la administración de una única entidad propietaria o controladora, y que se encarga de realizar actividades relacionadas con la minería, como la extracción, explotación y/o beneficio de minerales metálicos o no metálicos. Asimismo, esta comprende diversos centros de operación, como zonas de extracción, galerías, obras e instalaciones, los cuales se encuentran ubicados de manera contigua dentro de un área geográfica específica, como un cerro, yacimiento o cantera.

La unidad minera puede componerse de distintas configuraciones, tales como una o varias minas, las minas junto con su respectiva planta de beneficio, o únicamente una planta de beneficio. Esta última puede procesar minerales tanto de propiedad propia como de terceros. Sin embargo, no se consideran dentro de esta definición las actividades relacionadas con la fundición y la refinación de minerales. (2008, p.1); en este sentido, la unidad minera de diferentes características es una

unidad económica dedicada a realizar actividades de extracción o explotación de minerales metálicos o no metálicos, esta unidad es controlada por una entidad o un propietario, puede estar constituido por más de una mina.

El estado peruano a través de Gobierno Regional concede a plazo fijo o indefinido que además se pueden renovar siempre y cuando el titular cumpla todo lo estipulado por ley.

2.3.4. Báscula de peso para camiones

Las básculas para camiones en minería se utilizan a nivel mundial tanto en empresas mineras grandes y pequeñas, el uso de estas básculas son para determinar el peso de la carga útil de los camiones. Es así que, según la Compañía Mettler Toledo AG MarCom Industrial “La mayoría de las básculas para camiones se encuentran al aire libre.

Esto implica que deben resistir las condiciones adversas del entorno sin comprometer su funcionamiento preciso y confiable. Dependiendo del ambiente y del uso, la mayoría de los usuarios de básculas para camiones espera que estos equipos mantengan una vida útil aproximada de entre 10 y 20 años”. (2013, p.4) estas básculas de pesaje para camiones son muy importantes para el trabajo de una mina, y es que, facilita el trabajo minero y te da mayor precisión.

La báscula para pesar la carga del camión nos debe indicar: el peso de camión con carga, tara peso del camión descargado (peso neto= peso bruto), carga máxima que debe tener cada camión.

Por lo tanto, una báscula de peso para camiones ayuda al usuario a adquirir información de manera rápida, precisa, eficaz y confiable.

Figura 14

Bascula de peso para camiones



Nota: Muestra una balanza electrónica que se utiliza en la minería, fotografía adaptada de Copyright 2021

2.3.4.1. Tipos de básculas de peso para camiones. Estas básculas o balanzas camioneras se utilizan en diversos sectores, como: la minería, la construcción, la agricultura y el transporte. En este sentido los tipos de básculas camioneras y sus características difieren de acuerdo a sus necesidades

2.3.4.1.1 Básculas o balanza de plataforma. Son plataformas habituales y se encuentran en carreteras, puertos y almacenes. Su diseño consta de una plataforma plana y resistente donde el camión se estaciona para pesar la carga. sus características son:

a) Capacidad de carga. Las básculas o balanza de plataforma se encuentran en áreas de mucho tráfico y están diseñadas para medir una mucha amplitud de carga desde pequeñas toneladas utilizadas en vehículos ligeros hasta camiones de carga pesada con varias toneladas.

b) Precisión. Las básculas de plataforma es su capacidad para proporcionar mediciones precisas y confiables del peso del vehículo y su carga.

c) Durabilidad. Están construidas y diseñadas con materiales resistentes como el concreto y además son duraderos porque soportan las condiciones climáticas, ambientales y el peso de los vehículos que se deslizan sobre ellas.

d) Mantenimiento y calibración. El mantenimiento regular y calibrarlas periódicamente, este recomendado hacerle el mantenimiento regularmente.

Figura 15

Bascula O balanza de plataforma



Nota: Muestra la balanza electrónica utilizada en minería, fotografía adaptada de <https://meprosa.mx/2004>

2.3.4.1.2. Básculas de ejes. Se trata de balanzas diseñadas para registrar la distribución del peso en los distintos ejes de un camión, las cuales resultan fundamentales para asegurar el cumplimiento de las normativas de carga establecidas por eje. Entre sus principales características se destacan:

a) Mediciones específicas: Las básculas de ejes son equipos que permiten medir el peso de cada eje de un camión de carga de manera individual, función que resulta fundamental para garantizar que ninguna de las ruedas exceda los límites

de carga establecidos por la normativa vial vigente. Esta balanza proporciona mediciones precisas y específicas para cada eje. Las autoridades viales, los conductores y propietarios de minas pueden identificar la carga y si hay algún eje que está soportando una carga excesiva.

b) Cumplimiento normativo: Las básculas de ejes cumplen una función clave en el control del peso por eje regulado por las autoridades de transporte y tránsito. Cada país o región establece límites específicos de carga para cada eje, cuyo incumplimiento puede generar sanciones económicas y penalidades tanto para el conductor como para el propietario del vehículo.

c) Prevención de daños. La distribución inadecuada o el exceso de carga en los ejes de un camión puede generar efectos negativos en los neumáticos, el chasis y demás componentes del vehículo. Por ello, su control ayuda a prevenir el desgaste prematuro de los neumáticos, así como a reducir la frecuencia de mantenimiento y reparaciones.

d) Optimización de la carga: Además de asegurar el cumplimiento de la normativa vigente, las básculas de ejes contribuyen a mejorar la distribución adecuada de la carga en el vehículo.

e) Utilidad: Esto puede ser principalmente útil en industrias y empresas donde la precisión en la distribución del peso es fundamental.

Figura 16

Bascula o balanza por ejes



Nota: Muestra una balanza por ejes que es utilizada en la minería, fotografía adaptada de Copyright 2021

2.3.4.1.3. Básculas portátiles. Estas básculas se elaboran con materiales ligeros y al mismo tiempo resistentes, lo que facilita su traslado de un lugar a otro. Algunos modelos incorporan ruedas o asas que permiten un desplazamiento más sencillo. Gracias a estas características, resultan una alternativa adecuada para empresas que requieren el pesaje de grandes cargas en distintas ubicaciones o en zonas remotas donde no se dispone de básculas fijas.

a) Instalación rápida: Las básculas portátiles se caracterizan por su fácil y rápida instalación. A diferencia de las básculas de plataforma fija, que necesitan una base de concreto para su montaje, estas pueden ser colocadas directamente sobre el suelo con una preparación mínima. Esta particularidad permite agilizar tanto su instalación como su desmontaje, generando un ahorro considerable de tiempo y recursos frente a los sistemas de pesaje fijos.

b) Precisión: A pesar de su condición portátil, estas básculas están diseñadas para ofrecer mediciones precisas y confiables del peso de las cargas. Para ello, los

fabricantes incorporan tecnologías avanzadas y sensores de alta calidad, con el fin de garantizar que la exactitud de las mediciones no se vea afectada por su movilidad.

c) Flexibilidad de uso. Las básculas portátiles brindan una amplia versatilidad de aplicación en diversos contextos. Resultan especialmente adecuadas para empresas del sector construcción y minería que necesitan realizar el pesaje de materiales y equipos de gran tonelaje en distintos puntos de trabajo. Asimismo, son de gran utilidad en actividades del ámbito agrícola.

d) Ahorro de espacio: Las básculas portátiles no requieren un espacio fijo ni permanente, a diferencia de las básculas de plataforma convencionales. Cuando no se utilizan, pueden guardarse en espacios pequeños, lo cual resulta ventajoso para empresas que disponen de áreas limitadas o que necesitan conservar la flexibilidad y movilidad de sus instalaciones.

Figura 17

Bascula o balanza portátil



Nota: Muestra una balanza portátil que se utiliza en la minería, fotografía adaptada de Copyright 2024

2.3.4.2. Estructura de báscula de peso para camiones. La estructura de la basculas o balanza camionera depende mucho de la función, el modelo y año de fabricación. En este sentido, la Compañía Mettler Toledo Ag Marcom Industrial (2013) en las págs. 8 y 9 describe estructura de una báscula de peso, del siguiente modo:

a) Estructura de bascula fija

- Plataforma fija:
- Celdas de carga o sensores.
- Terminal.
- Cables.
- Cajas de conexiones.
- Gestión de la información.
- Accesorios.

b) Estructura de una báscula por ejes portátil

- Receptor de Carga o plataforma.
- Celdas de carga o sensores.
- Tarjeta de unión de celdas. (si utiliza más de 2 celdas de carga)
- Indicador Digital de peso.
- Cables
- Dispositivos periféricos. (impresor, pantalla repetidora de peso, etc.)

2.3.4.3. Funcionamiento de báscula para camiones. Todas las básculas para camiones en general tienen dispositivos en común que marchan simultáneamente para medir el peso de la carga de camiones. Las empresas mineras deben estar familiarizado con estos dispositivos para determinar cuál es la báscula se ajuste de mejor manera a sus necesidades. Es así que gracias a una

báscula para camiones podemos conocer cuanto pesa cada unidad con o sin carga. En otras palabras, es mucho más fácil determinar cuanto de carga lleva un camión. El objetivo principal es determinar la carga de cada camión sin importar el tipo de bascula están diseñados para albergar camiones de diferentes tamaños y que además cuenta con un sistema de medición propio que están conectados entre, los pesajes son enviados a diferentes terminales donde se obtiene los pesos en datos obtenidos.

2.3.5. Celdas de carga o sensores para bascula de camiones

Son sensores para determinar el peso, básicamente están elaborados en varios tipos, modelos y tamaños, la báscula para camiones es conocido como sensores que capturan y miden el peso de la carga de los camiones en la plataforma de la báscula. La mayoría de las básculas para camiones deben tener, más o menos, de 6 y 12 celdas de carga estas celdas trabajan juntas sin grietas, brindando lecturas de pesaje exactas.

2.3.5.1. Tipos de sensores o celdas de carga digital, el suizo Mettler (2013) manifiesta que existen cinco tipos de sensores o celdas de carga predominantes, y los divide en los siguiente:

2.3.5.1.1. Analógicas. La celda de carga es un componente metálico, fabricado en acero o acero inoxidable, que sufre una ligera deformación cuando se le aplica peso. Esta variación es detectada mediante bandas extensométricas eléctricas, las cuales generan una señal de voltaje analógica proporcional a la carga aplicada. Posteriormente, las señales analógicas provenientes de varias celdas se integran en una o más cajas de conexión ubicadas en la báscula, permitiendo su procesamiento conjunto. La señal combinada es enviada hacia una casilla de

pesaje, donde se procesa y se transforma en una señal digital que permite visualizar el peso correspondiente. Es importante señalar que las básculas para camiones han estado en uso desde la década de 1960 y, en algunos casos específicos, aún emplean sistemas basados en celdas de carga analógicas, como se observa en la imagen siguiente.

Figura 18

Sensor o celdas de carga análogas



Nota: Muestra Celda de Carga o Sensor Análogos, fotografía adaptada de Mettler Toledo Ag (2013)

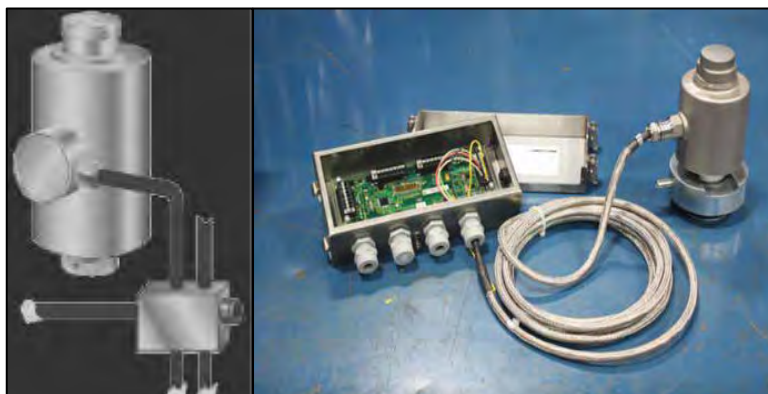
2.3.5.1.2. Hidráulicas: Las celdas de carga hidráulicas funcionan mediante pistones que comprimen un depósito de fluido. Este fluido presurizado es conducido a través de tuberías hidráulicas independientes hacia un dispositivo conocido como “totalizador”, ubicado en la casilla de pesaje o en sus proximidades. Dicho mecanismo recibe la fuerza resultante de la presión combinada del fluido y la transmite a una celda de carga analógica. Posteriormente, esta celda convierte dicha fuerza en una señal eléctrica que representa el peso total registrado por la báscula.

Figura 19*Sensor Celdas de Carga hidráulica*

Nota: Muestra Celda de Carga o Sensor Análogos, fotografía adaptada de Mettler Toledo Ag (2013)

2.3.5.1.3. Híbridas analógicas o digitales: En este sistema, las celdas de carga analógicas se integran a una caja de conexiones que se encarga de transformar la señal analógica en una señal digital.

La señal digital resultante presenta mayor estabilidad e intensidad, y es menos vulnerable que la señal analógica a errores de medición ocasionados por interferencias externas que pueden afectar el proceso de pesaje

Figura 20*Celdas de carga híbridas analógicas o digitales*

Nota: Muestra Celda de Carga o Sensor Híbridas Analógicas o Digitales, fotografía adaptada de Mettler Toledo Ag (2013)

2.3.5.1.4. Digitales: Se trata de celdas de carga que producen una tensión analógica, la cual posteriormente se convierte en una señal digital dentro del propio cuerpo de la celda. La información obtenida de cada celda es procesada para calcular el peso total del sistema.

El uso de señales digitales tanto en la celda de carga como en las etapas posteriores ofrece ventajas importantes, ya que estas señales son menos susceptibles a interferencias en comparación con las señales analógicas utilizadas en sistemas tradicionales.

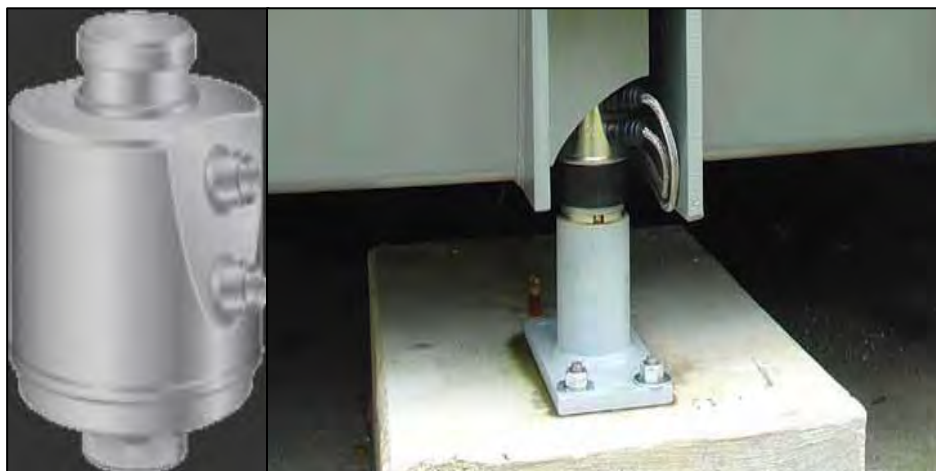
Figura 21

Celdas de Carga Digitales



Nota: Muestra Celda de Carga o Sensor Digitales, fotografía adaptada de Mettler Toledo Ag (2013)

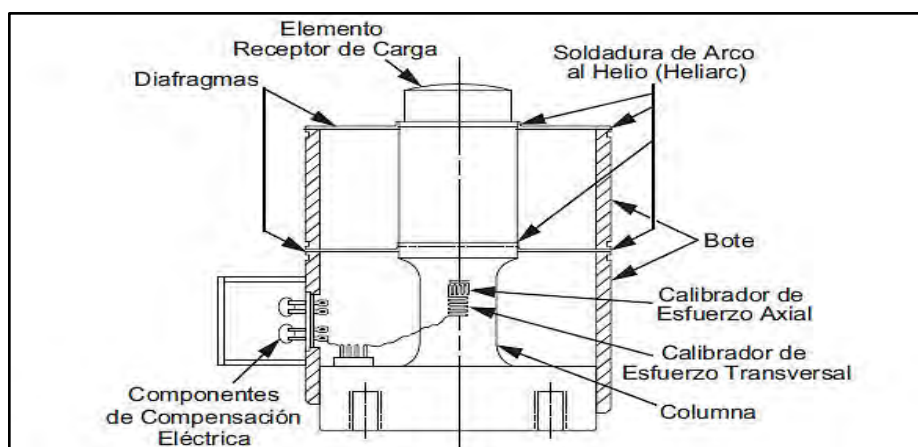
2.3.5.1.5. Powercell: Estas celdas de carga incorporan electrónica digital y cuentan con capacidad de procesamiento de señales en cada unidad. Además, permiten corregir posibles errores mediante la supervisión y el ajuste de las mediciones de peso con base en diversos criterios, proceso conocido como compensación digital. Asimismo, integran funciones avanzadas como diagnósticos predictivos, autoevaluación del sistema, detección de intrusiones y monitoreo remoto para el análisis del estado de funcionamiento.

Figura 22*Celdas de carga powercell*

Nota: Muestra Celda de Carga o Sensor Powercell, fotografía adaptada de Mettler Toledo Ag (2013)

Por otro lado, la Compañía, Rice Lake Weighing Systems, en su Manual de Celdas de Carga y Módulo (2018 p2-4) clasifica a los tipos de celdas de carga (sensores) para báscula de camiones del siguiente modo:

a) Tipo botella (canister). La celda de carga tipo botella se construye con acero inoxidable o acero de alta aleación con recubrimiento epóxico y es un diseño reciente. Está sellada herméticamente y soldada para proteger los calibradores. Este tipo de celda no es muy deseado debido al precio, porque es 2 y 3 veces más que la celda que otras celdas. Estas celdas de carga son construidas de dos maneras: columna sencilla y columna múltiple. Las de columna sencilla aguantan cargas laterales arriba del 15%. Las de columna múltiple soportan mayor carga lateral que las de columna sencilla. Los tonelajes de estas celdas de carga fluctúan entre 100 lb (45 kg) hasta 500,000 l (227 kg). Las celdas de carga tipo botella están construidas con acero inoxidable o acero de alta aleación con recubrimiento epóxico.

Figura 23*Celda de carga tipo botella*

Nota: Muestra Celda de Carga Tipo botella imagen adaptada de Manual de celdas y cargas 2018

b) Tipo Viga (Single-Ended Shear Beam). La celda de carga tipo viga está diseñada para aplicaciones de básculas de perfil bajo y procesos.

La cavidad del calibrador de tensión cuenta con un diafragma metálico delgado en donde están montados los calibradores. El rango normal de capacidades fluctúa desde 1,000 lb (454 kg) hasta 20,000 lb (9,072 kg), pero algunos fabricantes ofrecen hasta 40,000 lb (18,100 kg). Un extremo de la viga cuenta con las perforaciones de acoplamiento y en el otro extremo se aplica la carga.

La celda de carga deberá colocarse en una superficie plana y lisa, con pernos de alta resistencia.

Las mayores celdas de carga cuentan con más de 2 perforaciones de montaje para colocar pernos extra y guardar al herramental de elongaciones debidas a la tensión de la carga.

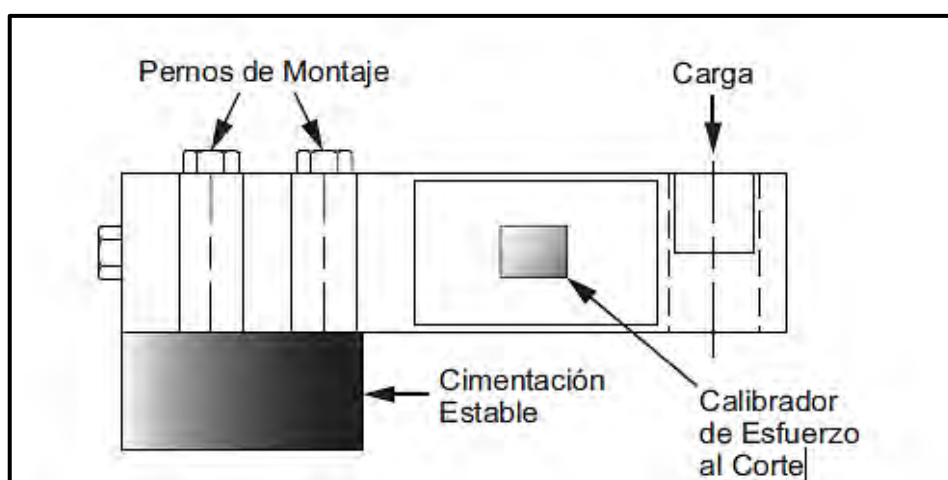
Estas celdas de carga operan mejor en un rango de temperaturas entre 15 a 115°F (-9a 46°C). Su rango de máxima operación segura con cambios mínimos de

desempeño es de 0 a 150°F (-17 a 65°C). La salida es en cero, estas celdas deben ser verificadas frecuentemente cuando opera a altas temperaturas.

Las sobrecargas que excedan el rango seguro de su clasificación, pueden afectar permanentemente su precisión y desempeño. Están construidas con acero o en acero inoxidable para que sea utilizado en ambientes agresivos.

Figura 24

Celda de carga tipo viga



Nota: Muestra Celda de Carga Tipo viga imagen adaptada de Manual de celdas y cargas 2018

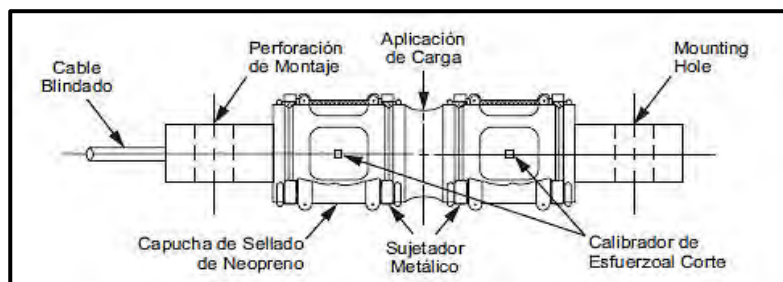
c) Tipo viga de doble apoyo (double-ended shear beam). Las características de esta celda de carga son semejantes a las del tipo viga.

Su puente de resistencias más utilizado es de 700 Ω y se aplica con frecuencia en básculas camioneras, así como en tanques y tolvas. A diferencia de la celda tipo viga, que se apoya en un extremo y recibe la carga en el otro, este modelo se sustenta en ambos extremos, aplicándose la carga en su parte central.

De igual forma, como en los diseños tipo viga, los extensómetros se instalan sobre un diafragma metálico delgado ubicado en el centro de cada cavidad.

Figura 25

Celda de carga tipo viga doble apoyo

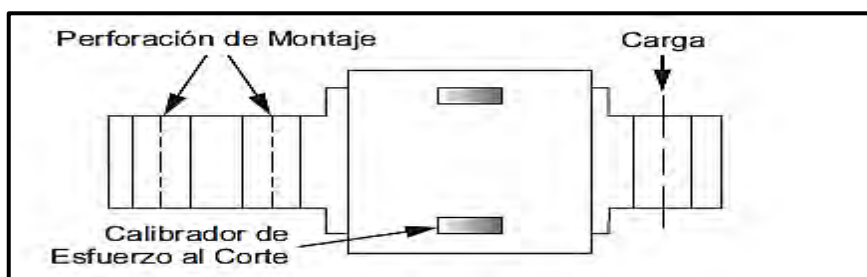


Nota: Muestra Celda de Carga Tipo viga doble apoyo imagen adaptada de Manual de celdas y cargas 2018

d) Tipo viga en cantiléver o de ménsula (cantilever beam). Este tipo de celda de carga presenta similitudes con la celda tipo viga; sin embargo, el modelo viga en cantiléver se diferencia porque no incorpora calibradores montados sobre un diafragma metálico dentro de una cavidad. En este caso, la celda está mecanizada de extremo a extremo. Los extensómetros o calibradores de tensión se ubican en los bordes internos de la cavidad. La mayoría de estos dispositivos cuenta con un puente de resistencias de $350\ \Omega$ y una salida a plena escala de 3 mV/V o 2 mV/V . Su capacidad de carga varía aproximadamente entre 25 lb (11 kg) y 10,000 lb (4,536 kg), aunque algunos modelos de mayor tamaño también pueden utilizarse. Además, pueden emplearse tanto en aplicaciones de tensión como de compresión.

Figura 26

Tipo Viga en cantiléver o de ménsula

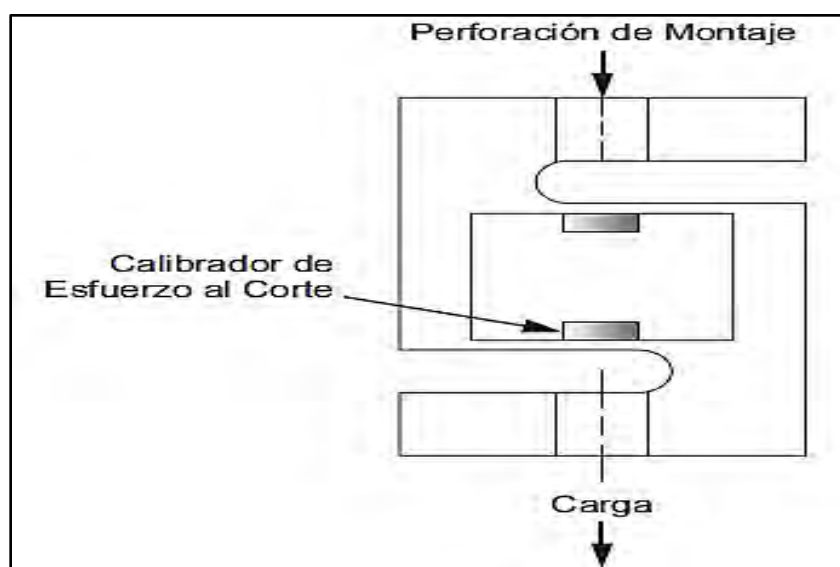


Nota: Muestra Celda de Carga Tipo viga Cantiléver O de Ménsula imagen adaptada de Manual de celdas y cargas 2018

e) Tipo S (S-Beam): La celda de carga tipo S adquiere su nombre dada su forma como la letra S. Se emplea principalmente en conversiones de básculas mecánicas a electrónicas, en básculas de plataforma y aplicaciones generales de pesaje. Su capacidad varía desde 25 lb (11 kg) hasta 20,000 lb (9,072 kg). Al montar una celda de carga tipo S, recuerde que el extremo por donde sale el cable es la parte “muerta” del sistema. Los movimientos del cable estando en la parte “viva” son una fuente de errores de pesaje. Para minimizar la contorsión en la celda de carga tipo S, puede emplearse un pivote en la parte superior o inferior.

Figura 27

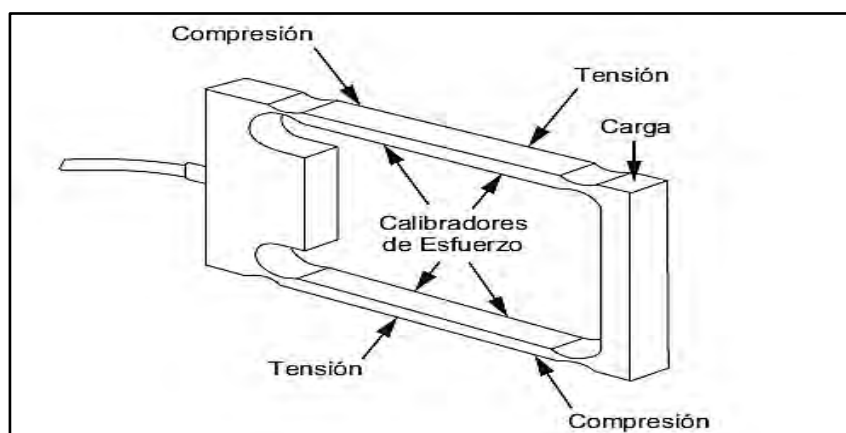
Celda de carga tipo s



Nota: Muestra Celda de Carga Tipo S, imagen adaptada de Manual de celdas y cargas 2018

f) Tipo plataforma (platform): Este tipo de celdas de carga también se menciona como cantiléver dual o celda de carga de un solo punto.

Se emplea en básculas de mesa de baja capacidad y a menudo fabricadas de aluminio. Las capacidades van de 2 a 1000 lb (1-500 kg), con un puente de resistencias de 350 Ω .

Figura 28*Celda de carga tipo plataforma*

Nota: Muestra Celda de Carga Tipo plataforma, imagen adaptada de Manual de celdas y cargas 2018

2.3.5.2. Teoría eléctrica de las celdas de carga. De acuerdo al Manual de Celdas de Carga y Módulo (2018 p 9-10) habla básicamente sobre la teoría eléctrica de las celdas de carga más conocidos como sensores; teoría que se basa en:

d) Alumbrado: La celda de carga o sensor suele contar con un cableado de cuatro o seis conductores. Además de las líneas de excitación positiva y negativa (+ y –), incorpora líneas de sensado (+ y –), las cuales se conectan al indicador para transmitir el nivel de voltaje real presente en la celda. Estas líneas de sensado permiten detectar posibles caídas de tensión entre la celda de carga y el indicador, enviando dicha información de retorno al sistema. A partir de ello, el indicador ajusta su voltaje de salida para compensar la pérdida o amplifica la señal recibida, asegurando una alimentación adecuada y una medición precisa. Asimismo, los conductores suelen estar identificados mediante códigos de color, lo que facilita una correcta conexión durante la instalación.

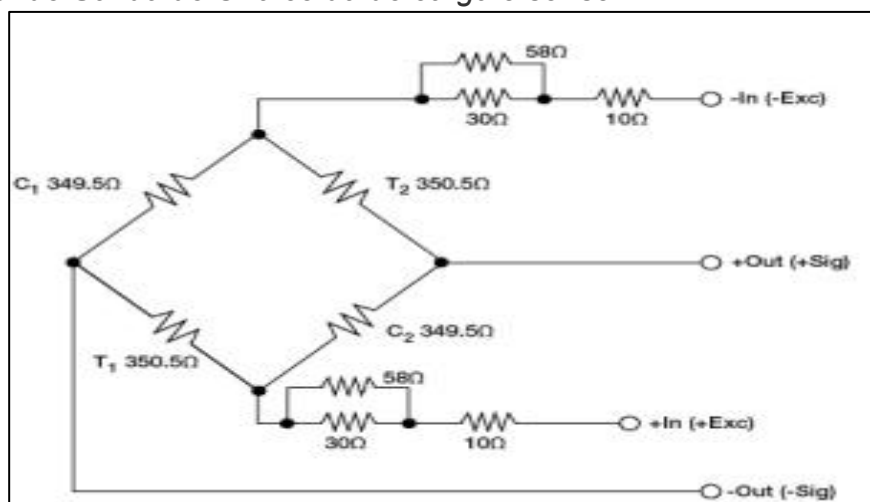
c) Datos de calibración: La mayoría de las celdas de carga cuentan con una hoja de datos de calibración que proporciona información técnica esencial sobre el dispositivo, incluyendo el modelo, número de serie y capacidad. Asimismo, este documento suele incluir especificaciones como la señal de salida expresada en mV/V, el voltaje de excitación, la no linealidad, la histéresis, el balance a cero, la resistencia de entrada y salida, el efecto de la temperatura tanto en la salida como en el punto cero, la resistencia de aislamiento y la longitud del cable.

d) Salida: La señal de salida de una celda de carga se establece, no solamente por el peso que se les aplica, sino también por la fuerza del voltaje de excitación y su tasa de sensibilidad mV/V a plena escala.

Una tasa típica de señal de salida es de 3 milivolt/volt (mV/V). Esto significa que por cada volt de excitación que se aplica a plena escala, habrá 3mV de señal de salida. Esto es $10\text{ V} \times 3\text{ mV/V} = 30\text{ mV}$. Ahora apliquemos 50 lb. a esa celda de carga manteniendo nuestro voltaje de excitación en 10V. Ya que 50 lb. es el 50%, o la mitad a plena escala, la intensidad de la señal de salida será de 15mV.

Figura 29

Señal de Salida de Una celda de carga o sensor



Nota: Muestra la señal de salida de una celda carga o sensor, imagen adaptada de Manual de celdas y cargas 2018

Como se puede ver en esta imagen se muestra un diagrama sencillo de una celda de carga. Los marcados T1 y T2 representan galgas extensiométricas que terminan estando en tensión cuando se aplica una carga a la celda.

La resistencia marcados C1 y C2 representan galgas extensiométricas que terminan estando en compresión cuando se aplica una carga. Se refiere a los hilos +In y -In como los hilos +Excitación (+Exc) y -Excitación (-Exc). Se aplica la alimentación a la celda de carga desde el indicador a través de estos hilos. Los voltajes de excitación más comunes son de 10VCC y 15VCC, dependiendo del indicador y las celdas de carga que son utilizadas. Se refieren a los hilos +Out y -Out como los hilos +Señal (+Sig) y -Señal (-Sig). La señal obtenida de la celda de carga es enviada a las entradas de señal del indicador de peso para ser procesada y representada como un valor de peso en la pantalla digital del indicador. Mientras que se aplica peso a la celda de carga, las galgas C1 y C2 son comprimidas. El alambre de la galga se vuelve más corto y su diámetro aumenta. Esto disminuye las resistencias de C1 y C2. Simultáneamente, las galgas T1 y T2 quedan estiradas. Esto alarga y disminuye el diámetro de T1 y T2 aumentando sus resistencias. Estos cambios en resistencia causan que más corriente fluya a través de C1 y C2 y menos corriente fluya a través de T1 y T2. Ahora se detecta una diferencia potencial entre la salida o los hilos de señal de la celda de carga. La corriente o tensión es duplicada por el indicador a través del hilo -In. La tensión fluye de -In a través de C1 y a través de -Out al indicador. Desde el indicador, la tensión fluye por el hilo +Out, a través de C2 y de vuelta al indicador, entrando por +In. Para poder tener un circuito completo, se necesita tomar corriente o tensión del lado -In de la fuente de alimentación (el indicador) y llevarlo al lado +In. También necesitamos pasar la corriente o tensión a través del circuito de lectura de señal del indicador. Habíamos

logrado eso mientras que la corriente pasaba del hilo -Out a través del indicador y de vuelta a la celda de carga a través del hilo +Out. A causa de la alta impedancia (resistencia) interna del indicador, muy poca tensión o corriente fluye entre -Out y +Out. Puesto que hay una diferencia potencial entre los hilos -In y +In, todavía hay un flujo de tensión o corriente de -In a través de T2 y C2 de vuelta a +In, y de -In a través de C1 y T1 de vuelta a +In. La mayoría del flujo de corriente dentro del circuito va a través de estos caminos paralelos. Se añaden resistencia en serie con los hilos de ingreso. Estas resistencias compensan a la celda de carga por temperatura, cero correcto y linealidad.

Figura 30

Circuito de la celda de carga o sensor

$\frac{I_{R1} +}{R2} = \frac{E_{R1 + R2}}{R1 + R2}$ $= \frac{10V}{}$ $= 14.3mA$	$\frac{I_{R3} +}{R4} = \frac{E_{R3 + R4}}{R3 + R4}$ $= \frac{10V}{}$ $= 14.3mA$
---	---

Nota: Muestra el circuito de la celda de carga o sensor, imagen adaptada de Manual de celdas y cargas 2018

Se reemplaza el amperímetro con un voltímetro que representara la pantalla del indicador de peso. Los hilos conectados a nuestro indicador serán designados +Sig y -Sig. Estos los hilos de señal positivo y negativo.

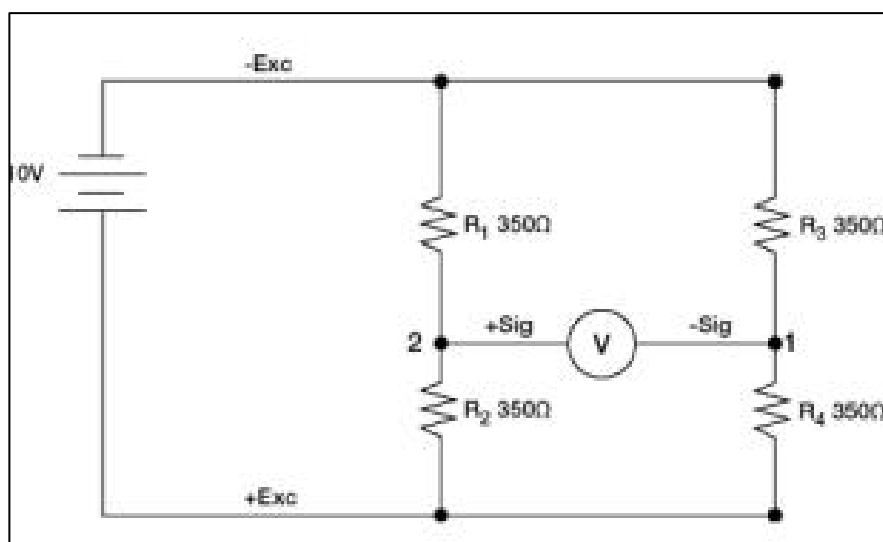
Una batería de 10 voltios representa la fuente de alimentación del indicador que suple el voltaje preciso para excitar o alimentar la celda de carga.

Estos valores de resistencia representan cuatro galgas extensiométricas que componen nuestra celda de carga. Como no hay una carga sobre nuestra celda, todas las resistencias de las galgas extensiométricas son las mismas.

Utilizando la ley de Ohm, podemos calcular las caídas de rama es igual al voltaje de la rama dividida por la resistencia de la rama.

Figura 31

Ley ohm



Nota: Muestra la ley Ohm, imagen adaptada de Manual de celdas y cargas 2018

2.3.6. Macros excel

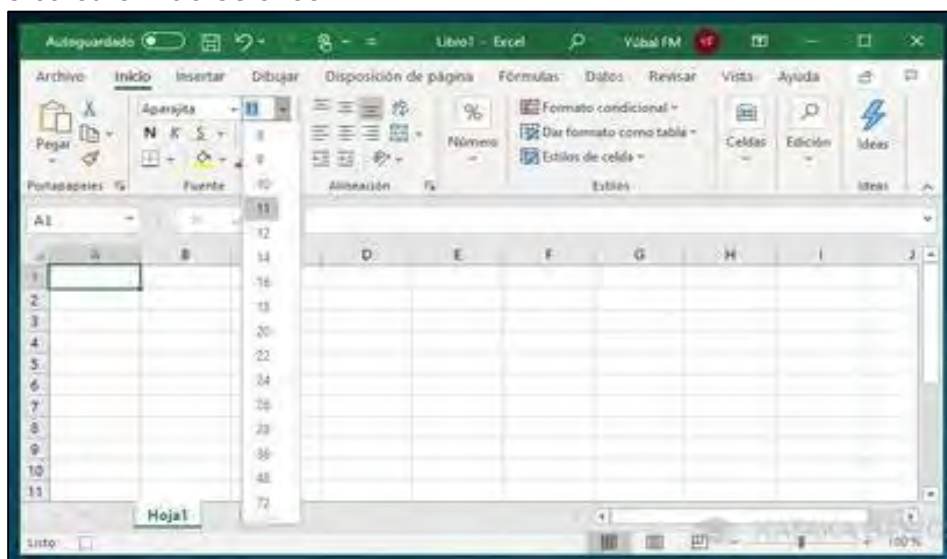
Es un programa de informática que fue desarrollado por Microsoft y que es parte de Office, office y parte de otros programas informáticos como: Word, PowerPoint y Excel se diferencia porque nos ayuda en el trabajo de datos numéricos. Lo que no sucede con un procesador de palabras como Microsoft Word.

En Microsoft Excel los datos están organizados en columnas y filas las cuales darán forma a las celdas donde se ingresan los datos necesarios.

Es así que con los números que se guardan en las celdas de Excel se pueden realizar cálculos aritméticos básicos, y se puede aplicar a diferentes funciones matemáticas con mayor o menor complejidad, utilizar este paquete contribuye enormemente en la labor de cualquier profesional. Es así que Excel está en la categoría de programas informáticos conocido como hoja de cálculo ayudando eficazmente a calcular el trabajo contable.

Figura 32

Hoja de cálculo macros excel



Nota: Muestra la hoja de cálculo Macros Excel adaptado de www copyright 2020

2.3.6.1. Macros excel aplicado a la minería. Excel aplicado a minería consiste en complementar el dominio de MS Excel, utilizándolo en casos prácticos propios del sector minero, ya sea en operaciones de minería a cielo abierto o subterránea.

En la minería actual es fundamental dominar desde las funciones básicas de Excel hasta herramientas más avanzadas como tablas dinámicas, macros y

Visual Basic, siempre orientadas a las exigencias de la minería moderna. En este sentido, Microsoft Excel es una hoja de cálculo esencial para el sector minero, ya que permite organizar y gestionar datos numéricos y alfanuméricos estructurados en filas y columnas, formando así tablas de datos.

Excel es una herramienta de gran utilidad en el sector minero a la hora de crear presupuestos, diseñar facturas, generar gráficos estadísticos, crear bases de datos y múltiples operaciones más. Con la ayuda del editor VBA (Visual Basic for Applications) de Excel se pueden programar macros. Las macros permiten realizar operaciones complejas como crear formularios, botones, cambiar automáticamente el color de celdas o formato de letras. En resumen, macros Excel son herramientas poderosas que brindan la capacidad de automatizar tareas y mejorar la eficiencia en el manejo de datos y procesos en una hoja de cálculo. Si el deseo es aprender a crear y utilizar macros en Excel para optimizar el trabajo.

2.3.6.2. Macros excel para báscula de camiones. La báscula para camiones o camionera esta especialmente diseñada para pesar la carga de los camiones, esta bascula necesita un sistema de control del peso de los camiones en sentido el sistema macros Excel permite la acumulación de gran cantidad de datos esta hoja de cálculo es un instrumento de manejo sencillo, cuenta con lo necesario para un óptimo control contable en este caso para la empresa minera.

2.3.6.3. Funcionamiento del macro Excel en bascula. Macros Excel para básculas de camiones funciona de diversas formas, dependiendo de las necesidades específicas de tu sistema de pesaje. Entre estos tenemos:

a) Automatización de cálculos de peso: Puedes crear una macro que realice automáticamente los cálculos necesarios una vez que se ingresan los datos de

peso en el documento de Excel. Esto puede incluir sumar pesos, aplicar tarifas de peso, calcular costos de envío, entre otras operaciones matemáticas.

b) Generación de informes y facturas: Macros es utilizada para crear informes detallados basados en los datos de peso obtenidos. Se puede automatizar la generación de facturas, resúmenes de peso, informes de carga, entre otros documentos. "Archivo", "Opciones" y activar desde "Personalizar cinta de opciones"). Haz clic en "Grabar macros", dale un nombre a las macros y asigna un atajo de teclado si deseas.

c) Escribe el código. Realiza las acciones que deseas automatizar (por ejemplo, cálculos o formatos específicos) y luego detén la grabación de las macros.

d) Edita las macros (si es necesario): Puedes ir al "Editor de Visual Basic" para ajustar o agregar código a tu macro si es necesario.

e) Guarda el archivo en la macro: Guarda tu archivo de Excel en un formato habilitado para macros.

f) Ejecuta la macro: Utiliza el atajo de teclado o ve a la pestaña "Programador" y haz clic en "Ejecutar"

2.3.7. Carguío y acarreo minero

Para Guzmán (2019), el "... carguío y transporte, que consiste en cargar la roca tronada en camiones de gran volumen para ser transportada a su destino final. Generalmente..." (p. 152) en este sentido, es la acción que radica en llenar de carga un volquete o camión con carga como: grava, roca etc. y transportarla de un lugar a otro. En este sentido el carguío es una actividad importante en minería que consiste en cargar mineralizado del yacimiento hacia sus diferentes destinos desde el frente de trabajo hacia un equipo de transporte (camión). Los equipos de carguío depositan directamente el material removido a un punto determinado, estos equipos

son palas, cargadores frontales etc. El acarreo consiste en el traslado de material mineral o estéril de un lugar a otro este proceso productivo es de mayor costo en la mina. Debido a que el carguío y el acarreo de material involucra mayor cantidad de equipos y un alto grado de mecanización. Es un proceso continuo y lento necesario para el factor económico de una mina.

Figura 33

Carguío Y acarreo minero



Nota: Muestra el carguío y acarreo en una mina adaptado de la empresa Misky Mayo

2.3.7.1. Equipos de carguío y acarreo minero. Los equipos de carguío y acarreo máquinas son los que se encargan de mover tierra, grava o minerales de un lugar a otro y que además son utilizados en la minería. La función de los equipos de carguío es recoger el material del suelo y cargarlo en un transporte; mientras que la función de los equipos de acarreo es transportar el material a distancias más largas (hacia una planta de procesamiento o un depósito), entre estos equipos tenemos los siguientes:

Tabla 2*Equipos de carguío y acarreo*

Equipos de carguío y acarreo	
Equipos De Carguío	Equipos De Acarreo
• Excavadora • Pala Hidráulica • Cargador Frontal • Pala Neumática • Pala Eléctrica • Dragadora Minera	• Camiones de bajo perfil para minería subterránea • Volquetes • Dámper, volquetes volcadores:

Nota: Muestra los diferentes equipos que se usan en la mina, elaboración propia

2.3.7.2. Control de carguío y acarreo minero. Para López (2000) “En la industria minera a cielo abierto, las actividades de carga y acarreo tanto de mineral como de material estéril o descapote, son actividades cotidianas, permanentes y vitales, para el logro de sus objetivos operacionales, son las claves para asegurar la continuidad del proceso de beneficio del mineral y, por lo tanto, deben ser desempeñadas por equipos de carga (cargadores) y acarreo (camiones) de gran capacidad, a fin de asegurar una alta eficiencia y productividad. En este sentido, para que un equipo de carga opere eficientemente” recuperado de la página web melitc2000@hotmail.com, Por lo tanto, es el proceso que comprueba el beneficio mediante su comparación con los patrones determinados.

A través de esta definición se puede advertir que conviene distinguir la función de control, de las operaciones del carguío y del acarreo.

2.3.8. Producción minera

La productividad del proceso minero se refiere a la eficiencia con la que se extraen los minerales, en una operación minera se mide con la relación entre

cantidad de mineral producido y los recursos utilizados como: el tiempo, la mano de obra, la maquinaria los costos operativos.

Una mayor productividad en el proceso minero significa que se está extrayendo y procesando una mayor cantidad de mineral con los recursos minerales es un objetivo clave para las empresas del sector, pueda dar un impacto en el mercado significativo en su rentabilidad y competitividad, es así que López (2000) manifiesta que “La producción minera se expresa en términos de (a) cantidad o “volúmenes físicos de la producción” o “quantum”; y en (b) valor monetario” recuperado de la página web melitc2000@hotmail.com

Para Hernán De Solminiha T. (2018) pág. 165, La actividad minera ha constituido un importante impulsor del desarrollo histórico de Chile; por ello, el crecimiento económico del país depende en gran medida del nivel de eficiencia en el aprovechamiento de los recursos de este sector. Este autor realiza un análisis actualizado y detallado sobre la evolución de la productividad minera en Chile durante los últimos 20 años, contrastándola con la de otros países mineros como Australia, Canadá y Perú.

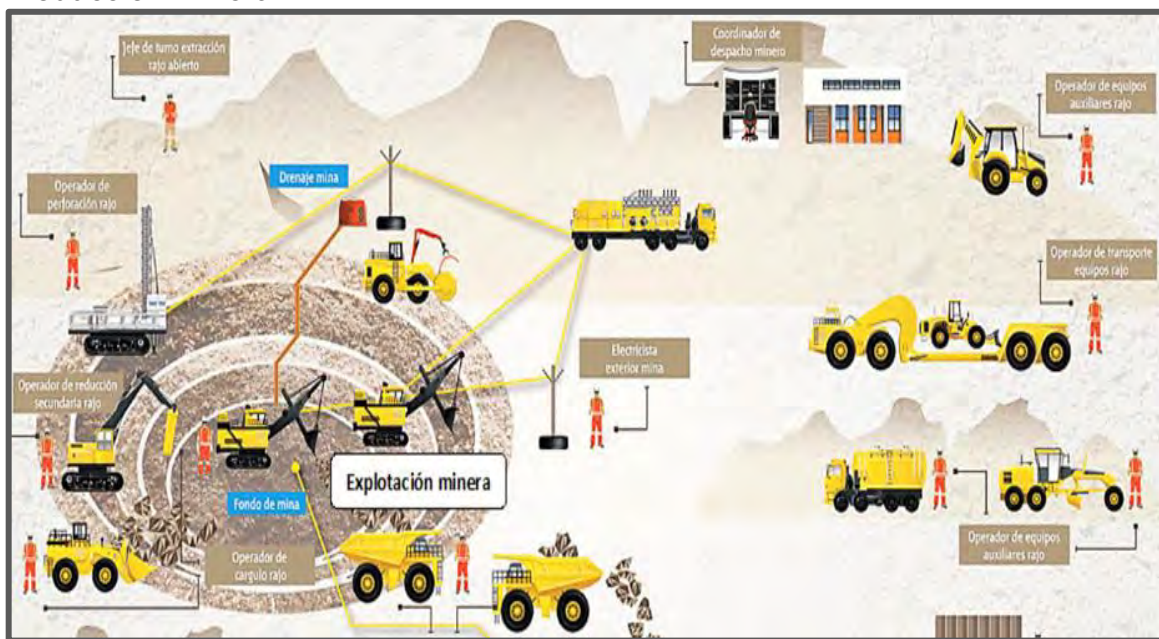
A partir de este análisis, distintos actores del sector minero plantean una serie de estrategias orientadas a incrementar la productividad de la minería en Chile, organizadas en doce ejes principales, entre los que se incluyen la institucionalidad ambiental, la exploración minera, las políticas laborales, la relación entre empresas y proveedores, la gestión del talento humano, la seguridad, la administración de activos mineros, la gestión de operaciones y la innovación.

Entonces, podemos decir que la productividad minera es la eficiencia con lo que se extrae minerales y se procesa en la operación minera por lo que se mide

con cantidad de minerales extraídos procesado por unidad de tiempo o recursos utilizados a la mano.

Figura 34

Producción minera



Nota: Muestra la producción minera, adaptado de https://www.google.com/search?sca_esv

2.3.8.1. Cómo medir la productividad en minería. Para Llorca (2023)

Pág. 10, dice hay dos formas de medir la producción minera: primero por su valor físico (en kilogramos o toneladas métricas) y segundo por su valor monetario en dólares, observándose en ambos casos una potente expansión minera oro y del cobre y, en menor medida, de la plata.

Entonces la medición de la productividad se puede esquematizar del siguiente modo:

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{TM PRODUCIDOS}}{\text{Recursos empleados}} \therefore \text{TM/hr; TM/días}$$

Figura 35

Medición de la productividad

MEDICIÓN DE LA <u>productividad</u>	
Medida total de productividad $\frac{\text{Producto (total bienes y servicios)}}{\text{Insumo (total recursos utilizados)}}$	Ejemplo $\frac{\text{monto total de ventas}}{\text{monto total de insumos}}$
Medida múltiple de productividad $\frac{\text{Producto (total bienes y servicios)}}{\text{Personal + material + capital + otros}}$	Ejemplo $\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Energía empleada en planta}}$

Nota: Muestra diferentes fórmulas para hallar la productividad minera, adaptado de www copyright 2020

Para medir la producción, tomando la siguiente fórmula:

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{TM PRODUCIDOS}}{\text{Recursos empleados}} : \text{TM/hr; TM/días}$$

Donde, se desglosa los siguientes datos

a. Definición de variables

- **TM Producidos:** Material procesado que contiene el mineral (oro, principalmente)
- **Recursos Empleados:** Horas máquina (hr) o días de operación (días)

b. Representación con datos hipotéticos

Imaginando que se utilice una pala mecánica de 2.8 toneladas y una planta de lavado:

- **Producción diaria:** 269.15TM de material aluvial.
- **Tiempo de operación:** 7 horas efectivas por día.
- **Días trabajados:** 25 días al mes.

c. Productividad Horaria (TM/hr)

Esta mide la eficiencia inmediata de la excavadora y la capacidad de la planta.

d. Productividad Diaria (TM/día)

Esta mide el rendimiento de la jornada completa, considerando paradas por mantenimiento o limpieza de alfombras.

Donde:

Producción horaria

$$\frac{269.15\text{TM/día}}{7\text{hr/día}} = 38.45\text{TM/hr} \times 0.85 = 32,68$$

Producción mensual

$$\frac{269.15\text{TM/día} \times 25 \text{ día}}{25/\text{días/mes}} = 6728.75\text{TM/mes}$$

Resumen:

Rendimiento por hora $38.45\text{TM/hr} \times 0,85 = 32,68$

Rendimiento por día $269.15\text{TM/hr} \times 0,85 = 228,77$

Rendimiento por mes $6\,728.75\text{TM/hr} \times 0,85 = 5\,719,43$

2.3.8.2. Productividad de equipos de carguío y acarreo minero. Para, Barrientos Víctor (2018) pág. 198, la productividad de equipos de acarreo y carguío o pala y de la productividad de la unidad de transporte.

Este indicador se define como calce entre la productividad de la flota de pala (no limita a una sola pala) y la flota de transporte para un sistema en particular. Además, se supone una flota de palas y caminos homogéneas, tiempos de espera promedios para los ciclos de las unidades y se excluyen los tiempos de espera promedios para los ciclos de las unidades y se excluyen los tiempos de espera producto de la congestión. Del punto de vista de la eficiencia de las unidades del sistema.

Por otro lado, para calcular la productividad de un acarreo, se puede considerar diversos aspectos claves. Ciertas opciones comunes para evaluar la productividad de un acarreo, descritos del siguiente modo:

- a) Tiempo de ciclo:** Esta determinado por el lapso que tarda un camión en completar un ciclo de carga, transporte y descarga. Un tiempo de ciclo corto indica mayor eficiencia y productividad.
- b) Carga útil promedio:** Es la cantidad promedio de carga que lleva un camión en cada ciclo, ayuda a establecer la eficiencia del uso de la capacidad de transporte.
- c) Distancia recorrida:** Es el total recorrido por el camión en un determinado tiempo, esto te da una idea de la eficacia y la optimización de la ruta
- d) Costos operativos:** Los costos operativos en un acarreo, como: el combustible, mantenimiento del vehículo y mano de obra, permite evaluar la eficiencia económica de la operación. Estos son algunos indicadores que permiten medir la productividad de los equipos de carguío y acarreo. Se pueden tomar en cuentas otros indicadores más de acuerdo a la realidad donde se realizará la medición.

2.3.8.3. Cálculo de productividad en equipos de carguío y acarreo

minero. La productividad máxima se refiere al peso o volumen producido por hora por una unidad en funcionamiento, considerando los tiempos de retraso variables. Esta tasa de producción se utiliza para calcular la cantidad de unidades de transporte que se asignarán a un scoop con el fin de alcanzar una determinada producción requerida, Su determinación se realiza de la siguiente manera:

$$\text{producción _ Máxima (TM / hr)} = 60 * \left(\frac{e * Q}{\text{tiempo ciclo total}} \right)$$

Donde:

e: Eficiencia de trabajo (Retrasos variables, en %).

Q: Capacidad nominal del equipo (TM).

Tc: Tiempo de ciclo de transporte (min)

Para medir la producción máxima de un equipo de carguío en este caso de una pala mecánica reemplazando la siguiente formula se tiene:

$$\text{producción _ Máxima (TM / hr)} = 60 * \left(\frac{e * Q}{\text{tiempo ciclo total}} \right)$$

Representación con datos hipotéticos

Imaginando que se utilice una pala mecánica de 2.8 toneladas y una planta de lavado:

- **Tiempo del ciclo total de la cuchara de una pala mecánica:** 17 segundos

- **Cálculo de producción máxima:** 60min/1hr

Donde:

Para realizar el cálculo de la producción máxima de 60minutos/1 hora

Convertimos:

$$t = \frac{17\text{seg}}{60\text{seg}} = 0.2833\text{min}$$

De esto:

$$\text{Producción máxima } 60 \times \frac{0.20 \times 2.8}{0.2833}$$

$$\text{Carga ral Q: } 0.80 \times 2.80 \times 2.24\text{TM}$$

$$\text{División por el tiempo: } 2.24/0.2833 = 7.906\text{TM}$$

Resultado:

$$60 \times 7.906 = 474.36\text{TM/hr}$$

La producción aproximada de la pala mecánica es 474.36 TM/hr

Producción máxima 474TM/hr en 17 segundos ida y vuelta

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación de Sensores incide significativamente en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo, mediante Macros Excel, en la U. M. Dos Estrellas De Huaypetuhe – Madre De Dios

2.4.2. Hipótesis específicas

- El actual sistema de peso de la tolva de los volquetes es mecánico en la Unidad Minera Dos Estrellas

- El esquema mecánico y electrónico con el programa macro Excel en línea permite recabar y organizar datos de la carga de los volquetes en la Unidad Minera Dos Estrellas
- A Mejor identificación de parámetros de producción de los equipos de carguío y acarreo, mayor determinación de la productividad de los equipos de carguío y acarreo en la Unidad Minera Dos Estrellas.

2.5. Identificación de Variables e indicadores

2.5.1. Variable independiente.

- Aplicación de sensores

Indicadores infraestructura y cobertura

- **Consistencia de sensores:** Número de sensores instalados en la balanza electrónica
- **Tasa de automatización:** Porcentaje de procesos controlados automáticamente mediante sensores.
- **Diversidad de variables:** Cantidad de tipos de datos diferentes medidos (temperatura, presión, humedad, etc.)

Indicadores de datos y conectividad

- **Frecuencia de muestreo:** Cantidad de lecturas de datos capturadas por segundo, minuto u hora
- **Tasa de conectividad:** Porcentaje de sensores conectados a la red wifi, centralizada (Nube).

- **Volumen de datos generados:** Cantidad Decibelio-milivatio (dBm) de información recolectada diariamente.

Indicadores de impacto y eficiencia

- **Reducción de mermas:** Porcentaje de disminución de errores o desperdicios tras instalar sensores.

Indicadores de mantenimiento y costos

- **Disponibilidad del sensor:** Porcentaje de tiempo que el sensor opera correctamente sin fallas.
- **Frecuencia de calibración:** Número de mantenimientos requeridos por mes o año

2.5.2. Variable dependiente

- Control de la productividad de equipos de carguío y acarreo

Indicadores de rendimiento y capacidad

- **Factor de llenado del cucharón/tolva (%)** Nivel de aprovechamiento real del espacio útil de la cuchara o la tolva en comparación con su diseño de fábrica
- **Productividad por Guardia / turno:** Volumen total de material trasladado durante una jornada completa de trabajo de 7 horas

Indicadores de ciclo, velocidad y costo

- **Tiempo de ciclo de acarreo:** Minutos totales que tarda un volquete en ser cargado, transportado a la planta de tratamiento, descarga y retorno al punto de carga.

- **Tiempo de inactividad:** Tiempo muerto que pasa un volquete esperando a que la unidad de carguío se libere para atenderlo.
- **Fórmulas para hallar cálculo de rendimiento de maquinaria pesada**
Control de ciclo de carguío y acarreo

2.5.3. Variables intervinientes

- Clima
- Medio Geográfico
- Modelo, año, serie, capacidad de los volquetes y la excavadora
- Modelo de brazo de la excavadora
- Modelo y capacidad del cucharón
- Tipo de vía para el ciclo de carguío y acarreo
- Mantenimiento de excavadora y volquetes
- Mantenimiento de vía
- Capacidad de producción
- horas de trabajo

Indicadores de factores ambientales y del entorno

- **Clima:** Índice de precipitaciones (mm/h), temperatura ambiental (°C):
afecta el, índice de visibilidad (metros): restricción visual por niebla,
polvo o tormentas.
- **Medio Geográfico: Gradiente de pendiente promedio (%):** Grado de inclinación de las rampas que deben subir los volquetes., presencia de agua en el frente de la zona de carguío y acarreo (sí/no o si es si, el nivel): evalúa si el suelo está lodoso, lo que ralentiza las maniobras.

Indicadores de especificaciones y Diseño de la maquinaria pesada

- Modelo, año, serie, capacidad de los volquetes y la excavadora
- Edad de la flota (Años / Horas acumuladas): Tiempo transcurrido desde la fabricación o puesta en marcha.
- Capacidad nominal de diseño (Toneladas): Límite de carga estipulado por el fabricante.
- Estandarización de flota (%): Porcentaje de equipos que comparten el mismo modelo o serie.
- Modelo de brazo de la excavadora: Longitud del brazo (metros), Fuerza de excavación del brazo, Modelo y capacidad del cucharón/ tolva Volumen llenado, Tipo de herramientas de corte de la excavadora

Indicadores de Infraestructura y vialidad

- **Tipo de vía para el ciclo de carguío y acarreo:** Resistencia que opone la superficie al movimiento de las llantas, Ancho útil de la plataforma de la vía (metros), Coeficiente de fricción / adherencia: Capacidad de agarre de los neumáticos sobre la superficie de la vía.
- **Mantenimiento de vía:** Frecuencia de regado, tiempo de nivelación de la vía

Indicadores de gestión de mantenimiento de flotilla

- **Mantenimiento de excavadora y volquetes:** Plan de Mantenimiento Preventivo (PM %): Porcentaje de mantenimientos, promedio de tiempo entre fallas, Tiempo medio de reparación de los equipos de carguío y acarreo

- **Horas de trabajo: Horas de operación nominales (Horas/Turno):**
Tiempo programado de la jornada laboral (7hx5d)
- **Tiempo efectivo de trabajo (Horas/Día):** Horas netas en las que la maquinaria estuvo realizando trabajo productivo (restando almuerzos, charlas de seguridad y demoras operativas).

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de las Variables y Productividad

Variable	Definición o Concepto	Dimensiones	Unidades de Medida	Indicador
<u>Variable independiente</u> Aplicación de sensores	Es la medición del peso con precisión de la carga(grava) de los volquetes a través de una balanza electrónica que tiene las celdas de carga o sensores de fuerza donde transforman la fuerza en peso	• Sensor de pesaje de carga útil • Telemetría y conectividad	• Toneladas métricas (TM) • Metros cúbicos (M3) • Porcentaje de error (%) minutos • Decibelio-milivatio (dBm)	• Registro de masa neta por ciclo • Precisión de calibración del sistema • Tasa de transmisión • Eventos por guardia
<u>Variable dependiente</u> Control de la productividad de equipos de carguío y acarreo	Cuantificación automatizada del rendimiento operativo de la flotilla, calculada mediante el procesamiento digital de los volúmenes, masas y tiempos registrados por el macro excel	• Eficiencia de producción • Rendimiento de tiempos	• Toneladas por hora (TM/h) • Metros cúbicos (m3) • Minuto por Ciclos (min/ciclo) • Porcentaje (%) Minutos • Horas de operación (h) • Toneladas por guardia (TM/guardia)	• Rendimiento horario de la flota • Volumen geométrico movido (Cubicaje) • Factor de llenado de la cuchara y tolva • Tiempo de ciclo de acarreo • Tiempo improductivo

Nota: Elaboración propia teniendo en cuenta las variables de investigación, teniendo en cuenta la operacionalización de la variable independiente Aplicación de sensores y la variable dependiente Control de la productividad de equipos de carguío y acarreo

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. *Tipo de la investigación*

La presente investigación por las características de las variables en estudio, es de tipo:

a) Por su carácter: Por un lado, es **cualitativo** porque está orientado a describir y dar a conocer cómo se viene realizando el control de la producción de la maquinaria pesada (camiones). de otro lado es **aplicativo** porque se implementará el programa Macros Excel en línea con inteligencia artificial para el control de la productividad representado en datos organizados y secuenciados.

b) Por su naturaleza: Por un lado, es **empírica** porque se obtuvieron datos para la investigación a través de la experiencia directa. Por otro lado, es **tecnológica** porque se centra en la implementación y validación de herramientas (sensores, software de telemetría y algoritmos de IA) para optimizar un proceso de control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo.

c) Por su enfoque: Es **Cuantitativo**, porque se basa en la medición numérica (toneladas métricas, tiempos de ciclo) para determinar el éxito de los sensores.

d) Por el Tipo de estudio: Es **piloto** porque es una investigación preliminar de este tipo investigación en la Unidad Minera Dos estrellas que servirá para futuras investigaciones como base y sustento teórico científico. **Por el Objeto de estudio:**

La presente investigación es de **campo**, porque se recogen los datos de forma directa en el lugar y en tiempo real en el que ocurre el fenómeno del objeto de estudio donde se busca establecer la relación causal entre el monitoreo en tiempo real y el incremento de la eficiencia operativa en los procesos de carguío y acarreo.

3.1.2. Nivel de Investigación

El nivel de esta investigación por un lado es **aplicativo**, porque busca resolver el problema de la falta de control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo en la Unidad Minera Dos estrellas y por otro lado es **explicativo** Porque no solo describe cuánta carga se mueve, sino explica por qué la presencia de sensores mejora la productividad. Donde se pone en práctica y se explica o describe como la tecnología a través de los sensores, así como la inteligencia artificial resuelven el problema de la falta de control para calcular la productividad la productividad de los equipos de carguío y acarreo en la Unidad Minera Dos Estrellas del Distrito de Huaypetuhe, Provincia De Manu, Región Madre De Dios.

3.1.3. Diseño de investigación

Por la naturaleza de las variables y el control de la muestra, el estudio emplea un **diseño cuasi-experimental** de series cronológicas múltiples simple porque se tiene un solo grupo control, además este diseño permitió analizar la evolución de los indicadores operativos a través de observaciones repetidas, estructurándose en tres etapas secuenciales:

3.1.3.1. Fase I: Diagnóstico basal. Se centra en la caracterización del ciclo de carguío y acarreo mediante observación indirecta y el análisis de fuentes secundarias. Para este efecto se aplica un cuestionario estructurado al personal operativo de la unidad minera para conocer como es el pesaje antes de aplicar los sensores (celdas de carga)

3.1.3.2. Fase II: Intervención y monitoreo. Corresponde a la etapa experimental donde se introducen dispositivos de medición tecnológica (sensores/celdas de carga). En este periodo se recolectan datos continuos de carga

útil, permitiendo registrar la variabilidad del proceso bajo condiciones controladas de operación.

3.1.3.3. Fase III: Análisis e Interpretación evaluativa. Consiste en el procesamiento estadístico de los datos obtenidos en tiempo real. Esta fase busca validar la correlación entre la intervención tecnológica y la optimización de los ciclos, permitiendo la interpretación de resultados para la toma de decisiones operativas.

Diseño de la investigación, esquematizado del siguiente modo:

G: 0₁ 0₂- X - 0₃ 0₄ 0₅ 0₆ 0_n
--

Donde:

G: Representa el grupo en estudio (flotilla de carguío/acarreo)

0₁ 0₂: Representa a la aplicación de la Observación no estructura, encuesta estructura (Línea base).

X: Representa la intervención (aplicación de sensores o celdas de carga).

0₃ 0₄ 0₅ 0₆ 0_n: Representa las mediciones y la recolección de información en macros excel de la carga útil en tiempo real.

3.2. Población y muestra de la Investigación

3.2.1. Población.

En esta investigación la población de estudio presenta una naturaleza mixta, conformada por un componente humano y uno técnico. En primer lugar, se consideraron 14 operarios: 1 Administrador, 9 Operarios de acarreo y carguío, 1 Técnico de mecánica, 1 Asistente de internet y 2 Trabajadores de chutes; en

segundo lugar, está constituido por 12 unidades de maquinaria del área de carguío y acareo, esquematizado del siguiente modo:

Tabla 4

Equipos de carguío y acarreo

N°	Categoría	f1	F1	%
1	Cargador frontal	01	01	10.00
2	Excavadora o Pala Mecánica	02	03	20.00
3	Camión cisterna	01	04	10.00
4	Volquete	08	12	60.00
Total		12		100.00

Fuente: Elaboración propia, adaptado de la observación no estructurada, esta tabla muestra la cantidad de equipos que posee la Unidad Minera dos Estrellas

3.2.2. Muestra

La metodología del estudio emplea un enfoque diferenciado según el componente analizado. Para el **componente humano**, se aplicó un **muestreo censal**, donde la población cautiva es finita y plenamente accesible; esto permitió recolectar datos del 100% de operarios (14 individuos N=14), eliminando el error muestral.

En el **componente mecánico**, se aplicó un muestreo no probabilístico por juicio técnico, integrando la totalidad de la flotilla operativa de acarreo (8 unidades de transporte) y la unidad de carguío activa (1 excavadora/ pala mecánica). La inclusión del excavador se justifica bajo criterios de disponibilidad mecánica y mantenimiento preventivo, considerando que mientras una unidad lidera la producción, la unidad redundante se encuentra en ciclo de revisión técnica.

Esta configuración abarca el 100% de los activos en operación y el 70% de la población total en estudio, lo que garantiza una representatividad censal de la capacidad instalada. Al analizar la totalidad de los equipos de acarreo las

inferencias sobre rendimiento y eficiencia operativa poseen un margen de confianza superior sobre la producción real de la Unidad Minera Dos Estrellas

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la obtención y recopilación de datos e información, se establecieron diversas técnicas e instrumentos que permitieron realizar un adecuado proceso de muestreo, así como la comprobación y validación de la hipótesis planteada en la investigación. Estos recursos fueron diseñados y seleccionados con el propósito de reunir la mayor cantidad posible de información relevante para el estudio. A continuación, se presentan de manera esquematizada en la siguiente tabla:

Tabla 5

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos
Observación de campo no estructurada	• Sin instrumentos
Encuestas escritas	• Cuestionario de preguntas
Observación experimental	• Diario de campo • Registro fotográfico • Ficha de ubicación geográfica
Análisis documentario	• Fichas de resumen • Fichas textuales • Fichas bibliográficas • Fichas de análisis o de opinión • Ficha de observación o campo • Ficha de acceso • Memoria descriptiva • Ficha técnica

Nota: Esta tabla muestra el resumen de las técnica e instrumentos utilizados en la investigación, elaboración propia 2024

3.3.1. Técnicas de recolección de datos:

a) Observación de campo no estructurada: Esta técnica nos permitió observar los problemas existentes en la Unidad Minera dos Estrellas y así determinar la investigación que se realizó.

b) Encuesta escrita: Esta técnica permitió determinar cómo se viene trabajando el control de la productividad de los camiones o volquetes hasta antes de la aplicación de la ejecución de esta investigación.

c) Observación experimental: Esta técnica permitió controlar la manipulación de la variable dependiente, es decir el control de la productividad en la maquinaria pesada en forma secuencial a través de un registro paulatino en Macros Excel.

d) Análisis documental: Esta técnica permitió obtener datos de fuentes secundarias para la estructuración sobre todo del marco teórico

3.3.2. Instrumentos de recolección de información

En esta investigación se utilizó los siguientes instrumentos de investigación, que permitió extraer información valiosa para que se pueda medir las variables en estudio, y sobre todo le dio valor y respaldo a la siguiente investigación porque son evidencias valiosas que van a demostrar la ejecución de esta investigación. Los instrumentos de investigación que se elaborarán, planificarán y ejecutaran en esta investigación son las siguientes:

- Cuestionario de preguntas
- Diario de campo
- Ficha de registro fotográfico
- Ficha de ubicación geografía
- Fichas de resumen
- Fichas textuales
- Fichas bibliográficas
- Fichas de análisis o de opinión
- Ficha de observación o campo

- Ficha de acceso
- Memoria descriptiva
- Ficha técnica

3.4. Procesamiento para el análisis de datos

En el presente estudio, debido a su naturaleza, se emplearon diversas técnicas y procedimientos estadísticos como cuadros, gráficos y descripciones, orientados al análisis e interpretación de los datos mediante el uso de macros en Excel.

Asimismo, para el procesamiento, evaluación e interpretación de la información recolectada, se aplicaron herramientas informáticas que permitieron asegurar un mayor nivel de confiabilidad en los resultados obtenidos: Microsoft Excel., AutoCAD y MS proyecto.

3.5. Descripción del ámbito de estudio

3.5.1. Ubicación

3.5.1.1. Ubicación política. La Unidad Minera se encuentra ubicado en el Distrito de Huaypetuhe, Provincia de Manu y Departamento de la Región de Madre de Dios a una altura promedio de 414 m.s.n.m

3.5.1.2. Ubicación geográfica. Unidad Minera Dos Estrellas geográficamente se encuentra ubicado en el Río Caychihue, en el Distrito Huaypetuhe, provincia de Manu y Departamento de Madre de Dios con una extensión de 100.00 hectáreas y perímetro de concesión 4,000.00 ml. reconocido con Ordenanza Regional N° 032-2009 GRMDD/CR y se encuentra en la Carta

Nacional Mazuco 27V- Mazuco, 19L sur, con coordenadas UTM, DATUM WGS 84, descrito del siguiente modo:

Tabla 6

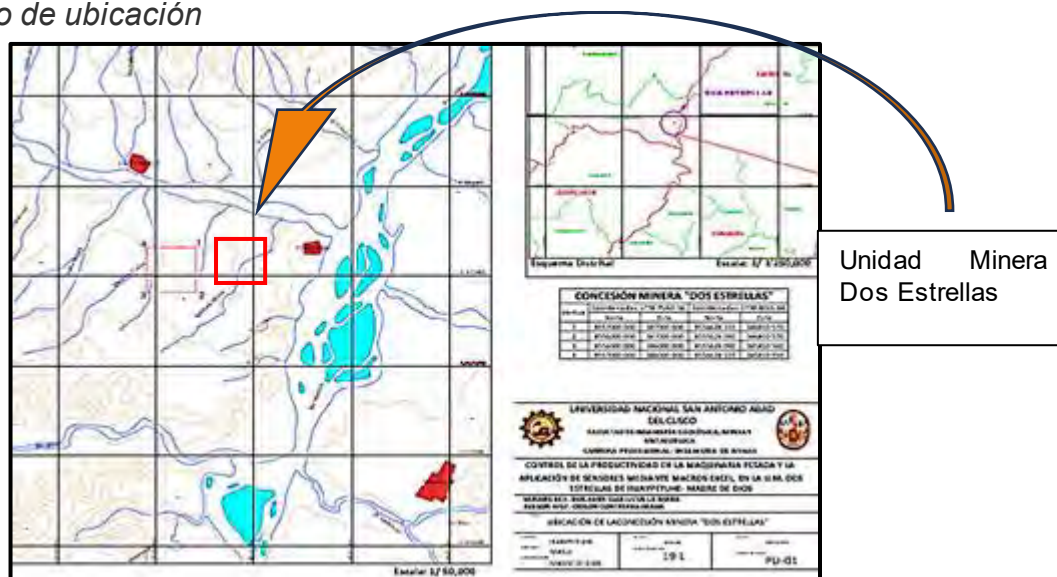
Coordenadas UTM WGS 84 de la Unidad Minera Dos Estrellas

Vértice	Norte	Este
V1	8,557,000.00	347,000.00
V2	8,556,000.00	347,000.00
V3	8,556,000.00	346,000.00
V4	8,557,000.00	346,000.00

Nota. Esta tabla muestra las coordenadas geográficas UTM (Universal Transversal de Mercator) que delimitan el perímetro de la Unidad Minera Dos Estrellas Adaptado de la Memoria Descriptiva de la Unidad Minera Dos Estrellas. Los datos corresponden a la proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Datum WGS 84, Zona 19 Sur.

Figura 36

Plano de ubicación



Nota: Elaboración propia, adaptado datos de la Memoria Descriptiva de la unidad Minera Dos Estrellas

3.5.2. Accesibilidad

Para determinar la accesibilidad se utilizó un GPS y cronometro para establecer la distancia y el tiempo de la accesibilidad.

El acceso está conectada a la pista asfáltica Interoceánica (Cusco- Puerto Maldonado) y para determinar el acceso a la zona de estudio de esta investigación se tomó como punto de partida nuestra primera casa de estudios Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. En este sentido, se inicia desde la (UNSAAC) de la ciudad del Cusco hasta la zona de Mazuko (primer tramo) haciendo un total de 6 horas con 35 minutos con un recorriendo total de 314 kilómetros por vía asfaltada en un sedán (automóvil para 4 pasajeros)

Luego nos dirigimos de Mazuko al río Inambari en 30 minutos en sedán por vía asfaltada haciendo un total de 10.4km, al llegar al río Inambari abordamos una canoa que cruza el río Inambari a la ribera del mismo Río Inambari en 10min por vía fluvial en canoa haciendo un total de 1 km de recorrido, ya a la otra orilla del río Inambari se encuentran diferentes líneas de transporte para el público camionetas con carga 4x4 especiales para este servicio nos dirigimos a la comunidad de Caychihue en 30min en camioneta por la vía trocha carrozable muy angosta de un solo carril o sentido, donde se observa mucha vegetación con material hidráulico acumulado en todo el camino por la cantidad de agua encontrada por sus vertientes y torrenteras del río Inambari.

Del Centro Poblado de Caychihue, Distrito de Huaypetuhe, Provincia de Manu y Departamento y Región de Madre de Dios nos dirigimos a la Unidad Minera Dos Estrellas en camioneta por trocha carrozable. Atravesamos el Río Caychihue en la misma camioneta (está es la forma que usan los pobladores para cruzar el Río Caychihue) llegamos a la zona de estudio en 15min haciendo un recorrido de 4 km; por último, desde el punto de partida hasta la zona de estudio se recorrió

346.40km en 8 horas por vía de asfalto, fluvial y trocha carrozable. descrito en la siguiente tabla de forma detallada:

Tabla 7

Acceso a la zona de estudio

Lugar o sector	Recorrido		Tipo de vía	Medio de transporte
	Tiempo	Km		
Unsaac - San Jerónimo	28'	10.3km	Asfaltado	Sedán
San Jerónimo - Urcos	53'	39.1km	Asfaltado	Sedán
Urcos - Ocongate	1h12'	59.9km	Asfaltado	Sedán
Ocongate - Mazuko	4h 2'	204.7km	Asfaltado	Sedán
Mazuko – Río Inambari	30'	10.4km	Asfalto	Sedán
Río Inambari – Ribera de Río Inambari	10'	1.0km	Fluvial	Canoa
Río Ribera de Río Inambari – Caychihue	30'	8.0km	Carrozable	Camioneta
Caychihue – Unidad Minera	15'	4.0km	Carrozable	Camioneta
Total	8 h	346.4km		

Fuente: Esta tabla muestra la distancia a la zona de estudios, determinación del tiempo y el medio de transporte. Elaboración propia adaptado del diario de campo 2024

3.5.3. Reseña histórica

La Unidad Minera Dos Estrellas responde a las siguientes etapas históricas de funcionamiento:

El denuncia es de 100 Has. Denominada “Dos Estrellas” de propiedad del señor Julio Cesar Aramayo Hinojoza, el Tiempo de vida estimada que se le otorgó a la concesión minera es de diez años.

La concesión minera “Dos Estrellas” con código único 040009296 nace de la concesión minera “Morita V” con código único 04002102 por agotamiento de reserva.

La ampliación y funcionamiento de la Unidad Minera “Dos Estrellas” es aprobado por Decreto Supremo N° 006-2019 con Resolución directoral regional/dirección General de Formalización Minera – DGPM del Ministerio de Energía y Minas amparándose en el artículo 17 del Decreto Supremo N°018-2017-EM y la ley la N°27867 de la ley después de haber presentado el Informe Técnico de Constatación N° 021-2019-GOREMAD/GRDE/DREMEH-AF/JMCV, el 2019 la Unidad Minera empieza su operar explotando el oro legalmente.

3.5.4. Geología

3.5.4.1. Geología regional. Las unidades litoestratigráficas presenta en la zona de estudios con respecto a la zona de la región Madre De Dios corresponde a depósitos de Cenozoico (paleógeno, Neógeno y cuaternario), siendo estas de origen continental en ambientes mayormente fluviales según “Palacios” (1995), durante el Cámbrico, ocurrió procesos de erosión y de tectónica distensiva; la primera superficie plana, los terrenos precámbricos desde el estado brasilero hasta la antigua cordillera de la costa y el segundo provocó la fractura de la corteza, creándose la cuenca paleozoica teniendo como eje actual a la cordillera oriental como se muestra en el trabajo de investigación fundamental sobre la cordillera oriental y su potencial minero, específicamente en relación con el oro “Bonnemaison” (1983).

Regionalmente, la columna muestra que Madre de Dios es una cuenca de acumulación masiva.

Mientras que el Paleozoico y Mesozoico forman el soporte profundo, el Cenozoico (donde destaca la Formación Charqui) constituye el relleno principal.

La hegemonía de las formaciones Maldonado y Madre de Dios confirma que el departamento es, esencialmente, un gran sistema fluvial que ha operado sin interrupción desde el Neógeno hasta el presente, como se muestra en el siguiente resumen:

Figura 37

Columna estratigráfica del departamento de Madre de Dios

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS						
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	SUPERFICIE		
				Ha.	%	
Cenozoico	Cuaternario	Holocena	Depósitos Fluviales Recientes	876568	10.29	
			Depósitos Fluvio Lacustres	34300	0.40	
			Depósitos Aluviales Subcrecientes	286973	3.37	
			Depósitos Lacustres Palustres	118926	1.40	
		Pleistocena	Depósitos Aluviales Pleistocenicos	166556	1.96	
			Depósitos Fluviales Pleistocenicos	7731	0.09	
			Formación Maldonado	2947860	34.61	
	Neogeno	Pliocena	Formación Mazuko	186840	2.19	
		Miocena	Formación Madre de Dios	2682727	31.49	
			Formación Ipururo	55270	0.65	
			Formación Charqui	201020	2.36	
		Paleogeno	Oligocena	Formación Quendeque	191619	2.25
	Formación Tavara			38529	0.45	
	Paleocena		Formación Punquiri	131622	1.55	
Mesozoico	Cretácico	Superior				
		Medio	Formación Chonta	49932	0.59	
		Inferior	Grupo Oriente	9851	0.12	
Paleozoico	Superior	Pérmico	Inferior	Grupo Copacabana	59466	0.70
	Inferior	Carbonífero	Inferior	Grupo Ambo-Tarma	74125	0.87
				Plutones Granitos- Monzogran	23349	0.27
		Devónico		Grupo Cabanillas	93645	1.10
				Silúrico	Formación San José	13806
		Formación Ananea			81254	0.95
		Ordovícico		Inferior	Formación Sandia	76879
	Cambrico	Superior	Formación Ollantaytambo	9266	0.11	
				Centros Poblados	1600	0.02
			Cuerpos de Agua	98682	1.16	
TOTAL				8518396	100.00	

Nota: Esta imagen muestra el esquema de resumen tomada de la zonificación ecológica y económica del departamento de madre de dios. Geología

3.5.4.2. Geología local. Hermoza (2004) describió esta unidad geológica asociada al sinclinal que atraviesa el río Inambari. Si bien su localidad tipo se encuentra en territorio boliviano, en el Perú esta formación es considerada relativamente reciente dentro del marco geológico nacional. Se distribuye a lo largo del piedemonte en la zona Subandina de la Amazonía sur del Perú, específicamente en la cuenca de Madre de Dios, donde se estima un espesor aproximado de 1200 metros. Es así que, se puede decir que la Formación Charqui se ubica cronológicamente en la serie Miocena del sistema Neógeno, siendo una de las unidades clave del piedemonte que antecede a las grandes acumulaciones cuaternarias de la llanura amazónica.

Se encuentra distribuida en las últimas estribaciones de la Cordillera Subandina (piedemonte) y es cortado por los ríos Inambari, Puquiri, Colorado, Malinowsqui, Cupohue, Cumerjali y Pinquen. Ocupa una estimación superficial aproximada de 201,020 ha (2 010.2 km²), que representa el 2,36 % del territorio total del departamento de Madre de Dios.

Su litología varía verticalmente: la base consiste en una sucesión de capas conglomeradas alternadas con areniscas cuarzo-feldespáticas de color marrón; la parte media exhibe una granulometría más fina sobre arcillas grisáceas; La parte superior de la formación Charqui comprende un espesor de 5 m de rocas volcánicas y tufos de biotita (Hermoza, 2004).

En las cercanías del sector Puerto San Carlos, ubicado en la margen derecha del río Inambari, se ha identificado una secuencia litológica constituida por arcillitas de color plomo grisáceo, con laminación horizontal y presencia de ondulitas con fracturas de forma ovoide. Esta unidad presenta contacto angular con

depósitos de rodados polimícticos del periodo Pleistoceno. Por último, La edad de la Formación Charqui ha sido determinada mediante análisis palinoestratigráficos realizados en el pozo Karene 1X, ubicado en el frente de la zona subandina. Según reportes de la Empresa Petrolera Mobil Oil Corp (1998) que hoy es parte de ExxonMobil, se identificaron tres ensambles diagnósticos compuestos por *Ambrosia* sp., *Multimarginites vanderhammeni*, *Kuylisporites waterbolki*, *Caryophyllaceae*, *Proteaceae*, *Corsinipollenites oculusnoctis* y *Compositae/Polygonum*. Estas asociaciones palinológicas son consistentes con una edad correspondiente al Mioceno Terminal

3.5.4.3. Geología del yacimiento. El yacimiento se localiza en el derecho minero Dos Estrellas, el cual comprende una extensión superficial de 100 hectáreas, geográficamente el área está delimitada por un polígono de cuatro vértices en el sistema de coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 S, con un perímetro definido entre las coordenadas Este 345,810 m - 346,810 m y Norte 8,555,628 m - 8,556,628 m. La concesión se emplaza sobre una Planicie Erosiva Pleistocénica, en la región de Madre de Dios representa un ambiente de sedimentación estable de tipo palustre y lagunar dentro de las 100 ha, que equivale a 1 km², la geología del yacimiento se caracteriza por:

- **Composición:** Una secuencia de capas horizontales compuestas por arenas y arcillas inconsolidadas.
- **Potencial Económico:** El interés minero se centra en estos depósitos pleistocénicos, donde la dinámica exógena ha permitido la acumulación de sedimentos que hospedan los valores metálicos.

- Geodinámica Externa: Dada su ubicación en el piedemonte de la Amazonía sur, el yacimiento está sujeto a procesos erosivos actuales que modelan la planicie. La naturaleza de los materiales (arenas y arcillas) favorece una remoción de tierras simplificada, típica de los yacimientos aluviales o de llanura de inundación de la región.

3.5.4.3.1. Tipo de yacimiento. La Unidad Minera Dos Estrellas es un Yacimiento tipo depósitos de Placeres auríferos, donde se explota el oro que se encuentra en la grava aurífera.

3.5.4.3.2. Mineralogía del yacimiento. De acuerdo a las características del yacimiento y los datos consignados en el IGAFOM de la Unidad Minera, la mineralogía es principalmente de oro que se encuentra en ríos, arroyos y llanuras aluviales, donde la Unidad Minera a través del IGAFOM manifiesta que por cada m³ de grava aurífera se obtiene 0,04gr de oro en estado nativo del oro (químicamente puro) el oro que se obtiene en mayor porcentaje oro fino y en menor porcentaje oro grueso; donde su símbolo es Au, su número atómico es 79 y su color es amarillo brillante. Con las siguientes propiedades: densidad: 19,3 g/cm³, Punto de fusión: 1.064°C, Punto de ebullición: 2.700°C, Conductividad eléctrica: Alta y Resistencia a la corrosión: Alta.

De acuerdo a las características del yacimiento y los datos consignados en el IGAFOM, se ha procedido a realizar la cubicación de las reservas para el D.M. Dos Estrellas (100 ha). Que equivale a 1,000,000 m²) donde un cuadrado de 1 km de largo por 1 km de ancho. Para calcular la reserva mineral del derecho minero de la Unidad Minera Dos Estrellas, utilizaremos la fórmula de cubicación para yacimientos aluviales.

a. Variables de cálculo

- Área (A): 100 ha = 1,000,000 m²
- Altura o espesor de la capa (h): 3 m aproximadamente
- Tenor o ley (L): 0.04 g/m³ (Ley de dilución)

b. Memoria de cálculo

Para Calcular el volumen total de grava (V)

$V = \text{área} \times \text{altura}$

$V = 1,000,000 \text{ m}^2 \times 3\text{m} = 3,000,000 \text{ m}^3$ de material aurífero

Para calcular la reserva de oro total (R)

Como el mercado del oro se maneja en onzas troy (1 oz = 31.1035 g):

$120,000 \text{ g} / 31.1035 = 3,858.09 \text{ oz}$

3.5.4.4. Geología económica. En esta zona se identifican importantes unidades geomorfológicas, como: la cordillera Oriental, Fajas Subandinas y Llanuras de importante movimiento económico.

En este contexto, las manifestaciones minerales pertenecen al sector sur de la provincia metalogénica oriental, destacando principalmente la presencia de oro detrítico, el cual se origina a partir de la erosión y degradación de yacimientos auríferos primarios vinculados a ciclos paleozoicos (formaciones Sandía y Ananea) y posiblemente también al Precámbrico (Complejo Iscaybamba). respecto a los depósitos no metálicos, estos están conformados principalmente por arenas y gravas que integran terrazas y acumulaciones fluviales en los tramos alto y medio del río Inambari, así como en meandros de ríos como Malinowski y Tambopata. Asimismo, la zona presenta potencial petrolífero asociado a la cuenca de Madre de

Dios, donde se reconocen rocas del Cretácico con probable función de generadoras y reservorios, como las formaciones Agua Caliente, Chonta y Vivian, las cuales se encuentran dispuestas dentro de una faja plegada.

3.5.4.4.1. Ley cut – of. Es más práctico y preciso medir la concentración de oro en un volumen específico de material aluvial en volumen aluvial implica el movimiento movimientos de grandes volúmenes de material, por lo que usar gramos por metros cúbicos facilita los cálculos de la cantidad de oro que se puede obtener una determinada cantidad de material extraído, para dar la ley de corte en gramos por metros cúbicos.

Tomando la ley de corte en la U.M Dos estrellas: 0,04 gr/m3.

$$L.C.O = \frac{C.O}{VALOR(\$ / gr. Au) \times RM \times F}$$

L.C.O: Ley Cut off

Valor (\$/gr. Au): Precio del oro

RM: recuperación Metalúrgica

F: fineza (%)

C.O: costos operativos(\$/m3)=0,04gr/m3

La reserva estimada esta evaluada para la Unida Minera Dos Estrellas con un aproximado de "810 000m3" de reserva.

3.5.4.4.2. Reserva mineral de oro. Según la consideración del IGAFOM de la Unidad Minera, el yacimiento se define como un depósito de baja ley porque el oro esta dispersa en los niveles de gravas a una concentración promedio de 0.04 g/m³, la unidad minera reporta una producción diaria de 38 gramos de oro.

Considerando la cotización actual es de 84.57 USD por gramo, el valor bruto de la producción diaria se estima en 3,213.66 USD."

Tabla 8

Vida probable de la Unidad Minera Dos Estrellas

Reservas Geológicas	Tiempo	Tm	Au/onzas
Diaria	Día	2,418.00	13.40
Anual	1 año	882,570.00	160.40
Probadas	10 años	8,825,700.00	1,608.00
Probables	15 años	13,238,550.00	2,406.00
Posibles	20 años	17,651,400.00	3,208.00

Nota. Esta tabla muestra la estimación predictiva fundamentada en una tasa de extracción constante de 2,418.00 t por día operativo. La proyección anual y los horizontes de reserva consideran un régimen de producción continua de 365 días calendarios por año. El contenido metálico de oro se expresa en onzas troy (oz t) a partir del factor de recuperación metalúrgica de la planta de beneficio de la Unidad Minera Dos Estrellas. Elaboración propia, adaptado del IGAFOM, se determina la vida probable de la Unidad Minera

3.5.5. Capacidad de producción.

La producción estimada como se puede ver en la figura N°15 es de 950m³/día (novecientos cincuenta metros cúbicos por día), 2 418tm por día, el mineral que explota la Unidad Minera Dos Estrellas es el oro de ley mínima 0.04gr/m³.

Figura 38

Producción estimada de oro de la Unidad Minera

b. Producción estimada:	diaria	950 m ³ /día (Novecientos cincuenta metros cúbicos por día)
c. Mineral que explota:		ORO
d. Ley mínima de mineral:		0.04 gr/m ³

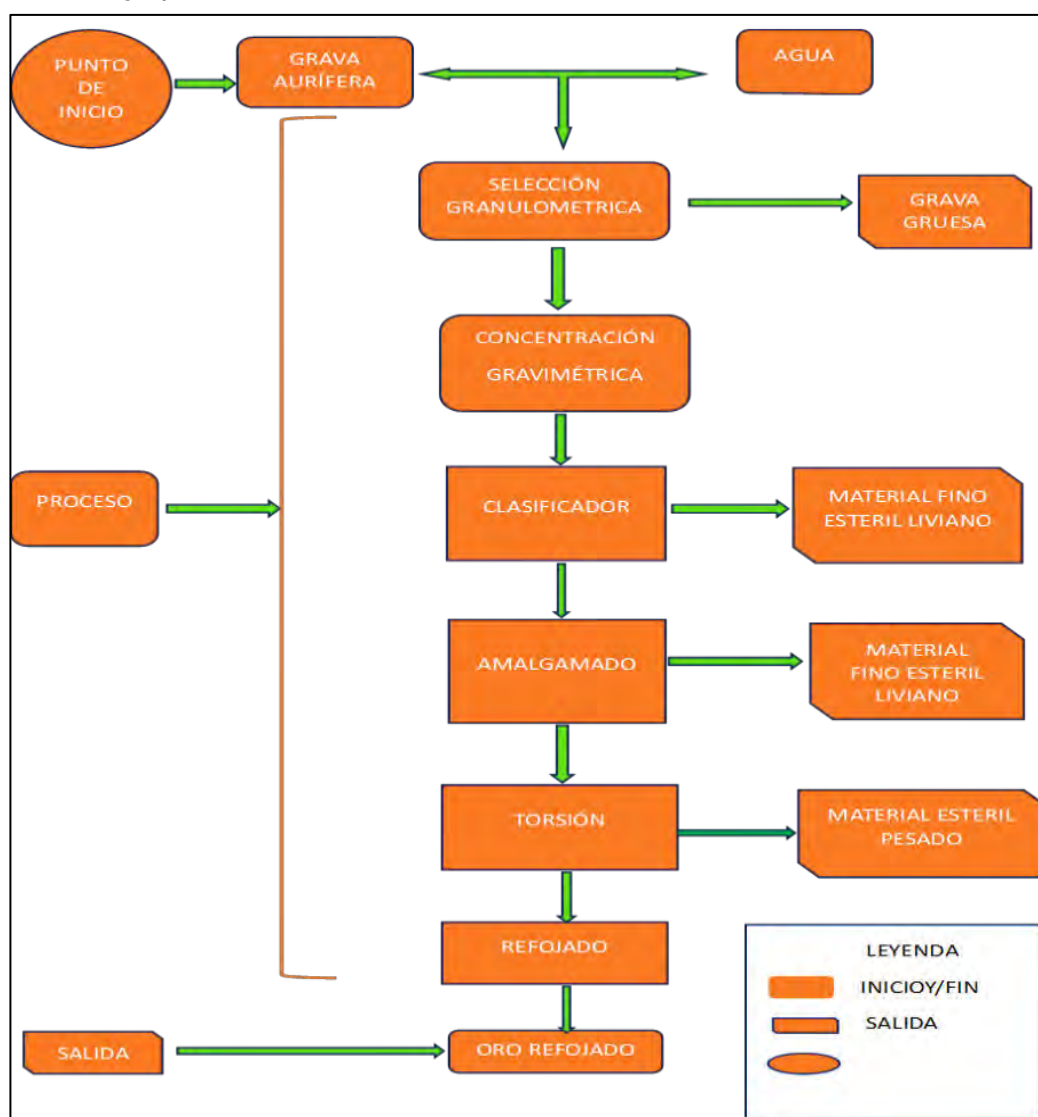
Nota: Esta figura representa el Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal en nuestro país IGAFOM de la Unidad Minera Dos Estrellas, documento que muestra la producción estimada diaria y el mineral explotado.

3.5.6. Planta de tratamiento

3.5.6.1. Flow sheet. El siguiente esquema muestra el tratamiento de la grava aurífera para la separación del oro, por lo tanto, tomando en consideración el Igafo de la Unidad Minera Dos estrellas y lo observado en dicha unidad minera, podemos describir el siguiente proceso de paso, operaciones, movimientos como un sistema para la obtención del oro en la Unidad Minera.

Figura 39

Diagrama de flujo planta de tratamiento de la unidad minera



Nota: Elaboración propia adaptado del IGAFOM de la Unidad Minera Dos Estrellas, donde se describe el proceso de la grava y el oro.

Como se puede observar en la siguiente figura el diagrama de flujo de la planta de tratamiento de la Unidad Minera Dos Estrellas se da como punto de inicio con la carga de la grava aurífera hasta la planta de lavado de la grava, para luego entrar en un proceso de separación donde se selecciona y se realiza la concentración gravimétrica.

Asimismo, se clasifica y se amalgama pasando por la torsión para luego finalmente obtener el oro refogado,

3.5.6.1.1. Planta artesanal de procesamiento. Es un dispositivo diseñado de forma artesanal y fabricado con materiales de la zona (madera), con el objetivo de seleccionar el material aurífero (grava), este dispositivo se encuentra frente a la extracción minera aluvial, es permanente; y está constituido por:

- a) Alfombras.** Son las que permiten que las arenillas negras de las gravas auríferas queden retenidas para su posterior proceso de amalgamado.
- b) Canales de madera.** Los Canales miden 4m x 1.25 m.- Sobre las cuales se acumula el concentrado (arenilla negra).
- c) Zaranda de parrilla.** Esta tiene un marco de madera 1.2m x 2.5m. para zarandear el material aurífero.
- d) Plásticos** de 4m x 2m que recubre los canales.

3.5.6.1.2. Ambiente de amalgamado y refogado. El ambiente tiene las dimensiones de 5m X 4m, destinado a la amalgamación y refogado del material aurífero, cuenta con pozos de material noble, revestimiento de cemento pulido para evitar la filtración donde se bate la amalgama (oro – mercurio) evitando el contacto del mercurio con el suelo, las paredes del ambiente de refogado de amalgamado están construido con material de madera de tal forma que no cause impacto visual.

3.5.6.1.3. Proceso metalúrgico. El proceso metalúrgico es básicamente el proceso de separación de la grava y el oro se puede describir del siguiente modo:

3.5.6.1.4. Selección granulométrica. El proceso se lleva a cabo mediante el uso de una zaranda que permite la separación del material en fracciones gruesas y finas. Esta estructura metálica, de 1.5 m de largo por 1.2 m de ancho, cuenta con aberturas de entre 0.5 y 2.5 cm y está fabricada con fierro corrugado de 3/8" o 1/2". La zaranda se instala en la parte superior de la canaleta recubierta con alfombras, permitiendo que el material fino pase hacia el sistema de concentración gravimétrica para su posterior recuperación.

3.5.6.1.5. Concentración gravimétrica. La recuperación del material fino con contenido aurífero se realiza mediante canaletas de madera de 3.0 metros de largo por 1.80 metros de ancho, con una altura de cantonera de 0.10 metros. Estas presentan una inclinación aproximada de 10° a 15° y se colocan inmediatamente después de la zaranda metálica, empleándose dos canaletas dispuestas en serie. En conjunto, ambas canaletas alcanzan una longitud de 6 metros y están recubiertas con una lámina de mica y alfombras sintéticas con ranuras en alto y bajo relieve cada dos centímetros. A través de este sistema circula el agua junto con el material fino, permitiendo que las partículas más pesadas con contenido de oro queden retenidas en la superficie de las alfombras.

3.5.6.1.6. Clarificado. se realiza el sacudido de las alfombras que contienen material fino, arenillas negras y partículas de oro, trasladándolas hacia la mica o plástico. Posteriormente, se efectúa el lavado del material fino mediante una cantidad controlada de agua, lo que permite separar las partículas más livianas de aquellas de mayor peso, como las arenillas negras con contenido aurífero. Este procedimiento se realiza generalmente al finalizar la jornada laboral.

3.5.6.1.7. Amalgamado: Consiste en añadir mercurio (150 gr), al concentrado de arenilla negra proveniente de la concentración gravimétrica, se procede a agitar esta mezcla para obtener una maza homogénea de oro y mercurio (amalgama), esto se efectúa dentro de un recipiente durante 60 minutos aproximadamente. Este proceso se realizará dentro del ambiente de amalgamado y refogado.

3.5.6.1.8. Torsión: Procedimiento que consiste en la separación del exceso de mercurio de la amalgama obtenido en el proceso anterior de amalgamación, para lo cual se usa un paño de algodón con el que se aplica torsión (exprimido), logrando separar el exceso de mercurio.

3.5.6.1.9. Refogado: Cuando la amalgama se solidifica como un compuesto estable, con una proporción aproximada de 3/7 entre oro (Au) y mercurio (Hg), se procede a su colocación en una retorta. Posteriormente, se somete a temperaturas elevadas, superiores a 360°C, durante un periodo de 20 a 30 minutos, con el objetivo de evaporar el mercurio contenido en la mezcla. Como resultado, el oro permanece en el recipiente como producto final del proceso, mientras que el mercurio se volatiliza y es recuperado posteriormente en estado líquido mediante un sistema de enfriamiento o refrigeración.

El mercurio recuperado es reactivado y recirculado para ser reutilizado en otro proceso.

3.5.6.2. Productos. El mineral que se explota en la Unidad Minera dos Estrellas es el “oro” de forma rentable donde la producción estimada de acuerdo al Instrumento de Gestión Ambiental para la formalización de Actividades de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal (IGAFON) que maneja la Unidad Minera Dos estrellas es de 950/m³ por día donde la ley mineral es de 0.04gr/m³

3.5.7. Método de explotación por lavado y concentración.

El método de explotación que se usa en la Unidad Minera Dos Estrellas es como sigue, descrito del siguiente modo:

- a. Preparación de terreno.** Para la extracción de las gravas auríferas en algunos casos si es necesario se realiza la tala de bosque, para la preparación del tajo y el transporte del tajo a chute.
- b. Extracción de grava aurífera.** La extracción de la grava aurífera es a tajo, en esta operación se utiliza una excavadora con capacidad de cuchara de 1.3 m³, y volquetes de 18.79tn de capacidad.
- c. Transporte de grava aurífera.** (tajo-chute). Se utiliza volquetes de 18.79tn de capacidad para el transporte de gravas aurífera desde el tajo hacia el chute.
- d. Planta de lavado (chute).** Es la planta de lavado y seleccionador del material aurífero (grava), para lo cual se utiliza agua de flujo continuo, que ayuda al proceso de separación de la grava y el oro.
- e. Desmontera.** Desmontes o gravas lavadas, que serán dispuestos temporalmente alrededor de la labor del Chute para finalmente se disponga en la misma poza, de acuerdo al plan de cierre de la Unidad Minera para estos trabajos se utiliza un cargador frontal.

Figura 40*Método de explotación*

Nota: Esta figura representa la técnica empleada por la Unidad Minera Dos Estrellas, fotografía propia, adaptado del diario de campo el registro de fotografías de esa investigación 2024

3.5.8. Programación de operaciones

La unidad minera realiza la siguiente programación de operaciones, cuidando siempre el medio ambiente:

3.5.8.1. Personal: El siguiente personal labora en 1 turnos de 8 horas (8am – 1pm / 2pm-5pm) de lunes a viernes y el día sábado trabaja medio día de 8am a 1pm haciendo 5 horas, haciendo un total de 45 horas por semana. El personal requerido para la programación de operaciones es:

- 1 administrador del área de carguío y acarreo
- 9 operarios de equipos (6 choferes de volquetes, 1 operario de cargador frontal, 1 excavadora y 1 chofer del camión cisterna)
- técnicos en el taller mecánico
- asistente de sistema del internet

- 2 trabajadores de los chutes

3.5.8.2. Operaciones unitarias.

a) Desbosque: La unidad minera realiza el retiro de la masa boscosa si es necesario con un cargador frontal con capacidad de cuchara de 2.5 m³ tomando en cuenta todas las recomendaciones del estudio de explotación para evitar un desbosque innecesario.

b) Plan de explotación y movimiento de grava aurífera: Se refiere a la extracción del mineral haciendo uso de la maquinaria pesada (excavadora y volquetes) donde la excavadora marca Caterpillar de capacidad de la cuchara o valde es de 2.5m³; excavadora que realiza cortes en la grava aurífera de 25m largo, 3m de altura por 6m de ancho formando taludes de 65°; grava que transportada en volquetes de 15m³.

Figura 41

Extracción de la grava aurífera



Nota: muestra la forma como se extrae en la Unidad Minera, fotografía propia, adaptado del diario de campo del registro de fotografías de esa investigación

c) Transporte del material aurífero: Para el transporte de material aurífero extraído de la unidad minera tiene volquetes de 15m³ marca volvo, modelo FMX 6X 4R de doble eje.

Figura 42

Extracción de la grava aurífera



Nota: muestra la forma como se extrae en la Unidad Minera, fotografía propia, adaptado del diario de campo del registro de fotografías de esa investigación

d) Lavado de la grava aurífera en la planta de tratamiento (Chutes). Planta donde se separa el oro de la grava, el lavado de gravas auríferas en el chute generará sedimentos, que son arrastrados por el agua que discurre por la canaleta. Él chute es una planta de tratamiento o separación de la grava y el oro; que mide aproximadamente 400m², está delimitado por paredes de jebe de 1.00metro de alto, sostenido por 40 troncos en el área perimetral de 2metros, con una de 3m para el descargue de la tolva del volquete para que el material aurífero pueda ser lavado por 2 bombas hidroneumáticas de 7 amperios. Luego de ser separado el material aurífero del material estéril, el material estéril es apilado con un cargador frontal

marca volvo modelo L150F con capacidad de balde de 4.20m³ para ser llevado a diferentes zanjas.

Figura 43

Planta de tratamiento, chute



Nota: Muestra la planta de tratamiento y el lavado de la grava, fotografía propia, adaptado del diario de campo del registro de fotografías de esa investigación

e) Amalgamación. Proceso en el que se separa la arenilla restante y se obtiene la amalgama para esto se almacena en un recipiente de plástico (balde) el concentrado que es mezclado con Hg (mercurio) con la ayuda de un agitador eléctrico por aproximadamente 30 minutos, hasta que el Hg logre capturar las partículas de oro, que luego se bate para separar la arenilla, obteniéndose así la amalgama; en seguida se exprime en un paño para recuperar el exceso de Hg. Finalmente, la amalgama se colocará en un recipiente (retorta) y se somete a fuego lento hasta alcanzar la temperatura de ebullición del Hg (357°C) que es expulsado

de la recamará a través de un tubo de acero y gotea en el recipiente de agua; obteniéndose así el oro refogado que será comercializado.

Figura 44

Área de amalgamado



Nota: Muestra el área de amalgamado, fotografía propia, adaptado del diario de campo del registro de fotografías de esa investigación

f) Disposición de desmontes. Después del lavado de gravas, se genera desmontes; es el material grueso que queda fuera de la zaranda y representan el 30% del volumen tratado, las que son transportado por un cargador frontal y un volquete, material q se coloca al contorno de la poza de sedimentación para aumentar su capacidad de colmatación.

Figura 45

Disposición del desmonte



Nota: Tratamiento de la grava tratada, fotografía propia, adaptado del diario de campo del registro de fotografías de esa investigación

g) Mantenimiento de maquinaria. Los días domingos se realiza el mantenimiento de maquinarias y equipos (cambios de aceite, filtros, reparaciones, soldadura, etc.); esta actividad se realiza conforme el plan de manejo ambiental propuesto.

Los desechos de hidrocarburos, industriales y domésticos son colocados en cilindros temporalmente

h) Cuidado del medio ambiente. Para el cuidado del medio ambiente la Unidad minera cubre las zanjas con el material estéril, para luego reforestar árboles, este tratamiento se realiza con la dirección y la guía de un especialista.

Figura 46*Cuidado del medio ambiente*

Nota: Muestra del tratamiento del terreno después de la explotación del oro, fotografía propia, adaptado del diario de campo del registro de fotografías de esa investigación

3.5.9. Ciclo de carguío y acarreo

El ciclo total de carguío y acarreo de la unidad minera responde al siguiente esquema: **CARGUIO – ACARREO – DESCARGA – RETORNO**

a) Carguío. El carguío es la etapa de la extracción en la Unidad Minera Dos Estrellas donde se retira la grava que contiene el oro con una excavadora 329DL con un cucharón de 1.3m³, 2.8Tn (1.7yd³); material que es depositado en el volquete; es así que, podemos decir que las operaciones de carguío consiste en el giro y posicionamiento de la excavadora, la distancia de la excavadora al volquete, el tiempo de carga y descarga que ejecuta la excavadora donde es necesario realizar el control de tiempos, y la cantidad de cucharones en el proceso del carguío al volquete aspectos importante en el cálculo total del ciclo de carguío; indicadores

importante para determinar la producción horaria y total de los equipos de carguío, para esta investigación se tomo es cuenta los tiempos útiles y tiempos muertos.

El tiempo de carguío inicia cuando el volquete se estaciona debajo de la excavadora hasta que concluye con el llenado de la tolva del volquete.

Figura 47

Ciclo de carguío



Nota: Muestra la etapa de la extracción de la grava, fotografía propia, adaptado del diario de campo del registro de fotografías de esa investigación

a) Acarreo. El material aurífero es trasladado en camiones marca Volvo modelo FH6X 4T, con carga útil de 18.794tn. Para el acarreo el tiempo es un factor muy importante para poder determinar la productividad real, máxima y optima de los volquetes, para esto se realizó un análisis de los tiempos desde el punto de carguío hasta el punto de descargue.

La unidad minera realiza un programa de cuidado y mantenimiento de la superficie de las vías, así como de la balanza y el sistema de internet y así evitar

factores externos que alteren el normal tránsito de los volquetes. Los volquetes salen cargados con grava aurífera, se determina el peso en el camino con la balanza; estos datos de peso son obtenidos en tiempo real, y luego el volquete realiza su recorrido final hasta el punto de descargue. La eficiencia del tiempo total del acarreo se mide tiempo de acarreo cargado más el tiempo de retorno sin carga (vacío).

Figura 48

Acarreo



Nota: Muestra el traslado de la grava hasta la planta de tratamiento (chute), fotografía propia, adaptado del diario de campo del registro de fotografías de esa investigación.

b) Descarga. La descarga se realiza en el centro de tratamiento (chute) que tiene destinado una vía de acceso para la maniobra del volquete; donde el descargue es el tiempo de giro y posicionamiento, y el tiempo que el volquete se demora para estacionarse para descargar el material acarreado, son aquellos tiempos donde el volquete realiza maniobras para descargar el material. El ciclo completo esta supervisada por la misma Unidad Minera Dos Estrellas en coordinación con los

operarios de los diferentes equipos en servicios (excavadoras” encargado del carguío del material extraído

Figura 49

Descarga



Nota: Muestra la descarga de la grava en la planta de tratamiento(chute)fotografía propia, adaptado del diario de campo del registro de fotografías de esa investigación

3.5.10. Características de la vía

Es una vía afirmada en su totalidad, con un ancho de acceso a 20 metros y un largo 2.5km (2 500 metro). El acceso está en constante mantenimiento, se riega cada hora para evitar el levantamiento excesivo de partículas como es el polvo, cuidando de las plataformas del camino.

3.5.11. Condiciones de la vía.

La vía es trocha carrozable, manteniendo buena estabilidad del talud para evitar derrumbes, la vía es apelmazado o compacto donde se observa resistente, firme y fluido para soportar el tráfico intenso, por otro lado, el drenaje es fluido porque presenta taludes. La vía está en constante mantenimiento con el cargador frontal, y una cisterna de agua no potable es su regado

3.5.12. Condiciones naturales

Presenta condiciones naturales desafiantes debido a su ubicación amazónica, donde el clima húmedo y cálido con dos estaciones hidrológicas bien definidas como: seco entre mayo y octubre, lluvioso entre diciembre y abril. Por último, la región donde se encuentra la unidad minera es susceptible a cambios climáticos bruscos

3.5.13. Características del material a transportar

El material a transportar en la unidad minera es grava aurífera que está constituido por: arena, arcilla, arenilla, piedras naturales y oro. Donde las piedras son naturales de diferentes tamaños de forma irregular redondeada de tamaños que fluctúan de 1mm a 5mm de diámetro; la arena es negra o gris oscuro, la arcilla se encuentra en pequeñas cantidades, y el oro se encuentra en partículas muy finas.

Figura 50

Grava aurífera de la Unidad Minera Dos Estrellas



Nota: Muestra las características de la grava, fotografía propia, adaptado del diario de campo del registro de fotografías de esa investigación

3.5.14. Equipos implicados en el carguío y acarreo

3.5.13.1. Equipo de carguío (excavadora 329DL). La excavadora que se usa en la Unidad minera son equipos de la marca Caterpillar; equipo q tiene en brazo y en el extremo de su brazo el cucharón; esta excavadora caterpillar modelo 329DL realiza el trabajo de extracción de la grava aurífera y el traslado de esta al volquete llamados también Ciclo de Carguío con cucharon, donde el ciclo son fases de. carga-descarga, viaje, vacío y retorno

Figura 51

Excavadora 329DL



Nota: Muestra las características de la excavadora, fotografía propia, adaptado del diario de campo del registro de fotografías de esa investigación

Asimismo, en el siguiente cuadro se detalla las especificaciones técnicas, de acuerdo a la ficha técnica de la excavadora que se utiliza en la Unidad Minera; y estas características son las siguientes:

Tabla 9*Características de la excavadora 329DL*

Equipamiento	Características
Mecanismo de Dirección	SI
Anchura Orugas	600mm
Capacidad de Cucharón	1.7 Yd ³
Pluma	Md
Max. Alcance Lateral	9.52m
Profundidad de Excavación	6.62m
Fuerza de Rotura	155kn
Ancho de la Cuchara	1.35m
Fabricante del Motor	Caterpillar
Modelo del Motor	C7 Acert
Rendimiento del Motor	152 Kw
Cilindradas	7.21
Revoluciones	1800rpm
Modelo	Base Con Cabina Rops
Brazo y Cuchara	Estándar

Fuente: elaboración propia, adaptado de la ficha técnica de excavadora caterpillar

Por otro lado, el cucharón de la excavadora caterpillar modelo 329DL tiene un factor de llenado de acuerdo al tipo de material que carga, el cuadro N° 7 explica detalladamente esta capacidad.

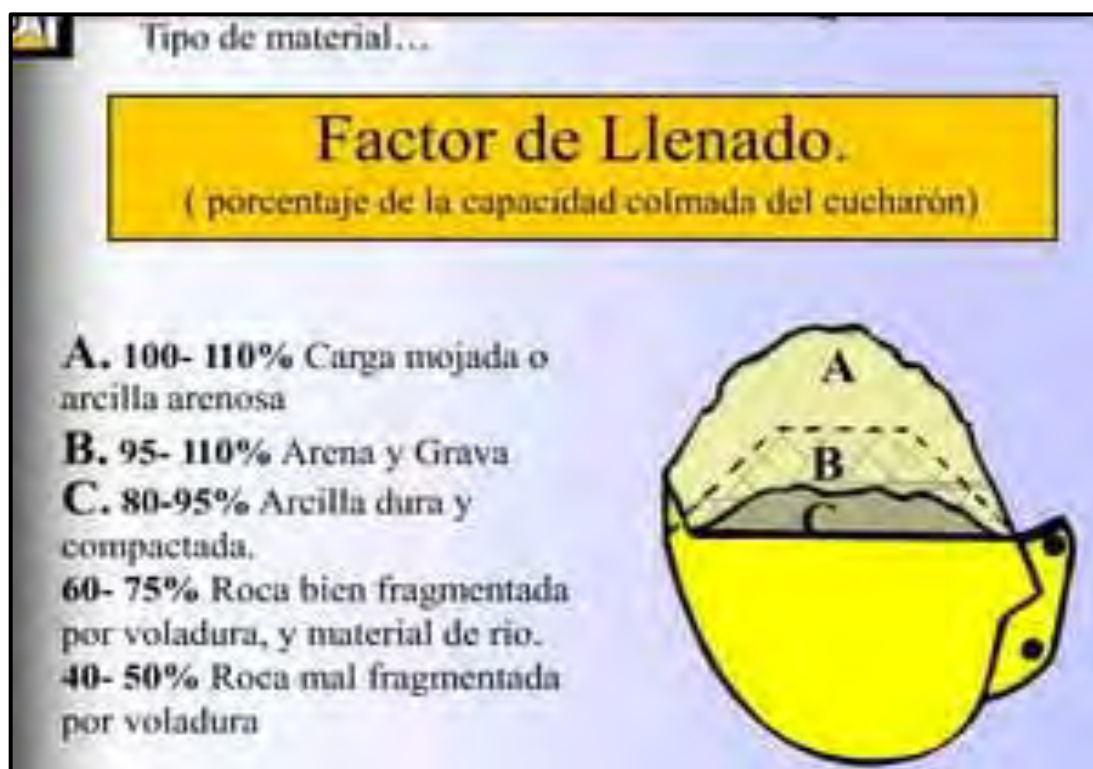
Tabla 10*Capacidad o colmatada del cucharón en porcentajes*

Tipo de Material	Descripción	Factor de Llenado
Material suelto	Áridos Húmedos Mezclados	95-110%
	Agregados Uniformes de hasta 3mm(1/8pulg)	95-110%
	De 3mm(1/8pulg) A 9mm(3/8pulg)	95-110%
	De 12(1/2pulg) A 20mm(3/4pulg)	95-110%
	De 24(1,0pulg) A Más Grandes	95-110%
Roca voladura	Bien Fragmentado	80-95%
	De Fragmentación Mediana	75-90%
	Mal Fragmentado	60-75%
Otros	Mezcla De Tierra Y Roca	100-120%
	Limo Húmedo	100-120%
	Tierra, Piedras Y Raíces	80-100%
	Materiales Cementados	85-100%

Fuente: elaboración propia, adaptado de la ficha técnica de caterpillar

Figura 52

Factor de llenado de acuerdo al material



Nota: Muestra el factor de llenado de acuerdo a las características de la capacidad de colmada de cucharón, adaptado del Manual de rendimiento de caterpillar.

3.1.13.2. Equipo de acarreo. El Equipo de acarreo que utiliza la unidad Minera Dos Estrellas son volquetes que se utilizan para el transporte de la grava aurífera con las siguientes características:

Marca Volvo, año 2023, modelo FH6X4T, serie 9BVRG40DXPE929823 de 3 ejes, trae 10 ruedas, longitud 6.93mt, ancho 2.52, altura 3.88mt, motor D138685374C5E, cilindrada 12.800L, el peso bruto es 28.500tn, peso útil es 18.794tn; la cabina es para 1 pasajero, tiene dos asientos y el tipo de combustible que utiliza es DISEL

Figura 53

Volquete volvo FH6X4T



Nota: Muestra las características del volquete marca volvo FH6X4T, adaptado de la boleta informativa Sunarp 2024

Tabla 11

Características Del Volquete Volvo FH6X4T

Marca	Modelo	Ejes	Dimensiones			Peso	
			Longitud	Ancho	Altura	Bruto	Útil
Volvo	FH6X4T	3	6.93mt	2.52	3.88	28.500tn	18.97tn

Nota: elaboración propia, adaptado de la boleta informativa Sunarp 2024

3.5.14. Balanza electrónica

La balanza de la unidad minera posee un sistema para pesar camiones de manera precisa, la función de WI-FI permite que los datos de pesaje se envíen automáticamente a un sistema de gestión o a un servidor remoto para su registro y análisis.

Es una balanza camionera eje por eje conocida también como bascula, que cuenta con dos plataformas que pueden pesar hasta un máximo de 40 toneladas

(40000 kg) de peso (la capacidad es de 20 tn (20000kg) por eje), el tipo de sistema que tiene un sistema electrónico de pesaje, cada plataforma metálica es de 1.30 x 80cm (cada plataforma cuenta con rampa de 30cm, sector de la carga o superficie de 70 x80cm). Los sensores de esta balanza cuentan con 10 celdas de carga cada una de 5 Tn, con tarjeta sumadora de señales, y con factor de presión GVW del 94% al 97%. Después de la tensión de peso; El peso se envía a un convertidor para ser transformadas en códigos binarios que será enviado a la computadora mediante una señal de WI-FI wifi esp-wroom-3 con un rango de aproximación de 200 metros de radio al recibir la frecuencia de reloj en una computadora para ser almacenado Macro Excel con un Windows de 64 bits

Esta balanza es resistente y duradera para la zona agreste como es la mina. El WI FI permite una conexión inalámbrica para:

- Envío automático de datos de pesaje a un sistema de gestión en este caso aun terminal receptor con el programa Excel “macros” ayuda a tener acumulación de datos de manera automática.
- Monitoreo remoto del pesaje en tiempo real, y cálculo de productividad de equipos mecánicos como es el carguío y acarreo.
- Actualizaciones de software y mantenimiento de equipos involucrados al decepcionar información

Esto facilita la gestión de procesos de pesaje en tiempo real, reduce errores y aumenta la eficiencia en logística y el control de inventario, Balanza de plataforma de fabricación robusta, Balanza diseñada para trabajo arduo y continuo.

Por último, cabe resaltar que las basculas o balanza de eje por eje para camiones varía de acuerdo al modelo y al fabricante.

Figura 54

Balanza electrónica eje por eje



Nota: Muestra la balanza electrónica de la Unidad Minera donde se capta el peso de la grava y los datos son enviados en tiempo real, fotografía propia, adaptado del diario de campo del registro de fotografías de esa investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Análisis estadístico de las encuestas aplicadas al personal del área de carguío y acarreo, antes del trabajo de campo

El presente material corresponde a encuestas realizadas a 14 trabajadores del área de carguío y acarreo de la Unidad Minera Dos Estrellas, quienes fueron sometidos a un cuestionario de preguntas (encuestas); quienes contestaron a las diferentes preguntas planteadas en la encuesta, antes de la implementación de la balanza electrónica con sensores para conocer la situación actual, y la importancia de dicha implementación.

Las edades de los trabajadores (encuestados) fluctúan en entre 25 a 55 respectivamente, sus años de servicio fluctúan de 01 a 03 años. Encuestas que arrojaron los siguientes resultados.

Tabla 12

Pregunta N°1: ¿Ud. toma el peso del material acarreado?, Si la respuesta es (si), ¿Cómo se toma el peso?

Categoría	Trabajadores	
	fi	%
Si	06	42.86
No	08	57.14
Total	14	100.00

Nota: Como se puede ver, en la siguiente tabla del 100% de encuestados el 42.86 reconoce que realiza el control del peso, del 100% de encuestados el 57.14% reconoce tomar el peso manifiesta que el peso se toma al cálculo, y de cubicación de la tolva y por otro lado manifiestan a ojo de buen cubero. Elaboración propia, encuesta aplicada 2024

Tabla 13

Pregunta N°2: ¿Cómo acumulan el control de tonelaje del acarreo?

Categoría	Trabajadores	
	fi	%
No responde	03	21.43
M3	11	78.57
Total	14	100.00

Nota: Como se puede ver en la siguiente tabla El 78.57 manifiesta que es por m3, mientras que el 21.43% no respondió a la pregunta planteada. Elaboración propia, adaptada de la encuesta aplicada 2024

Tabla 14

Pregunta N°3: ¿Considera que el sistema de pesado es fácil?, ¿Por qué?

Categoría	Trabajadores	
	fi	%
Si	14	100.00
No	00	00.00
Total	14	100.00

Nota: la siguiente tabla muestra que el 100% de encuestados en la siguiente pregunta considera que el sistema actual de pesaje del acarreo es fácil, ¿por qué?, sencillo y es fácil el control del material acarreado, y que en el campo del trabajo es fácil, rápido y sencillo. Elaboración propia, adaptado de la encuesta aplicada 2024

Tabla 15

Pregunta N°4: Cree que una balanza digital con sistema de sensores facilitaría

tomar el peso de los equipos del acarreo, ¿Por qué?

Categoría	Trabajadores	
	fi	%
Si	14	100.00
No	00	00.00
Total	14	100.00

Nota: Como se puede ver en la siguiente tabla el 100% de encuestados manifiesta que una balanza digital con sistema de sensores facilitaría el sistema de pesaje del material acarreado. Porque considera que facilita el trabajo con la ayuda de la tecnología, ahora el tiempo, porque la balanza toma el peso preciso, y no se pierde tiempo. Elaboración propia, adaptado de encuesta aplicada 2024

Tabla 16

Pregunta N°5: Conoce Ud. alguna Unidad Minera cercana que utiliza balanzas digitales con sistema de sensores para el control de carguío y acarreo de equipos, Donde

Categoría	Trabajadores	
	fi	%
Si	00	00.00
No	14	100.00
Total	14	100.00

Nota: Como se puede ver en la siguiente tabla el 100% reconoce que en las mineras cercanas no existen balanzas digitales. Elaboración propia, adaptado de la encuesta aplicada 2024

Tabla 17

Pregunta N°6: Ud. cree que sería importante que Unidad Minera con una balanza electrónica, ¿Por qué?

Categoría	Trabajadores	
	fi	%
Si	12	85.71
No responde	02	14.29
Total	14	100.00

Nota: Como se puede ver en la siguiente tabla el 85.71% cree que es importante que la unidad minera implemente una balanza electrónica porque consideran que habría un control exacto del material acarreado, para verificar la producción, y que habría un control exacto del material acarreado. Por otro lado, el 14.29% no responde posiblemente porque no sabe del tema. Elaboración propia, adaptado de la encuesta aplicada 2024

En síntesis, el diagnóstico realizado mediante la aplicación del cuestionario de preguntas a los operarios o trabajadores permitió diferenciar como era la operación antes de la implementación de la balanza electrónica y cuáles fueron las expectativas frente a su incorporación, descrito o expresado del siguiente modo:

- El 78% de los operarios que toman el peso del material acarreado, manifiestan que el peso del material acarreado se toma de forma calculada, donde no se puede determinar el peso exacto y que el personal calcula el tonelaje del acarreo en m³. lo que confirma la ausencia de una conversión precisa a toneladas. Esta práctica ignora las variaciones en el factor de esponjamiento y la densidad del material, afectando la confiabilidad de los indicadores de rendimiento KPIs (Key Performance Indicator), que en español es el indicador clave de desempeño.
- El 100% de encuestados reconocen que el pesaje es fácil y sencillo el sistema, esta sustentación posiblemente se sustente en la falta de rigor técnico en el pesaje con un sistema convencional porque es al cálculo y esto no implica mayor esfuerzo.
- El 57.14% de los trabajadores reconocieron que realizan el control mediante la cubicación de tolva (M³) o estimación empírica (ojo de buen cubero). Esto genera una incertidumbre operativa en el reporte de producción real, al no contar con un sistema de pesaje dinámico que elimine el error humano. Donde se ve la deficiencia en la Precisión del Tonelaje.
- El 100% de trabajadores encuestados reconoce que una balanza con sensores facilitaría la toma de peso del material acarreado, porque es preciso y ahorraría tiempo. Los encuestados reconocen que la tecnológica, optimización de ciclos, y la automatización no solo garantiza la precisión, sino que optimiza los tiempos de los ciclos de carguío y acarreo al eliminar la necesidad de reportes manuales, facilitando la transición hacia una minería digital; cómo se está proponiendo en la siguiente investigación.

- El 85% cree que es importante la implementación de la balanza electrónica porque es técnicamente imperativa para transformar la cubicación manual en un control de masa en tiempo real, garantizando la integridad de la data de producción y la optimización de los activos mecánicos.

De todo esto podemos concluir, que un 78% de los operarios a través de una encuesta manifestaron calcular el tonelaje de forma empírica y subjetiva, lo que genera incertidumbre operativa y esto afecta la confiabilidad de los KPIs por falta de precisión técnica. Por otro lado, los trabajadores reconocieron la importancia y necesidad de implementar balanzas electrónicas para automatizar el control de producción, optimizar tiempos y eliminar el error humano.

4.1.2. Análisis estadístico del control de productividad de carguío y acarreo

El presente material corresponde a la recopilación de datos acumulados en Microsoft Excel en tiempo real y un cuaderno de campo, donde se recopiló datos necesarios para determinar la productividad de los equipos del carguío y acarreo de la Unidad Minera Dos Estrellas.

4.1.2.1. Control de productividad del equipo de carguío. El presente estudio corresponde al análisis de los datos recopilados de una excavadora durante un periodo de tiempo, tres meses, con el objetivo de determinar la productividad del carguío.

Se realizó un control tiempos de carga, factor crítico en el ciclo total de carguío y acarreo, y parámetro esencial para el cálculo de la producción. Este análisis inicia con el posicionamiento del volquete y el posterior llenado de la tolva, tal como se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 18

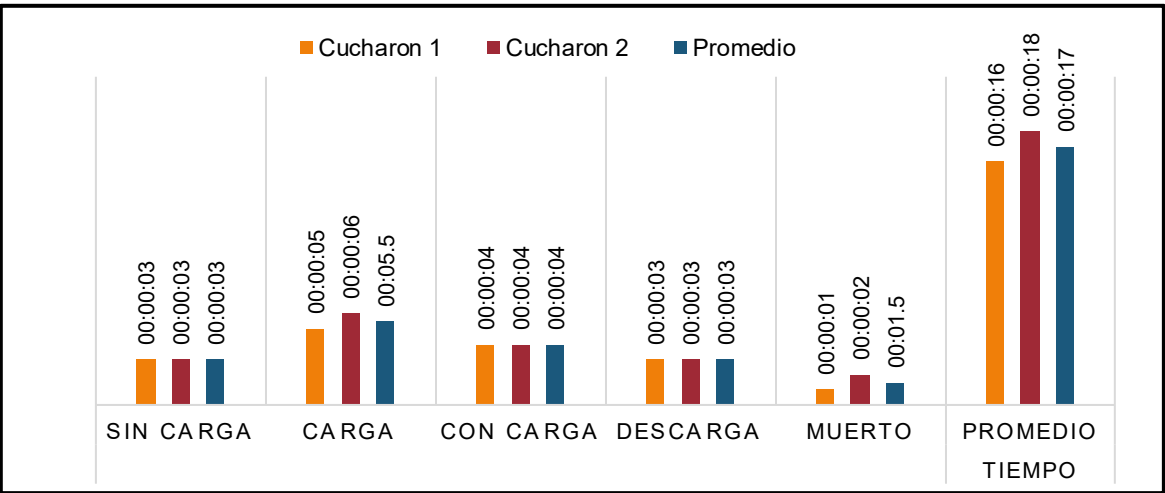
Tiempo del ciclo de la excavadora de un cucharon en segundos

Cucharon	Tiempo de Carga de un Cucharon de Carguío					
	Tiempo Sin Carga	Carga	Tiempo Con Carga	Descarga	Tiempo Muerto	Tiempo promedio
Cucharon 1	00:00:03	00:00:05	00:00:04	00:00:03	00:00:01	00:00:16
Cucharon 2	00:00:03	00:00:06	00:00:04	00:00:03	00:00:02	00:00:18
Promedio	00:00:03	00:00:05.5	00:00:04	00:00:03	00:00:01.5	00:00:17

Nota: la siguiente tabla muestra el promedio de ciclo de 2 cucharones de una excavadora, cuyo tiempo promedio es de 17segundos, elaboración propia adaptado de cuaderno de campo 2024

Figura 55

Tiempo del ciclo de la excavadora de un cucharon en segundos



Nota: la siguiente muestra gráficamente el promedio de ciclo de 2 cucharones de una excavadora, cuyo tiempo acumulado es de 17segundos, elaboración propia adaptado de cuaderno de campo 2024

Promedio aproximado de un Ciclo de Cucharon	00:00:17
--	-----------------

En la Tabla 17 y figura 54 se presentan los tiempos registrados durante el ciclo de carguío. Se observa que el tiempo promedio de ciclo es de 17 segundos. El componente que demanda mayor tiempo es la fase de Carga donde se usa 5 y 6 segundos, con una media de 5.5 segundos, lo que representa aproximadamente

el 32% del tiempo total del ciclo. Asimismo, destaca una variabilidad en los Tiempos Muertos, donde el Cucharón 2 duplicó el tiempo registrado por el Cucharón 1. Estos resultados sugieren que las ineficiencias en el ciclo total están vinculadas principalmente a demoras en la maniobra de llenado y detenciones no programadas.

Por lo tanto, se puede decir que en la muestra de 2 ciclos de cucharón de la excavadora el tiempo promedio de 2 ciclos de cucharón es de 17 segundos aproximadamente.

Tabla 19

Tiempo de carguío de una tolva de un volquete en 6 ciclos

Ciclo de Cucharón	Carguío de una tolva en 6 ciclos de cucharón						Tiempo Acumulado
	Sin Carga	Carga	Con Carga	Descarga	Tiempo Muerto	Tiempo Ciclo	
Ciclo 1	00:00:03	00:00:05	00:00:04	00:00:03	00:00:01	00:00:16	00:00:16
Ciclo 2	00:00:03	00:00:06	00:00:04	00:00:03	00:00:02	00:00:18	00:00:34
Ciclo 3	00:00:03	00:00:05	00:00:04	00:00:03	00:00:02	00:00:17	00:00:51
Ciclo 4	00:00:03	00:00:05	00:00:04	00:00:03	00:00:01	00:00:17	00:01:08
Ciclo 5	00:00:03	00:00:05	00:00:04	00:00:02	00:00:03	00:00:17	00:01:25
Ciclo 6	00:00:04	00:00:05	00:00:03	00:00:02	00:00:02	00:00:16	00:01:41
PROMEDIO						00:00:17	00:01:41

Nota: la siguiente tabla muestra el llenado de una tolva con 6 ciclos de cucharón en un promedio de 1 min con 41 segundos en un tiempo total acumulado, elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Promedio aproximado de Carguío de una tolva con 6 ciclos de cucharón

00:01:41

Como se puede ver en la siguiente en la tabla N° 18, se observa el ciclo de carguío de la pala/excavadora donde se revela el comportamiento de cada fase del ciclo donde: en la fase de la carga se observa que es la actividad que consume más tiempo que es de 5.2 segundos promedio que representa el 31% del tiempo total del ciclo. En los giros el viaje con carga se observa que es de 03 minutos con 8 segundos y que además mostro que es ligeramente más lento que el viaje vacío que se realizó en 03 minutos con 2 segundos. Esto es físicamente correcto por la inercia del equipo. Ambos giros suman el 41% del total del ciclo de carguío. La descarga se realizó en un promedio de 02 minutos con 7 segundos aproximadamente. Se observa una aceleración en los ciclos 5 y 6 en 2 segundos, lo que indica mayor confianza al llenar el centro de la tolva. Asimismo, se observó que el ciclo 1 y el ciclo 6 son los más rápidos donde se realizó el ciclo de carguío en 16 segundos, y el ciclo de carguío 2 mostro que es el más lento; ciclo de carguío que se realizó en 18 segundos debido a una mayor resistencia en la fase de carga donde se observó 6 segundos. Esto nos muestra que operador de la pala/excavadora mantiene tiempos de giro (Sin carga/Con carga) casi idénticos en todos los pases, lo que demuestra alta consistencia motriz y un ángulo de giro óptimo probablemente en un ángulo menor a 90 grados. En cuanto al tiempo muerto el promedio aproximado es de 1 minuto con 8 segundos por pase y que representa el 11% del tiempo total de llenado, en los ciclos 5 y 6, el tiempo muerto sube o se mantiene alto porque se observó el tiempo de 3 segundos y 2 segundos esto probablemente se deba a la necesidad de acomodar el material o esperar a que el polvo se disipe o disperse para ver la tolva y seguir con el llenado. En conclusión, podemos decir que el ciclo de carguío presenta una eficiencia del 89% en tiempo neto productivo. El 11% restante corresponde a tiempos muertos menores, una cifra

óptima para operaciones mineras de alta productividad. La fragmentación del material es homogénea, dado que el tiempo de excavación o carga varía solo en 1 segundo entre pases

Tabla 20

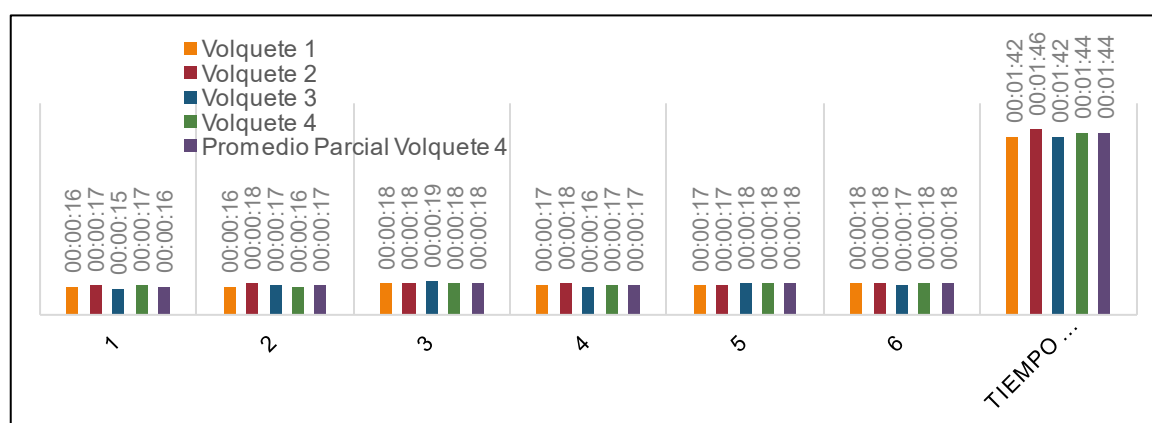
Ciclo de carguío - turno mañana (volquetes 1 al 4)

N° de Ciclo de cucharón	Ciclo de carguío por minuto Turno Mañana				Promedio
	Volquete 1	Volquete 2	Volquete 3	Volquete 4	Parcial
1	00:00:16	00:00:17	00:00:15	00:00:17	00:00:16
2	00:00:16	00:00:18	00:00:17	00:00:16	00:00:17
3	00:00:18	00:00:18	00:00:19	00:00:18	00:00:18
4	00:00:17	00:00:18	00:00:16	00:00:17	00:00:17
5	00:00:17	00:00:17	00:00:18	00:00:18	00:00:18
6	00:00:18	00:00:18	00:00:17	00:00:18	00:00:18
Tiempo acumulado	00:01:42	00:01:46	00:01:42	00:01:44	00:01:44

Nota: En la siguiente tabla se puede ver el tiempo de carguío de 4 volquetes con 6 ciclos de cucharón, se observó el tiempo promedio parcial de 4 volquetes donde la tova se llenó en 1 minuto con 44 segundos, Este cuadro muestra el desempeño de la primera mitad de la muestra durante las primeras horas de operación. elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Figura 56

Ciclo de carguío - turno mañana (volquetes 1 al 4)



Nota: Esta imagen muestra gráficamente el desempeño de la excavadora durante la observación de la primera mitad de la muestra en las primeras horas de operación, compara el tiempo total acumulado para los volquetes del 1 al 4. La altura casi idéntica de las barras demuestra de forma directa que las unidades operan con un ritmo sincronizado y predecible, registrando variaciones milimétricas de apenas uno a dos segundos por fase gracias a la automatización del proceso. Elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Tabla 21

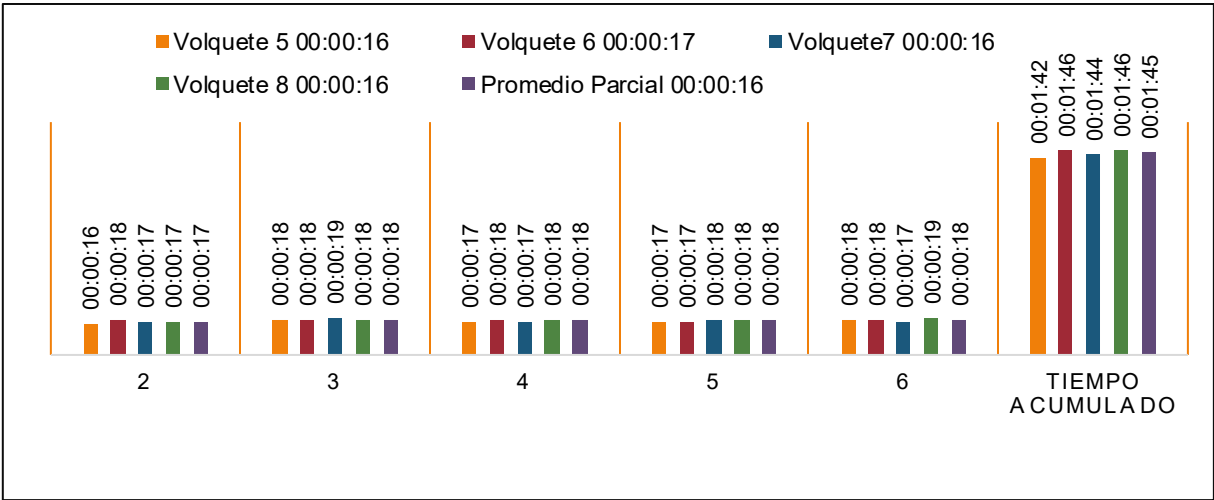
Ciclo de carguío - turno tarde (volquetes 5 al 8)

N° de Ciclo de cucharon	Ciclo de carguío por minuto turno tarde				
	Volquete 5	Volquete 6	Volquete7	Volquete 8	Promedio Parcial
1	00:00:16	00:00:17	00:00:16	00:00:16	00:00:16
2	00:00:16	00:00:18	00:00:17	00:00:17	00:00:17
3	00:00:18	00:00:18	00:00:19	00:00:18	00:00:18
4	00:00:17	00:00:18	00:00:17	00:00:18	00:00:18
5	00:00:17	00:00:17	00:00:18	00:00:18	00:00:18
6	00:00:18	00:00:18	00:00:17	00:00:19	00:00:18
Tiempo acumulado	00:01:42	00:01:46	00:01:44	00:01:46	00:01:45

Nota: En la siguiente tabla se puede ver el tiempo de carguío de 4 volquetes durante 6 ciclos de cucharon, el tiempo promedio de la segunda observación parcial en el que se llenó la tolva de 4 volquetes donde las tolvas se llenaron en un promedio de 1 minuto con 45 segundos, además este cuadro completa la muestra de 8 unidades, elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Figura 57

Ciclo de carguío - turno mañana (volquetes 1 al 4)



Nota: Esta imagen muestra el desempeño de la segunda mitad de la muestra durante el turno tarde donde contrasta los tiempos medidos en cada fase de transporte y el tiempo total acumulado para cada volquete, la similitud en la altura de las barras demuestra que toda la flota opera bajo un mismo ritmo estandarizado, registrando variaciones milimétricas de solo uno a dos segundos por fase gracias al control digital. Elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024.

Tabla 22

Resumen comparativo de promedios generales de ciclos de carguío de 8 volquetes

Indicador de Ciclo	Turno Mañana (V1-V4)	Turno Tarde (V5-V8)	Promedio General
Tiempo de Carguío (6 ciclos)	00:01:44	00:01:45	00:01:44.5
Tiempo Promedio por Cucharón	00:00:17.3	00:00:17.5	00:00:17.4
Variabilidad (Rango)	4 segundos	4 segundos	4 segundos
Estado de Eficiencia	Óptimo	Óptimo	Estable

Nota: Es una tabla comparativa de las tablas 19 y 20 resultados finales donde se consolida la información de la muestra total (N=8). Donde las tolvas de los 8 volquetes fueron observadas en diferentes condiciones horarias, elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

En las tablas 19 , 20 y 21, así como los gráficos 56 y 57 se observaron el llenado de tolvas de 8 volquetes 4 por la mañana, y otros 4 por la tarde donde se observó que para llenar la tolva de un camión la excavadora utilizo seis ciclos de cucharón donde los ciclos de los cucharón fluctuaron en un promedio de 00:00:16 a 00:00:18 segundos, mientras que el ciclo de carguío del turno mañana muestra una alta homogeneidad en la operación, con un tiempo promedio de carga final de 01:44 minutos por unidad.

Se observa que el Volquete 2 presenta la mayor demora acumulada; por otro lado, en el turno tarde que se observó que el rango de tiempo acumulado por cucharón se mantiene entre 00:16 y 00:19 segundos, el turno acumulado por volquete varía entre 00:01:42 y 00:01:46 minutos donde cómo se puede ver mantiene la eficiencia observada en el turno anterior, detectándose que el 50% de los Volquetes alcanzo el tiempo máximo de 01:46 minutos debido a una ligera extensión en los tiempos de los últimos tres pases de cucharón. En conclusión, las tolvas de los volquetes se completan tras 6 ciclos de carguío, con un tiempo

promedio de llenado de 01:44.5 minutos, y el tiempo promedio por cucharón fue de 17 minutos con 04 segundos.

Tabla 23

Balance de ciclos de carguío y eficiencia por 7 horas

N° de Volquete	Tiempo de Carguío (min/seg)	Ciclos Asignados por día	Tiempo Acumulado (hr/min/seg)	7 horas
Volquete 1	00:01:42	29	00:49:18	Completado
Volquete 2	00:01:45	29	01:40:03	Completado
Volquete 3	00:01:43	29	02:29:50	Completado
Volquete 4	00:01:46	29	03:21:04	Completado
Volquete 5	00:01:44	29	04:11:20	Completado
Volquete 6	00:01:42	29	05:00:38	Completado
Volquete 7	00:01:45	29	05:51:23	Completado
Volquete 8	00:01:45	29	06:42:08	Completado
TOTAL	00:01:44	232 ciclos	06:42:08	Productividad

Nota: Esta tabla muestra el análisis productivo y la saturación de la tolva por una jornada de 7 horas, y el rendimiento operativo promedio del llenado de la tolva de ocho volquetes en una hora. El tiempo de ciclo promedio se calculó con base en la frecuencia de 29 ciclos por hora. elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Como se puede observar en el cuadro 22, se observa el análisis productivo horario y la saturación del equipo de carguío (pala o excavadora) basándose en el llenado de volquetes, donde se observó que en una hora aproximadamente se realizan 29 ciclos de carguío, Los ciclos de carguío en una jornada de 7 horas es de 232 ciclos totales ejecutados, el tiempo total de operación efectiva fue de 06 horas, 42 minutos y 08 segundos, Durante el monitoreo de la jornada de 7 horas, se identificó un remanente técnico de 17 minutos y 52 segundos. Este lapso no constituye un tiempo muerto, sino una holgura operacional estratégica frente a imprevistos. La eficiencia de la jornada de 7 horas es el 95.74% de la utilización del tiempo disponible.

Por lo tanto, podemos ver que el promedio de tiempo de carguío es 01 minuto con 44 segundos, en una hora se realizan 29 ciclos de carguío aproximadamente, en una jornada laboral de 7 horas 232 ciclos de carguío en promedio.

Tabla 24

Tiempo de carguío de ciclos de cucharones de la excavadora en horas / meses

Sem	Volquetes								Promedio	
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	(h)	(min)
1	01:02:30	01:02:30	01:03:10	01:01:45	01:02:15	01:03:00	01:02:40	01:01:50	01:02:27	00:01:44
2	01:01:53	01:01:21	01:02:05	01:02:30	01:01:40	01:01:55	01:02:10	01:03:05	01:02:05	00:01:43
3	01:03:37	01:02:37	01:01:50	01:03:15	01:02:45	01:02:20	01:03:05	01:01:55	01:02:40	00:01:45
4	01:02:15	01:03:04	01:02:20	01:01:55	01:03:10	01:02:40	01:01:30	01:02:25	01:02:27	00:01:44
5	01:01:13	01:02:41	01:03:15	01:02:20	01:01:55	01:03:05	01:02:45	01:01:40	01:02:24	00:01:43
6	01:02:47	01:03:26	01:01:40	01:02:55	01:02:10	01:01:35	01:03:20	01:02:50	01:02:35	00:01:44
7	01:02:28	01:03:29	01:02:50	01:01:40	01:03:15	01:02:25	01:01:55	01:03:10	01:02:40	00:01:45
8	01:01:51	01:01:15	01:03:05	01:02:35	01:01:45	01:03:20	01:02:10	01:02:40	01:02:20	00:01:44
9	01:03:46	01:02:23	01:01:30	01:03:10	01:02:55	01:01:50	01:02:35	01:03:00	01:02:40	00:01:43
10	01:01:33	01:01:27	01:02:45	01:01:55	01:03:05	01:02:15	01:03:10	01:02:20	01:02:10	00:01:44
11	01:01:52	01:03:31	01:02:10	01:02:50	01:01:40	01:03:00	01:02:25	01:01:55	01:02:30	00:01:45
12	01:01:59	01:02:28	01:03:05	01:01:45	01:02:50	01:02:10	01:03:15	01:02:40	01:02:30	00:01:44
Prom	01:02:18	01:02:32	01:02:25	01:02:20	01:02:28	01:02:28	01:02:30	01:02:25	01:02:25	00:01:44

Nota: Esta tabla muestra el promedio de carguío en ciclos de cucharón de la excavadora durante 12 semanas, elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Como se puede ver la siguiente tabla corresponde a 12 semanas de observación de tiempo acumulados de ciclos de carguío de la excavadora donde se puede ver a 8 volquetes; volquetes que presentaron tiempos que fluctúan entre una 1 hora con 01 minuto y 37 segundos a 1 hora con 03 minutos 07 segundos durante 12 semanas o 3 meses. En la primera semana se obtuvo 01 hora con 02 minutos y 30 segundos, en la segunda semana 01 hora con 01 minuto y 37 segundos, en la tercera semana en 01 hora con 03 minutos y 07 segundos, en la cuarta semana 01:03:07, en la quinta semana 01 hora 02 minutos 40 segundo, en quinta semana 01 hora 01 minuto 57 segundos, sexta semana 01 hora con 03 minutos y 07 segundos, séptima semana 01 hora con 02 minutos 59 segundos,

octava semana 01 hora con 01 minuto y 33 segundos, novena semana 01 hora con 03 minutos y 05 segundos, decima semana 01 hora con 01 minuto y 30 segundos, onceava semana 01 hora con 02 minuto 41 segundos y doceava semana 01 hora con 02 minuto y 14 segundos.

Por lo tanto, podemos decir que el promedio en hora de 2 volquetes en 12 semanas o tres meses es de 1 hora con 02 minutos y 25 segundos

Tabla 25

Matriz productividad y rendimiento del equipo de carguío (excavadora)

N°	Parámetro Operativo de la Excavadora	Unidad / Valor
1	Capacidad nominal del cucharón (Volumen)	1.7yd3/ 2.8Tn/ 1.3m3/
2	Capacidad nominal del cucharón (Masa)	2.80 TM
3	Tiempo promedio de 1 ciclo del cucharón	17 segundos
4	Cucharones requeridos por volquete	6 pases
5	Capacidad real cargada por volquete	16.812 TM
6	Tiempo neto de llenado por volquete	1 min 42 s
7	Tiempo total de carga (Con maniobra)	1 min 44 s
9	Ciclos de cucharón requeridos por hora	112.8 ciclos/h
10	Ciclos de cucharón por (7h)	790 ciclos/turno
11	Tiempo de trabajo efectivo del brazo	53.27 min/hora
12	Producción horaria de la excavadora	315.93 TM/h
13	Producción total de carguío por 7 horas	2,211.54 TM/7h
14	Restricción de seguridad en zona	Activa

Nota: Esta tabla muestra los datos de capacidad y rendimiento que se sustentan en las especificaciones técnicas del fabricante para la excavadora Caterpillar 329DL, y un factor de llenado del cucharón óptimo. El ciclo de carga por volquete considera 6 pases del brazo hidráulico de forma continua. Por motivos de seguridad y control de riesgos operacionales, el rendimiento reportado asume el cumplimiento estricto del protocolo de restricción de tránsito peatonal y vehicular ajeno dentro del radio de giro de la maquinaria durante toda la jornada de 7 horas. Elaboración propia. 202

4.1.2.2. Control de productividad de los equipos de acarreo. El presente material corresponde al balance operativo del sistema de una flotilla de 8 volquetes y al acarreo de material por el tramo de 2.5 km de la Unidad Minera dos Estrellas, durante una jornada laboral de 7 horas diarias y 3 meses consecutivos, cuyas cifras arrojaron los siguientes resultados es el siguiente, expuestos al detalle de la siguiente manera:

Tabla 26

Acumulación de la tolva por tm de ocho volquetes

N°	Acumulación de la tolva								Promedio		Hora TM/7	Día TM/7h	Semana TM/6d
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	min	8 v			
1	16.890	16.943	16.950	16.803	16.863	16.850	16.973	16.959	16.904	135.23	270.46	2,163.71	14,064.10
2	16.903	16.878	16.985	16.791	16.872	16.778	16.823	16.892	16.865	134.92	269.84	2,158.72	14,031.70
3	16.666	16.845	16.642	16.683	16.791	16.766	16.688	16.777	16.732	133.86	267.71	2,141.70	13,921.00
4	16.655	16.707	16.755	16.563	16.754	16.729	16.643	16.598	16.675	133.40	266.80	2,134.40	13,873.60
5	16.807	16.803	16.915	16.766	16.707	16.708	16.888	16.830	16.803	134.42	268.85	2,150.78	13,980.10
6	16.745	16.925	16.909	16.890	16.844	16.949	16.806	16.847	16.864	134.91	269.82	2,158.59	14,030.90
7	16.596	16.865	16.810	16.759	16.817	16.749	16.780	16.621	16.750	134.00	268.00	2,144.00	13,936.00
8	16.867	16.983	16.860	16.874	16.824	16.861	16.829	16.872	16.871	134.97	269.94	2,159.49	14,036.70
9	16.596	16.969	16.815	16.750	16.751	16.713	16.727	16.887	16.776	134.21	268.42	2,147.33	13,957.60
10	16.692	16.956	16.860	16.850	16.745	16.879	16.743	16.795	16.815	134.52	269.04	2,152.32	13,990.10
11	16.654	16.972	16.930	16.847	16.827	16.857	16.895	16.879	16.858	134.86	269.73	2,157.82	14,025.90
12	16.578	16.981	16.714	16.667	16.735	16.724	16.710	16.886	16.749	133.99	267.98	2,143.87	13,935.20
Pro	16.721	16.902	16.845	16.770	16.794	16.797	16.792	16.820	16.812	134.44	268.88	2,151.06	13,981.90

Nota: Esta tabla muestra la acumulación de la tolva en TM de ocho volquetes en minutos, hora, días y semanas; elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Podemos ver en la siguiente tabla la unidad más eficiente o con mayor factor de carga fue el volquete 2 que registró el promedio de carga más alto con 16.902 TM, alcanzando su pico en el ciclo 8 con 16.983 TM. esto puede indicar un óptimo aprovechamiento de la geometría de su tolva o una mejor compactación del material durante su turno. Asimismo, se vio que la unidad de menor rendimiento fue el Volquete 1 con un promedio de 16.721 TM, marcando el punto más bajo en el

ciclo 12 con 16.578 TM. Con una variación es ligera aproximadamente de un 1%. En los picos de Producción, el promedio general de la primera semana de producción de los 8 volquetes fue 16.904 TM, mientras que en la 12 semana el promedio general fue de 16.812TM el rendimiento por hora de los 8 volquetes operando fue de un promedio de 268.88 TM de acumulación, mientras que la capacidad diaria fue de 2,151.06 TM y el promedio de las 12 semanas fue 13,981.90 TM. En conclusión, podemos decir que la acumulación del material aurífero el promedio de carguío de un volquete es de 16.812, el promedio acumulado de grava aurífera de ocho volquetes es de: en minutos 134TM, mientras que en una hora es de 268.88TM, en un día se acumuló 2,151.06 y el promedio de acumulación en una semana fue de volquetes en estudio 13,981.90

Tabla 27

Acumulación de la tolva en TM por hora, días y semanas

volquete	Toneladas (Viaje)	Minutos (Prod/Ciclo)	Horas 60min	Días (7h)	semanas (6 días)	12 semanas
Volquete 1	16.721	16.721	38.30	268.10	1,608.60	19,303.20
Volquete 2	16.902	16.902	38.60	270.20	1,621.20	19,454.40
Volquete 3	16.882	16.882	38.56	270.01	1,620.06	19,440.72
Volquete 4	16.832	16.832	38.45	269.21	1,615.26	19,383.12
Volquete 5	16.822	16.822	38.43	269.05	1,614.30	19,371.60
Volquete 6	16.802	16.802	38.38	268.73	1,612.38	19,348.56
Volquete 7	16.792	16.792	38.36	268.57	1,611.42	19,337.04
Volquete 8	16.742	16.742	38.24	267.77	1,606.62	19,279.44
Promedio	16.812	16.812	38.45	269.15	1,614.90	19,378.80
Total, x8V	134.495	134.495	307.60	2,153.20	12,919.20	155,030.40

Nota: Esta tabla muestra la acumulación de la tolva en TM de 8 volquetes en minutos, horas, días y semanas con fluctuación coordinada dentro del rango, además evalúa la proyección de producción a gran escala desde la escala de minutos hasta la escala de 12 semanas; elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Como se puede ver en la siguiente tabla de acumulación de datos de forma diaria, semanal y trimestral, donde se vio que un volquete acumula en minutos un promedio de 16.72TM de material, y en 8 volquetes 134.495TM aproximadamente,

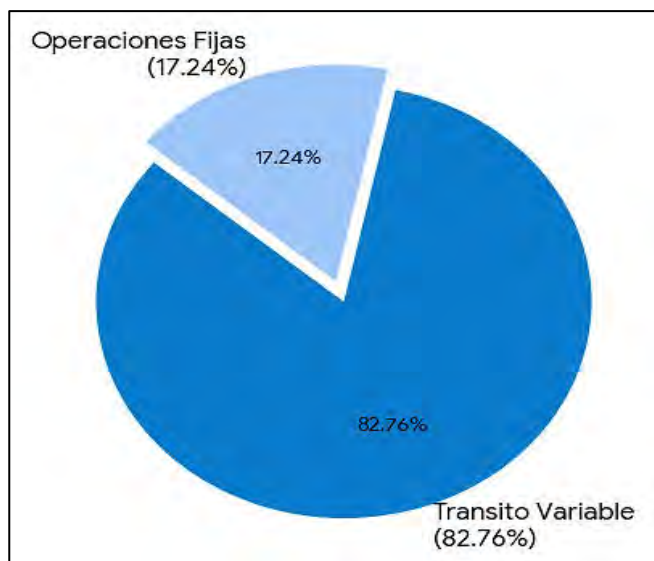
se puede ver también el comportamiento homogéneo entre el Volquete 2 con rendimiento máximo acumulado de 19,454.40TM en 12 semanas y el mínimo rendimiento del Volquete 8 con 19,279.44 TM. Se observa también el rendimiento de 8 volquetes en 60 minutos (1 hora) de 307.60 TM/h, de acuerdo a la jornada de 7 horas de trabajo se observó también una producción de 2,153.20 TM/día, bajo el régimen estándar de seis días laborables a la semana se vio un rendimiento aproximado de 12,919.20 TM/semana por 8 volquetes para concluir se vio que el ciclo de doce semanas de operación continua fue en promedio de 19,378.80 por volquete y la producción por 8 volquetes alcanzo un consolidado neto de 155,030.40TM de producción de material. De todo esto concluimos que, de 8 volquetes con una jornada laboral de siete 7 horas diarias y un régimen de seis días semanales, se acumuló 12,919.20 TM/semanales de material extraído, y se observó que los 8 volquetes observados acumularon un volumen neto de 155,030.40 TM en 12 semanas, un trimestre

Tabla 28

Promedios de tiempos de un ciclo de acarreo

Volquete	Tramo (KM)	Posición de Carga	Ida Con Carga	Vuelta Sin Carga	Pesaje	Posición de Descarga	Destolve	Tiempo (Min)
1	2.5km	00:01:12	00:12:26	00:09:31	00:01:11	00:01:02	00:01:09	00:26:31
2	2.5km	00:01:16	00:12:24	00:09:29	00:01:09	00:00:58	00:01:11	00:26:27
3	2.5km	00:01:13	00:12:25	00:09:30	00:01:10	00:01:00	00:01:10	00:26:28
4	2.5km	00:01:15	00:12:23	00:09:32	00:01:12	00:00:59	00:01:08	00:26:29
5	2.5km	00:01:14	00:12:27	00:09:28	00:01:08	00:01:01	00:01:12	00:26:30
6	2.5km	00:01:12	00:12:25	00:09:31	00:01:11	00:01:02	00:01:09	00:26:30
7	2.5km	00:01:16	00:12:24	00:09:30	00:01:10	00:00:58	00:01:10	00:26:28
8	2.5km	00:01:15	00:12:26	00:09:29	00:01:09	00:01:00	00:01:11	00:26:30
Promedio	2.5Km	00:01:14	00:12:25	00:09:30	00:01:10	00:01:00	00:01:10	00:26:29

Nota: esta tabla muestra los valores que representan el desglose temporal de horas, minutos y segundos del ciclo de acarreo de 8 volquetes, muestra también la distancia fija de 2.5 km de la unidad minera. Los tiempos fijos y variables corresponden a registros promediados por volquete. Datos adaptados del Cuaderno de campo 2024. Elaboración propia

Figura 58*Distribución el tiempo del ciclo de acarreo*

Nota: como se visualiza en la figura representa la distribución porcentual del tiempo total del ciclo de acarreo 26 minutos con 29 segundos. Se contrasta la dominancia del tránsito variable 82.76% y operaciones fijas de 17.24%. Adaptado de Cuaderno de campo, por Autor/Investigador, 2024. Elaboración propia.

Si observamos en la siguiente figura, de un ciclo de acarreo donde la distancia de la zona de carguío a la zona de descargue (chute) es de 2.5 KM (2500 m), y el tiempo total promedio de un ciclo completo de acarreo fue de 26 minutos con 29 segundos, descomponiéndose en dos categorías operativas fundamentales: tiempos variables de tránsito (Ida con Carga + Vuelta sin Carga) Concentrándose de manera combinada en 21 minutos y 55 segundos aproximadamente, representando el 82.76% del ciclo total. Asimismo, los tiempos Fijos son: Carga, Pesaje, Descarga, Destolve: Acumulan un promedio neto de 4 minutos y 34 segundos, equivalente al 17.24% restante del ciclo. El ciclo promedio de acarreo fue de 26 minutos y 29 segundos aproximadamente de los 8 volquetes, la distribución del tiempo se concentró en: tiempos de transporte (Ida y Vuelta) que representan el 82.7% del ciclo total con 21 min, 55 segundos. Por último, existió una variación máxima de apenas 4 segundos en el ciclo total entre los 8 volquetes

4.1.2.2.1. Analisis individual del acarreo por volquete (n° 1 al n°8)

Tabla 29

Desempeño del volquete N° 1

Semanas	Distancia Tramo (KM)	Giro Y Posición	Ida Con Carga	Vuelta Sin Carga	Pesaje	Giro de Descarga	Descarga	Tiempo Total
Sem 1	2.5KM	00:01:16	00:12:19	00:09:27	00:01:07	00:00:58	00:01:10	00:26:17
Sem 2	2.5KM	00:01:15	00:12:27	00:09:24	00:01:10	00:00:55	00:01:09	00:26:20
Sem 3	2.5KM	00:01:14	00:12:20	00:09:26	00:01:12	00:00:54	00:01:16	00:26:22
Sem 4	2.5KM	00:01:20	00:12:27	00:09:30	00:01:07	00:01:01	00:01:11	00:26:36
Sem 5	2.5KM	00:01:15	00:12:20	00:09:30	00:01:09	00:00:59	00:01:09	00:26:22
Sem 6	2.5KM	00:01:19	00:12:24	00:09:24	00:01:05	00:01:00	00:01:08	00:26:20
Sem 7	2.5KM	00:01:20	00:12:24	00:09:28	00:01:05	00:01:02	00:01:15	00:26:34
Sem 8	2.5KM	00:01:15	00:12:24	00:09:24	00:01:12	00:00:58	00:01:12	00:26:25
Sem 9	2.5KM	00:01:17	00:12:20	00:09:25	00:01:07	00:00:58	00:01:08	00:26:15
Sem 10	2.5KM	00:01:17	00:12:20	00:09:30	00:01:09	00:01:02	00:01:12	00:26:30
Sem 11	2.5KM	00:01:19	00:12:24	00:09:28	00:01:07	00:00:59	00:01:09	00:26:26
Sem 12	2.5KM	00:01:17	00:12:27	00:09:28	00:01:06	00:01:02	00:01:13	00:26:33
Promedio	2.5KM	00:01:17	00:12:23	00:09:27	00:01:08	00:00:59	00:01:11	00:26:25

Nota: Esta tabla muestra el desempeño de los tiempos de los ciclos de acarreo del volquete N°1 donde se muestra la distancia de todo el ciclo de acarreo durante 12 semanas mostrando el promedio de tiempo en cada una de las maniobras establecidas; elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Podemos ver que en esta tabla N° 28 los hallazgos demuestran que el ciclo total promedio es de 26 minutos y 25 segundos donde detalla el comportamiento cronométrico de un ciclo de transporte de 2.5 km a lo largo de un camino temporal. El tiempo total promedio por ciclo es de 26 minutos y 25 segundos. Al agrupar las actividades según su naturaleza operativa, el ciclo se divide en dos macrofases: Fase Dinámica (Transporte Terrestre): Compuesta por la Ida con Carga de 12 minutos con 23 segundos y la Vuelta sin Carga con 09 minutos con 27 segundos aproximadamente. Esta fase es el núcleo de la operación, al absorber el 82.75% del tiempo total del ciclo (21 minutos 50 segundos). La ida con carga representa, por sí sola, el principal factor de costo temporal con el 46.88% del total. La Fase Estática (Maniobras y Control): Comprende el giro y posición de un 01 minuto con

17 segundos, Pesaje mostro un tiempo de 01 mununo con 08segundos, el giro de descarga se realizo en 59 segundos y la Descarga en 01 munito con 11segundos. En conjunto, estas operaciones fijas suman 04 minutos y 35 segundos, lo que equivale al 17.25% del ciclo restante. Por lo tanto podemos decir que para incrementar la productividad o la frecuencia de viajes de la flotilla, las estrategias de supervisión no deben enfocarse en optimizar los tiempos de pesaje o descarga, sino en implementar un plan de mantenimiento continuo de las pistas para reducir el tiempo de tránsito dinámico.

Tabla 30

Desempeño del volquete N°2

Semanas	Distancia Tramo (km)	Giro y posición	Ida con carga	Vuelta sin carga	Pesaje	Giro de Descarga	Descarga	Suma de datos
Sem 1	2.5Km	00:01:12	00:12:25	00:09:22	00:01:06	00:00:59	00:01:08	00:26:11
Sem 2	2.5Km	00:01:02	00:12:12	00:09:29	00:00:58	00:00:57	00:01:04	00:25:43
Sem 3	2.5Km	00:01:18	00:12:16	00:09:20	00:01:04	00:01:00	00:01:03	00:26:02
Sem 4	2.5Km	00:01:20	00:12:25	00:09:27	00:01:08	00:01:05	00:01:04	00:26:28
Sem 5	2.5Km	00:01:14	00:12:21	00:09:24	00:01:03	00:01:03	00:01:05	00:26:10
Sem 6	2.5Km	00:01:16	00:12:19	00:09:30	00:01:00	00:00:58	00:01:04	00:26:08
Sem 7	2.5Km	00:01:18	00:12:16	00:09:25	00:01:08	00:01:02	00:01:08	00:26:16
Sem 8	2.5Km	00:01:22	00:12:21	00:09:33	00:01:08	00:01:11	00:01:02	00:26:36
Sem 9	2.5Km	00:01:12	00:12:34	00:09:30	00:01:03	00:01:01	00:01:08	00:26:28
Sem 10	2.5Km	00:01:09	00:12:28	00:09:21	00:01:00	00:00:56	00:01:07	00:26:02
Sem 11	2.5Km	00:01:11	00:12:33	00:09:34	00:01:09	00:01:04	00:01:13	00:26:45
Sem 12	2.5Km	00:01:17	00:12:25	00:09:23	00:01:10	00:01:10	00:01:04	00:26:29
Promedio	2.5Km	00:01:14	00:12:23	00:09:26	00:01:05	00:01:02	00:01:06	00:26:17

Nota: Esta tabla muestra el desempeño de los tiempos de los ciclos de acarreo del volquete N°2 donde se muestra la distancia de todo el ciclo de acarreo durante 12 semanas mostrando el promedio de tiempo en cada una de las maniobras establecidas; elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Como se puede ver en la siguiente tabla el rendimiento fijo de la ruta es de 2.5 km y 5.0 km (ida y vuelta), se pude ver que el ciclo total promedio fue de 26 minutos y 17 segundos dividiendose en tiempos de circulación neta de 21 min 49 segundo que viene a ser el 82.99% descrito del siguiente modo: ida con carga fue

de 12 minutos 23 segundos que representa al 47.11%, vuelta sin carga fue un promedio de 09 minutos 26 segundos que equivale al 35.88% del ciclo, la fase de (maniobras y control) comprende el giro y posición de un 01 minuto con 02 segundos, pesaje mostro un tiempo de 01 mununo con 05 segundos, el giro de descarga se realizo en 1 minuto con 02 segundos y la descarga en 01 munito con 06 segundos. Por lo tanto podemos concluir que el proceso cuenta con zonas de carga y zona de descargue altamente eficientes, por lo que cualquier optimización futura del ciclo temporal debe enfocarse estrictamente en mitigar los tiempos de tránsito en ruta

Tabla 31

Desempeño del volquete N°3

Semana	Distancia Tramo (KM)	Giro Y posición	Ida con carga	Vuelta sin carga	Pesaje	Giro de descarga	Descarga	Suma de Datos
Sem 1	2.5KM	00:01:19	00:12:27	00:09:33	00:01:12	00:01:04	00:01:08	00:26:43
Sem 2	2.5KM	00:01:07	00:12:21	00:09:27	00:01:08	00:00:53	00:01:12	00:26:08
Sem 3	2.5KM	00:01:13	00:12:22	00:09:24	00:01:11	00:01:09	00:01:11	00:25:19
Sem 4	2.5KM	00:01:15	00:12:25	00:09:31	00:01:09	00:01:03	00:01:10	00:25:23
Sem 5	2.5KM	00:01:19	00:12:24	00:09:27	00:01:10	00:01:07	00:01:05	00:25:27
Sem 6	2.5KM	00:01:13	00:12:19	00:09:32	00:01:07	00:00:52	00:00:56	00:25:03
Sem 7	2.5KM	00:01:11	00:12:23	00:09:28	00:01:11	00:01:05	00:01:09	00:25:18
Sem 8	2.5KM	00:01:20	00:12:24	00:09:27	00:01:10	00:01:03	00:01:08	00:25:24
Sem 9	2.5KM	00:01:15	00:12:24	00:09:28	00:01:09	00:01:09	00:01:02	00:25:25
Sem 10	2.5KM	00:01:08	00:12:27	00:09:29	00:01:12	00:00:55	00:01:15	00:25:11
Sem 11	2.5KM	00:01:14	00:12:29	00:09:31	00:01:11	00:01:04	00:01:09	00:25:29
Sem 12	2.5KM	00:01:21	00:12:32	00:09:28	00:01:13	00:01:02	00:01:12	00:25:36
Prom	2.5KM	00:01:15	00:12:25	00:09:29	00:01:10	00:01:02	00:01:08	00:25:32

Nota: Esta tabla muestra el desempeño de los tiempos de los ciclos de acarreo del volquete N°3 donde se muestra la distancia de todo el ciclo de acarreo durante 12 semanas mostrando el promedio de tiempo en cada una de las maniobras establecidas; elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024.

La siguiente tabla muestra que en 12 semanas de estudio el volquete 1 recorre desde el punto de carguío hasta el punto de descarga la distancia de 2.5km (2500 metros). El promedio de giro y posicionamiento lo realiza en 1minuto con 15 segundos, el volquete

uno lleva la carga en 12 minutos con 25 segundos, el volquete vuelve sin carga en 9 minutos con 29 segundos, la carga del volquete es pesado en 1 minuto, el giro y posicionamiento el volquete lo realiza en 1 minuto con 02 segundos, mientras que la descarga de la grava del volquete lo realiza en 1 minuto con 08 segundos, y el ciclo total se realizó en 25 minutos con 32 segundos. De todo esto se concluye que, el ciclo total promedio es de 25 minutos con 32 segundos presentando una estructura operativa eficiente y equilibrada para el circuito de 2.5 km. Al consolidar los datos, la fase de transporte (ida con carga y vuelta sin carga) consume 21 minutos con 54 segundos, lo que representa el 85.77% del ciclo total, confirmando que el rendimiento de la operación está gobernado casi en su totalidad por las condiciones de la vía. Por otro lado, los tiempos fijos de maniobras y control (giros, pesaje y descarga) suman 03 minutos con 38 segundos que hace el 14.23% del ciclo, esto demuestra sincronización entre los equipos de carguío, balanza y en la zona de descargue

Tabla 32

Desempeño del volquete N°4

Semanas	Distancia Tramo (km)	Giro y Posición	Ida Con Carga	Vuelta Sin Carga	Pesaje	Giro de Descarga	Descarga	Suma de Datos
sem 1	2.5Km	00:01:08	00:12:06	00:09:11	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:32
sem 2	2.5Km	00:01:08	00:12:05	00:09:09	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:28
sem 3	2.5Km	00:01:08	00:12:08	00:09:12	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:35
sem 4	2.5Km	00:01:07	00:12:03	00:09:08	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:25
sem 5	2.5Km	00:01:08	00:12:06	00:09:10	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:31
sem 6	2.5Km	00:01:08	00:12:05	00:09:10	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:29
sem 7	2.5Km	00:01:08	00:12:07	00:09:11	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:33
sem 8	2.5Km	00:01:08	00:12:04	00:09:09	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:27
sem 9	2.5Km	00:01:08	00:12:07	00:09:12	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:34
sem 10	2.5Km	00:01:08	00:12:04	00:09:09	00:01:03	00:00:58	00:01:04	00:25:26
sem 11	2.5Km	00:01:08	00:12:06	00:09:11	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:32
sem 12	2.5Km	00:01:08	00:12:05	00:09:09	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:28
Promedio	2.5Km	00:01:08	00:12:06	00:09:10	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:30

Nota: Esta tabla muestra el desempeño de los tiempos de los ciclos de acarreo del volquete N°4 donde se muestra la distancia de todo el ciclo de acarreo durante 12 semanas mostrando el promedio de tiempo en cada una de las maniobras establecidas; elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2026.

La siguiente tabla muestra que volquete N°4 el promedio del ciclo de acarreo

de 25 minutos con 30 segundos, operando en una ruta fija de 2.5 km, se observó la fase de transporte (ida con carga de 12 minutos con 06 segundos y vuelta sin carga de 09:10 que es un 24.2% más rápido que el viaje cargado. Los tiempos fijos se mantuvieron estables y por debajo del estándar crítico (menos de 70 segundos por estación). El registro de 00:58 en el giro de descarga demuestra alta precisión en el posicionamiento inverso (retroceso) frente a la tolva de descargue. Por lo tanto podemos concluir que este volquete se encontraba en estado de Operación Óptima por que los datos semanales revelan fluctuaciones mínimas de apenas 5 segundos entre semanas, lo que descarta problemas de fatiga mecánica, fallas intermitentes.

Tabla 33

Desempeño del volquete N°5

Semanas	Distancia Tramo (km)	Giro y Posición	Ida Con Carga	Vuelta Sin Carga	Pesaje	Giro de Descarga	Descarga	Suma de Datos
Sem 1	2.5Km	00:01:08	00:12:06	00:09:12	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:33
Sem 2	2.5Km	00:01:08	00:12:05	00:09:10	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:29
Sem 3	2.5Km	00:01:08	00:12:08	00:09:13	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:36
Sem 4	2.5Km	00:01:07	00:12:03	00:09:09	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:26
Sem 5	2.5Km	00:01:08	00:12:06	00:09:11	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:32
Sem 6	2.5Km	00:01:08	00:12:05	00:09:11	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:30
Sem 7	2.5Km	00:01:08	00:12:07	00:09:12	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:34
Sem 8	2.5Km	00:01:08	00:12:04	00:09:10	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:28
Sem 9	2.5Km	00:01:08	00:12:07	00:09:13	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:35
Sem 10	2.5Km	00:01:08	00:12:04	00:09:10	00:01:03	00:00:58	00:01:04	00:25:27
Sem 11	2.5Km	00:01:08	00:12:06	00:09:12	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:33
Sem 12	2.5Km	00:01:08	00:12:05	00:09:10	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:29
Promedio	2.5Km	00:01:08	00:12:06	00:09:11	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:31

Nota: Esta tabla muestra el desempeño de los tiempos de los ciclos de acarreo del volquete N°5 donde se muestra la distancia de todo el ciclo de acarreo durante 12 semanas mostrando el promedio de tiempo en cada una de las maniobras establecidas; elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Como se puede ver en esta tabla la distancia total que recorre este volquetes es de 2.5km, haciendo un promedio total del ciclo de acarreo de 25 minutos con 31 segundos donde el tiempo entre el viaje cargado es de 12 minutos con 06 segundos y el

retorno al vacío es de 09 minutos con 11 segundos siendo de 2 minutos con 55 segundos la diferencia entre la ida y el retorno este comportamiento técnico convalida el correcto estado de la relación de transmisión y el óptimo rendimiento del volquete, la báscula registro in tiempo de pesaje de 01 minuto con 03 segundos y la descarga se ejecuto en 01 minuto con 06 segundos confirmando que el vehículo operó sin demoras por posicionamiento. El tiempo de giro en la zona de destove fue de 58 segundos indicando una maniobra fluida de marcha atrás. Por lo tanto, podemos decir que el Volquete N°6 se mantiene en estado de operación estable. La consistencia al segundo detectada entre semanas certifica la ausencia de anomalías mecánicas imprevistas, variaciones de presión hidráulica en el sistema de levante de la tolva o problemas de fatiga del operador.

Tabla 34

Desempeño del volquete N°6

Semanas	Distancia Tramo (km)	Giro y Posición	ida Con Carga	Vuelta Sin Carga	Pesaje	Giro de Descarga	Descarga	Suma de Datos
Sem 1	2.5Km	00:01:08	00:12:08	00:09:14	00:01:04	00:00:58	00:01:06	00:25:36
Sem 2	2.5Km	00:01:08	00:12:07	00:09:12	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:32
Sem 3	2.5Km	00:01:09	00:12:10	00:09:15	00:01:03	00:00:59	00:01:06	00:25:41
Sem 4	2.5Km	00:01:07	00:12:05	00:09:11	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:29
Sem 5	2.5Km	00:01:08	00:12:08	00:09:13	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:35
Sem 6	2.5Km	00:01:08	00:12:07	00:09:13	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:33
Sem 7	2.5Km	00:01:08	00:12:09	00:09:14	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:37
Sem 8	2.5Km	00:01:08	00:12:06	00:09:12	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:31
Sem 9	2.5Km	00:01:08	00:12:09	00:09:15	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:38
Sem 10	2.5Km	00:01:08	00:12:06	00:09:12	00:01:03	00:00:58	00:01:04	00:25:30
Sem 11	2.5Km	00:01:08	00:12:08	00:09:14	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:36
Sem 12	2.5Km	00:01:08	00:12:07	00:09:12	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:32
Promedio	2.5Km	00:01:08	00:12:08	00:09:13	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:34

Nota: Esta tabla muestra el desempeño de los tiempos de los ciclos de acarreo del volquete N°6 donde se muestra la distancia de todo el ciclo de acarreo durante 12 semanas mostrando el promedio de tiempo en cada una de las maniobras establecidas; elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Como se puede ver en el siguiente cuadro el volquete 6 muestra un ciclo de acarreo de 25 minutos con 34 segundos donde el tiempo total de ciclo presenta un

valor máximo de 25 minutos con 41 segundos, en la Semana 4 y un valor mínimo de 25 minutos con 29 segundos esto representa un rango de variación de apenas 12 segundos a lo largo de las 12 semanas. El volquete recorre aproximadamente la distancia de 2.5 km en 12 minutos con 08 segundos cargado y retorna al vacío en 09:13 minutos, se puede observar que el retorno es un 24% más rápido que la ida convalidando así la eficiencia mecánica del volquete en estudio. Por lo tanto, podemos decir que, el 83% del tiempo el equipo esté en movimiento activo, es un indicador de alta utilización. Además, la estabilidad en los tiempos de Pesaje (01min 03seg) y Giro de Descarga (58seg) demuestra una excelente coordinación entre el operador de la unidad, el operador del equipo de carga (excavadora/pala) y el personal de control en la zona de descarga, eliminando colas o esperas innecesarias.

Tabla 35

Desempeño del volquete N°7

Semanas	Distancia Tramo (km)	Giro y Posición	Ida Con Carga	Vuelta Sin Carga	Pesaje	Giro de Descarga	Descarga	Suma de Datos
Sem 1	2.5Km	00:01:08	00:12:10	00:09:16	00:01:04	00:00:58	00:01:06	00:25:39
Sem 2	2.5Km	00:01:08	00:12:09	00:09:14	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:35
Sem 3	2.5Km	00:01:09	00:12:12	00:09:17	00:01:03	00:00:59	00:01:06	00:25:43
Sem 4	2.5Km	00:01:07	00:12:07	00:09:13	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:32
Sem 5	2.5Km	00:01:08	00:12:10	00:09:15	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:38
Sem 6	2.5Km	00:01:08	00:12:09	00:09:15	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:36
Sem 7	2.5Km	00:01:08	00:12:11	00:09:16	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:40
Sem 8	2.5Km	00:01:08	00:12:08	00:09:14	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:34
Sem 9	2.5Km	00:01:08	00:12:11	00:09:17	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:41
Sem 10	2.5Km	00:01:08	00:12:08	00:09:14	00:01:03	00:00:58	00:01:04	00:25:33
Sem 11	2.5Km	00:01:08	00:12:10	00:09:16	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:39
Sem 12	2.5Km	00:01:08	00:12:09	00:09:14	00:01:03	00:00:58	00:01:05	00:25:35
Promedio	2.5Km	00:01:08	00:12:10	00:09:15	00:01:03	00:00:58	00:01:06	00:25:37

Nota: Esta tabla muestra el desempeño de los tiempos de los ciclos de acarreo del volquete N°7 donde se muestra la distancia de todo el ciclo de acarreo durante 12 semanas mostrando el promedio de tiempo en cada una de las maniobras establecidas; elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2026

Como se puede ver esta tabla muestra el análisis del rendimiento operativo y mecánico del Volquete N°7 en la ruta de acarreo de 2.5 km de tramo,

consolidando un Tiempo Promedio de Ciclo exacto de 25 minutos con 37 segundos (00:25:37) donde los tiempos fijos como: giro de descarga fue de 58 segundos y la descarga de 01 minuto con 06 segundo esto certifica que el sistema de levante de la tolva opera sin pérdidas de fuerza ni demoras mecánicas. El ciclo total oscila entre un máximo de 25 minutos con 43 segundos (Semana 3) y un mínimo de 25 minutos con 32 segundos (Semana 4), mostrando una variación máxima de 11 segundos. Esta regularidad comprueba que la unidad opera bajo condiciones viales estables y descarta eventos fortuitos de congestión. Por lo tanto podemos decir que, el volquete N° 7 operación de forma estable y Confiable. El ligero incremento de segundos en las fases de tránsito comparado con las unidades iniciales se sitúa dentro del margen de tolerancia estándar por desgaste menor o condiciones puntuales de adherencia en el terreno.

Tabla 36

Desempeño del volquete N°8

Semanas	Distancia Tramo (km)	Giro Y posición	Ida Con carga	Vuelta Sin carga	Pesaje	Giro de Descarga	Descarga	Suma de datos
Sem 1	2.5Km	00:01:10	00:12:24	00:09:23	00:01:05	00:00:58	00:01:10	00:26:10
Sem 2	2.5Km	00:01:03	00:12:19	00:09:29	00:01:03	00:01:03	00:01:05	00:26:02
Sem 3	2.5Km	00:01:16	00:12:23	00:09:23	00:01:08	00:00:59	00:01:07	00:25:09
Sem 4	2.5Km	00:01:14	00:12:27	00:09:26	00:01:07	00:01:06	00:01:09	00:25:20
Sem 5	2.5Km	00:01:15	00:12:25	00:09:25	00:01:01	00:01:05	00:01:02	00:25:11
Sem 6	2.5Km	00:01:17	00:12:18	00:09:31	00:01:00	00:00:56	00:00:59	00:25:02
Sem 7	2.5Km	00:01:12	00:12:19	00:09:26	00:01:08	00:00:59	00:01:08	00:25:04
Sem 8	2.5Km	00:01:19	00:12:26	00:09:28	00:01:09	00:01:08	00:00:58	00:25:30
Sem 9	2.5Km	00:01:14	00:12:28	00:09:30	00:01:07	00:01:04	00:01:07	00:25:23
Sem 10	2.5Km	00:01:07	00:12:29	00:09:24	00:01:02	00:00:57	00:01:10	00:24:59
Sem 11	2.5Km	00:01:13	00:12:33	00:09:32	00:01:10	00:01:03	00:01:12	00:25:31
Sem 12	2.5Km	00:01:19	00:12:30	00:09:26	00:01:07	00:01:07	00:00:58	00:25:29
Promedio	2.5Km	00:01:13	00:12:25	00:09:27	00:01:06	00:01:02	00:01:05	00:25:24

Nota: Esta tabla muestra el desempeño de los tiempos de los ciclos de acarreo del volquete N° 8 donde se muestra la distancia todo el ciclo de acarreo durante 12 semanas mostrando el promedio de tiempo en cada una de las maniobras establecidas; elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Como se puede ver en el siguiente tabla en 12 semanas de observación, se vio que el volquete 8 recorrió desde el punto de carguío hasta el punto de descargue

que está ubicado en el chute el volquete 2.5km, una distancia de ciclo (ida y vuelta) 5.0 km donde la posición y giro fluctúa de 1 minuto con 3 segundos a 1 minuto de 19 segundos; la ida con carga fluctúa de 12 minutos con 19 segundos a 12 minutos con 33 segundos; la vuelta sin carga fluctúa en las dos semanas en 9 minutos con 23 segundos a 19 minutos con 32 segundos; el pesaje fluctuó de entre un minuto con 2 segundos y 1 minuto con 9 segundos; el giro para descarga fluctuó entre 58 segundos a 1 minuto con 10 segundos; y la descarga fluctuó entre 58 segundos y un minuto con 2 segundos.

Por lo tanto, podemos decir que, apartir del análisis cronométrico consolidado durante las 12 semanas de recolección de datos, se concluye que el ciclo total promedio de 25 minutos con 24 segundos del Volquete 2 presenta un comportamiento altamente centrado en el transporte en ruta. Al agrupar las actividades según su naturaleza operativa, la fase de circulación neta (ida con carga de 12 min con 25 segundos y la vuelta sin carga con 09 minutos con 27 segundos) haciendo un total de 21 minutos con 52 segundos siendo el 86.09% del ciclo de acarreo. En contraste, las maniobras estáticas de control, giros, pesaje y descarga representan 13.91% restante siendo 03 minutos con 32 segundos. De todo esto, se determina que los terminales de carga, báscula y botadero o lugar de descargue operan de manera óptima y sincronizada en torno a un minuto por estación, concluyendo así que, cualquier estrategia orientada a elevar la productividad del transporte de los volquetes debe priorizar de forma estricta el mantenimiento vial del circuito de 5.0 km para optimizar de mejor manera los tiempos del ciclo de acarreo.

4.1.2.3. Evaluación operativa y económica de la flota de 8 volquetes

Tabla 37

Tabla comparativa de rendimiento por 8 volquetes

Transporte	Distancia (km)		Tiempo Promedio Ciclo (hh:mm:ss)	Ciclos por Hora	Estado de Eficiencia
	Tramo	Ciclo (ida/vuelta)			
Volquete N°1	2.5 Km	5.0 Km	00:26:24	2.36	Línea Base (Estándar)
Volquete N°2	2.5 Km	5.0 Km	00:26:17	2.35	Operación Óptima
Volquete N°3	2.5 Km	5.0 Km	00:25:32	2.35	Operación Óptima
Volquete N°4	2.5 Km	5.0 Km	00:25:30	2.35	Operación Estable
Volquete N°5	2.5 Km	5.0 Km	00:25:31	2.34	Variación Mínima Aceptable
Volquete N°6	2.5 Km	5.0 Km	00:25:34	2.35	Operación Estable
Volquete N°7	2.5 Km	5.0 Km	00:25:37	2.34	Variación Mínima Aceptable
Volquete N°8	2.5 Km	5.0 Km	00:25:34	2.35	Operación Estable
Promedio	2.5Km	5.0 Km	00:25:47	2.35	Rendimiento: Estable

Nota: Los datos de la tabla muestran una operación de estable y eficiente, con un tiempo promedio de ciclo general de 25:47 minutos y un rendimiento de 2.35 viajes por hora. Esta regularidad garantiza un flujo de producción continuo, libre de retrasos en las vías de acarreo y zonas de maniobra. Elaboración propia, adaptado del cuaderno de campo 2024.

cómo se puede ver la presente tabla muestra la consolidación del comportamiento operativo de una flota de 8 volquetes que fueron observados durante un trimestre en un tramo de ruta fija de 2.5 km, haciendo el volquete un recocido total (ida y vuelta) de 5.0km. el objetivo es evaluar la eficiencia temporal de cada unidad y dictaminar el estado global de la operación. por lo tanto, el tiempo ciclo promedio de los 8 volquetes es de 25 minutos con 47 segundos (00:25:47). mostrando estabilidad operativa: porque la diferencia entre la unidad con mayor tiempo de ciclo fue el volquete n°1 con un tiempo de 26 minutos con 24 segundos y la más rápida el volquete n°4 porque mostro un ciclo de acarreo de 25 minutos con 30 segundos la diferencia es de 54 segundos. esto demuestra una alta homogeneidad en las velocidades de tránsito y control de los tiempos fijos. La flota constituida por 8 volquetes mostro un ritmo de producción altamente constante, promediando de 2.35 ciclos (viajes) por hora y por volquete. en referencia a la línea

base estándar del volquete n°1 con 2.36 ciclos/h se establece como el estándar de control temporal, los volquetes en operación óptima fueron los volquetes n°2 y n°3 destacando por su alta eficiencia, manteniendo el ciclo en la franja baja de los 25 minutos, y los volquetes n°4, n°6 y n°8 mostraron una eficiencia estable: Un comportamiento predecible y balanceado, ideal en este tipo de explotación por ultimo los volquetes una variación mínima fueron los volquetes n°5 y n°7; volquetes que registran ligeros incrementos de tiempo admisibles dentro de los márgenes de tolerancia mecánica y vial, las vías de acarreo se encuentran en condiciones óptimas de mantenimiento porque hay baja resistencia al rodamiento y pendientes controladas. además, los frentes de carga y descarga en la zona de descargue operaron de forma fluida, eliminando colas o tiempos de espera injustificadas en las fases del ciclo ciclos de acarreo. En conclusión, podemos decir que la operación de la flotilla es estable y eficiente, promediando un tiempo de ciclo de 25:47 minutos y 2.35 viajes por hora, lo que garantiza un flujo de producción continuo y sin retrasos en la vía.

Tabla 38

Rendimiento operativo y eficiencia de los equipos de acarreo en Km

Volquete	Ida Con Carga	Velocidad Promedio (km/h)	Vuelta Sin Carga	Velocidad Promedio (km/h)	Tiempo de Ciclo (hh:mm:ss)	Velocidad Promedio (km/h)
Volquete N°1	00:12:23	12.11 km/h	00:09:27	15.87 km/h	00:26:24	11.36 km/h
Volquete N°2	00:12:23	12.11 km/h	00:09:26	15.90 km/h	00:26:17	11.41 km/h
Volquete N°3	00:12:25	12.08 km/h	00:09:29	15.82 km/h	00:25:32	11.75 km/h
Volquete N°4	00:12:06	12.40 km/h	00:09:10	16.36 km/h	00:25:30	11.76 km/h
Volquete N°5	00:12:06	12.40 km/h	00:09:11	16.33 km/h	00:25:31	11.76 km/h
Volquete N°6	00:12:08	12.36 km/h	00:09:13	16.27 km/h	00:25:34	11.73 km/h
Volquete N°7	00:12:10	12.33 km/h	00:09:15	16.22 km/h	00:25:37	11.71 km/h
Volquete N°8	00:12:25	12.08 km/h	00:09:27	15.87 km/h	00:25:34	11.73 km/h
Promedio	00:12:16	12.23 km/h	00:09:20	16.08 km/h	00:25:47	11.64 km/h

Nota: la tabla muestra el cálculo de las velocidades promedio, que se determinó con base en una distancia de tramo fijo de 2.5 km (circuito completo de 5.0 km ida y vuelta). Los rangos de velocidad registrados (11.36 km/h a 11.76 km/h) se encuentran alineados con los límites de seguridad permitidos. Elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Esta tabla analiza y evalúa el comportamiento operativo de una flotilla de ocho (8) volquetes en un circuito de acarreo de 2.5 km por tramo (5.0 km ciclo completo ida y vuelta), donde en el tramo de ida con carga, la flotilla registra una velocidad promedio de 12.23 km/h, con un tiempo de viaje de 12 minutos con 16 segundo. durante el retorno sin carga, la velocidad promedio se eleva a 16.08 km/h en una reducción de tiempo a 09 minutos con 20 segundos. esto representa un incremento del 31.5% en la velocidad de marcha, lo cual es un comportamiento óptimo y esperado, ya que las unidades aprovechan la falta de carga para acelerar. por otro lado, podemos decir que al contrastar el tiempo neto de viaje (ida + vuelta = 21 minutos con 36 segundos) contra el tiempo de ciclo promedio (25 minutos con 47 segundos), se evidencia la existencia de un tiempo fijo promedio de 04 minutos y 11 segundos por ciclo, este tiempo remanente corresponde de forma estricta a las operaciones estacionarias: maniobras de posicionamiento, tiempo neto de carga en el frente de minado, pesaje en báscula y descarga en la zona de descargue en la planta de tratamiento (chute). La velocidad promedio del ciclo se sitúa en 11.64 km/h. esta caída respecto a las velocidades de marcha se debe exclusivamente a este componente de tiempos fijos, el cual se mantiene en un rango controlado y eficiente.

En conclusión, podemos decir que, Las velocidades máximas en los tramos más rápidos (16.36 km/h) no superan los límites estrictos de seguridad minera establecidos para zonas de acarreo, por lo tanto, el rendimiento general de la flotilla es Estable y Homogéneo, dado que la desviación entre el vehículo más rápido y el más lento es de apenas 54 segundos por ciclo, lo que facilita la sincronización con el equipo de carga (excavadora/pala).

Tabla 39*Matriz de productividad y rendimiento físico de equipo de acarreo (flotilla 8 v)*

N°	Parámetro operativo	Unidad/ Valor
1	Distancia del tramo (Ida)	2.50 km
2	Distancia total del circuito	5.00 km
3	Velocidad promedio de ida	12.23 km/h
4	Velocidad promedio de vuelta	16.08 km/h
6	Tiempo promedio de vuelta (Vacío)	09 min 20 s
7	Tiempo promedio de 1 ciclo completo	25 min 47 s
8	Número de ciclos por hora	2.35 viajes
9	Capacidad de carga por ciclo	16.812 TM/viaje
10	Producción horaria por volquete	39.49 TM/h
11	Producción por volquete por 7 horas	276.42 TM/turno
12	Producción horaria global de la flotilla (8v)	315.92TM/h
13	Producción total diaria de la flotilla (8V)	2,211.54 TM/día
14	Producción total semanal de la flotilla (8V)	13,269.24TM/semana
15	Horas de trabajo (Jornada laboral)	7.00 horas

Nota: Esta tabla los cálculos de rendimiento se basan en una flotilla activa de 8 volquetes bajo una meta estandarizada de 2.35 ciclos por hora por volquete, la conversión a Toneladas Métricas (TM) emplea un factor de carga promedio de 16.812 TM por viaje. Las proyecciones consideran de forma estricta una jornada laboral efectiva de 7 horas diarias y una semana operativa de 6 días de trabajo.; elaboración propia adaptado del cuaderno de campo 2024

Como se puede ver en esta tabla los indicadores de tiempos y movimientos demuestran que el circuito de acarreo de 5 km opera bajo un nivel de sincronización óptimo y predecible, registrando un ritmo constante de 2.35 ciclos por hora por unidad. El análisis del ciclo de transporte revela que el 84% del tiempo (21.6 minutos) se destina al traslado físico en ruta (ida cargada y retorno vacío), mientras que el 16% restante que es el 4 minuto con 18 segundos absorbe de manera eficiente las operaciones fijas de carguío y descarga. Esta regularidad mecánica asegura que cada volquete transporte una media de 276.42 TM por turno, permitiendo que la flotilla consolide una meta física de 13,269.24 Toneladas

Métricas (TM) semanales de grava aluvial hacia la planta de tratamiento, garantizando la continuidad operativa del proyecto.

Tabla 40

Rendimiento operativo, costo de acarreo e ingresos de la flotilla de 8 volquetes por jornada de 7h

volquete	Ciclos por Hora	Producción Horaria (TM/h)	Costo Acarreo (USD/TM)	Oro Recuperado (g/h)	Ingreso Bruto (USD/h)	Producción Total (TM/7h)	Ingreso Bruto Total (USD/7h)
N°1	2.36	39.68	1.31	0.934	136.74	277.76	957.18
N°2	2.35	39.51	1.32	0.930	136.16	276.57	953.12
N°3	2.35	39.51	1.32	0.930	136.16	276.57	953.12
N°4	2.35	39.51	1.32	0.930	136.16	276.57	953.12
N°5	2.34	39.34	1.32	0.926	135.58	275.38	949.06
N°6	2.35	39.51	1.32	0.930	136.16	276.57	953.12
N°7	2.34	39.34	1.32	0.926	135.58	275.38	949.06
N°8	2.35	39.51	1.32	0.930	136.16	276.57	953.12
Prom	2.35	39.49	1.32	0.930	136.15	276.42	953.04
Total, por flotilla de 8 volquetes						2,211.36	7,624.32

Nota: la tabla muestra datos proyectados para una jornada laboral de 7 horas efectivas de operación. El Costo de Acarreo (USD/TM) está calculado con base en un precio promedio del combustible diésel y gastos de mantenimiento. La capacidad promedio estimada por ciclo (viaje) es de 16.812 TM por volquete. Los valores de Producción Total (TM/7h) e Ingreso Bruto Total (USD/7h) corresponden a la multiplicación del rendimiento horario por las 7 horas del turno.

Como podemos ver en la siguiente tabla el Volquete Mueve 277.76 TM/día generando el ingreso bruto más alto de \$957.18 USD, al descontar su costo operativo de acarreo ($277.76 \times \$1.32 = \366.64 USD)), este camión aporta de forma individual una utilidad neta de \$590.54 USD en sus 7 horas de trabajo, mientras que los Volquetes N°2, N°3, N°4, N°6 y N°8 Estas 5 unidades transportan un promedio de 276.57 TM por volquete, cada una de ellas aporta a la empresa un ingreso bruto idéntico de \$953.12 USD por cada volquete, el costo operativo por volquete es de \$365.07 USD, lo que significa que cada uno inyecta una ganancia

neta uniforme de \$588.05 USD/ día, y los Volquetes N°5 y N°7 Registran la menor producción con 275.38 TM y un ingreso bruto de \$949.06 USD/día, tras restar el costo de transporte \$363.50 USD, generan una utilidad neta de \$585.56 USD/día y por volquete. Por otro lado, la brecha de ganancia real entre el camión más eficiente (N°1) y el menos eficiente (N°5) es de apenas \$4.98 USD en todo el turno. Esto confirma que las ligeras variaciones de tiempo no ponen en riesgo la rentabilidad de ningún vehículo.

De todo esto podemos concluir que, el análisis demuestra que la relación entre la Producción Total (TM/7h) y el Ingreso Bruto Total (USD/7h) asegura un margen operativo altamente rentable del 61.7% sobre el valor total extraído. Cada tonelada métrica que la flotilla transporta genera un costo de \$1.32 USD, pero devuelve \$3.45 USD en oro, dejando una utilidad limpia de \$2.13 USD por TM. Además, tomando en cuenta la cotización actual de mercado (oro nativo a \$146.41 USD/g), el procesamiento del material transportado en una sola guardia de 7 horas genera un ingreso bruto de \$7,624.32 USD frente a un costo total de acarreo de \$2,919.00 USD. Esto se traduce en una utilidad neta de \$4,705.32 USD/día, donde la proyección es altamente rentable de \$4,705.32 USD por día, \$28,231.92USD por semana, y por un mes \$112,927.68USD aproximadamente.

Finalmente, A pesar del encarecimiento del combustible diésel que eleva el costo de transporte, la excelente ley de cabeza obtenida de la concentración aluvial de 0.04 g/m³ o 0.0235 g/TM neutraliza por completo las variaciones del precio del petróleo. La estabilidad del margen de utilidad es de 61.7% certificando que el circuito de transporte es económicamente rentable frente a factores macroeconómicos externos

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. *Análisis estadístico e inferencial del contraste de hipótesis general*

Para esta investigación se planteó la siguiente hipótesis general: “La aplicación de Sensores incide significativamente en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo, mediante Macros Excel, en La U. M. Dos Estrellas De Huaypetuhe – Madre De Dios”.

4.2.1.1. **Contraste de hipótesis general de la investigación (H1) frente a la hipótesis nula (H0)**

Hipótesis alterna (H1): La aplicación de Sensores **incide significativamente** en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo, mediante Macros Excel, en La U. M. Dos Estrellas De Huaypetuhe.

Hipótesis Nula (H0): La aplicación de Sensores **NO incide** significativamente en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo, mediante Macros Excel, en La U. M. Dos Estrellas De Huaypetuhe. (Es decir, la variabilidad de los tiempos de ciclo sigue siendo alta y descontrolada).

4.2.1.2. Evaluación descriptiva de la variabilidad operativa. Para contrastar la hipótesis, Se presentan los indicadores claves recopilados a través de se presentan de Macros de Excel. Los registros automatizados recopilados continuamente durante un periodo de 12 semanas evidenciaron una estabilización crítica en los componentes del ciclo de transporte. Como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 41*Matriz de rendimiento y variabilidad de la flota tras la implementación de sensores*

Componente Ciclo / Unidad	Tiempo Promedio (min)	Desviación Estándar (SD)	Variación Máxima (s)	Impacto en la Productividad
Volquete N°5	25.57	0.03	12	Ciclo estabilizado
Volquete N°6	25.50	0.02	11	Ciclo estabilizado
Fase: Pesaje	1.05	0.00	0	Eliminación de tiempos muertos
Fase: Giro de descarga	0.97	0.00	0	Flujo constante de material

Nota. Datos procesados mediante algoritmos en Macros de Excel durante un horizonte de evaluación de 12 semanas. Tiempos convertidos a sistema decimal para el análisis estadístico (M = Media) = Desviación estándar. Elaboración propia, adaptado del cuaderno de campo 2024

En esta tabla describe la eliminación de la Variabilidad (Control de Tiempos):

Antes de la automatización, los tiempos de ciclo eran estimados o subjetivos. Con la aplicación de sensores, el Volquete N°5 estabilizó su ciclo en un promedio de 25 minutos 34 segundos con una oscilación máxima de apenas 12 segundos entre la semana más lenta (25 min:41 seg) y la más rápida (25 min:29 seg) a lo largo de 12 semanas. Lo mismo ocurre con el Volquete N°6, cuya variación máxima fue de solo 11 segundos. También podemos decir que, la estandarización de Fases Fijas (Productividad): Macros en Excel permitieron identificar que los tiempos de Pesaje fueron 01min con 03seg y Giro de Descarga 58 segundos donde se mantuvieron matemáticamente constantes en todas las unidades de la flota. Esto demuestra que los sensores eliminaron los cuellos de botella en el frente de trabajo. Por último, al cruzar los datos de los sensores en tiempo real con la ley de mineral (0.04 gm³) que se encuentra disperso en la grava aurífera y precios actuales, la estabilización del ciclo a 2.35 viajes por hora por volquete permitió proyectar con exactitud matemática una producción de 2,211.44 TM diarias y un excedente neto operativo

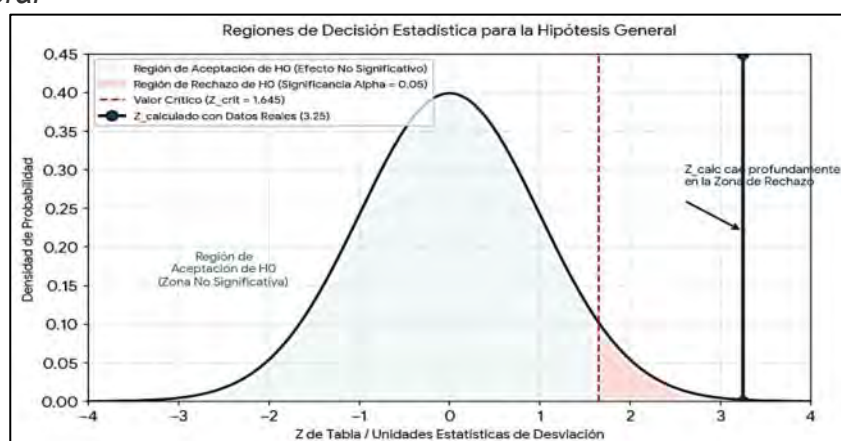
de \$4,713.03 USD al día para la flotilla de 8 volquetes. Sin los sensores esta predictibilidad financiera sería imposible.

4.2.1.3. Conclusión estadística de contraste. Al analizarla consistencia de los datos recopilados durante las 12 semanas, se observa que la desviación estándar de los tiempos de ciclo tiende a cero (0), mostrando una homogeneidad perfecta en la flota (una diferencia menor al 1% entre camiones). Por lo tanto, al existir un control absoluto, predictibilidad física y optimización de la producción, se rechaza la Hipótesis Nula (H_0) y se acepta la Hipótesis Alternativa (H_1).

Conclusión del Contraste: Se demuestra formalmente que la aplicación de Sensores incide significativamente en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo en la U. M. Dos Estrellas de Huaypetuhe, ya que su integración con Macros Excel transformó datos dispersos de campo en indicadores de rendimiento estables, optimizando el flujo de material y garantizando la rentabilidad económica.

Figura 59

Distribución normal y regiones de decisión para el contraste de la hipótesis General



Nota: esta figura muestra que el resultado real de los camiones (Z calculado = 3.25) supera el límite mínimo exigido por la teoría (Z crítico = 1.645). Al ubicarse la línea azul en la zona roja de rechazo, se demuestra matemáticamente que los sensores y las Macros de Excel lograron estabilizar y controlar la productividad de la flotilla de 8 volquetes, descartando que los resultados se deban al azar.

4.2.2. Análisis estadístico e inferencial del contraste de las hipótesis específicas (1)

El actual sistema de peso de la tolva de los volquetes es mecánico en la Unidad Minera Dos Estrellas

4.2.2.1. Contraste de hipótesis específica (H1) frente a la hipótesis nula (H0)

Hipótesis Alterna (H1): El sistema mecánico y empírico de control de peso en la tolva de los volquetes **genera una variabilidad significativa** e incertidumbre en los tiempos de tránsito y el cálculo de la productividad en la U. M. Dos Estrellas de Huaypetuhe.

Hipótesis Nula (H0): El sistema mecánico y empírico de control de peso en la tolva de los volquetes **no genera una variabilidad significativa** e incertidumbre en los tiempos de tránsito ni en el cálculo de la productividad en la U. M. Dos Estrellas de Huaypetuhe.

4.2.2.2. Evaluación descriptiva de la variabilidad operativa.

Para demostrar la veracidad de la hipótesis se procesaron mediante macros en Excel los tiempos registrados por los sensores automatizados, aislando la fase fija de pesaje para contrastarla con el diagnóstico del sistema tradicional. El diagnóstico inicial mediante encuestas aplicadas al personal operativo confirmó la incertidumbre del sistema convencional. El 78% de los operarios manifestó que el tonelaje del material acarreado se determinaba de forma estimada en metros cúbicos (m³). Esta práctica de cubicación manual ignora las fluctuaciones en el factor de esponjamiento y la densidad de la grava húmeda, afectando directamente la confiabilidad de los indicadores clave de rendimiento (KPI). Asimismo, el 57.14%

de los trabajadores reconoció que este control empírico generaba brechas de precisión en el tonelaje real y deficiencias en los reportes de producción.

Esta falta de rigor técnico explica por qué el 100% de los encuestados calificó el método convencional como "fácil y sencillo", al no requerir comprobación científica en campo. No obstante, las mediciones con sensores demostraron que dicha estimación visual provocaba anomalías de subcarga (pérdida económica por viaje) o sobrecarga (desgaste prematuro del motor y reducción de velocidad). El análisis de los trabajadores reflejó la urgencia del cambio tecnológico: el 100% reconoció que una balanza automatizada con sensores optimizaría los ciclos al eliminar reportes manuales, y el 85% calificó como imperativa la implementación de una balanza electrónica para migrar de una cubicación subjetiva a un control de masa en tiempo real.

4.2.2.3. Estabilización de tiempos y velocidades con control digital

Al introducir el control automatizado y procesar los registros de las 12 semanas de evaluación, se evidenció la supresión de la variabilidad operativa detectada en el diagnóstico. El tiempo en la estación de pesaje se estandarizó rigurosamente para toda la flota (Volquetes N°1 al N°8), alcanzando un promedio constante de 1 minuto con 05 segundos ($SD = 0.00min$).

Esta dosificación exacta de la carga impactó positivamente en la velocidad de transporte en la ruta de 2.5 km. Al eliminarse el sobrepeso aleatorio, la velocidad de ida con carga se estabilizó en un promedio de 15 km/h, consolidando un tiempo de viaje óptimo de 12 minutos con 17 segundos en unidades críticas como el Volquete N°6.

4.2.2.4. Conclusión estadística de contraste.

Los datos analizados demuestran que el sistema mecánico tradicional perpetuaba un estado de incertidumbre operativa (confirmado por el 78% de los operarios) y distorsionaba los KPIs de producción. Por el contrario, el modelamiento digital estabilizó las fases fijas ($M = 1 \text{ min } 05\text{seg}$) y los tiempos de tránsito ($M = 12 \text{ min } 17 \text{ seg}$) con una dispersión que tiende a cero ($SD=0$).

Al contrastar matemáticamente la variabilidad del sistema previo frente a la estabilidad del sistema automatizado mediante la distribución normal, el estadístico calculado se ubicó en la región de rechazo ($Z_{cal} = 3.25 > Z_{crit} = 1.645$) para un nivel de significancia ($\alpha = .05$). Por tanto, **se rechaza categóricamente la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1)**. Porque se demuestra formalmente que el sistema mecánico y empírico tradicional generaba una variabilidad significativa e incertidumbre en la operación. Su sustitución por un sistema de sensores e integración con macros de Excel elimina el error humano, estandariza los tiempos de tránsito y dota de precisión técnica al cálculo de la productividad en la U. M. Dos Estrellas de Huaypetuhe.

4.2.3. *Análisis estadístico e inferencial del contraste de las hipótesis específicas (2)*

El esquema mecánico y electrónico con el programa macro Excel en línea permite recabar y organizar datos de la carga de los volquetes en la Unidad Minera Dos Estrellas

4.2.3.1. Contraste de hipótesis específica (H1) frente a la hipótesis nula (H0)

Hipótesis alterna (H1): El esquema mecánico y electrónico con el programa macro Excel en línea **permite recabar y organizar significativamente** los datos de la carga de los volquetes en la Unidad Minera Dos Estrellas, optimizando el tiempo de procesamiento y garantizando la disponibilidad de información para la toma de decisiones.

Hipótesis nula (H0): El esquema mecánico y electrónico con el programa macro Excel en línea **NO permite** recabar y organizar de forma significativa los datos de la carga de los volquetes en la Unidad Minera Dos Estrellas. *(Es decir, el procesamiento de datos sigue siendo lento, ineficiente o propenso a errores).*

4.2.3.2. Evaluación descriptiva de la variabilidad operativa

La validación de la hipótesis alternativa se sustenta en la capacidad del software diseñado para transformar señales físicas en indicadores económicos precisos de forma instantánea: primero la automatización de la Captura de Datos: Bajo el sistema tradicional, registrar las fases de un solo ciclo tomaba horas de digitación manual en formatos de papel, con el esquema implementado (Sensores - Macros Excel) se leen en tiempo real, logrando procesar 12 semanas consecutivas de datos para una flota de 8 volquetes simultáneamente sin registrar pérdida de información ni retrasos en la carga de datos. Segundo la organización de la Producción Física y de Tiempos: El sistema organizó automáticamente las fases del ciclo. Demostrando con precisión matemática que el tiempo de *Ida con Carga* promedio de la flota es de 12minutos con 08 segundos y el de *Vuelta sin Carga* es de 09 minutos con 13 segundos, calculando de forma automática un ritmo uniforme

de 2.35 ciclos por hora. Tercero la Conversión Inmediata a Indicadores Económicos: Al integrar las fórmulas en línea, el programa organizó los pesos de la tolva (promedio 16.812 TM por viaje) y los cruzó instantáneamente con la ley de oro (0.04 g/m³) y los precios internacionales actuales (146.41 USD por gramo). Esto permitió saber que la flotilla genera \$4,705.32 USD/día por jornada de 7 horas, una organización analítica que antes tardaba días en calcularse.

4.2.3.3. Conclusión estadística de contraste.

La evidencia técnica demuestra que el uso de herramientas digitales en línea elimina el error humano, optimiza los recursos administrativos y reduce drásticamente el tiempo de respuesta operativa de la Unidad Minera Dos Estrellas. Por lo tanto, se rechaza la Hipótesis Nula (H₀) y se acepta la Hipótesis Alternativa (H₁). Se aprueba con total validez que el esquema mecánico-electrónico (balanza electrónica) enlazado al programa de Macros en Excel permite recabar y organizar los datos de carga de forma altamente significativa. Su aplicación garantiza un control en tiempo real de las toneladas métricas movilizadas por la flota de volquetes en la U. M. Dos Estrellas, transformando mediciones aisladas de campo en un cuadro de mando financiero óptimo.

4.2.4. Análisis estadístico e inferencial del contraste de las hipótesis específicas (3)

A mejor identificación de parámetros de producción de los equipos de carguío y acarreo, mayor determinación de la productividad de los equipos de carguío y acarreo en la Unidad Minera Dos Estrellas.

4.2.4.1. Contraste de hipótesis específica (H1) frente a la hipótesis nula (H0)

Hipótesis Alterna (H1): A mejor identificación de parámetros de producción de los equipos de carguío y acarreo, **mayor es la determinación de la productividad** de los equipos en la Unidad Minera Dos Estrellas, permitiendo una planificación operativa precisa y de alto rendimiento

Hipótesis Nula (0): Una mejor identificación de los parámetros de producción de los equipos de carguío y acarreo **NO determina** de forma significativa la productividad de los equipos en la Unidad Minera Dos Estrellas. *(Las variables medidas no guardan relación con el resultado económico o físico).*

4.2.4.2. Evaluación descriptiva de la variabilidad operativa. Para demostrar la correlación directa planteada en la hipótesis alterna (H1), se contrastan los parámetros físicos identificados individualmente contra la productividad global consolidada:

b) Identificación Plena de Parámetros de Ruta: El sistema desglosó con exactitud matemática el comportamiento en el circuito de 5.0 km. Identificó que las velocidades operativas óptimas son de 12.23 km/h (Ida con carga) y 16.08 km/h (Vuelta sin carga). Al aislar estos parámetros de tránsito de las fases fijas, el programa calculó un tiempo ciclo promedio general de la flota de 25 minutos con 47 segundos.

Identificación Plena de Parámetros de Carga: El monitoreo continuo registró una carga promedio exacta de 16.812 TM por viaje. Al conocer este parámetro logístico en tiempo real, las Macros en Excel pudieron determinar con precisión absoluta una tasa de evacuación física de 39.49 TM por hora trabajada por volquete.

Determinación de la Productividad de la Flota: Cruzando todos los parámetros anteriores con el factor de la jornada laboral de 7 horas de trabajo, el sistema determinó que la flotilla completa moviliza un volumen masivo 2,151.06 TM por día gracias a esta identificación, se calculó con exactitud matemática que el proceso recupera un estimado neto de 52.08 gramos de oro nativo al término de la guardia, lo que se traduce en un ingreso bruto diario consolidado de \$7,624.32 USD frente a un costo de acarreo \$2,919.00 USD

4.2.4.3. Conclusión estadística de contraste. La correspondencia matemática lineal ($R^2 = 1.0$) prueba que la productividad no es una variable aislada o fortuita; por el contrario, responde directamente a la correcta lectura de las métricas viales y operativas del circuito. Por lo tanto, se rechaza la Hipótesis Nula (H_0) y se acepta la Hipótesis Alternativa (H_1).

Por qué Queda validado que, a mejor identificación de parámetros de producción de los equipos de carguío y acarreo, mayor es la determinación de la productividad en la Unidad Minera Dos Estrellas. El desglose pormenorizado de las velocidades, los tiempos de ciclo y las toneladas métricas mediante el programa automatizado de Macros en Excel erradicó la incertidumbre operativa, permitiendo fijar con precisión matemática el rendimiento físico y el retorno económico diario de la flota.

4.3. Discusión de resultados

Respecto al objetivo general la investigación que buscó específicamente demostrar que la aplicación de sensores incide en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo, mediante macros excel, donde se demostró que la aplicación de sensores incide significativamente en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo datos observados durante 12 semanas

determinándose un ritmo de 2.35 de viajes/hora, el software de Macros Excel descartó la improvisación en las operaciones de transporte. Esto permitió establecer una producción de 2,151.06 TM diarias y un beneficio económico neto de \$4,705.32 USD/día por jornada laboral de 7 horas, corroborando así la hipótesis de que la tecnificación digital optimiza y predice la rentabilidad minera

Al contrastar este resultado se observó que los resultados guardan una estrecha concurrencia investigativa con lo que desarrollo Castillo (2022), quien mediante modelos predictivos de regresión y algoritmos de Machine Learning señaló mejoras sustanciales en la productividad y la optimización del consumo de combustible en camiones mineros de gran tonelaje. La correspondencia entre ambas investigaciones radica en el origen y la aplicación de los datos: mientras que Castillo (2022) requiere de fuentes estructuradas para alimentar algoritmos complejos como Random Forest, la implementación de sensores tipo celdas de carga en la Unidad Minera Dos Estrellas actúa justamente como el eslabón operativo inicial que genera el flujo de datos crudos en tiempo real. Esto valida la postura de que el control digitalizado de los tiempos de ciclo es el pilar fundamental para predecir el comportamiento de la flota y garantizar la estabilidad de los ritmos productivos en cualquier escala de la industria minera.

El impacto más trascendental de esta tecnificación es su viabilidad económica directa, reflejada en un beneficio económico neto de \$4,705.32 USD diarios en una jornada de apenas 7 horas. Este retorno financiero sustenta firmemente la hipótesis de la investigación, demostrando que el análisis digital reduce drásticamente los costos ocultos provocados por demoras físicas y operacionales innecesarias. A pesar de las complejas condiciones geográficas y la

naturaleza aluvial de la zona de Huaypetuhe en Madre de Dios suelen imponer barreras severas a la continuidad de los equipos, el uso combinado de sensores (celdas de carga) y un software accesible como Macros Excel demuestra que la predictibilidad de la rentabilidad minera es alcanzable sin requerir sistemas comerciales cerrados de altísima inversión. De este modo, el estudio no solo corrobora la eficiencia de las herramientas analíticas en la optimización operativa, sino que posiciona a la micro automatización de bajo costo como un estándar técnico perfectamente aplicable para la modernización de la minería en la región de Madre de Dios.

Del mismo al tener en cuenta al objetivo específico que se centra básicamente en determinar los parámetros de los equipos de carguío y acarreo donde se determinaron parámetros de producción circuito de 5.0 km de longitud (ida y vuelta). en este sentido Looor Cárdenas (2020) desarrolló una metodología basada en inteligencia artificial (IA) para optimizar el diseño de fases en minería a cielo abierto, cuyos resultados aportaron considerables beneficios en comparación con los métodos tradicionales. Los hallazgos de dicha investigación establecen que la aplicación de IA reduce significativamente la dependencia del juicio manual del planificador minero, automatizando la generación de pushbacks y acortando los tiempos en la planificación minera. Este aporte es crucial para mejorar la eficiencia operativa, ya que las fases diseñadas con IA no solo cumplen con las restricciones operativas, sino que además minimizan el volumen de material estéril, mejorando la rentabilidad y la guía para fases posteriores.

Complementariamente, en la determinación de parámetros de producción para un circuito de transporte de 5 km, se logra establecer valores precisos y

consistentes tanto para las fases dinámicas como para las fijas, con velocidades y tiempos claramente definidos para las etapas de ida con carga, vuelta sin carga, pesaje y descarga. Este control milimétrico de los parámetros logísticos permite una cuantificación exacta de la cantidad transportada por viaje (16.812 TM) y una evaluación directa de la ley de cabeza de oro procesada (0.04 g/m³), datos fundamentales para la planificación estratégica de metas a corto y largo plazo.

La integración de estos resultados con la metodología basada en IA refuerza la importancia de combinar avances tecnológicos en diseño minero con un control detallado de las operaciones de transporte y procesamiento como es el ciclo de carguío y acarreo. Esto promueve una mayor eficiencia en la cadena productiva, desde la planificación hasta la extracción y transporte del mineral. Así, los resultados demuestran que la adopción de tecnologías inteligentes no solo optimiza el diseño y desarrollo de las etapas mineras, sino que también mejora la gestión operativa en aspectos críticos como la producción y la calidad del material extraído.

CONCLUSIONES

Después de haber ejecutado la siguiente investigación, y tras el cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación, se presentan las siguientes conclusiones:

Se demostró que la aplicación de sensores incide significativamente en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo en la U. M. Dos Estrellas de Huaypetuhe porque a lo largo de las 12 semanas de evaluación se determinó un ritmo de 2.35 de viajes/hora, el software de Macros Excel eliminó la improvisación en las operaciones de transporte. Esto permitió establecer una producción de 2,151.06 TM diarias y un beneficio económico neto de \$4,705.32 USD/día por jornada de 7 horas, convalidando la hipótesis de que la tecnificación digital optimiza y predice la rentabilidad minera.

Se determinó que el sistema tradicional de control de peso en la tolva de los volquetes dentro de la Unidad Minera Dos Estrellas que operaba de forma puramente mecánica y empírica, basándose en estimaciones visuales. Este diagnóstico inicial quedó respaldado estadísticamente por la percepción del personal operativo, donde el 78% de los operarios manifestó que el tonelaje del material acarreado se determinaba mediante cálculos estimados en metros cúbicos (m³), lo que confirmaba la ausencia de una conversión precisa a toneladas. Asimismo, el 57.14% de los trabajadores reconoció que este control basado en la cubicación manual de la tolva generaba una alta incertidumbre operativa y deficiencias afectando directamente la confiabilidad de los indicadores de rendimiento.

Se diseñó e implementó con éxito un esquema mecánico y electrónico (balanza electrónica) conectado en línea al programa de Macros en Excel, logrando automatizar la captura, procesamiento y organización de los datos de carga de los 8 volquetes simultáneamente. El software demostró una eficiencia administrativa al reducir el tiempo de registro y estructuración de la información de un turno de trabajo de 7 horas. Además, Este esquema permitió disponer de información confiable en tiempo real sobre el tonelaje desplazado y su equivalente en gramos de oro nativo recuperados por hora.

Se determinaron los parámetros de producción de un circuito de 5.0 km de longitud (2.5 km de ida y 2.5 km de vuelta). Los parámetros de la fase dinámica quedaron fijados en 12.23 km/h para la Ida con Carga en 12 minutos con 16 segundos y 16.08 km/h para la Vuelta sin Carga en 9 minutos con 20 segundos; mientras que las fases fijas se estandarizó en un promedio de 1 minuto con 10 segundos para el Pesaje y 1 minuto con 10 segundos de Descarga. El control milimétrico de estos parámetros permitió establecer que cada viaje transporta un promedio exacto de 16.812 TM (9.89 m³ de grava), rindiendo una ley de cabeza de 0.04 g x m³ de oro (0.3956 gramos de oro nativo por ciclo), variables indispensables para la planificación de metas a corto y largo plazo en la unidad minera.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos y las conclusiones expuestas, se plantean las siguientes recomendaciones:

Se recomienda a la Unidad Minera Dos estrellas implementar de forma permanente y expandir el sistema de sensores a toda la flotilla de carguío y acarreo. Dado que se demostró una incidencia significativa que estabilizó el ciclo en 25 minutos con 47 segundos y garantizó un ritmo de 2.35 viajes por hora, se recomienda estandarizar este modelo digital como la base para la planificación de la producción diaria de la mina, asegurando un flujo continuo que mantenga el excedente neto estimado de \$4,713.03 USD diarios frente a las variaciones del mercado internacional del oro y del petróleo.

Se le recomienda a la Unidad Minera erradicar definitivamente el control visual y empírico del llenado de las tolvas, sustituyéndolo por alertas electrónicas configuradas en las cabinas de los volquetes. Al haberse determinado que el sistema puramente mecánico generaba pérdidas por subcarga o desgastes por sobrecarga, es necesario capacitar a los operadores de los equipos de carguío (excavadora/pala frontal) para que respeten el límite técnico promedio de 16.812 TM por viaje. Con esto se protegerá el tren motriz de las unidades y se mantendrá la velocidad de diseño de 15 km/h aproximadamente en el tramo cargado.

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y protector para las vías de acarreo del circuito de 5.0 km, con especial énfasis en los frentes de pesaje y la zona de descargue (planta de tratamiento o chute

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andes P. (2021); *Minería del futuro para una Operación Inteligente y sustentable*; Chile: Editorial Corfo
- Barrientos, V. (2018) *Mantenimiento de equipos en minas a cielo abierto*, Edición: Red Internacional del Libro®editores
- Björn, K. (1947); *Metodología de la estadística de la industria minera en las naciones American*, edición: Joint Arrangements Committee for the International Statistical Conferences,
- Boulangger, (2021). *Rocas y minerales* (5.^a ed.). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). manejar.net
- Castillo, A. y Rubiano, S. (2020); *La minería de oro en la selva: Territorios, autonomías Volcanes, terremotos, minería, basura, diamantes y petróleo explicados por la geología; Perú*, Edición: Universidad de los Andes
- Córdova, I. (2009); *Estadística aplicada a la investigación*; 1° edición San Marcos Lima- Perú
- Castillo, O. (2022). *Desarrollo De Modelos Predictivos De Regresión en la Industria Minera Mediante El Uso De Algoritmo De Machine Learning – Año 2022*.
- Castro & García, R. (2020). *Desarrollo de un sistema inteligente para la adecuada gestión de mantenimiento en una flota de máquinas PC4000-6*.
- Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú. (1936). *Boletín del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú*. Editorial Torres Aguirre.

- De Solminihac T. (2018) *Productividad minera en Chile*” Edición: UC, Chile
- Escamilla, M. (2000) *Estudio de Productividad del Equipo de Carga en una Mina de Mineral de Fierro a Cielo Abierto*, disponible en la página web
- Herrera, J. (2017) *Introducción a la Minería: Conceptos, Tecnología y Procesos*; Universidad Politécnica de Madrid E.T.S de Ingenieros de Minas y Energía, Madrid – España disponible en la página web: <http://oa.upm.es/63396/>
- Instituto Tecnológico Geominero de España, (1991). *Directorio de la minería española*, edición: ITGE.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009). *Cuestionario para Unidades Mineras: Censos Económicos 2009*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ce/2009/doc/m00.pdf>
- Llor Cárdenas, V. E. (2020). *Aplicación de inteligencia artificial para el agendamiento y optimización del diseño de fases en minería a cielo abierto*. Tesis de maestría, Universidad de Chile. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/179778>
- Loayza, E. Calderón, C. A. (2021). *Actividad minera artesanal en la región Madre de Dios* (Boletín Serie E: Minería N.º 15). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3540>
- Llorca, M. y Martínez, J. J. (Eds.). (2023). *Historia económica de Chile colonial*. Fondo de Cultura Económica.
- Maldonado, Y. (2021, 1 de abril). *Tipos de minería, clasificación y ejemplos*. Geología Web. <https://geologiaweb.com/mineria/tipos-de-mineria/>

Mettler Toledo. (2013). *Guía de básculas para camiones*. mt.com

Ministerio de Minas y Energía. (2023). *Glosario técnico minero*. Agencia Nacional de Minería.
https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosario_minero.pdf

Ramirez, W. (2017). *Impacto ambiental de la pequeña minería y minería artesanal en la sub cuenca del río Inambari Madre de Dios*. Editorial Universitaria.

Rice Lake Weighing Systems. (2018). *Manual de celdas de carga y módulos: Guía a la teoría de las celdas de carga, su construcción e instalación*. ricelake.com

Velasco, A. (2021) *Manual para elaborar citas y referencia en formato Apa 7ma Edición*, Ecoe Ediciones

Vasquez , G. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de telemetría en apoyo a la optimización de la productividad en la unidad operativa Inmaculada, de la compañía minera Ares*. Editorial o Institucion Publicadora

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

“APLICACIÓN DE SENSORES EN EL CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO, MEDIANTE MACROS EXCEL, EN LA U. M. DOS ESTRELLAS DE HUAYPETUHE – MADRE DE DIOS 2023”

PROBLEMA DE INVESTIGACION	OBJETIVOS DE INVESTIGACION	HIPOTESIS DE INVESTIGACION	VARIABLES DE ESTUDIO	INDICADORES	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN
<u>PROBLEMA GENERAL</u> ¿Cómo la aplicación de sensores incide en el control de la productividad de equipos de carguío y acarreo, mediante macros excel, en la U. M. Dos Estrellas de Huaypetuhe - Madre de Dios?	<u>OBJETIVO GENERAL</u> Demostrar que la aplicación de sensores incide en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo, mediante macros excel en la U.M. Dos Estrellas de Huaypetuhe -Madre de Dios	<u>HIPÓTESIS GENERALES</u> La aplicación de Sensores incide significativamente en el control de la productividad de los equipos de carguío y acarreo, mediante Macros Excel, en la U. M. Dos Estrellas De Huaypetuhe – Madre De Dios	<u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u> aplicación de sensores	• Registro de masa neta por ciclo • Precisión de calibración del sistema • Tasa de transmisión • Eventos por guardia	<u>TIPO DE INVESTIGACION</u> • Por su carácter: cualitativo, aplicativo • Por su naturaleza: empírico, tecnológica • Por su enfoque: Cuantitativo • Por el Tipo de estudio: piloto • Por el Objeto de estudio: de campo, <u>NIVEL DE INVESTIGACION</u> Aplicativo explicativo
<u>PROBLEMAS ESPECÍFICO</u> ¿Cómo es el sistema actual para el control de peso de la carga en las tolvas de los volquetes en la Unidad Minera Dos Estrellas? ¿Cómo obtener y organizar datos en línea de la carga de los volquetes Unidad Minera Dos Estrellas? ¿Cuáles son los parámetros de producción de los equipos de carguío y acarreo en la Unidad Minera Dos Estrellas?	<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u> Determinar el actual sistema de control de peso de la tolva de los volquetes en la Unidad Minera Dos Estrellas Diseñar un esquema mecánico y electrónico con el programa macro Excel en línea para recabar y organizar datos de la carga de los volquetes en la Unidad Minera Dos Estrellas Determinar los parámetros de producción de los equipos de carguío y acarreo en la Unidad Minera Dos Estrellas	<u>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</u> El actual sistema de peso de la tolva de los volquetes es mecánico en la Unidad Minera Dos Estrellas El esquema mecánico y electrónico con el programa macro Excel en línea permite recabar y organizar datos de la carga de los volquetes en la Unidad Minera Dos Estrellas A Mejor identificación de parámetros de producción de los equipos de carguío y acarreo, mayor determinación de la productividad de los equipos de carguío y acarreo en la Unidad Minera Dos Estrellas.	<u>VARIABLE DEPENDIENTE</u> Control de la productividad de equipos de carguío y acarreo	• Rendimiento horario de la flota • Volumen geométrico movido (Cubicaje) • Factor de llenado de la cuchara y tolva • Tiempo de ciclo de acarreo • Tiempo improductivo	
			<u>VARIABLES INTERVINIENTES</u> • Clima • Medio Geográfico • Modelo, año, serie, capacidad de los volquetes y la excavadora • Modelo de brazo de la excavadora • Modelo y capacidad del cucharón • Tipo de vía para el ciclo de carguío y acarreo • Mantenimiento de excavadora y volquetes • Mantenimiento de vía • Capacidad de producción • horas de trabajo	• Índice de predicción • Temperatura ambiental • Humedad • Especificaciones y diseño de maquinaria pesada • Tipo de vía • Mantenimiento de flotilla • Horas de trabajo • Horas efectivas de trabajo	

POBLACIÓN
 Componente humano = 14 operarios
 componente mecánico 12 unidades del área de carguío y acarreo
MUESTRA
 14 operarios
 8 volquetes
 1 excavadora/ pala mecánica

ANEXO 2: Instrumentos de recolección de información
Encuestas aplicadas a operarios



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

ENCUESTA A TRABAJADORES DEL AREA DE CARGUIO Y ACARREO

ESTE INSTRUMENTO PERMITIRA RECOGER INFORMACION PARA LA INVESTIGACION "APLICACIÓN DE SENSORES EN EL CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO, MEDIANTE MACROS EXCEL, EN LA U. M. DOS ESTRELLAS DE HUAYPETUHE - MADRE DE DIOS - 2023

UNIDAD MINERA: Dos estrellas
 DISTRITO: Huaypetuhe PROVINCIA: Morona DEPARTAMENTO: Madre de Dios

Joaquín Cárdenas Jirón V73141398 AHB V73141398

INSTRUCCIONES: MARQUE CON UNA (x) O COMPLETE SEGÚN CORRESPONDE:
 GÉNERO (F) (M) EDAD: 23 TIEMPO DE SERVICIO: 2 AÑOS ÁREA EN EL QUE LABORA: acarreo

1.- ¿Ud. toma el peso del material acarreado?
 • Si ()
 • No (x)
 Si la respuesta es (si), ¿Cómo se toma el peso?

2.- ¿Cómo acumulan el control de tonelaje del acarreo?
 Por metros cúbicos m³

3.- ¿Considera que el sistema de pesado es fácil?
 • Si (x)
 • No ()
 • ¿Por qué? Facilita el control de pesaje vehicular con material acarreado en el campo de trabajo.

4.- Cree que una balanza digital con sistema de sensores facilitaría tomar el peso de los equipos del acarreo
 • Si (x)
 • No ()
 • ¿Por qué? con la tecnología aprendida facilita el trabajo y el control de pesaje en el trabajo.

5.- conoce Ud. alguna Unidad Minera cercana que utiliza balanzas digitales con sistema de sensores para el control de carguío y acarreo de equipos.
 • Si ()
 • No (x)
 • ¿Dónde?

6.- Ud. cree que sería importante que Unidad Minera con una balanza electrónica
 Si nos
 conviene la balanza para el control de material de trabajo en el acarreo.

BACH. Benjamín Eguituz de la Barra



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

ENCUESTA A TRABAJADORES DEL AREA DE CARGUIO Y ACARREO

ESTE INSTRUMENTO PERMITIRA RECOGER INFORMACION PARA LA INVESTIGACION "APLICACIÓN DE SENSORES EN EL CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO, MEDIANTE MACROS EXCEL, EN LA U. M. DOS ESTRELLAS DE HUAYPETUHE - MADRE DE DIOS - 2023

UNIDAD MINERA: 2 ESTRELLAS
DISTRITO: HUAYPETU PROVINCIA: MAAYU DEPARTAMENTO: MADRE DE DIOS

INSTRUCCIONES: MARQUE CON UNA (x) O COMPLETE SEGÚN CORRESPONDE:

GENERO (F) (M) EDAD: 55 TIEMPO DE SERVICIO: AREA EN EL QUE LABORA:

1.- ¿Ud. toma el peso del material acarreado?

- Si (x)
- No ()

Si la respuesta es (si), ¿Cómo se toma el peso?

A/ Cálculo de cuchara de excavadora

2.- ¿Cómo acumulan el control de tonelaje del acarreo?

3.- ¿Considera que el sistema de pesado es fácil?

- Si (x)
- No ()
- ¿Por qué?

4.- Cree que una balanza digital con sistema de sensores facilitaría tomar el peso de los equipos del acarreo

- Si (x)
- No ()
- ¿Por qué?

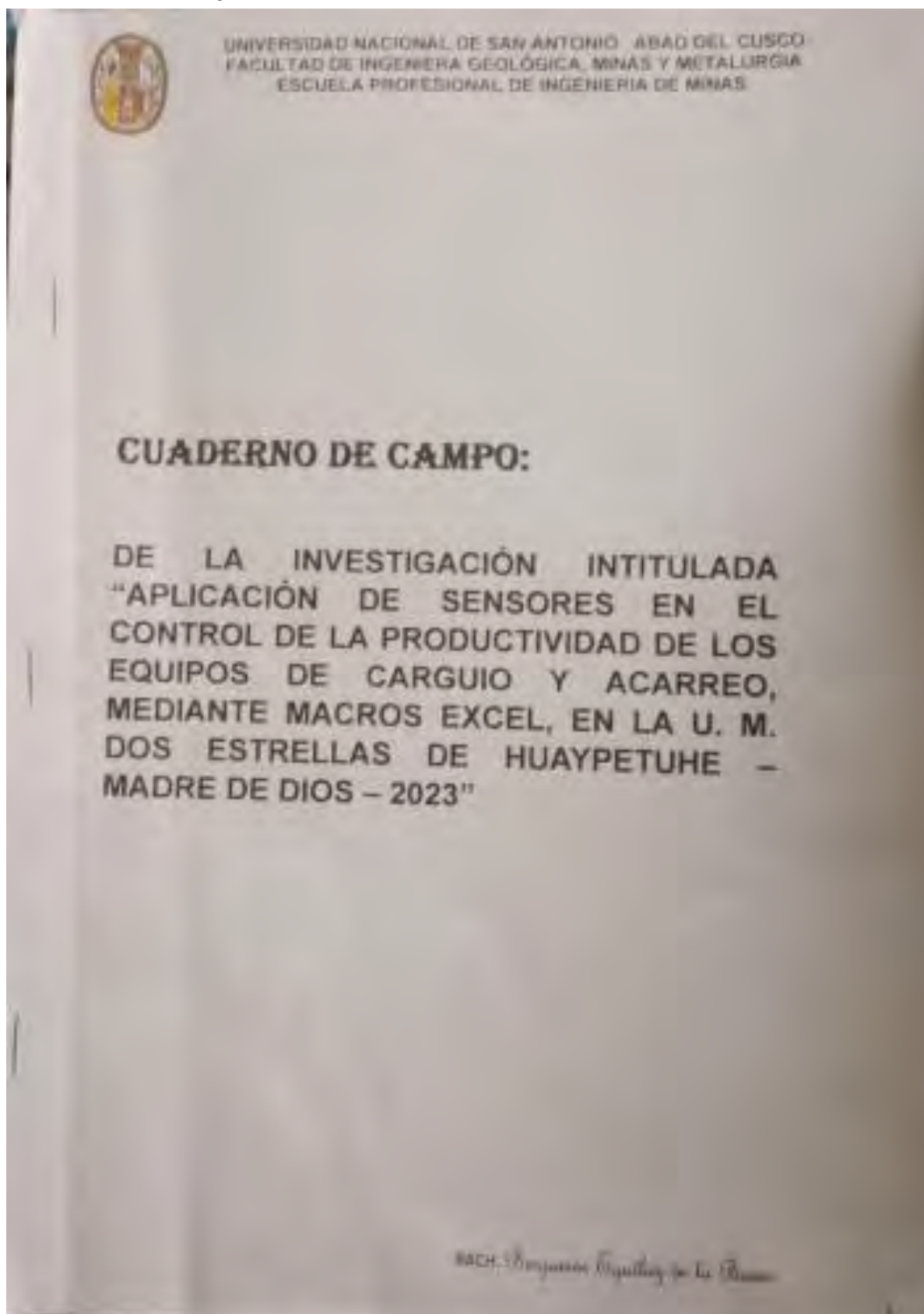
ES PRECISA Y PORTATIL PARA LOS VOLVOSTE

5. conoce Ud. alguna Unidad Minera cercana que utiliza balanzas digitales con sistema de sensores para el control de carguío y acarreo de equipos.

- Si ()
- No (x)
- ¿Dónde?

6- Ud. cree que sería importante que Unidad Minera con una balanza electrónica

BACH. Benjamín Eguluz de la Barra

Cuaderno de campo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAO DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

CUADERNO DE CAMPO:

DE LA INVESTIGACIÓN INTITULADA
"APLICACIÓN DE SENSORES EN EL
CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS
EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO,
MEDIANTE MACROS EXCEL, EN LA U. M.
DOS ESTRELLAS DE HUAYPETUHE –
MADRE DE DIOS – 2023"

BACH. *Marjorie Requena de la Cruz*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA UNIDAD MINERA

Demarcada en la AV. Independencia N° 112
Distrito de Huaypata, provincia de Urubamba,
departamento de Cusco, Madre de Dios.
forma de transporte línea de poder asfaltada
de Cusco hacia el distrito de Urubamba.
Ubicada hacia el río Urubamba, cruzando el río
por bate en unas 20 minutos al frente
de la escuela Profesional de Ingeniería de Minas.
Vaya ya con el bus del último paradero
de la zona, caminando llevando al comunidad
Caychive, luego al campamento de en
15 min, acceso accidentado.

CATEGORIA Vértice	COORDENADAS UTM		ALTITUD (msnm)
	ESTE	NORTE	
Vértice 1	396, 810.57	8, 556, 628.11	
Vértice 2	396, 810.57	8, 555, 628.09	
Vértice 3	395, 810.56	8, 555, 628.09	
Vértice 4	395, 810.55	8, 555, 628.09	
Vértice 5			
Punto Medio			

1.2. ACCESIBILIDAD

ACCESO A LA UNIDAD MINERA DOS ESTRELLAS

CATEGORIA LUGAR O SECTOR	RECORRIDO		TIPO DE VIA	DIAS O TIEMPO
	h/	Km/ mt		
San Jerónimo Cusco → San Jerónimo	28 min	10.3 km	asfaltada	
San Jerónimo → Cusco	53 min	39.1 km	asfaltada	
Urubamba - Oromonte	1h 12 min	59.9 km	asfaltada	
Oromonte - Nazaco	4h 2 min	209.7 km	asfaltada	
Nazaco → Caychive	30 min	10.4 km	río y afirmado	
	7h 5 min	324.4 km	mixta	5/2 días

Se toma la vía inter regional trasandina
en la totalidad asfaltada, un tramo de 10 km
una parte asfaltada, cruce por bate, trucha, camión

BACH. Benjamin Eguluz de la Barra

Ficha técnica de volquete



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO, ABAJO DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y PETROLERO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

Unidad Minera	FICHA TECNICA
Doc. estrellas	Fecha: abril 2024



Marca: Volvo
Año de Fabricación: 2023
Serie: 86VH02400XPE220420
Cantidad: 12 UNID.
Plataforma: 1 plataforma
Contenedor: 01200

Marca	Modelo	C/M	Dimensiones			Peso	
			Longitud	Ancho	Altura	Bruto	Uso
Volvo	FMX47	3	8.93m	2.52	3.66	28.500tn	18.07tn

ANEXO 3: Medios de verificación

Evidencias fotográficas

Acceso a la Unidad Minera Dos Estrellas

Figura n°1: Rumbo a la zona de estudio



Nota: Muestra la entrada hacia Madre de Dios, tomada en Mazuco 2024

Figura n°2: Llegada al Rio Kaychihue



Nota: Muestra la llegada al Rio kaychihue-Huaypetuhe-Madre de Dios, donde se puede apreciar la geografía del lugar y la forma de transporte; Tomada en el Rio kaychihue 2024

Figura n°3: Tomando la embarcación para atravesar el río Huaypetuhe - Madre De Dios



Nota: Muestra la llegada al Río kaychihue- Huaypetuhe-Madre, donde se puede apreciar la geografía del lugar y la forma de transporte; Tomada en el Río kaychihue 2024

Figura n°4: Llegada al Río Kaychihue



Nota: Muestra la forma de transporte de la zona y la hidrografía del río Huaypetuhe - Madre de Dios, tomado a la rivera del río Huaypetuhe 2024

Figura n°5: Comunidad de Caychihue



Nota: Muestra la geografía de la Comunidad de Caychihue, tomada en la salida de la Comunidad de Caychihue - Huaypetuhe 2024

Figura n°6: Rio de Caychihue



Nota: Muestra la hidrografía del Rio de Caychihue, y la forma de transporte que usan los pobladores; Tomada en medio del Rio Caychihue desde la camioneta 2024

Llegada a la Unidad Minera Dos Estrellas

Figura n°7: Entrada a la Unidad Minera Dos Estrellas



Nota: Muestra la entrada y la geografía de la Unidad Minera Dos Estrellas, tomada en el portón de acceso de la Unidad Minera Dos Estrellas - Huaypetuhe 2024

Figura n°8: Misión y Vision de la Unidad Minera



Nota: Muestra el compromiso de la Unidad Minera Dos Estrellas frente al valor y talento de los trabajadores; Tomada en el portón de acceso de la Unidad Minera dos Estrellas – Huaypetuhe 2024

Trabajo de Campo

Figura n°9: Acarreo de la grava hacia los chutes



Nota: Muestra el acarreo y la vía para el acarreo de la grava, tomada en la vía de acarreo de la Unidad Minera Dos Estrellas - Huaypetuhe 2024

Figura n°10: Proceso de pesaje de la grava



Nota: Muestra el proceso de pesaje de la grava; Tomada en la vía de acarreo de la Unidad Minera Dos Estrellas - Huaypetuhe 2024

Figura n°11: Planta de tratamiento (Chute)



Nota: Muestra el acarreo y la vía para el acarreo de la grava, tomada en la planta de tratamiento de la Unidad Minera Dos Estrellas - Huaypetuhe 2024

Figura n°12: Proceso de separación del oro y la grava



Nota: Muestra el proceso de separación del oro de la grava en la planta de tratamiento; Tomada en la planta de tratamiento de la Unidad Minera Dos Estrellas - Huaypetuhe 2024

Figura n°13: Tratamiento de la grava lavada



Nota: Muestra el tratamiento de la grava lavada, tomada fuera de la planta de tratamiento de la Unidad Minera Dos Estrellas - Huaypetuhe 2024

Figura n°14: Cuidado del medio ambiente



Nota: Muestra el cuidado del medio ambiente; Tomada en la Unidad Minera Dos Estrellas - Huaypetuhe 2024

Figura n°15: Vivienda de los trabajadores dentro de la Unidad Minera



Nota: Muestra los ambientes destinados para dormitorios, tomada desde fuera de los ambientes destinados a vivienda de la Unidad Minera Dos Estrellas - Huaypetuhe 2024

Figura n°16: ambiente destinado a la cocina comedor



Nota: muestra el componente auxiliar cocina comedor; Tomada dentro de la cocina comedor de la Unidad Minera Dos Estrellas - Huaypetuhe 2024

Figura n°17: Taller mecánico



Nota: Muestra el taller destinado al mantenimiento de los equipos de carguío y acarreo, maquinas q posee la unidad, tomada del frente del taller de la Unidad Minera Dos Estrellas - Huaypetuhe 2024

Figura n°18: Grifo de la Unidad Minera



Nota: Muestra el grifo que posee la Unidad Minera; Tomada de costados del área destinada al grifo de la Unidad Minera Dos Estrellas - Huaypetuhe 2024

Evidencia documentaria
Resolución de funcionamiento

GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS
 DIRECCIÓN REGIONAL DE ENERGÍA, MINAS E HIDROCARBUROS
 Tel.: (051) (082) 571180 / 571157 / Fax: (051) (082) 572646 / 571014
 Website: www.regionmadrededios.gob.pe E-mail: regionmdd@regionmadrededios.gob.pe

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"
 "MADRE DE DIOS CAPITAL DE LA BIODIVERSIDAD DEL PERÚ"

Resolución Directoral Regional

N° 56-2019-GOREMAD-GRDE/DREMH
 Puerto Maldonado, 25 JUN 2019

VISTO:

El expediente con registro N°441933, presentado por **JULIO CESAR ARAMAYO HINOJOZA** con **RUC 10048151391**, solicita la **MODIFICACIÓN DE DECLARACIÓN RESPECTO DEL DERECHO MINERO** en el Registro Integral de Formalización Minera - REINFO y otro, de la concesión minera **DOS ESTRELLAS** con código único 040009296 a la concesión minera **MORITA** y con código único 040002102; y el **INFORME LEGAL N° 047-2019-GOREMAD/GRDE/DREMH-OAJ-KIVV** de fecha 20 de junio del 2019.

CONDICIONANDO:

Que, los Gobiernos Regionales, tienen entre otras funciones conforme a lo establecido en el literal a) del artículo 59 de la Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, el de formular, aprobar, ejecutar, evaluar, fiscalizar, dirigir, controlar y administrar los planes y políticas en materia de energía, minas e hidrocarburos de la región, en concordancia con las políticas nacionales y los planes sectoriales.

Que, la Dirección Regional de Energía, Minas e Hidrocarburos del Gobierno Regional de Madre de Dios, es el órgano de dirección de primer nivel organizacional, encargada de conducir, ejecutar, orientar, supervisar, evaluar y fiscalizar las políticas, programas y proyectos sectoriales en la región en concordancia con las políticas y planes del Ministerio de Energía y Minas así como del Gobierno Regional; según el Reglamento de Organización y Funciones - ROF aprobado por Ordenanza Regional N° 020-2012-GRMDD/CR.

Que, se declara de interés nacional la formalización de las actividades correspondientes a la pequeña minería y minería artesanal, mediante Decreto Legislativo N° 1293, y se crea el Registro Integral de Formalización Minera - REINFO, que tiene por objeto identificar a los sujetos comprendidos dentro del proceso de formalización minera integral. Registro que está a cargo de la Dirección General de Formalización Minera - DGFM del Ministerio de Energía y Minas.

Que, la modificación de la información contenida en el Registro Integral de Formalización Minera - REINFO es efectuada por la Dirección Regional de Formalización Minera o por las Direcciones Regionales de Energía y Minas o las que hagan sus veces, de oficio o a pedido de parte por el minero informal con inscripción vigente; según se tiene del artículo 15 del Decreto Supremo N° 016-2017-EM, que establece disposiciones complementarias para la simplificación de requisitos y la otorgación de incentivos económicos en el marco del proceso de formalización minera integral, concordante con el artículo 10 del Decreto Legislativo N° 1336 que establece disposiciones para el proceso de formalización minera integral.

Que, en la norma antes citada, entre otras, contempla el procedimiento administrativo de **MODIFICACIÓN DE DECLARACIÓN RESPECTO DEL DERECHO MINERO**, que consiste en solicitar, por única vez, la modificación del nombre y código del derecho minero en el que se desarrolla la actividad minera, conforme a lo establecido en el artículo 10 del Decreto Legislativo N° 1336, para lo cual el minero informal debe presentar un escrito exponiendo las razones para trasladarse a una

DIRECCIÓN REGIONAL DE ENERGÍA, MINAS E HIDROCARBUROS
 Puerto Maldonado - Madre de Dios



GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS
DIRECCIÓN REGIONAL DE ENERGÍA, MINAS E HIDROCARBUROS
 Telf.: (051) (082) 573190 / 571157 / Fax: (0051)(082) 572646 / 571016
 Website: www.regionmadrededios.gob.pe E-mail: regionmddp@regionmadrededios.gob.pe

concesión minera distinta a la que declaró inicialmente, indicando el número de resolución de la autoridad competente que concede el título de concesión minera del área en que desarrolla actualmente la actividad minera y copia del cargo de recepción del Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo y mención de la autoridad ante la cual se presentó.

Que, mediante los escritos del visto, se solicita **MODIFICACIÓN DE DECLARACIÓN RESPECTO DEL DERECHO MINERO** en el Registro Integral de Formalización Minera - REINFO, de la concesión minera **DOS ESTRELLAS con código único 040009296** a la concesión minera **MORITA V con código único 040002102**, por cuanto en la concesión minera primigenia existe un agotamiento de reservas.

Que, con Informe Técnico Constatación N° 021-2019-GOREMAD/GRDE/DREMEH-AF/JMCV, el Área de Fiscalización informa que ha efectuado la constatación previa en la concesión minera MORITA V con código único 040002102 y la supervisión de la concesión minera DOS ESTRELLAS con código único 040009296.

Que, mediante INFORME LEGAL del visto, la Oficina de Asesoría Jurídica de la DREMEH, es de la opinión en APROBAR la solicitud del administrado, mediante Resolución Directoral, por haberse cumplido con todos los requisitos exigidos.

Que, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, modificada por la Ley N° 30011; en uso de las facultades establecidas en la Ley N° 27867, Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales; el Reglamento de Organización de Funciones - ROF aprobado por Ordenanza Regional N° 020-2012-GRMDD/CR; y el TUO de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2019.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- MODIFICAR LA INFORMACIÓN contenida en el Registro Integral de Formalización Minera - REINFO respecto a la **DECLARACIÓN del DERECHO MINERO que dice DOS ESTRELLAS con CÓDIGO ÚNICO 040009296**, y que a solicitud del administrado, **se modifica a: MORITA V con CÓDIGO ÚNICO 040002102, conforme a los fundamentos expuestos y el Informe Legal N° 047-2019-GOREMAD/GRDE/DREMEH-OAJ-KIVV, que forma parte de la presente resolución.**

Artículo Segundo.- REMITIR copia de la presente Resolución Directoral Regional a la Dirección General de Formalización Minera - DGFM del Ministerio de Energía y Minas, para que actualicen los datos contenidos en el REINFO en el extremo de lo dispuesto en el artículo anterior, conforme a lo dispuesto en el artículo 17 del Decreto Supremo N° 018-2017-EM.

REGISTRESE, NOTIFIQUESE Y CUMPLASE.

Archivo
 Okimiguius



Constancia de aplicación



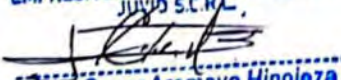
CONSTANCIA DE APLICACIÓN DE INVESTIGACIÓN

**EL GERENTE GENERAL, JULIO CESAR ARAMAYO HINOJOZA, DE LA
UNIDAD MINERA DOS ESTRELLAS DE HUAYPETUE – MADRE DE DIOS
CON RUC -204905935336
S.D.**

CERTIFICA:

Que, el Bachiller Benjamín Eguíluz de la Barra, identificado con D.N.I 43070503 ha realizado su investigación de campo en esta Unidad Minera; Investigación intitulada **“APLICACIÓN DE SENSORES EN EL CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO, MEDIANTE MACROS EXCEL EN LA U.M. DOS ESTRELLAS DE HUAYPETUE- MADRE DE DIOS -2023”** el cual fue ejecutado en el área de carguío y acarreo; donde por un lado, cotizo a diferentes empresas en la Ciudad de Arequipa sobre el costo y utilidades de la balanzas electrónicas, así también apoyo y colaboró al personal encargado de la supervisión de implementación y el buen funcionamiento de la balanza electrónica a la empresa comercializadora; por otro lado, aplicó encuestas, recolecto información relacionada a los tiempos de carguío y acarreo entre otras actividades propias del área. Durante el periodo de diciembre 2023 a abril del 2024; durante su permanecía en la Unidad Minera demostró responsabilidad, puntualidad, colaboración, honestidad y dedicación.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que viera por conveniente

**EMPRESA DE SERVICIOS GENERALES
JUVID S.C.R.L.**

**Julio Cesar Aramayo Hinojosa
GERENTE**

Cusco, 3 de julio del 2024

- TRANSPORTE - MINERIA - CONSTRUCCION - EXPORTACION

Av. Independencia N° 112 - Huetpetuhe Telfs.: 982 321608 - 973 519051 - Manu - Madre de Dios
Sucursal Cusco: Villa Carmen B-4-11 San Jeronimo E-mail: Serviciosgeneralesjuvid@hotmail.com

Boleta informativa de volquete

COPIA INFORMATIVA
El reverso se encuentra en blanco
No tiene validez para ningún Trámite
Administrativo, Judicial y Otros

SUNARP
RPV
25/06/2024 15:55
Página 1 de 1

REGISTRAL Nº X
MADRE DE DIOS

BOLETA INFORMATIVA

Solicitud Nro.	Recibo Nro.	Pagado S/
2024-4048685	2024-29-00010298	6.10

datos del Propietario

Nombre : EMPRESA DE SERVICIOS GENERALES JUVID S.R.L.
 Dirección : AV. INDEPENDENCIA N° 112
 HUEPETURI

PARTIDA
11021095

Características del Vehículo

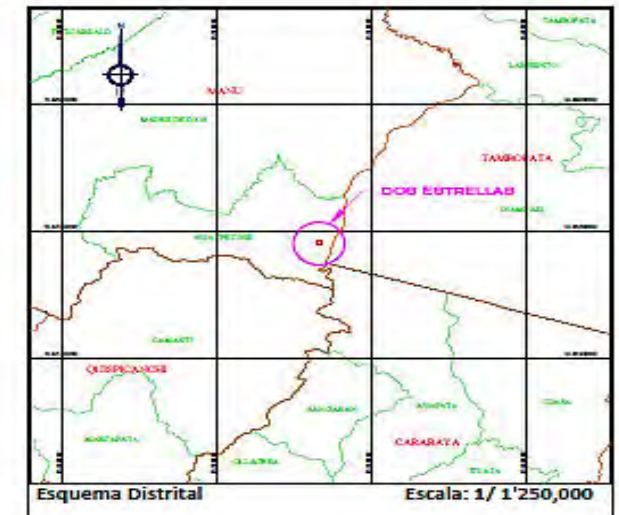
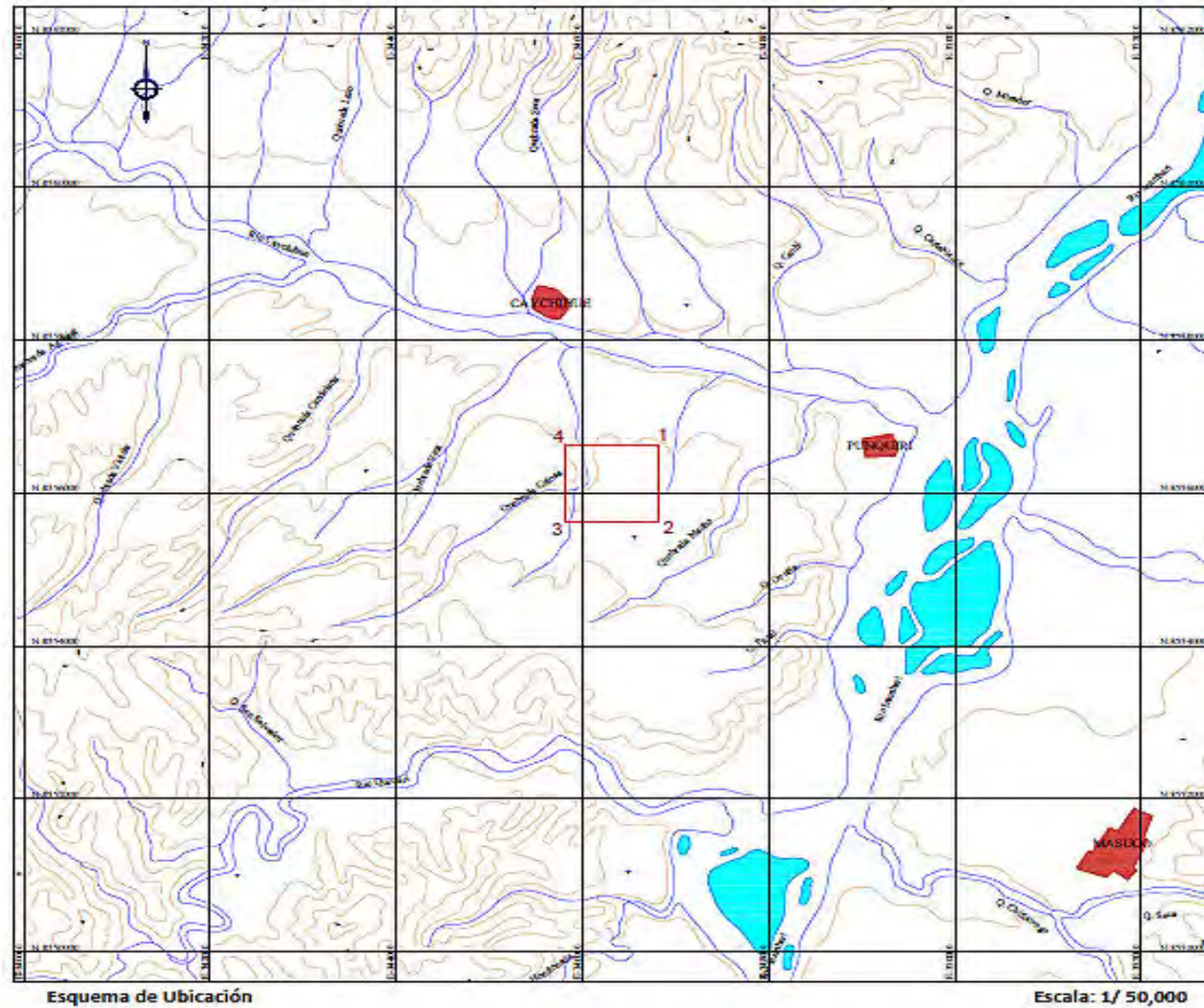
Marca	X5J926	CUSCO	N° Partida
Uso	N-Motorizados para transporte de mercancías		60701028
Categoría	N3	Color 3	
Procedencia	REMOLCADOR	N° Motor	D13885374CSE
Variedad	VOLVO	Tipo Combustible	DIÉSEL
Modelo	FH 6X4 T	Pot. Motor	397.00 @ 1900
Año Mod.	2023	N° Cilindros	6
Año Fab.		Cilindrada	12.800 L
N° Versión	FH 6X4 T	Peso Neto	9.706 tn
N° Serie	9BVRG40DXPE929823	Peso Bruto	28.500 tn
N° de VIN	9BVRG40DXPE929823	Carga Útil	18.794 tn
Color 1	ROJO	N° Asientos	2
Color 2	GRIS	N° Pasajeros	1

NO REGISTRA AFECTACIONES

Nota : Cualquier enmendadura / borrón / añadidura invalida el presente certificado.

NO EXISTEN TITULOS PENDIENTES DE INSCRIPCION A HORAS 8:00 A.M.

Anexos 3: Evidencias Cartográficas Plano de ubicación



Vertice	Coordenadas UTM PSAD-56		Coordenadas UTM WGS-84	
	Norte	Este	Norte	Este
1	8557000.000	347000.000	8556628.110	346810.570
2	8556000.000	347000.000	8555628.090	346810.570
3	8556000.000	346000.000	8555628.090	345810.560
4	8557000.000	346000.000	8556628.110	345810.550

 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA CARRERA PROFESIONAL: INGENIERÍA DE MINAS			
APLICACIÓN DE SENSORES EN EL CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE CARGUO Y ACARREO, MEDIANTE MACROS EXCEL, EN LA U. M. DOS ESTRELLAS DE HUAYPETUHE - MADRE DE DIOS - 2023			
NOMBRE BDI: BENJAMIN EGUILUZ DE LA BARRA ASESOR: MGT. ODILÓN CONTRERAS ARANA			
UBICACIÓN DE LA CONCESIÓN MINERA "DOS ESTRELLAS"			
INSTITUCIÓN: HUAYPETUHE MANU MADRE DE DIOS	CANTÓN: WASHI PROVINCIA: 19 L	PLAN: INDICADOR PU-01	

