



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Mejora de métodos de trabajo y reducción de costos de carguío en  
la mina aurífera de tajo abierto en la provincia de Santiago de  
Chuco año 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

Leiva Pereda, William Manuel (orcid.org/0000-0001-6198-4240)

**ASESOR:**

Dr. Benites Aliaga, Alex Antenor (orcid.org/0000-0002-9329-5949)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO — PERÚ

2024

## DEDICATORIA

Te doy gracias Señor por acompañarme todos los días y por haberme dado tranquilidad espiritual y fuerzas para superar todos los obstáculos que se me presentaron y para que siempre pueda compartir contigo y mis seres queridos el triunfo y la alegría de vivir.

A MIS PADRES:

Doris Y Martín

Por ser la razón que motiva a superarme día a día, admirables son sus obras, les doy gracias por tantas maravillas que han hecho, les agradezco el amor y apoyo incondicional en todo momento, los quiero.

Con profundo amor A MI ESPOSA:  
María Elisa Por encontrar en  
ella el más sincero Amor,  
por saberme comprender e  
impulsarme constantemente todos  
los días de nuestra vida.

A MI ADORADA HIJA:

Manuelita María Teresa

Por ser el fruto de un  
verdadero amor,

lo mejor que Dios me ha dado en  
la vida y por ser quien me  
impulsa cada día a ser mejor.

William Manuel

## **AGRADECIMIENTO**

El agradecimiento muy especial a la Universidad Cesar Vallejo, la cual me dio la oportunidad de seguir creciendo como profesional, a nuestros maestros quienes con sus enseñanzas lograron forjarnos y con lo cual lograremos hacer mejores a nuestras familias y a la vez hacer un mejor Perú para las futuras generaciones a los profesores que con su apoyo y paciencia para con nosotros al inculcarnos sus enseñanzas, nuevos conocimientos una eterna gratitud para con ellos.

El Autor

## FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

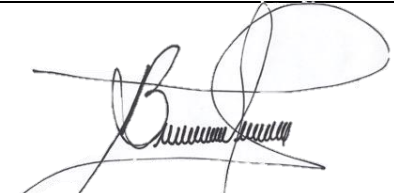
### Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BENITES ALIAGA ALEX ANTENOR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - TRUJILLO, asesor de la tesis, titulada: “Mejora de métodos de trabajo y reducción de costos de carguío en la misma aurífera de tajo abierto en la provincia de Santiago de Chuco año 2023” del autor LEIVA PEREDA WILLIAM MANUEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO ,12 de Febrero del 2024

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
BENITES ALIAGA ALEX ANTENOR  DNI: 41808609  ORCID: 0000-0002-9329-5949	



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, LEIVA PEREDA WILLIAM MANUEL estudiante de la de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Mejora de métodos de trabajo y reducción de costos de carguío en la mina aurífera de tajo abierto en la provincia de Santiago de Chuco año 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
LEIVA PEREDA WILLIAM MANUEL <b>DNI:</b> 40840068 <b>ORCID:</b> 0000-0001-6198-4240	Firmado electrónicamente por: WLEIVAP el 22-08- 2024 16:50:36

Código documento Trilce: INV - 1715589

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	18
3.2. Variables y Operacionalización .....	19
3.3. Población muestra y muestreo.....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5. Procedimientos .....	22
3.6. Métodos de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos .....	23
IV. RESULTADOS .....	24
V. DISCUSIÓN.....	71
VI. CONCLUSIONES.....	76
VII. RECOMENDACIÓN.....	78
REFERENCIAS.....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
Tabla 2: Resumen de diagrama de Carguío de Pala PC 4000 DIAGRAMA DE FLUJO.....	31
Tabla 3: Resumen de carguío de cargador WA 1200 .....	32
Tabla 4: Porcentaje de tolerancias fases de ciclo de minado.....	37
Tabla 5: Data de época estándar y época estándar de ciclo de carguío y acarreo.....	39
Tabla 6: Resultados de Método propuesto.....	50
Tabla 7: Coste Inicial de Carga con el Método actual .....	52
Tabla 8: Costo final del ciclo de carguío con el método mejorado .....	53
Tabla 9: Población de Operadores.....	55
Tabla 10: Asignación de Pesos .....	57
Tabla 11: Método de Trabajo actual (Pre-Test).....	58
Tabla 12: Aprobación de los Niveles de agrado, Mejora de Método de Trabajo (Post-Test).....	60
Tabla 13: Contrastación Pre y Post Test para el indicador "Nivel de satisfacción del personal respecto a la Mejora de Método de Trabajo. ....	61
Tabla 14: Ponderar el Nivel de Satisfacción (Post-Test).....	64
Tabla 15: Contrastación de satisfacción de los operadores con relación a la Mejora de Método de Trabajo. ....	65
Tabla 16: Método de Carguío Tradicional (NSPA) Método Propuesto (NSPP)	71
Tabla 17: Comparación del Indicador costo promedio de carguío de camiones del método actual de trabajo (MA) y el método de trabajo propuesto (MP). ....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo .....	26
Figura 2: Diagrama DAP ciclo carguío y acarreo con pala PC4000 .....	31
Figura 3: Diagrama de carguío de cargador WA1200 .....	32
Figura 4: Método propuesto de ciclo de carguío y acarreo .....	49
Figura 5: Área de aprobación y Rechazo: .....	68
Figura 6: Aprobación y Repercusión .....	69
Figura 7: Método de trabajo real actual y un método de trabajo propuesto .....	72
Figura 8: Comparativo para el indicador .....	73



## RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo el Reducir los costos de carguío mediante el método de mejora de trabajo en una minera aurífera de tajo abierto en la provincia de Santiago de Chuco. La realización de la presente tesis empleó la lógica de carácter descriptivo – explicativo y preexperimental, de tal forma que se observaron los resultados del análisis de los indicadores operacionales como la utilización y disponibilidad de los equipos de transporte de mineral y desmonte durante el periodo agosto a diciembre 2023. La forma para la recolección de datos fue la revisión documentaria y el acopio de datos correspondientes a la. La metodología descrita fue aplicada de tipo transversa, siendo adecuado para abordar problemas específicos en la industria minera con una muestra de gestión eficaz de los 5 equipos de carguío y 13 equipos de acarreo en la mina requiere una planificación cuidadosa y una ejecución precisa empleando instrumentos como Formularios, entrevista. con técnicas como el análisis documental, la observación directa y las entrevistas a profundidad con una hipótesis que acepta la influencia de progreso como técnica de trabajo reduce los costos. Concluye que tuvo un incremento de 50.29%.

**Palabras Clave:** Métodos de trabajo, reducción de costos, carguío, mina aurífera.

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis is to reduce loading costs through the work improvement method in an open pit gold mining company in the province of Santiago de Chuco. The realization of this thesis used descriptive-explanatory and pre-experimental logic, in such a way that the results of the analysis of operational indicators such as the use and availability of mineral transportation and clearance equipment were observed during the period August to December 2023. The form for data collection was the documentary review and the collection of data corresponding to the. The described methodology was applied in a transversal type, being suitable to address specific problems in the mining industry with a sample of effective management of the 5 loading equipment and 13 hauling equipment in the mine requires careful planning and precise execution using instruments such as Forms, interview. With techniques such as documentary analysis, direct observation and in-depth interviews with a hypothesis that accepts the influence of progress as a work technique, it reduces costs. It concludes that it had an increase of 50.29%.

**Keywords:** Work methods, cost reduction, loading, gold mine.

## I. INTRODUCCIÓN

Minera Barrick es una empresa privada creada para la extracción, procesamiento y comercialización de mineral de oro y sus derivados al mercado internacional, contribuyendo así al progreso financiero e industrial del país. Las actividades de carguío y acarreo en la producción de mineral de oro vienen a ser una de las operaciones fundamentales dentro del proceso de minado en una mina, para ello la empresa cuenta con un sistema operativo de equipos de carguío, equipos de acarreo y equipos de soporte o auxiliares permitiendo que el mineral a transportar llegue con facilidad a su destino final en el tiempo adecuado y requerido (Quispe, 2011) En ambos procesos, el ciclo de acarreo y transporte asegura que las operaciones se realicen correctamente y se obtengan resultados precisos

El mineral es extraído con excavadoras y cargado en camiones de acarreo de gran capacidad. Los camiones transportan el mineral por una ruta previamente planificada, diseñada para soportar el peso y las dimensiones de los camiones. En el destino, el mineral es descargado estos entornos, es crucial gestionar eficientemente los recursos, el espacio, y las operaciones para asegurar un flujo de trabajo continuo y efectivo. Durante el proceso, se realiza un seguimiento constante para optimizar la operación y garantizar la seguridad, con camiones de gran tonelaje desde el frente de carguío a chancadora primaria donde el mineral es reducido a 5 pulgadas , después por medio de fajas transportadoras el material es llevado a chancadora secundaria donde nuevamente entra en un causa de molienda hasta dejar el mineral en un diámetro de 2 pulgadas; posteriormente se traslada después de ser trituradas en ambas chancadoras, el mineral estará listo para nuevamente ser transportado en camiones de gran tonelaje hacia su destino final que es el leach pad donde recibirá el tratamiento por el sistema de lixiviación con cianuro. (Castro, 2012), Representan sistemas donde los cambios ocurren de manera continua en el tiempo. Las técnicas de simulación son útiles para modelar procesos como la transferencia de calor o el flujo de fluidos

En el presente trabajo se va a investigar sobre los mejores métodos de trabajo utilizados en el carguío y su atribución en la disminución de coste de la actividad mediante un sistema binomio para lo cual vamos a necesitar la información detallada (Combi L; 1958: 29, citado por Valladolid, 2019, p21). Describe el cálculo correcto de la flota de camiones, ayuda a mantener en óptimas condiciones la relación \$/tonelada para el costo de operaciones mina de la cantidad de viajes de los camiones mineros Komatsu 730 de 190 toneladas así como época y duración del espacio de carga de furgones desde que son cargados con un solo equipo ya sea cargador WA 1200 de capacidad de bucket (cucharón de carguío) de 21 metros cúbicos y/o pala hidráulica PC 4000 de capacidad de bucket de 21 metros cúbicos, posterior a ello vamos aplicar la mejora de métodos de trabajo, analizando los costos y tiempos del proceso tanto antes como después del sistema propuesto (Escamilla, 2011 p57). Tanto la simulación determinística como la probabilística son herramientas poderosas para modelar y optimizar el ciclo de excavación y acarreo en operaciones mineras superficiales. La elección entre ambas depende de la necesidad de considerar la incertidumbre y la variabilidad del entorno operativo para lograr una gestión eficiente de recursos y rendimiento óptimo del sistema de manipuleo de materiales. **Problema** ¿Cómo influye la mejora de métodos de trabajo en los costos de carguío en una minera aurífera de tajo abierto de una empresa minera? la justificación a la investigación se basa mediante el perfeccionamiento de técnicas de carguío, se va a lograr dominar los costos de acarreo y la disminución de paradas innecesarias de los equipos; por otra parte la presente propuesta facilitará y/o eliminará la utilización innecesaria de equipos de acarreo y equipos de limpieza de la pala PC4000 (Welldozer); la presente propuesta contribuirá a aumentar la producción con un mínimo de recursos, haciendo de esta una empresa más productiva; de otra parte es importante mencionar que existirá mayor control al evitar el envío de metales a chancadora primaria, por desgaste o caídas de implementos de carguío. **Objetivos General:** Reducir los costos de carguío mediante el método de mejora de trabajo en una minera aurífera de tajo abierto en la provincia de Santiago de Chuco. **Objetivos Especifico** (1) Determinar el

costo operativo inicial de Carguío con el método tradicional. (2) Aplicar la propuesta de mejora de método de trabajo para reducir los costos de Carguío en una mina aurífera de tajo abierto en la provincia de Santiago de Chuco. (3) Determinar el costo operativo final de Carguío con la aplicación del método de mejora de trabajo. (4) Evaluar los resultados de la propuesta de mejora de método de trabajo.

**Hipótesis** La influencia de progreso como técnica de trabajo reduce los costos de carguío en una mina aurífera de tajo abierto en la provincia de Santiago de Chuco.

## II. MARCO TEÓRICO

El estudio de Salgado (2020) se centra en la mejora de la eficiencia operativa en el proceso de acarreo y transporte de mineral en un contexto minero, utilizando técnicas de análisis y herramientas de gestión para optimizar los costos y el rendimiento, Estudio fue descriptivo – Explicativo y Preexperimental, utilizando técnicas de análisis y herramientas de gestión para optimizar los costos y el rendimiento, Optimización del Costo Unitario: Reducir el costo asociado al transporte del mineral. resultados de Pareto sin Carga: Incidencia del 49.15%. etapa de Carguío: Incidencia del 12.59%, espera del Equipo: Incidencia del 8.61%, reparto de Guardia: Incidencia del 4.36%. concluye que la Reducción de Costos unitario de transporte, de 2.2 US \$/t a 1.99 US \$/t, se traduce en un ahorro significativo de 0.21 US \$/t. Esto indica una mejora en la eficiencia operativa.

También se tiene a Cubas, (2018). La tesis tuvo por objetivo realizar la optimización del control de tiempos en las actividades de carguío y descarga de mineral, para obtener una mejor productividad en el Proyecto Ciénaga Norte, Hualgayoc, en el año 2018, El tipo de investigación es descriptiva, ya que se describieron los datos actuales de tiempos empleados en el carguío y descargue de mineral. Multiservicios El Imperio S.R.L es una contratista especializada en movimiento de tierras. Se determinaron los parámetros de tiempo de ciclo, el tiempo del ciclo total es 38.08 minutos, con una velocidad promedio: 28.36 km/hr; la productividad teórica es 23.63 ton/hr y la productividad máxima es 7.88 ton/hr. Se encontraron los puntos a mejorar para el proceso de carguío y descarga de mineral, que es la eliminación de los tiempos muertos que se producen principalmente en el lapso de la voladura, que abarca 1 hora y media. también, se producen paradas por el mal estado de las vías, por el poco avance de cargado de mineral y por dificultades mecánicas de los volquetes. El incremento del rendimiento, se verá reflejado con la implementación de una propuesta de mejora mediante el uso del sistema de visión y detección en tiempo real de la caída de los elementos de desgaste. Asimismo, se deben eliminar las malas prácticas en la toma de

decisiones de los operadores y las demoras por limpieza de caminos. Esta propuesta es viable económicamente con un VAN de \$10.57 MUSD

Según Dávila y Herrera, (2018) El estudio realizado por Dávila y Herrera en 2018 tuvo como objetivo optimizar el carguío y acarreo en el Tajo Linda de la minera Sulluscocha en Cañete, con el propósito de incrementar la producción de iitas. El problema principal identificado fue la deficiencia en la producción de arcilla tipo illita, con un enfoque cuantitativo Métodos y Técnicas de Recolección de datos observación directa e Insitu se realizaron observaciones en el lugar para entender mejor el proceso de carguío y acarreo. Con un análisis documental: Revisión de documentos y registros relevantes para recoger datos sobre tiempos y procesos. Uso de herramientas y métodos validados por expertos para asegurar la precisión y relevancia de los datos Diseño No Experimental Transversal Explicativo: Se realizó un estudio en un momento específico para analizar la situación actual y explicar las causas de los problemas identificados concluyó que La optimización de los procesos de carguío y acarreo resultó en una duplicación de la producción diaria, lo que demuestra una mejora significativa en la eficiencia operativa demuestra cómo un enfoque metódico y basado en datos puede llevar a mejoras operativas significativas y cómo la optimización de procesos puede impactar positivamente en la producción y eficiencia general de una operación minera , se logró incrementar la producción en el Tajo de 200 toneladas por día a 400 toneladas por día.

La investigación de Sakata (2019) aborda los desafíos que enfrentan los mineros informales inscritos en el REINFO (Registro Integral de Formalización Minera) del distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, durante el periodo 2019-2021. El objetivo principal del estudio es identificar los factores que dificultan el proceso de formalización de estos mineros, aplico la metodología descriptiva con un diseño no experimental de corte transversal y enfoque cuantitativo. La población total está compuesta por 2,725 mineros. De estos, se seleccionó una muestra probabilística aleatoria simple de 325 empresas que estaban en proceso

de formalización. Técnica de Recolección de Datos: Se utilizó la encuesta como técnica de recolección de datos, implementando un cuestionario que fue procesado con tablas de contingencia mediante el software estadístico SPSS V26. Prueba Chi Cuadrado de Pearson: Se utilizó esta prueba para contrastar la hipótesis, confirmando que los factores mencionados son las principales dificultades para la formalización de los mineros informales en el área de estudio. Este estudio resalta la importancia de fortalecer la asociatividad entre los mineros, mejorar el conocimiento de las leyes aplicables, y proporcionar asistencia técnica en la elaboración de expedientes y cumplimiento de los requisitos ambientales para facilitar el proceso de formalización.

Se tiene a Condori, (2023) en su tesis que lleva por nombre. Optimización de avance lineal con rediseño de malla de perforación en el frente de las labores subterráneas minera Arapa. El objetivo de la investigación fue optimizar este avance lineal para concluir el desarrollo de la galería en un tiempo menor, lo que generaría beneficios económicos significativos para la empresa metodología el estudio comenzó evaluando los disparos realizados en cada turno de trabajo, midiendo el avance lineal obtenido en la Galería San Miguel. Se consideraron varios factores en la evaluación:

Avance lineal en cada turno. Trazo de perforación. Cantidad de taladros y tipo de explosivos utilizados. Resultados el rediseño de la malla de perforación y la optimización del factor de carga explosiva permitieron incrementar el avance lineal de 1,30 metros a 1,40 metros por disparo, lo que representa un aumento de 0,10 metros adicionales por cada disparo realizado en la Galería San Miguel.

También abarca aspectos técnicos como la planificación minera, la optimización de recursos, la gestión ambiental y de seguridad, así como la aplicación de tecnologías avanzadas como la automatización y la telemetría para mejorar la eficiencia y reducir los riesgos operativos. Uno de los aspectos clave es la relación de tonelaje de desmonte a mineral, que varía significativamente entre minas debido a la diversidad en la posición y tipo de yacimiento. El desmonte se refiere al material estéril



que debe ser removido para acceder al mineral de interés. Esta relación es un indicador importante de la eficiencia y costos operativos de la mina, ya que afecta directamente la cantidad de material que se debe mover para obtener una determinada cantidad de mineral útil (CAMIPER, 2010). Los mecanismos incluyen maquinaria pesada excavadoras, palas cargadoras, camiones de acarreo, perforadoras y equipos de apoyo como bulldozers y graders. Cada tipo de equipo cumple una función específica en el ciclo de extracción y manejo de material, desde la remoción del desmonte y la extracción del mineral hasta su transporte y tratamiento (Martínez, 2021 p48).

**Minería a Tajo Abierto:** Este método es ideal para yacimientos de mineral diseminado donde el mineral está distribuido de manera uniforme a través de grandes volúmenes de roca o material estéril. En lugar de seguir vetas estrechas como en la minería subterránea, aquí se extrae todo el cuerpo mineralizado a través de franjas horizontales llamadas bancos.

**Movimiento de Grandes Volúmenes:** Dado que se extrae todo el material sobre el depósito mineral, se requiere el movimiento de grandes cantidades de material estéril para acceder al mineral. Esto implica el uso de equipos de gran capacidad y eficiencia para la carga, transporte y manipulación de este material (Mcquillen, , & Hilson, 2018 p35).

Los equipos típicos incluyen excavadoras de gran tamaño para la remoción del material estéril, palas cargadoras para cargar el mineral y el estéril en camiones de gran tonelaje, y camiones de acarreo para transportar el material a áreas de acopio o a la planta de procesamiento. También se utilizan perforadoras para preparar los bancos de mineral antes de la carga.

**Optimización y Eficiencia.** En este tipo de operaciones se mide en términos de toneladas movidas por unidad de tiempo y costos asociados al movimiento de material. La planificación minera juega un papel crucial para optimizar el uso de equipos y capitales, mermando las estaciones muertas, maximizando la producción. (CAMIPER, 2010).

En perforación y voladura (disparos), mediante equipos especiales y utilizando barrenos de gran tamaño se hacen perforaciones en las zonas

mineralizadas, cuyos orificios son rellenados con explosivos usualmente ANFO (nitrato de amonio + petróleo), los cuales remueven grandes volúmenes de material, resultando rocas de diferentes tamaños. Si éstas fueran tan grandes que dificulten el carguío o tienen la dimensión inadecuada para el chancado primario, se ejecutaría un segundo disparo que tuviera por finalidad fragmentar las rocas grandes en rocas más chicas para facilitar su carguío y chancado posterior (ello incrementa el costo) (CAMIPER, 2010).

**Carguío con Palas y Cargadores Frontales:** Se utilizan palas cargadoras o cargadores frontales de gran tamaño para cargar el material (ya sea mineral o estéril) en camiones volquetes o en las tolvas del ferrocarril, dependiendo del destino final del material. Destinos del Material, Mineral; tajo o directamente a la planta de procesamiento (chancadora), donde será triturado y procesado para la extracción del metal. **Operación de Acarreo:** Esta fase implica el movimiento eficiente del material desde los bancos hasta los puntos de destino mencionados. Los camiones volquetes son esenciales para el acarreo, ya que están diseñados para transportar grandes cargas de material a través de distancias dentro del tajo. (Martínez, 2019)

**Tareas de Remoción y Acopio:** Además del carguío en los camiones, se llevan a cabo para facilitar acceso al mineral y mantener áreas de trabajo seguras y organizadas. **Optimización y Eficiencia:** en esta fase del proceso minero es crucial para maximizar la productividad y minimizar los costos operativos. Las funciones del acarreo son las de abastecer con mineral a los stocks y chancadora, Transportar el mineral desde el frente de carguío hacia chancadora primaria, leach pad. o stock pile, enfoque asegura que el material estéril se maneje de manera eficiente y económica, lo que contribuye a la optimización general de la operación minera (CAMIPER, 2010).

El leach pad es el Lugar donde la minería a tajo abierto se utilizan diversos medios para transportar tanto el desmonte como el mineral desde los

bancos hasta sus destinos finales, ya sea la chancadora primaria, la planta de procesamiento o los botaderos. Cada método de transporte tiene sus ventajas y se selecciona según las condiciones específicas de la operación minera, La elección del medio de transporte adecuado depende de factores como la distancia, el volumen de material a transportar, la topografía del tajo y la disponibilidad de infraestructura. La planificación cuidadosa del transporte es esencial para garantizar la eficiencia operativa y reducir los costos. Esto incluye la optimización de rutas, la coordinación de los diferentes equipos y la gestión de la logística de transporte. (Martínez, G., Smith, & Malone, 2021 p64).

La pala hidráulica PC4000 este tipo de maquinaria es la pala hidráulica Komatsu PC 4000, que tiene una capacidad de carga de cucharón de 21 metros cúbicos. Esta capacidad la hace ideal para operaciones en las que se necesita mover grandes volúmenes de material rápidamente, como en proyectos de construcción pesada o minería a cielo abierto (Komatsu, 2010).

La pala consta de Chasis (estructura portante desplazable mediante cadenas o ruedas neumáticas. En el caso de ser de ruedas llevará unos estabilizadores para constituir las bases de apoyo), Corona de giro (sirve de apoyo de la estructura sobre el chasis, permitiendo a esta gira mientras el chasis permanece en estación. De dentado exterior o interior atacado por un piñón con motor independiente y dotado de freno), Estructura (sostiene el resto de la excavadora, además de motores, transmisiones, cabina, contrapeso, etc.) (Caterpillar, 2009).

Componentes y Estructura: La cuchara es la parte móvil que está ubicada en el extremo de un brazo móvil. Esta cuchara puede ser fija o móvil, dependiendo del diseño específico de la pala. Brazo: Es el componente que sostiene y mueve la cuchara. Puede tener varios grados de libertad para permitir movimientos precisos de excavación y carga. La pluma es la estructura que soporta al brazo y permite su movimiento. También puede tener cierta movilidad para ajustar la posición de la cuchara: cilindros hidráulicos en su mayoría, aunque también existen por cables y

cabestrantes, transmisiones mecánicas, cilindros neumáticos. (Martínez, 2019)

La pluma es la estructura que soporta al brazo y permite su movimiento. También puede tener cierta movilidad para ajustar la posición de la cuchara. Tiene mayor altura de descarga. Útil en trabajos de minería, cuando se cargan materiales por encima de la cota de trabajo. La retroexcavadora que tiene la cuchara hacia abajo. Permite llegar a cotas más bajas. Utilizada sobre todo en construcción para zanjas, cimentaciones, desmontes, (Caterpillar, 2009).

La productividad en la minería es crucial para optimizar los costos operativos y aumentar la eficiencia en la extracción de minerales, estudio enfocado en los equipos de acarreo y transporte de mineral y desmonte en la veta Gavia – Nivel 100 de la Unidad Minera Huarón proporciona una base sólida para mejorar la eficiencia y reducir costos. Mediante una evaluación detallada, implementación de mejoras, y análisis continuo, es posible lograr una optimización significativa en las operaciones mineras, lo que lleva a una mayor rentabilidad y una mejor gestión de recursos. Su rendimiento es relativamente proporcional a sus dimensiones, a la destreza del operador y a la textura del material que va trasladar. Sus partes son: Motor diesel, Sistema de Enfriamiento, Servo transmisión, Convertidor de par, Ejes diferenciales, Frenos de disco. (Caterpillar, 2009). El uso de camiones de acarreo de gran tonelaje en minería a rajo abierto es una práctica estándar debido a su capacidad para manejar grandes volúmenes de material de manera eficiente. Sin embargo, su operación está restringida al entorno minero debido a sus características específicas y las restricciones de las infraestructuras viales públicas. (CAMIPER, 2010).

Una de las principales ventajas de este sistema es su flexibilidad, ya que pueden recorrer distancias que oscilan entre los -100 y los 3.000 metros. Además, poseen una gran capacidad de adaptación a todo tipo de materiales. Requieren una infraestructura relativamente sencilla y poco costosa. La diversidad de modelos disponibles permite seleccionar el que

mejor se adapte a las condiciones específicas de la operación. Finalmente, requieren un menor cambio primero en balance con nuevos métodos de transporte. (CAMIPER, 2010).

Una de las desventajas de este sistema es que presenta elevados costos de operación, que junto al carguío pueden llegar a representar hasta el 60% del costo total de explotación. Además, su rendimiento disminuye a medida que aumenta la distancia de transporte. También requieren una gran cantidad de mano de obra especializada tanto para la operación como para el mantenimiento.

**Ventajas y Beneficios**

**Potencia y Rendimiento:** La combinación de motor diesel turboalimentado con post enfriador asegura una alta potencia y eficiencia en la operación de los camiones.

**Eficiencia Energética** (Michael, 2019 p15) El uso de transmisión eléctrica contribuye a una mejor gestión de la energía y un menor consumo de combustible por tonelada transportada.

**Adaptabilidad al Terreno:** Estos sistemas permiten a los camiones maniobrar de manera eficiente en condiciones variadas de terreno dentro de una mina a cielo abierto.

**Consideraciones Ambientales y de Seguridad.**

**Reducción de Emisiones:** Los motores modernos están diseñados para cumplir con estándares de emisiones más estrictos, reduciendo el impacto ambiental de la operación minera.

**Seguridad Operativa:** Las características avanzadas de los motores y sistemas de transmisión ayudan a mantener la seguridad operativa al proporcionar potencia y control adecuados durante la operación (Komatsu, 2010).

El diseño del bastidor principal garantiza que los camiones de acarreo puedan operar de manera eficiente y segura en entornos mineros exigentes, soportando cargas pesadas y resistiendo el desgaste diario de las operaciones. el bastidor está fabricado con acero de alta resistencia, con una composición de grano fino que le otorga una gran resistencia a los impactos y una notable durabilidad en bajas temperaturas, esta configuración proporciona una organización sólida en resistente a la torsión y flexión, esenciales para soportar los ciclos repetitivos de carga, transporte y descarga.

**Estructura del bastidor.** vigas de cajón principales forman la base del bastidor, unidas firmemente por un parachoques

delantero integral, ofreciendo una estructura robusta y estable. (CAMIPER, 2010).

Estas características permiten que las tolvas manejen eficientemente la carga y aseguren la estabilidad del camión, incluso en condiciones adversas. La resistencia a impactos y desgaste del material, junto con el diseño que minimiza la adherencia de materiales, optimiza el rendimiento y la durabilidad del equipo. (Castro, 2012 p61). El material de Construcción. el acero de alto límite elástico es un material valioso para aplicaciones que requieren una alta resistencia a impactos y desgaste, ofreciendo beneficios significativos en términos de durabilidad y rendimiento en condiciones extremas. Sin embargo, su uso requiere consideraciones especiales en la fabricación y el costo, esenciales para soportar duras condiciones minera. Estructura y Diseño. Vigas de refuerzo huecas son de sección rectangular y permiten la circulación de los gases de escape. Esto calienta la caja, evitando que el material húmedo o arcilloso se adhiera a las paredes de la tolva. (Komatsu, 2010).

El sistema de volteo es convencional, con descarga trasera mediante la elevación de la tolva utilizando cilindros hidráulicos. Generalmente, se emplean dos cilindros para elevar la tolva y permitir la descarga del material (Vásquez, 2016 p54). Cilindros Hidráulicos: Estos cilindros proporcionan la fuerza necesaria para levantar la tolva, facilitando la descarga eficiente y rápida del material transportado. Sistema de Suspensión, Absorción de Oscilaciones y Vibraciones del terreno minero, lo que es esencial para mantener la estabilidad del camión Estos sistemas aseguran que los camiones de acarreo mineros puedan operar de manera eficiente y segura, manejando grandes volúmenes de material y enfrentando los desafíos del terreno. El oro, metal conocido desde la antigüedad en el Perú, generalmente se encuentra asociado a minerales polimetálicos, minerales de plata, y pórfidos de cobre en yacimientos primarios, en forma de vetas y diseminados, en yacimientos poli metálicos de plomo y zinc, en yacimientos aluviales (secundarios) en la zona norte y sur oriental del país y en yacimientos diseminados de origen volcánico de baja ley. (Komatsu, 2010).

El proceso de obtención de oro y plata a partir de minerales puede ser efectuado de acuerdo a la naturaleza de las menas por alguno de los siguientes procesos: Procesos Metalúrgicos cuando el oro presente está libre se usa el método de Cianuración y precipitación con polvo de zinc (Merrill Crowe), fusión y refinación Cianuración y absorción con carbón activado, desorción, electro deposición y refinación Gravimetría, amalgamación, refinación. Procesos Metalúrgicos cuando el oro está asociado a sulfuros se usa Es un proceso utilizado en la minería para separar los minerales valiosos de la ganga (material no valioso). En este método, los minerales se pulverizan y se mezclan con agua y reactivos químicos que los hacen hidrofóbicos (repelentes al agua). Luego, se introduce aire en la mezcla, lo que provoca la formación de burbujas a las que se adhieren los minerales valiosos, flotando hacia la superficie donde se pueden recolectar. (SUNAT, 1999).

Fusión y Refinación: Después de la flotación, el material concentrado se somete a fusión, donde se derrite a altas temperaturas en un horno. La refinación posterior elimina las impurezas para obtener un metal más puro. En el caso del oro, este proceso puede incluir la copelación o el método de cloración. Bio-lixiviación: Este es un proceso de extracción de metales en el que se utilizan bacterias para disolver minerales valiosos como el oro de las rocas. Las bacterias oxidan los minerales, liberando el metal en una solución líquida de la cual se puede extraer. (SUNAT, 1999).

Absorción con Carbón Activado (Canchari, Ortiz y Postigo 2007 p54). En este método, una vez que el oro está en solución, se hace pasar la solución sobre carbón activado, que tiene la capacidad de absorber las partículas de oro. El oro se adhiere al carbón, facilitando su posterior recuperación. Desorción: Este proceso consiste en liberar el oro absorbido en el carbón activado. Se calienta el carbón con una solución de cianuro y soda cáustica, lo que provoca la desorción del oro, es decir, su liberación de la superficie del carbón hacia la solución. (Komatsu, 2010). Electrodeposición: También conocido como electrólisis, este proceso utiliza corriente eléctrica para depositar metales de una solución a un cátodo. Para el oro, esto significa que el oro disuelto en una solución

se reduce y se deposita como un recubrimiento sobre una superficie metálica, formando un metal puro. (Álvarez, 2014 p60).

El nivel de altura del banco es clave en el diseño de la explotación minera a cielo abierto, y debe ser determinada cuidadosamente teniendo en cuenta las dimensiones del equipo, las características del macizo rocoso y las exigencias operativas. Una adecuada planificación y diseño de la altura del banco ayudan a garantizar una operación eficiente, segura y económica en la minería. Dentro de la gama recomendada, las alturas mayores tienen, no obstante, las siguientes ventajas: La principal ventaja de bancos de gran altura es que el íntegro del trabajo es efectuado en una sola etapa, mayor rendimiento de la perforación al reducirse los tiempos muertos de cambio de posición y la menor repercusión de los costos relativos a sobre perforación y explosivos, (Komatsu, 2010).

Una geometría de voladura optima, dentro de la tendencia actual hacia mayores diámetros de perforación, que exige mayores alturas de banco. La mejora de los rendimientos de los equipos de carga al reducirse los tiempos muertos por cambio de tajo, así como por desplazamiento del equipo dentro del mismo frente de minado con menor número de bancos y, por tanto, mayor concentración y eficiencia de la maquinaria, Infraestructura de accesos más económica por menor número de niveles de trabajo, fácil llenado del cucharón de los equipos de carguío haciendo de esta un carguío más rápido y eficiente .Las ventajas de una altura de banco reducida son las de brindar mejores condiciones de seguridad para el personal y maquinaria, pues el alcance de las máquinas de carga permite un mejor saneo y limpieza de los frentes durante la operación. (Araujo, 2018)

Control más efectivo de la desviación de los barrenos, especialmente si se utilizan perforadoras de martillo en cabeza. Menores cargas operantes de explosivo, por lo que, consecuencias de encendido adecuadas, se disminuyen los problemas de vibraciones y onda aérea. Mayor rapidez en la ejecución de rampas de acceso entre bancos. Mejores condiciones para la restauración y tratamiento de los taludes finales. La selección de la altura óptima es pues, el resultado de un análisis técnico económico



apoyado en estudios geotécnicos que incluyan el aspecto de seguridad de las operaciones, así como en estudios de recuperación de los terrenos afectados por las actividades mineras. Como orientación, el alcance máximo de la gama mayor de palas de ruedas no suele sobrepasar los 10 m., mientras que, para determinados modelos de excavadoras, tanto de cables como hidráulicas, puede alcanzar los 18 metros a 20 metros. (Valentín 2018)

El estudio de métodos es un proceso sistemático que busca mejorar la eficiencia operativa mediante la evaluación y optimización de los métodos de trabajo. Su enfoque en la reducción de tiempos improductivos y movimientos innecesarios, combinado con la medición del trabajo, permite a las organizaciones mejorar significativamente su eficiencia, reducir costos y aumentar la calidad de sus productos o servicios. La implementación efectiva del estudio de métodos no solo mejora el rendimiento operativo, sino que también contribuye a una mayor satisfacción de los clientes y una operación más segura y económica, implica el registro y examen crítico de las formas en que se realizan diversas actividades. Su objetivo principal es identificar oportunidades para efectuar mejoras que optimicen la eficiencia y efectividad de dichas actividades. Este enfoque permite descubrir ineficiencias, eliminar desperdicios y proponer cambios que conduzcan a un mejor rendimiento y productividad. (Valentín, 2018)

El enfoque básico del estudio de métodos sigue un proceso estructurado de ocho etapas o pasos: (1) Seleccionar el trabajo que se da un estudio y estudiar que se está conoce a sus límites: Identificar claramente el trabajo o proceso específico que se ota a estudio y alcance. (2) Registro por observación directa las acciones relevantes relacionados con ese trabajo y recolectar de fuentes apropiadas todos los datos que se hacen necesarios: Realizar observaciones directas para registrar todos los hechos importantes y recopilar datos adicionales necesarios de fuentes apropiadas. (3) Examinar de forma crítica, el modo en que se realiza el trabajo, su propósito, el lugar en que se realiza, la secuencia en que se lleva a cabo y los métodos utilizados: Analizar críticamente cómo se lleva

a cabo el trabajo, incluyendo su propósito, ubicación, secuencia y métodos empleados. (4) Establecer el método más práctico, económico y eficaz, a través de los aportes de las personas concernidas: Determinar el método más eficiente, práctico y rentable, considerando las contribuciones y opiniones de todas las personas involucradas. (5) Evaluar las diferentes opciones para establecer un nuevo método comparador de la relación con el costo--eficacia entre el nuevo método y el real: Comparar las diferentes alternativas de métodos nuevos en términos de costo y eficacia para seleccionar la mejor opción. (Martínez, 2018) (6) Definir el nuevo método de forma clara y presentarlo a todas las personas que a quienes concierne (dirección, capataces y trabajadores): Redactar una descripción clara del nuevo método y comunicarlo a todos los interesados, incluyendo la dirección, supervisores y trabajadores. (7) Implantar el nuevo método como una práctica normal y formar a todas las personas que han de utilizarlo: La implementación de un nuevo método de trabajo como práctica estándar requiere una planificación cuidadosa y una ejecución sistemática. Establecer el nuevo método, capacitar al personal adecuadamente, y controlar su aplicación son pasos esenciales para asegurar el éxito y la sostenibilidad del cambio. La documentación adecuada, la capacitación efectiva, y la supervisión rigurosa son clave para evitar la reincidencia en métodos anteriores y para lograr mejoras continuas en los procesos operativos. (Quispe, 2017)

Una de las primeras decisiones que ha de adoptar un especialista en el estudio del trabajo es la de definir exactamente el tipo de trabajo que se va a estudiar, fijar sus límites y señalar que abarcará exactamente. Para poder adoptar con mayor facilidad esas decisiones, conviene entender cabalmente el problema que se plantea o la situación actual antes de examinar las soluciones o las mejoras. (Quispe, 2017p51)

El conocimiento de la situación sea a través de la experiencia o mediante conversaciones con las diversas personas participantes involucradas con El enfoque del estudio del trabajo debe ser claro y específico desde el principio. Esto proporciona al especialista una guía sobre los límites y el

alcance de su investigación, al menos en las etapas iniciales. Es crucial mantenerse enfocado en la decisión tomada y resistir la tentación de desviarse hacia detalles secundarios que pueden ser atractivos, pero no esenciales en ese momento. Aunque es importante tomar nota de esas observaciones para abordarlas posteriormente, la prioridad debe ser el análisis de los aspectos más relevantes y de mayor impacto en la eficiencia general del proceso. Kanawaty, 1996)

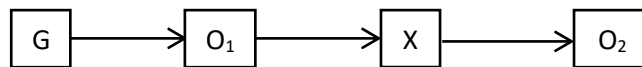
El especialista en el estudio del trabajo no debería comenzar con el análisis minucioso de los movimientos de un operario, que podría requerir un estudio detallado y producir ahorros de apenas unos segundos por operación, a menos que se trate de un trabajo altamente repetitivo. Este enfoque tiene poca utilidad cuando existen problemas más significativos, como una disposición ineficiente o una manipulación inadecuada de materiales pesados, que resultan en grandes pérdidas de tiempo y esfuerzo. (Viveros,2004).

Mantener una comunicación continua con el personal para reforzar el uso del nuevo método y resolver cualquier preocupación. En un frente se encuentra ubicado una pala PC 4000 – 1 y en el otro frente se encuentra el cargador frontal WA 1200 – 3 cada uno, como equipo de carguío. El acarreo se realiza con 8 camiones de acarreo 730E, de 190 toneladas cada uno. Para este estudio solo se tomarán en cuenta como equipo de carguío la pala PC4000-1, el cargador frontal WA1200 – 3 y el camión - 730E – 5. (Quispe, 2017p58)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Fue descrito fue (aplicada, no experimental de tipo transversal) siendo adecuado para abordar problemas específicos en la industria minera, como la optimización del carguío no solo mejora la eficiencia operativa y reduce costos, sino que también permite aprovechar al máximo los recursos disponibles. Este enfoque permite obtener conocimientos prácticos que pueden implementarse directamente para mejorar los resultados operativos y económicos en el sitio de estudio. Linda Lozada (2016) El objetivo principal es aplicar los hallazgos de la investigación para mejorar la operación minera en términos de eficiencia y producción. Esto se alinea con la naturaleza práctica de la investigación aplicada, donde se busca impactar directamente en las condiciones y resultados del proceso minero.



Dónde:

- **G:** compañía Productora.
- **O<sub>1</sub>:** Costos de carguío de palas y cargadores antes del estímulo.
- **X:** Mejora de método de trabajo
- **O<sub>2</sub>:** Costo de Carguío de Palas, y cargadores después del estímulo

### 3.2. Variables y Operacionalización

**Mejora de Método de trabajo (Var, Ind.)** Imaginemos que trabajas en un equipo de desarrollo de software y quieres mejorar el método de gestión de proyectos. Aquí podrías aplicar los pasos mencionados:

Identificación de Áreas de Mejora: Notas que la comunicación entre equipos podría ser más fluida.

Establecimiento de Objetivos Claros: Quiere someter la estación de mejora y optimizar la calidad del código.

Análisis de Procesos: Mapeas el flujo de trabajo actual y encuentras cuellos de botella en las revisiones de código.

Recopilación de Retroalimentación: Consultas a desarrolladores y encuentras que les gustaría más claridad en los requisitos.

Investigación de Mejores Prácticas: Aprendes sobre metodologías ágiles y cómo implementan revisiones de código automáticas.

Implementación de Cambios Graduales: Introduces herramientas de revisión de código automático y ajustas la frecuencia de las reuniones de equipo.

Capacitación y Comunicación: Capacitas al equipo en las nuevas herramientas y comunicas los beneficios de la mejora.

Monitoreo y Evaluación Continua: Mides la velocidad de desarrollo y la satisfacción del equipo para asegurar que los cambios tengan el impacto deseado.

Iteración y Mejora Continua: Continúas refinando el proceso y buscando nuevas formas de optimizar el flujo de trabajo.

#### **Reducción de costos de Carguío (Var. Dep.)**

Optimización de Flotas de Equipos: Evaluar y ajustar el tamaño La composición de la flota de equipos de carguío en operaciones mineras, como palas excavadoras y cargadores frontales, es crucial para la eficiencia y productividad de la mina. Estos equipos se seleccionan en función de factores como la capacidad de carga, la profundidad de la excavación, la naturaleza del material que se

va a mover y las condiciones del terreno y camiones volquetes) para asegurar que sean adecuados para las condiciones específicas del tajo y para las toneladas de material a movilizar diariamente. invertir en equipos más eficientes en términos de consumo de combustible y productividad puede ofrecer beneficios sustanciales en la reducción de costos operativos y mejorar la sostenibilidad de las operaciones mineras. **Uso Eficiente de Combustible:** Implementar prácticas de manejo eficiente de combustible, como mantener adecuadamente los motores y sistemas de combustión de los equipos, optimizar rutas y cargas para minimizar el consumo de combustible, y entrenar al personal en técnicas de operación que promuevan el ahorro de energía.

**Planificación de Rutas y Operaciones:** Diseñar rutas de transporte y operaciones de carguío que minimicen las distancias de transporte y optimicen el flujo de material desde los bancos hasta los puntos de descarga (planta de procesamiento o botaderos). Esto incluye el uso de sistemas de despacho y monitoreo para gestionar de manera eficiente el movimiento de camiones y equipos.

**Mantenimiento Preventivo y Predictivo:** Implementar programas de mantenimiento preventivo y predictivo rigurosos para los equipos de carguío. Mantener los equipos en condiciones óptimas reduce el tiempo de inactividad no planificado y extiende la vida útil de los trabajadores.

**Automatización y Tecnología Avanzada:** Considerar la automatización y el uso de tecnologías avanzadas como sistemas de control de flotas, GPS y telemetría para monitorear y gestionar de manera más eficiente las operaciones de carguío. Estas tecnologías pueden ayudar a optimizar la productividad y reducir los errores humanos, además de mejorar la seguridad.

**Gestión de Personal y Capacitación:** Capacitar al personal en técnicas de operación eficientes y en el uso adecuado de los equipos. Una mano de obra bien entrenada puede maximizar la

productividad y minimizar los incidentes que puedan resultar en costos adicionales.

Negociación con Proveedores y Optimización de Costos de Repuestos y Consumibles: Negociar con proveedores para obtener mejores precios en repuestos, lubricantes y otros consumibles esenciales para la operación de los equipos. La gestión eficiente de inventarios también puede reducir los costes inscritos con acumulación y gestión - repuestos.

método general de investigación: descriptivo.

tipos de estudio

longitudinal.

diseño de investigación

no-experimental.

### **3.3. Población muestra y muestreo**

a gestión eficaz de los 5 equipos de carguío y 13 equipos de acarreo en la mina requiere una planificación cuidadosa y una ejecución precisa. Al Optimizar la utilización de los equipos, realizar un mantenimiento adecuado y capacitar a los operadores, se puede mejorar significativamente la eficiencia operativa y reducir costos. La implementación de procedimientos de control y la supervisión continua son esenciales para asegurar que el nuevo método se mantenga como estándar y evitar la vuelta a prácticas anteriores. La integración de tecnología y análisis de datos también juega un papel clave en la mejora continua y en la maximización del rendimiento operativo. Con una Muestra: 1 Pala PC 4000; 1 Cargador WA 1200. Muestreo: aleatorio probabilístico

- **Criterios de inclusión:**

Se incluirán aquellos equipos que se encuentren minando en el nivel 4050 de Dafne y que realicen la actividad de carguío solo de mineral.

- **Criterios de exclusión:**

Se excluirán en el presente estudio los equipos de carguío que se encuentren minando desmonte y los que no cumplan los requisitos correspondientes.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Variable	Técnica	Instrumento	Fuente	Informantes
Mejora de métodos comprometido	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La Toma de tiempos</li> </ul>	Cronómetro	Operaciones mina	Dispatcher
Costos operativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Análisis documental.</li> <li>▪ Observación directa</li> <li>▪ Entrevistas a profundidad</li> </ul>	Formulario de entrevista	El área de finanzas	El contador

### 3.5. Procedimientos

Pasos Detallados:

- Identificación de Procesos a Mejorar

Selección de Procesos Críticos: Identificar los procesos que tienen mayor impacto en la producción y costos.

Establecimiento de Metas: Definir objetivos específicos de mejora (reducción de tiempo, aumento de productividad, etc.).

#### 6.2. Análisis del Proceso Actual

Observación Directa: Realizar observaciones en el lugar de trabajo.

Registro de Datos: Medir tiempos y movimientos utilizando técnicas como diagramas de flujo y estudios de tiempo.

Análisis de Valor: Identificar actividades que agregan valor y aquellas que no.

- Diseño del Nuevo Método

Generación de Alternativas: Desarrollar varias opciones para mejorar el proceso.



Evaluación de Alternativas: Comparar las alternativas en términos de costos, beneficios y factibilidad.

Selección de la Mejor Alternativa: Elegir la opción que mejor cumpla con los objetivos establecidos.

- Implementación del Nuevo Método

Capacitación del Personal: Entrenar a los empleados en el nuevo método.

Implementación Piloto: Realizar una prueba piloto para validar el nuevo método.

Implementación Completa: Implementar el nuevo método en toda la operación.

- Evaluación y Ajuste

Monitoreo Continuo: Supervisar el desempeño del nuevo método.

Retroalimentación y Ajustes: Recoger retroalimentación y realizar ajustes necesarios para optimizar el método.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Análisis de Movimientos y Tiempos

Propósito: Mejorar la eficiencia del empaque.

Proceso:

Registro de Tiempos: Medir el tiempo de cada etapa del empaque.

Análisis de Movimientos: Identificar movimientos innecesarios (e.g., alcanzar herramientas).

Estandarización: Establecer tiempos estándar y mejorar la disposición de las herramientas

### **3.7. Aspectos éticos**

Someter la investigación a una revisión ética independiente.

Acciones: Presentar el proyecto de investigación a un comité de ética para su evaluación y aprobación. Cumplir con las recomendaciones y requisitos del comité de ética. Anonimizar los datos para que no se pueda identificar a los empleados individualmente. Almacenar los datos en una base de datos segura y restringir el acceso a investigadores autorizados.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. DATOS EMPRESARIALES

- RAZON SOCIAL: Minera Barrick S.A.
- RUC: 20209133394
- GIRO DEL NEGOCIO: Extracción de minerales metalíferos no ferrosos.
- DIRECCION: Av. Manuel Olgúin N° 375 Piso 11, Santiago de Surco, Lima 33, Perú.
- TELEFONO: (511) 612-4100.
- E-MAIL: [www.barrick.com](http://www.barrick.com)
- CONTACTO: Carlos Ramiro Vizcaya Mantilla

### 1.1. RESEÑA HISTORICA

Barrick Gold Corporation, conocida simplemente como Barrick, es una de las mayores compañías mineras de oro del mundo. Su historia es interesante y refleja su crecimiento y evolución en la industria minera. ha enfrentado críticas y desafíos relacionados con el impacto ambiental y social de sus operaciones. La empresa ha implementado varias iniciativas para mejorar su responsabilidad corporativa, incluyendo programas de sostenibilidad, inversiones en comunidades locales y esfuerzos para minimizar el impacto ambiental de sus operaciones. 2024: Barrick sigue siendo uno de los principales productores de oro del mundo, con operaciones en varios continentes. La empresa se centra en la exploración.

En Perú, Barrick inició sus operaciones en el año 1998 con la mina Pierina, ubicada entre los 3.800 a 4.200 metros sobre el nivel del mar en el distrito de Jangas, provincia de Huaraz, en la Región Ancash. En agosto del 2013 se anunció el fin de actividades productivas en el tajo de esta operación, dándose inicio a las acciones de cierre de este componente de acuerdo al Plan de Cierre de Mina Pierina.

En 2005, entró en operaciones Lagunas Norte, mina que se encuentra en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, en la Región

La Libertad, a una altura de entre 3.700 y 4.200 metros sobre el nivel del mar. La construcción de esta operación demandó una inversión de 340 millones de dólares.

La producción de Barrick ha contribuido a que Perú sea uno de los principales productores de oro del mundo y su activa presencia como una empresa comprometida con el ejercicio de una minería responsable, contribuye con el progreso de las comunidades vecinas a sus operaciones a través de los programas de salud, educación y desarrollo económico que impulsa.

Lagunas Norte se ubica en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, en la zona norte de los andes peruanos, a una altura entre los 3.700 y 4.200 metros sobre el nivel del mar.

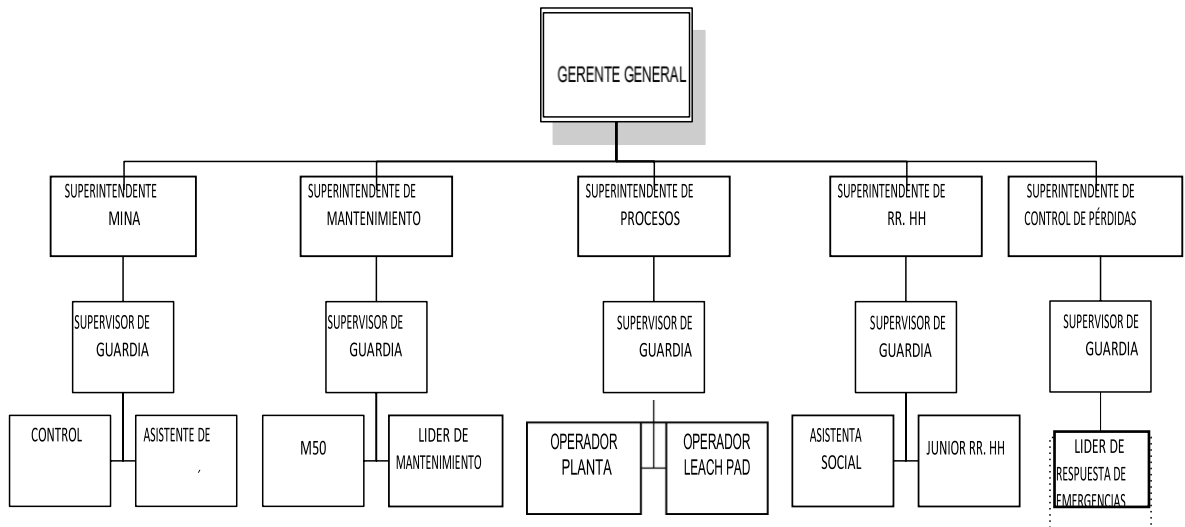
Dista a 140 kilómetros de la ciudad de Trujillo, capital de la Región La Libertad.

El yacimiento a tajo abierto comenzó sus operaciones el segundo trimestre del 2005 -antes de lo programado- y significó una inversión en su construcción de US\$340 millones.

Lagunas Norte contribuye con el desarrollo social y económico de La Libertad, no sólo por la creación de puestos de trabajos directos e indirectos, para los que se prioriza la contratación de mano de obra local, sino también por el activo programa de responsabilidad social que ejecuta en el marco de su compromiso por el desarrollo de las comunidades vecinas. Asimismo, sus altos estándares de seguridad, su constante esfuerzo por mejorar continuamente su gestión ambiental y el empleo de tecnología de última generación, la han convertido en la una de minas auríferas más modernas del país.

## **1.2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

La empresa está conformada por varias áreas de trabajo, las que están dirigidas por profesionales altamente calificados tanto nacionales como extranjeros los mismos que cuentan con experiencia en gran minería.



**Figura 1: Diagrama de flujo**

**FUERZA LABORAL**

Actualizado al mes de A Obril del 2015: 1225 trabajadores y 4 empresas prestadoras de servicios.

**1.3. DIRECCIONAMIENTO EMPRESARIAL**

**VISION**

El compromiso de Barrick con la Seguridad y la Salud es parte integral de los Valores y la Visión de la empresa. Es prioridad principal de la empresa desarrollar sus actividades productivas de manera segura.

La Política de Seguridad y Salud de Barrick esboza el compromiso de la empresa de tener un ambiente de trabajo con cero incidentes con una cultura en seguridad basada en el trabajo en equipo y con un liderazgo en seguridad. Refleja la visión de seguridad de Barrick de "Cada persona de regreso a casa sana y salva todos los días."

Estamos comprometidos a realizar cada trabajo de una manera segura y saludable. Las lesiones o enfermedades relacionadas con el trabajo son inaceptables y estamos comprometidos en identificar y eliminar o controlar los peligros en el lugar de trabajo para la protección nuestra y de los demás. Todos somos responsables de la seguridad en el lugar de trabajo.

## MISION

Ser la mejor Compañía esta declaración refleja el compromiso de Barrick con la excelencia en la industria minera, enfocándose en la seguridad, la rentabilidad y la responsabilidad social en todas sus operaciones.

### 1.4. ANALISIS EXTERNO

#### RIESGOS

El precio fluctuante de los minerales hace que el costo de operación varía de acuerdo al mercado ya que en algunas oportunidades el precio se puede elevar ocasionando esto que se eleve el costo de operación y por consiguiente al bajar el precio del mismo se hace más necesario que existan leyes de minerales más altas que compensen el costo de operación.

#### OPORTUNIDADES

La empresa cuenta con una gama de profesionales calificados capaces de poder contrarrestar la difícil problemática por la que está pasando hoy en día la minería en todo el mundo.

La constante exploración de la empresa a través de sus equipos de geología y exploraciones hace posible que siga explorando y encontrando nuevos yacimientos logrando así ampliar sus operaciones.

### 1.5. FACTORES CRITICOS DE ÉXITO

#### Eficacia

La empresa mantiene un costo de producción relativamente bajo en comparación de otras compañías mineras debido a las altas leyes con las que cuenta nuestra mina lo que hace de nuestra empresa una empresa eficaz en la producción del oro.

#### Eficiencia

La empresa cuenta con un área de mejora continua la que constantemente está evaluando el avance y el logro de nuestras metas y objetivos, mensualmente se informa a todo el personal el estado y

avance de los diferentes procesos, metas y logros planificados durante el año el logro de los resultados planificados.

### **Efectividad**

Los resultados que se han obtenido hasta el momento muestran que la empresa mantiene una gestión que proyecta a la misma como una de las mejores en producción y productividad a nivel del mundo.

En resumen, la efectividad de la empresa se refleja en su capacidad para mantener altos estándares de producción, seguridad y responsabilidad social, lo que le ha permitido destacarse y ser reconocida como una de las mejores en el ámbito global.

## **1.6. DIAGNOSTICO SITUACIONAL SITUACION ACTUAL DEL CICLO DE MINADO:**

Actualmente el ciclo de minado se realiza con los equipos de carguío de la manera tradicional. Un equipo de carguío carga a cada camión de acuerdo a la disponibilidad de estos en el frente de carguío, un equipo auxiliar se encarga de apoyar al equipo de carguío a realizar la limpieza. Entendido, el método de trabajo en ciclo de minado de una empresa minera es fundamental para alcanzar operaciones más eficientes, rentables y seguras. Esto no solo beneficia la rentabilidad de la empresa, sino que también contribuye a la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones mineras.

## **1.7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL**

En resumen, Lagunas Norte emplea técnicas y maquinaria avanzada para la extracción y manejo eficiente de grandes volúmenes de material en una operación a tajo abierto. El control ambiental mediante el riego de caminos y el diseño estructurado del tajo contribuyen a mantener altos estándares operativos y ambientales en la industria minera.

### **Chancado**

Una faja transportadora es utilizada para llevar el material triturado desde la chancadora primaria hasta la segunda estación de chancado, donde se reduce aún más el tamaño de las rocas. Este proceso de transporte mediante faja transportadora es crucial para mantener un

flujo continuo y eficiente del material triturado dentro del proceso de chancado y procesamiento en la planta minera.

Las fajas transportadoras y tolvas de finos fueron esencial en la logística minera para garantizar un proceso fluido y eficiente desde la reducción de tamaño del mineral hasta su transporte a las canchas de lixiviación. Estas infraestructuras no solo optimizan la operación, sino que también contribuyen a mantener altos estándares de seguridad y cumplimiento ambiental en la industria minera.

### **Lixiviación**

**Preparación del Mineral:** El mineral chancado se transporta y se deposita en pilas en las canchas de lixiviación. La trituración previa ayuda a exponer más área superficial del mineral para la lixiviación.

**Aplicación de Solución Lixivante:** Se emplea un medio lixivante de químico disuelto en humedad sobre las pilas de mineral mediante un sistema de goteo o riego. Este proceso se conoce como lixiviación en pilas.

### **Canchas de lixiviación**

**Prevención de la Contaminación:** Protegen el entorno natural al evitar que los productos químicos utilizados en el proceso de lixiviación se filtren hacia el suelo o las aguas subterráneas.

**Cumplimiento Normativo:** Ayudan a cumplir con regulaciones ambientales estrictas al mantener las operaciones industriales dentro de límites controlados y seguros.

**Sostenibilidad:** Contribuyen a la sostenibilidad ambiental al asegurar que los procesos industriales no causen daños ambientales a largo plazo. En resumen, las canchas de lixiviación son estructuras diseñadas meticulosamente para mantener un entorno controlado y seguro durante el proceso de extracción de minerales mediante lixiviación, minimizando así el impacto ambiental negativo y cumpliendo con normativas ambientales rigurosas.

### **Planta de Procesos**

El proceso descrito es típico en la industria minera para la recuperación de oro y plata mediante métodos de lixiviación y precipitación. Aquí se detalla cada etapa:

## 1. Lixiviación en Pilas

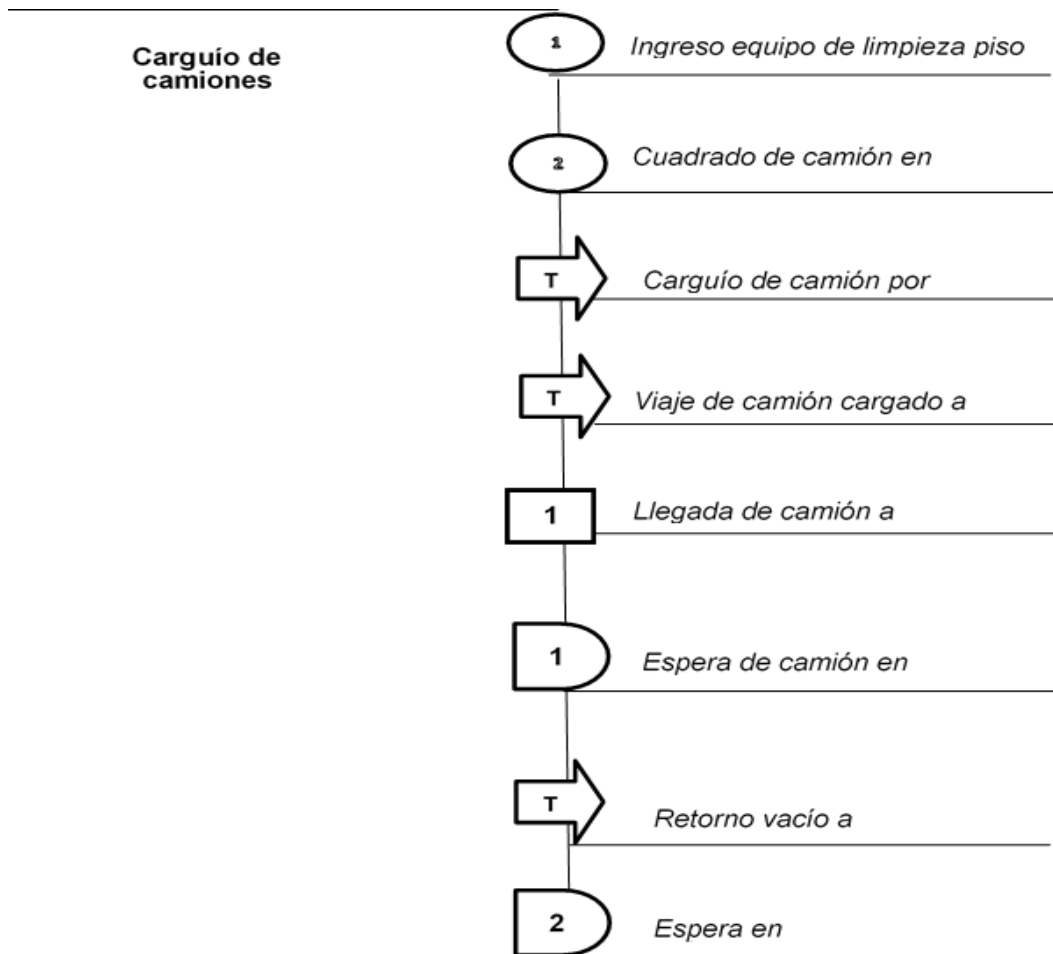
Propósito: Extraer oro y plata de la mena mediante el uso de soluciones que disuelven los metales valiosos., Ubicación y secuencia de actividades: Las soluciones ricas en oro y plata se generan en las pilas de lixiviación. Personas y medios: Personal técnico para operar las pilas de lixiviación, sistemas de riego para aplicar la solución lixivante. Circuitos de Merrill Crowe y Carbón Activado en Columnas (CIC)  
Propósito: Recuperar oro y plata de las soluciones lixiviadas. Ubicación y secuencia de actividades:

### **Fundición**

Al analizar un proceso de fabricación en una fábrica. Primero, preguntaríamos sobre el propósito del método actual de fabricación, dónde se realiza, cuál es la secuencia de las actividades, quiénes son las personas involucradas y qué recursos se utilizan. Luego, en la fase de preguntas de fondo, podríamos considerar si cambiar el lugar de fabricación podría reducir los tiempos de entrega, si cambiar la secuencia de las actividades podría optimizar la utilización de los equipos, si reemplazar a ciertos operadores por otros más capacitados podría mejorar la calidad del producto, y si invertir en tecnología más avanzada podría aumentar la eficiencia general del proceso.

Este enfoque estructurado ayuda a identificar áreas específicas donde el método actual podría ser optimizado.

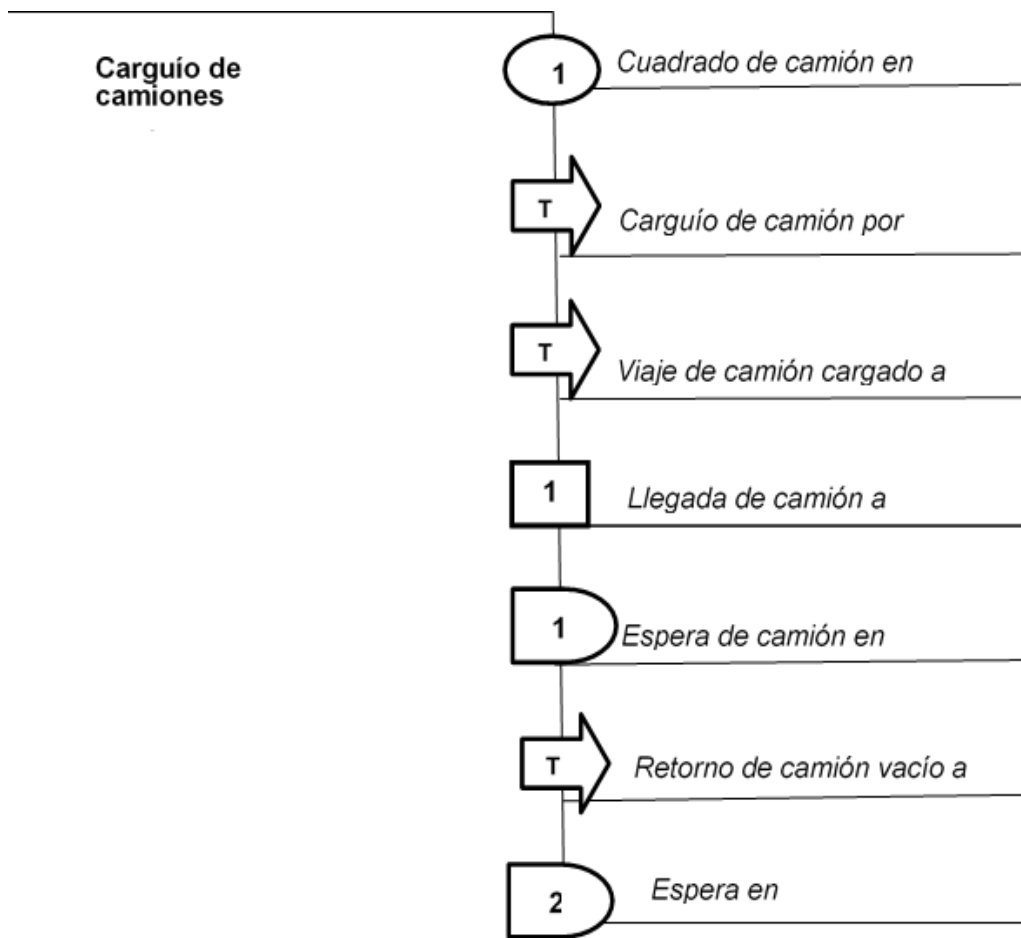




**Figura 2: Diagrama DAP ciclo carguío y acarreo con pala PC4000**

**Tabla 2: Resumen de diagrama de Carguío de Pala PC 4000 DIAGRAMA DE FLUJO**

SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO TOTAL
○	2	3.20 minutos
➔	3	21.05 minutos
□	1	1.40 minuto
D	2	7.25 minutos



**Figura 3: Diagrama de carguío de cargador WA1200**

**Tabla 3: Resumen de carguío de cargador WA 1200**

	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO TOTAL
1	○	1	2.45 minutos
T	➔	3	21.05 minutos
1	□	1	1.40 minutos
2	D	2	7.25 minutos

## 1.8. RELEVAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

Ante los continuos sucesos con respecto a la baja del precio de minerales en el mundo, la empresa minera necesita un método por el cual haga más eficiente y rentable la operación de carguío de camiones con mineral desde los frentes de carguío hacia chancadora primaria. Actualmente la mina mantiene un sistema de carguío tradicional utilizando para ello una pala hidráulica PC 4000 Komatsu por camión, lo mismo sucede con el cargador WA 1200 el mismo que para realizar dicha operación utiliza un tiempo que no justifica la demanda de camiones esperando para ser cargados.

El estudio y fases del método de trabajo consisten en los siguientes pasos:

### **Selección del trabajo a estudiar:**

**Eficiencia de Equipos:** Evaluar la eficiencia y beneficio de componentes traídos para carguío, como palas y cargadores, generar tiempos de ciclos productivos.

**Optimización de Flotas:** Revisar la composición y el volumen de la armada es de carguío para asegurar que sean adecuados para las condiciones específicas de la mina y que no haya subutilización ni sobrecarga de equipos. **Mantenimiento Preventivo:** Implementar programas de mantenimiento preventivo para garantizar que los equipos de carguío funcionen de manera óptima y eviten costosos tiempos de inactividad no planificados. **Consumo de Combustible:** Monitorear y gestionar equipos de carguío para reducir costos operativos y minimizar el impacto ambiental. **Capacitación y Desarrollo:** Invertir en la capacitación continua del personal para operar los equipos de carguío de manera eficiente y segura

Se pueden mejorar sí en lugar de utilizar un solo equipo de carguío utilizamos dos como en este caso sería un cargador frontal y una pala hidráulica logrando reducir así el tiempo del ciclo de carguío y la cola innecesaria de camiones esperando su turno para ser cargados además

de controlar el envío de metales a chancadora primaria (caída de protectores de cucharón de pala y/o cargador).

**Analizar los datos recopilados:** Utilizar herramientas y software de análisis de datos para procesar y examinar los datos recopilados. Esto puede incluir, análisis de tendencias, y la creación de dashboards y reportes visuales para una mejor interpretación de la información.

**Identificar áreas de mejora:** A partir del análisis de los datos, identificar patrones y áreas donde se pueden implementar mejoras. Esto puede incluir la identificación de tiempos muertos, ineficiencias en el uso del combustible, fallos recurrentes, o cualquier otro factor que esté afectando negativamente el rendimiento de los equipos.

**Proponer y aplicar mejoras:** Desarrollar y aplicar habilidades de perfeccionamiento establecidas en los aciertos de estudios de antecedentes. Estas tácticas pueden incluir ajustes en los horarios de operación, programas de mantenimiento preventivo, capacitación adicional para los operadores, o la actualización de equipos y tecnología.

## PASO 2: Identificación y Descripción del Proceso de Carguío

Descripción detallada: Documenta los pasos y actividades específicas involucradas en el ciclo de carguío, desde la preparación inicial hasta la carga del material en los equipos de transporte.

### Datos Operativos y de Producción

Tiempo de ciclo: Registra el tiempo promedio necesario para completar un ciclo de carguío, desde el inicio hasta la finalización.

Capacidad de carga: Detalla la cantidad de material que se carga en cada ciclo, en toneladas métricas o metros cúbicos.

Eficiencia y rendimiento: Calcula la eficiencia operativa de los equipos de carguío en términos de toneladas por hora o metros cúbicos por hora.

### Costos Asociados

Costos directos: Incluye los costos directos relacionados con el ciclo de carguío, como el combustible, mantenimiento, y piezas de repuesto.

Costos indirectos: Considera los precios atribuibles al carguío, como los costos administrativos, de supervisión y de gestión.

#### Rendimiento de Equipos

Estado y disponibilidad: Registra el estado operativo y la disponibilidad de los equipos de carguío para identificar posibles tiempos de inactividad y pérdidas de producción.

Consumo de combustible: Lleva un registro del consumo de combustible de los equipos de carguío para gestionar eficientemente los costos operativos.

#### Seguridad y Cumplimiento

Incidentes y seguridad: Documenta cualquier incidente relacionado con la seguridad durante el ciclo de carguío, junto con las medidas preventivas y correctivas tomadas.

Cumplimiento normativo: Asegúrate de cumplir con todas las normativas y regulaciones relevantes durante las operaciones de carguío.

#### Análisis y Mejora Continua

Análisis de datos es crucial para identificar tendencias, patrones y áreas de mejora en cualquier operación. En el contexto de la minería, donde se manejan grandes volúmenes de datos relacionados con la operación de equipos, producción y costos, el análisis de datos puede ayudar a optimizar procesos y mejorar la eficiencia patrones, áreas a mejorar en el rendimiento y los costos del ciclo de carguío.

#### Llegada de camión a pala

- Carguío con material al camión
- Camión viaja con carga a chancadora
- Descarga del material a la chancadora
- Transporte de retorno
- Cuadrado de ingreso de camión en pala

La toma de tiempos mediante un cronómetro sexagesimal proporciona una base sólida para la gestión eficaz del rendimiento operativo en operaciones mineras, asegurando que los recursos se utilicen de manera óptima y eficiente

**Análisis de Datos:** Fueron de 3 períodos

#### **SUBPASO**

- Existe mucha cola de espera en camiones en los pisos de la pala hidráulica PC 4000.
- Existe mucha cola de espera de camiones en el piso del cargador frontal WA 1200.
- El tiempo de carguío demora más del requerido.
- La utilización del WD 600 (equipo auxiliar) aumenta el costo y consumo de combustible.
- Existe menor producción a mayor costo.

### **SUBPASO**

Para calcular el trabajo correspondiente de repetición unidad utilizando métodos y estimación estadística, puedes aplicar la siguiente fórmula básica:

Tiempo Estimado=Cantidad de Trabajo×Tiempo Estándar por Unidad de Trabajo

Donde:

Cantidad de Trabajo: Es la cantidad de unidades o elementos que se están evaluando.

Tiempo Estándar por Unidad de Trabajo: Es el tiempo promedio o estándar que se estima necesario para completar una unidad de trabajo

### **TIEMPO CARGUÍO**

Asegúrate de utilizar un tamaño de muestra suficiente y representativo (como las 327 observaciones en tu caso) para obtener una estimación precisa.

La precisión de la estimación dependerá de la variabilidad y la consistencia de los datos cronometrados.

Considera también factores como la variabilidad en las condiciones operativas que pueden afectar el tiempo de carguío.

### **SUBPASO:**

Este enfoque no solo establecido estándares de trabajo claros y medibles, sino que también proporciono una base para la gestión efectiva del beneficio y perfeccionamiento en el entorno minero.:

Supongamos después de cronometrar 327 ciclos de carguío, obtuviste un tiempo promedio de 4 minutos por ciclo.

Tiempo Promedio de Carguío=4minutos/ciclo

Si deseas estimar el tiempo necesario para cargar 150 ciclos adicionales:

Tiempo Estimado=4minutos/ciclo×150ciclos

Tiempo Estimado=600 minutos \text{Tiempo Estimado} = 600 \text{ minutos} \text{Tiempo Estimado=600minutos}

**Tabla 4: Porcentaje de tolerancias fases de ciclo de minado**

<b>CARGUÍO</b>	
<b>1) LLEGADA DE CAMIÓN A PALA Y CARGADOR</b>	
<b>ITEM</b>	<b>%</b>
Tolerancias Personales en el Contexto Minero	5.0%
Gestión de Tolerancias	0%
Tolerancia mucha atención	2.0%
Pasividad mucho monótona	4.0%
<b>TOTAL</b>	<b>11%</b>
<b>2) CARGA DE MATERIAL AL CAMIÓN</b>	
<b>ITEM</b>	<b>%</b>
Tolerancias personales	5%
Paciencia de tipo por ocuparse de extremo	0%
Tolerancia mucha atención	2%
Tolerancia bastante monótona	4%
<b>TOTAL</b>	<b>11%</b>
<b>3) CAMIÓN INICIA VIAJE CON CARGA A CHANCADORA</b>	
<b>ITEM</b>	<b>%</b>
Tolerancias personales	5%
Tolerancia estándar por trabajar de pie	0%
Tolerancia mucha atención	2%

Tolerancia bastante monótona	4%
<b>TOTAL</b>	<b>11%</b>
<b>4) CAMIÓN DESCARGA MATERIAL EN CHANCADORA</b>	
<b>ITEM</b>	<b>%</b>
Tolerancias personales	5%
Tolerancia estándar por trabajar de pie	0%
Tolerancia mucha atención	2%
Tolerancia bastante monótona	4%
<b>TOTAL</b>	<b>11%</b>
<b>5) CAMIÓN RETORNA VACIO A PALA</b>	
<b>ITEM</b>	
Tolerancias personales	5%
Tolerancia estándar por trabajar de pié	0%
Tolerancia mucha tensión	2%
Tolerancia bastante monótona	4%
<b>TOTAL</b>	<b>11%</b>

*Fuente: OIT*

### **SUB-PASO:**

Tiempo Básico (TB):

Es el tiempo promedio necesario para realizar una tarea específica bajo condiciones normales, sin considerar interrupciones ni factores externos.

Tiempo Tipo (TT):

Es el tiempo que se establece como el estándar ideal para realizar una tarea, considerando las mejores prácticas y condiciones ideales de trabajo.

Tiempo Normal (TN):



Es el tiempo que se espera que un trabajador promedio tome para completar una tarea específica bajo condiciones normales de trabajo y considerando pausas y pequeñas interrupciones.

Tiempo Estándar (TE):

Es el tiempo que se establece como el estándar para realizar una tarea, tomando en cuenta eficiencias normales, pero sin ser optimista como el tiempo tipo.

Fórmula para Calcular el Tiempo Estándar:

La fórmula básica para calcular el tiempo estándar (TE) es:

$$TE = TN \times \text{Índice de Eficiencia}$$

$$TN = TP * (1 + Fv)$$

**Tabla 5: Data de época estándar y época estándar de ciclo de carguío y acarreo**

N	Tareas	T	Fac.	TN	TOL %	TS = Tn (1+tol %)
1	Llegada a la pala	2.41	0.09	2.63	0.11	2.91
2	Carga de material al camión	1.42	0.12	1.59	0.11	1.76
3	Camión viaja con carga a chancadora	21.05	0.1	23.16	0.11	25.71
4	Descarga del material a la chancadora	1.35	0.09	1.47	0.12	1.65

**Fuente: Elaboración Propia**

**PASO:**

Al formular y responder estas preguntas de manera sistemática, se pudo identificar áreas específicas para mejorar el método actual, eliminando actividades redundantes, simplificando procesos y optimizando el uso de recursos.

**Preguntas preliminares.**

Se analizó un proceso de fabricación en Primero, preguntaríamos sobre el propósito del método actual de fabricación, dónde se realiza, cuál es la secuencia de las actividades, quiénes son las personas involucradas y qué recursos se utilizan. Luego, en la fase de preguntas de fondo, podríamos considerar si cambiar el lugar de fabricación podría reducir los tiempos de entrega, si cambiar la secuencia de las actividades podría optimizar la utilización de los equipos, si reemplazar a ciertos operadores por otros más capacitados podría mejorar la calidad del producto, y si invertir en tecnología más avanzada podría aumentar la eficiencia general del proceso. Este enfoque estructurado ayudo a identificar áreas específicas donde el método actual podría ser optimización.

## **LLEGADA DE CAMIÓN A PALA**

### **1. Propósito:**

#### **a) ¿Qué se hace?**

El camión llega a la pala y espera su turno para ingresar a ser cargado.

#### **b) ¿Por qué se hace?**

Porque se necesita transportar mineral desde el frente de carguío hasta chancadora primaria.

### **2. Lugar:**

#### **a) ¿Dónde lo hace?**

En toda la mina donde es necesario mover mineral desde el frente de carguío hacia chancadora.

#### **b) ¿Por qué lo hace en ese lugar?**

Porque, es necesario llevar mineral desde los frentes de carguío a chancadora para su trituración y posterior lixiviación.

### **3. Tiempo:**

#### **a) ¿Cuándo se hace?**

Se hace todos los días

#### **b) ¿Por qué se hace en ese momento?**

Porque es el trabajo diario de carguío y acarreo desde frentes de carguío hacia chancadora primaria.

#### **4. Persona:**

##### **a) ¿Quiénes lo hacen?**

Los operadores de equipo pesado.

##### **b) ¿Porque lo hacen esas personas?**

Porque están capacitados y entrenados para realizar ese trabajo.

#### **5. Medios:**

##### **a) ¿Cómo se hace?**

Llevando el mineral desde el frente de carguío hacia chancadora.

##### **b) ¿Por qué se hace de ese modo?**

Porque es la manera de transportar el material mineralizado.

### **❖ CAMION RETORNA VACIO A PALA Y/O CARGADOR**

#### **1. Propósito:**

##### **a) ¿Qué se hace?**

Después de descargar en chancadora primaria el camión retorna vacío al frente de carguío de mineral que se le sea asignado.

##### **b) ¿Por qué se hace?**

Porque se necesita que el camión vuelva hacer cargado para llevar mineral desde el frente de carguío hasta chancadora primaria.

#### **2. Lugar:**

##### **a) ¿Dónde lo hace?**

Desde chancadora primaria hacia el frente de carguío.

##### **b) ¿Por qué lo hace en ese lugar?**

Porque, en ese lugar depositó el mineral, se encuentra vacío y necesita volver a ser cargado con mineral.

#### **3. Tiempo:**

##### **a) ¿Cuándo se hace?**

Cuando el camión se encuentra vacío y necesita ser cargado con mineral.

**b) ¿Por qué se hace en ese momento?**

Porque es el momento que el camión está vacío

**4. Persona:**

**a) ¿Quiénes lo hacen?**

Los operadores de camión.

**b) ¿Porque lo hacen esas personas?**

Porque están capacitados y entrenados para realizar ese trabajo.

**5. Medios:**

**a) ¿Cómo se hace?**

Retornando vacíos desde la chancadora primaria hacia el frente de carguío de mineral que se les es asignado.

**b) ¿Por qué se hace de ese modo?**

Porque es la manera de poder viajar para poder ser cargados y transportar el material mineralizado.

**LLEGADA DE CAMIÓN A PALA Y CARGADOR**

**1. Propósito:**

**a) ¿Qué se hace?**

El camión llega a la pala y espera su turno para ingresar a ser cargado.

**b) ¿Por qué se hace?**

Porque se necesita transportar mineral desde el frente de carguío hasta chancadora primaria.

**2. Lugar:**

**a) ¿Qué podría hacerse?**

Mantener su mismo patrón de tiempo.

**b) ¿Qué debería hacerse?**

Continuar con el patrón anterior.

**c) ¿Dónde lo hace?**

En toda la mina donde es necesario mover mineral desde el frente de carguío hacia chancadora.

**d) ¿Por qué lo hace en ese lugar?**

Porque, es necesario llevar mineral desde los frentes de carguío a chancadora para su trituración y posterior lixiviación.

### **3. Tiempo:**

#### **a) ¿Cuándo se hace?**

Se hace todos los días

#### **b) ¿Por qué se hace en ese momento?**

Porque es el trabajo diario de carguío y acarreo desde frentes de carguío hacia chancadora primaria.

#### **c) ¿Cuándo podría hacerse?**

Durante todo el día.

#### **d) ¿Cuándo debería hacerse?**

Durante todos los turnos.

### **4. Persona:**

#### **a) ¿Quiénes lo hacen?**

Los operadores de equipo pesado.

#### **b) ¿Porque lo hacen esas personas?**

Porque están capacitados y entrenados para realizar ese trabajo.

#### **c) ¿Quién podría hacerlo?**

Sólo los operadores capacitados y entrenados para la operación de equipos pesados.

#### **d) ¿Quién debería hacerlo?**

Solo el personal que esté capacitado y entrenado en la operación del equipo pesado.

### **5. Medios:**

#### **a) ¿Cómo se hace?**

Enviando camiones al frente de carguío mineralizado y esperen sus turnos para que los equipos de carguío ya sea pala y/o cargador procedan a llenarlo de material y este sea trasladado a chancadora primaria.

#### **b) ¿Por qué se hace de ese modo?**

Porque es el método tradicional que se emplea en todas las minas de explotación de minerales a tajo abierto.

**c) ¿Cómo podría hacerse?**

Sólo de este modo.

**d) ¿Cómo debería hacerse?**

## **CARGA DE MATERIAL AL CAMIÓN**

### **1. Propósito:**

**a) ¿Qué se hace?**

El camión ingresa al equipo de carguío para ser cargado

**b) ¿Por qué se hace?**

Porque se necesita llenar el camión para que pueda transportar material mineralizado hacia chancadora

### **2. Lugar:**

**a) ¿Qué podría hacerse?**

Cambiar el patrón de carguío de un solo equipo por camión.

**b) ¿Qué debería hacerse?**

Utilizar para el carguío dos equipos de carguío en simultáneo en un mismo camión para cargarlo.

**c) ¿Dónde lo hace?**

En los frentes de carguío donde es necesario cargar camiones con mineral hacia chancadora.

**d) ¿Por qué lo hace en ese lugar?**

Porque, es el lugar donde se encuentra el mineral para cargar y trasladar a chancadora primaria.

### **3. Tiempo:**

**a) ¿Cuándo se hace?**

Se hace todos los días en los frentes de carguío.

**b) ¿Por qué se hace en ese momento?**

Porque es el trabajo diario de carguío y acarreo desde frentes de carguío hacia chancadora primaria.

**c) ¿Cuándo podría hacerse?**

Durante todo el día.

**d) ¿Cuándo debería hacerse?**

Durante todos los turnos.

#### **4. Persona:**

**a) ¿Quiénes lo hacen?**

Los operadores de equipo pesado.

**b) ¿Porque lo hacen esas personas?**

Porque están capacitados y entrenados para realizar ese trabajo.

**c) ¿Quién podría hacerlo?**

Sólo los operadores capacitados y entrenados para la operación de equipos pesados.

**d) ¿Quién debería hacerlo?**

Solo el personal que esté capacitado y entrenado en la operación del equipo pesado.

#### **5. Medios:**

**a) ¿Cómo se hace?**

Con un solo equipo que carga un camión.

**b) ¿Por qué se hace de ese modo?**

Porque es el modo tradicional más usado en las minas de tajo abierto.

**c) ¿Cómo podría hacerse?**

Utilizando dos equipos de carguío en simultaneo para cargar un camión.

**d) ¿Cómo debería hacerse?**

La pala presenta el bucket para que ingrese el camión después de descargar la primera pasada de material continua el cargador por otro lado opuesto a la pala descargando otra pasada, nuevamente descargaría la pala y para finalizar lo haría el cargador el mismo que dará la salida al camión para que inicie su viaje hacia chancadora primaria.

### **CAMIÓN INICIA VIAJE CON CARGA A CHANCADORA**

#### **1. Propósito:**

**a) ¿Qué se hace?**

Transportar el mineral cargado desde el frente de carguío hacia chancadora primaria.

**b) ¿Por qué se hace?**

Porque es necesario moler el material mineralizado para poder ser lixiviado y aumentar su recuperación.

**2. Lugar:**

**a) ¿En qué otro lugar podría hacer?**

Sólo por las vías que llevan desde el frente de carguío hacia chancadora primaria.

**b) ¿Dónde debería hacerse?**

Solo de los frentes de carguío hacia chancadora primaria

**3. Persona:**

**a) ¿Quién lo hace?**

Un operador capacitado para dicho trabajo.

**b) ¿Por qué lo hace esa persona?**

Para trasladar el material mineralizado cargado por el equipo de carguío.

**c) ¿Qué otra persona podría hacerlo?**

Otro capacitado y autorizado.

**d) ¿Quién debería hacerlo?**

Operante capacitado y autorizado.

**4. Medios:**

**a) ¿Cómo se hace?**

Se hace con cargador y/o Pala Hidráulica.

**b) ¿Por qué se hace de ese modo?**

Es una forma de llevar material pesado de un lugar a otro.

**c) ¿De qué otro modo se podría hacerse?**

Con camiones.

**d) ¿Cómo debería hacerse?**

Según el requerimiento del trabajo.

**DESCARGA DE MATERIAL EN CHANCADORA PRIMARIA**

**1. Propósito:**

**a) ¿Qué se hace?**

Se levanta la tolva del camión en chancadora para que el mineral caiga y sea molido y fragmentado.



**b) ¿Por qué se hace?**

Para moler el material mineralizado y poder ser lixiviado.

**c) ¿En qué otro lugar podría hacer?**

Solo en la chancadora primaria.

**d) ¿Dónde debería hacerse?**

Solo en la chancadora primaria.

**2. Lugar:**

**a) ¿Dónde se ha hecho?**

Se hace en la chancadora primaria una distancia adecuada del frente de carguío.

**b) ¿Por qué se hace allí?**

Porque es el único lugar que el material mineralizado puede molerse.

**c) ¿En qué otro lugar podría hacer?**

Ahí mismo.

**d) ¿Dónde debería hacerse?**

Ahí mismo.

**3. Medios:**

**a) ¿Cuándo se hace?**

Después de haber sido transportado el material mineralizado.

**b) ¿Por qué se hace entonces?**

Para obtener una granulometría adecuada y pueda ser lixiviado.

**c) ¿Cuándo podría hacerse?**

Siempre.

**4. Persona:**

**a) ¿Quién lo hace?**

Un operador de camión.

**b) ¿Porque lo hace?**

Porque tiene el conocimiento en operación de camión.

**c) ¿Qué otra persona podría hacerlo?**

con conocimientos y ser autorizado.

**d) ¿Quién debería hacerlo?**

Un operador de camión.

## **CAMION RETORNA VACIO A PALA Y CARGADOR**

### **1. Propósito:**

**a) ¿Qué se hace?**

El camión vacío retorna al frente de carguío.

**b) ¿Por qué se hace?**

Porque es necesario retornar al frente de carguío para ser cargado y continuar con el traslado de material mineralizado a chancadora primaria.

**c) ¿Qué otra cosa podría hacerse?**

Colocar otros camiones de ser necesario.

### **2. Persona:**

**a) ¿Quién lo hace?**

Un operador capacitado y autorizado en operación de camión.

**b) ¿Acciones que una persona podría llevar a cabo?**

Porque es capacitado y autorizado en operación de camión.

**c) ¿Qué la capacitación y la autorización adecuadas son cruciales para garantizar que las personas?**

Las personas que operan equipos pesados en entornos como minas puedan desempeñar sus funciones de manera segura y eficiente.

**d) ¿Qué otra persona podría hacerlo?**

Otros operadores que estén capacitados y autorizados en operación de camión.

### **3. Medios:**

**a) ¿Cómo se hace?**

Con camiones de acarreo.

**b) ¿Por qué se hace de ese modo?**

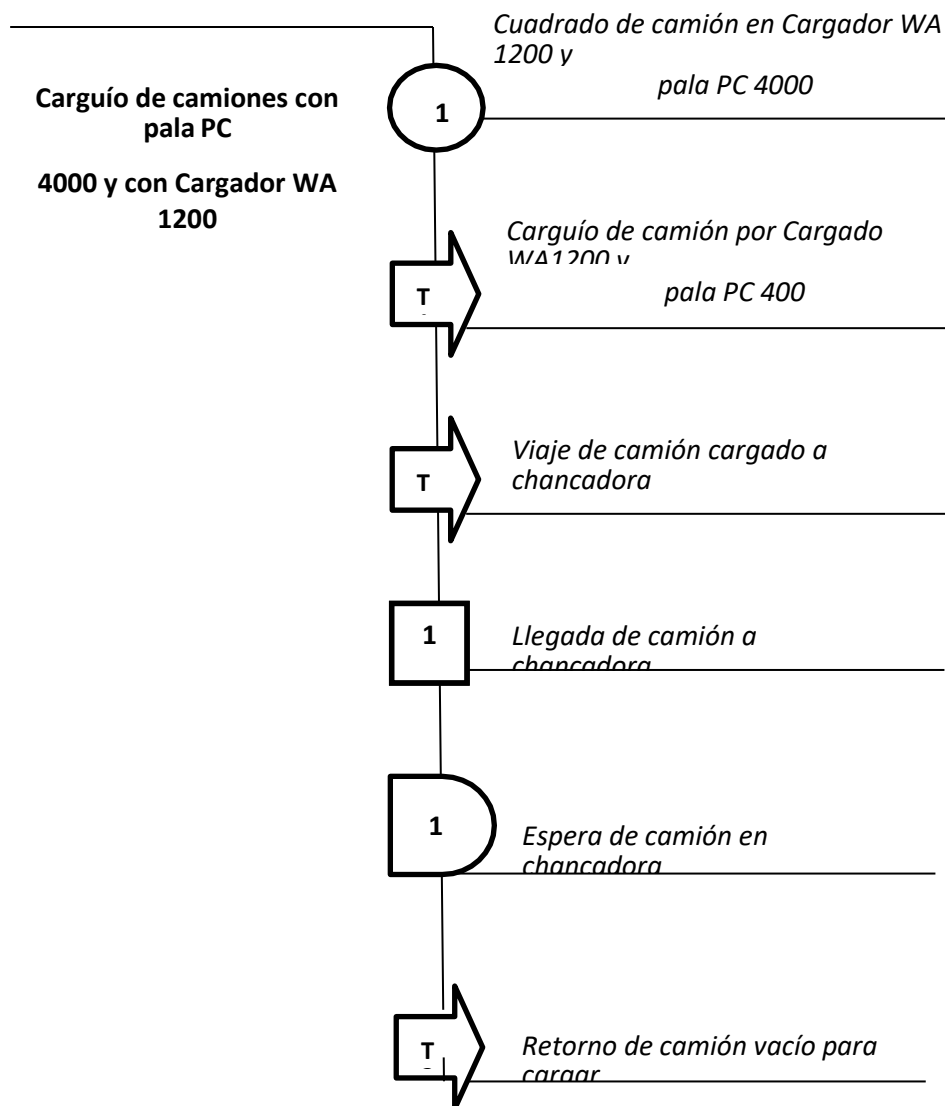
Porque es el método más conocido y utilizado.

**c) ¿Generalmente requiere ser realizada por personas capacitadas y autorizadas?**

existen diversas medidas complementarias que pueden implementarse para mejorar la seguridad, la eficiencia y el cumplimiento normativo.





**d) ¿Proporciona entrenamientos continuo y actualizaciones sobre seguridad y manejo de equipo?**

Para asegurar que todos los operadores estén al tanto de las últimas normativas y mejores prácticas Posteriormente elaboramos nuestro diagrama de flujo del método propuesto para analizar las operaciones que se tomarán en cuenta tanto para suprimir como para agregar a nuestro ciclo de minado (carguío y acarreo).







**Figura 4: Método propuesto de ciclo de carguío y acarreo**

**Tabla 6: Resultados de Método propuesto**

SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO TOTAL
O 	1	1.45 minutos
T 	3	21.05 minutos
D 	1	2.25 minutos
1 	1	1.40 minutos

A continuación, procederemos a contrastar los ciclos utilizados en el método tradicional con el método propuesto con el actual, en los que evaluaremos datos cuantitativos de los ahorros en transportes, demoras y operaciones e inspección superflua. Pocas personas presentarán resistencia ante la evidencia de ahorros sustanciales, sobre todo si no implican gastos en reacomodo, reinstalación o adquisición de equipo ya que es un método sencillo y de fácil adaptación.

**Tabla 8. Comparativo entre método tradicional y método propuesto**

Actividad / Método				
Actual	2	3	1	2
Propuesto	1	3	1	1
Diferencia	1	0	0	1

Según la tabla comparativa podemos darnos cuenta que:

- ❖ En la figura que representa los procesos hemos tenido una reducción de 2 a 1

- ❖ Se eliminó el proceso de ingreso de equipo auxiliar para limpieza de piso de pala.
- ❖ Se eliminó el proceso de chequeo de componentes por parte de ambos equipos (Pala Hidráulica PC4000 y cargador frontal WA 1200).
- ❖ En la representación de demoras hemos tenido una reducción de 2 a 1.
- ❖ Se eliminó la demora de camión en espera por falta de equipo de carguío.

### **PASO:**

#### **IMPLANTACIÓN DEL NUEVO MÉTODO:**

Aprobación y Aceptación Inicial: Obtener la aprobación inicial de los supervisores y la dirección es fundamental. Presenta de manera clara y persuasiva los beneficios y mejoras esperadas del nuevo método, enfocándote en la eficiencia

Comunicación y Conocimiento de Operarios: Después de obtener la aprobación de la dirección y supervisores, comunica el nuevo método a los operarios de manera efectiva. Explica los cambios, los beneficios esperados y cómo afectará su trabajo diario de manera positiva.

Obtención de Aprobación de los Operarios: Es crucial ganar la aceptación y colaboración de los operarios. Escucha sus inquietudes, involúcralos en el proceso y aclara cualquier duda que puedan tener. Su participación activa y compromiso son clave para el éxito del método.

Entrenamiento de los Operadores: Diseña un programa de entrenamiento adecuado según la magnitud de los cambios introducidos por el nuevo método. Si los cambios son significativos, el entrenamiento debe ser exhaustivo y continuo hasta que los operarios alcancen el nivel de desempeño esperado.

Seguimiento y Evaluación: Realiza un seguimiento continuo del desempeño y la adopción del nuevo método. Evalúa regularmente los resultados y ajusta el entrenamiento o el método según sea necesario para optimizar su efectividad.

Retroalimentación y Mejora Continua: Fomenta un ambiente de retroalimentación abierta donde los operarios puedan compartir sus experiencias y sugerencias para mejorar el método. En nuestro caso los cambios son pequeños pero que a largo tiempo generan un impacto positivo en la productividad de la mina.

**La evaluación económica detallada proporciona una perspectiva clara sobre los beneficios financieros y operativos de la propuesta de mejora de métodos de trabajo en el ciclo de minado.**

Describe detalladamente la propuesta de mejora de métodos, especificando cómo se espera que optimice el proceso de minado. Esto puede incluir reducción de tiempos de ciclo, eficiencia en el uso de equipos, mejor utilización de recursos, etc costo inicial de método de trabajo actual del ciclo

**Tabla 7: Coste Inicial de Carga con el Método actual**

ITEM	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO MENSUAL S/.	COSTO TOTAL MENSUAL S/.	COSTO TOTAL ANUAL S/.
<b>1.1. COSTOS DIRECTOS:</b>					
Carguío	Operarios	4	6.000,00	24.000,00	288.000,00
Acarreo	Operarios	10	4.500,00	45.000,00	540.000,00
subtotal					828.000,00
Materiales directos:					
Insumos Generales. <sup>4</sup>		13	94.592,06	1.229.696,83	14.756.361,98
subtotal					14.756.361,98
<b>TOTAL 1,1</b>					<b>15.584.361,98</b>
<b>1.2. COSTOS INDIRECTOS:</b>					
Supervisor de Operaciones	Trabajador	4	11.480,00	45.920,00	551.040,00
Superintendente de	Trabajador	2	19.040,00	38.080,00	456.960,00

mina					
<b>Sub- Total</b>					<b>1.008.000,00</b>
<b>MATERIALES INDIRECTOS</b>					
Palas	Unidades	900 Hrs.	3.360,00	3.024.000,00	36.288.000,00
Camiones	Unidades	300 Hrs.	1.680,00	504.000,00	6.048.000,00
Cargador Frontal	Unidades	150 Hrs.	3.080,00	462.000,00	5.544.000,00
Torito (WA600)	Unidades	900 Hrs.	224,00	201.600,00	2.419.200,00
Sub-Total					50.299.200,00
<b>TOTAL 1,2</b>					<b>51.307.200,00</b>
<b>TOTAL 1.1 Y 1.2</b>					<b>66.891.561,98</b>

El costo de propuesto según tabla fue de S/ 66.891.561,98

**COSTO FINAL DEL MÉTODO DE TRABAJO PROPUESTO MEJORADO  
DEL CICLO DE MINADO**

**Tabla 8: Costo final del ciclo de carguío con el método mejorado**

Ítem	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario mensual s/.	Costo total mensual s/.	Costo total anual s/.
<b>1.1. COSTOS DIRECTOS:</b>					
Mano de Obra directa					
Carguío	Operarios	2	6000	12.000,00	144.000,00
Acarreo	Operarios	10	4500	45.000,00	540.000,00
subtotal					684.000,00
<b>Materiales directos:</b>					
Insumos Generales <sup>5</sup>		13	94592,064	1.229.696,83	14.756.361,98
subtotal					14.756.361,98

<b>TOTAL 1.1</b>					<b>15.440.361,98</b>
<b>1.2 COSTOS INDIRECTOS</b>					
MANO DE OBRA INDIRECTA					
Supervisor de operaciones	Trabajador	4	11480	45.920,00	551.0
Superintendente de mina	Trabajador	2	19040	38.080,00	456.9
Sub-Total					1.008.0
<b>MATERIALES INDIRECTOS</b>					
Palas	Unidades	450	3388	1.524.600,00	18.295.
Camiones	Unidades	300	1680	504.000,00	6.048.0
Cargador Frontal	Unidades	450	3080	1.386.000,00	16.632.
Torito (WA600)	Unidades	900	0,00	0,00	
Sub-Total					40.975.
<b>Total 1,2</b>					<b>41.983.</b>
<b>TOTAL 1,1 y 1,2</b>					<b>57.423.</b>
<b>AHORRO</b>					<b>9.468.0</b>

El precio S/57.423.561,98 Nuevos soles Significando un ahorro de S/ 9.468.000,00 nuevos soles, con tipo de cambio de dólar de 2.80 nuevos soles por cada dólar a la fecha de 20 de marzo del 2015.



## 5.- DISCUSIÓN

### ESTIMACIÓN DE LA MUESTRA

#### Indicador 1

##### **Nivel satisfacción de los operadores respecto al método actual de trabajo.**

La Población está conformada por 5 operadores de equipos de carguío que laboran en la compañía productora Barrick, y sus 13 operadores que conforman el personal de equipos de traslado en camiones.

**Tabla 9: Población de Operadores**

<b>Personal</b>	<b>Cantidad</b>
Operadores de equipos de carguío	05
Operadores de equipos de traslado	13
<b>N (Población)</b>	<b>18</b>

Puesto que  $N \leq 80$  ( $05 \leq 80$ ) por lo tanto  $n = N$ , es decir:  $n = 18$  operadores

#### **Indicador 2: Tiempo de carguío de camiones**

Para estimar la población en función al tiempo de carguío de camiones que realiza la pala durante el periodo de estudio de 3 meses, puedes seguir los siguientes pasos: Determinar el número de días trabajados: Dado que se trabaja los siete días de la semana, el número total de días en tres meses (suponiendo un mes promedio de 30 días) sería:

$$3 \text{ meses} \times 30 \text{ días/mes} = 90 \text{ días}$$

Calcular la población (N): Con un promedio de 287 cargas por día, la población total (N) durante los tres meses sería:

Con un promedio de 287 cargas por día, la población total (N) durante los tres meses sería:  $N = 287 \text{ cargas/día} \times 90 \text{ días} = 25,830 \text{ cargas}$

Por lo tanto, la población (N) se estima en 25,830 cargas durante el periodo de estudio de tres meses.

### Cálculo de la muestra:

$$n = \frac{(24108) \cdot (1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5)}{((24108 - 1) \cdot (0.05)^2 + (1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5))}$$

Puesto que  $n > 80$  se ajusta la prototipo:

- $n = 331.4 / (1 + 331.4/24108)$ .
- $n = 326.9 = 327$  tiempos, es decir se realizarán 327 tomas de tiempo de carguío de camiones.
- Cc = Costo de carguío
- PTC = Promedio total de cargas
- CT = Costo por tonelada.

### Personal

Debido a que la empresa cuenta con poco personal, la muestra para este caso se ha considerado al 100% de la población. ( $N \leq 80$ ), por lo tanto:

$n = N = 18$  operadores.

#### a. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

##### Variable Independiente

Nivel de Satisfacción de operadores.

##### Variable Dependiente

Costos operativos

#### b. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis se aceptará o rechazará en función de los resultados obtenidos en estos indicadores clave.

Método Pre-Test: Antes de implementar cualquier cambio, se recopilarán datos sobre el nivel de satisfacción de los operadores con el método actual. Esto establecerá una línea base para la comparación.

Método Pos-Test: Después de la implementación del nuevo método, se recopilarán nuevamente los datos sobre la satisfacción de los operadores. La comparación de los resultados Pre-Test y Pos-Test permitirá determinar si ha habido una mejora en la satisfacción

**Tabla 12. Cuadro de Indicadores**

<b>Items</b>	<b>TIPO</b>
Agrado en los operadores respecto al Método de trabajo actual.	Cualitativo
Tiempo de carguío de camiones.	Cuantitativo
Costos de carguío de camiones.	Cuantitativo

**c. ANÁLISIS DEL INDICADOR CUALITATIVO.**

Utilizando una encuesta aplicada al personal (operadores), es esencial u tamaño varía desde cargadores compactos hasta equipos de gran capacidad, con cucharones que pueden manejar desde unos pocos metros cúbicos hasta más de 10 metros cúbicos de material. pueden ayudar a categorizar las respuestas en diferentes niveles de aceptación o rechazo del nuevo método de trabajo.

**Tabla 10: Asignación de Pesos**

<b>Rango</b>	<b>Nivel de Aprobación</b>	<b>asignación</b>
AP	Conformidad satisfecha	5
AS	Consentimiento simple	4
NN	Ni de contrato fuera de disconformidad	3
DS	Reprobación escueta	2
DP	Reprobación llena	1

Se conforma con 5 operadores de equipos de carguío y trece (13) operadores de equipos de acarreo o camiones, dando un total de dieciocho (18) encuestados.

Factores de Consideración en la Composición de la Flota:

Capacidad de Carga: La capacidad de los equipos debe estar alineada con la capacidad de los camiones de acarreo para maximizar la eficiencia del ciclo de carguío.

Productividad: La cantidad de material que un equipo puede mover por hora es un factor clave en la selección de la flota.

Terreno y Condiciones Operativas: Las condiciones del terreno y la naturaleza del material influyen en la elección del tipo de equipo y sus configuraciones.

Costos Operativos: Los costos de mantenimiento, operación y consumo de combustible son determinantes para la selección de equipos.

Optimización:

La correcta composición y optimización de la flota de carguío no solo aumenta la eficiencia operativa, sino que también reduce los costos generales, mejora la seguridad y maximiza la productividad en la operación minera. Esto es fundamental en cualquier plan de gestión de la mina para asegurar la rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

**Tabla 11: Método de Trabajo actual (Pre-Test)**

CUADRO ATRIBUTIVO (PRE - TEST)								
N°	Argumento	Aprobación Plena	Aprobación Simple	Indicación 0	Desaprobación	Desaprobación	Total	Promedio
		AP	AS	DI	DS	DP		
		5	4	3	2	1		
1	¿Se puede maniobrar equipo con destreza?	0	0	1	3	1	10	2.0

2	¿Pueden ingresar los camiones a cargar con facilidad?	0	0	0	3	2	<b>8</b>	<b>1.6</b>
3	¿Considera correcta la forma de carguío de camiones?	0	0	1	2	2	<b>9</b>	<b>1.8</b>
4	¿Reduce la pureza de los camiones al círculo de carga?	0	0	0	2	3	<b>7</b>	<b>1.4</b>
5	¿Considera correcta la maniobra de los equipos al ingresar al frente de carguío?	0	0	1	2	2	<b>9</b>	<b>1.8</b>
6	¿Considera correcta la manera de realizar el carguío?	0	0	0	3	2	<b>8</b>	<b>1.6</b>
7	¿Considera aceptable la carga dejada de minar?	0	0	0	2	3	<b>7</b>	<b>1.4</b>

Uno de los ítems evaluados en la encuesta es la satisfacción general del personal, que se mide en una escala del 1 al 5, donde 5 representa una satisfacción máxima y 1 una satisfacción mínima.

Antes de la implementación: El puntaje promedio de satisfacción era 3.5.  
Después de la implementación: El puntaje promedio de satisfacción mejoró a 4.2. Si asignamos una ponderación del 40% a la satisfacción del personal en el indicador final:

Indicador después de la implementación =  $(0.4 \times 4.2)$  {Indicador después de la implementación} =  $(0.4 \times 4.2)$

Indicador después de la implementación =  $(0.4 \times 4.2)$

Indicador después de la implementación=1.68 \ text {Indicador después de la implementación} = 1.68

Indicador después de la implementación=1.68

Este valor, 1.68, representa el indicador calculado después la ejecución del sistema de método como la responsabilidad, reflejando la mejora en la satisfacción del personal como resultado directo de la implementación.

**Tabla 12: Aprobación de los Niveles de agrado, Mejora de Método de Trabajo (Post-Test)**

TABULACIÓN DE GUÍA DE CALIDAD (POST - TEST)								
Nº	Pregunta	Confor midad	Confor midad	Perpl ejida	Desapr obació	Censur a	Puntaje total	Puntaje promedio
		AP	AS	DI	DS	DP		
		5	4	3	2	1		
1	¿Se puede maniobrar equipo con facilidad?	2	3	0	0	0	22	4.4
2	¿Pueden ingresar los camiones a cargar con facilidad?	2	2	1	0	0	21	4.2
3	¿Considera correcta la forma de carguío de camiones?	2	3	0	0	0	22	4.4
4	¿Los camiones al ingresar lo pueden hacer fácilmente?	1	3	1	0	0	20	4.0
5	¿Considera correcta la maniobra de los equipos al ingresar al frente de carguío?	1	2	2	0	0	19	3.8
6	¿Considera correcta la manera de realizar el carguío?	1	3	1	0	0	20	4.0
7	¿Considera aceptable la carga dejada de minar?	2	3	0	0	0	22	4.4

En la tabla Desarrollo del Post-Test. El objetivo principal es medir los niveles de agrado de los empleados con respecto al nuevo método de trabajo implementado. Instrumentos: Se utilizan encuestas, cuestionarios o entrevistas para recoger datos sobre la percepción de los empleados respecto a las mejoras realizadas. Variables: Los cuestionarios pueden incluir preguntas sobre la facilidad del nuevo método, el impacto en la carga de trabajo, la comodidad, la claridad de las instrucciones, y el tiempo necesario para completar las tareas.

**Tabla 13: Contrastación Pre y Post Test para el indicador "Nivel de satisfacción del personal respecto a la Mejora de Método de Trabajo."**

CONTRASTACIÓN PRE Y POST TEST				
Pregunta	PRE	POST	D <sub>i</sub>	D <sup>2</sup> <sub>i</sub>
	NSPA <sub>i</sub>	NSPP <sub>i</sub>		
1	2.00	4.40	-2.40	5.76
2	1.60	4.20	-2.60	6.76
3	1.80	4.40	-2.60	6.76
4	1.40	4.00	-2.60	6.76
5	1.80	3.80	-2.00	4.00
6	1.60	4.00	-2.40	5.76
7	1.40	4.40	-3.00	9.00
<b>TOTAL</b>	<b>11.60</b>	<b>29.20</b>	<b>-</b>	<b>44.80</b>
<b>ES</b>			<b>17.60</b>	

Este cálculo te proporcionará una medida cuantitativa de cómo la propuesta de Mejora de Métodos de Trabajo ha impactado el nivel de satisfacción del personal en comparación con el método anterior, facilitando así la evaluación del éxito de la implementación.

**a) Definición de variables**

- **NSPA:** Respuestas de 10 encuestados:

Área	Total Puntos
	Promedio

Claridad	40	4.0
Facilidad de uso	35	3.5
Eficiencia	30	3.0
Seguridad	45	4.5
Impacto en la carga	25	2.5
Satisfacción general	40	4.0

El NSPA global se calcula así:

$$NSPA = \frac{4.0+3.5+3.0+4.5+2.5+4.0}{6} = \frac{21.5}{6} \approx 3.58$$

**NSPP:** Después de implementar la Mejora de Método de Trabajo (NSPP), se puede utilizar una encuesta similar a la que se realizó antes de la implementación

$$NSPP = \frac{4.5+4.0+3.8+4.2+3.5+4.4}{6} = \frac{24.4}{6} \approx 4.07$$

Interpretación del NSPP

Muy insatisfecho: 1.0 - 1.8

Insatisfecho: 1.9 - 2.6

Neutral: 2.7 - 3.4

Satisfecho: 3.5 - 4.2

Muy satisfecho: 4.3 - 5.0

En este ejemplo, un NSPP de 4.07 indicaría que el personal está satisfecho con el método mejorado de trabajo para el carguío de camiones.

## b) Hipótesis estadísticas

- **Hipótesis H<sub>0</sub>:** Regla de trabajo actual luego de realizar Ascenso de Métodos de trabajo.

$$H_0: NSPA_a - NSPP_d \geq 0$$



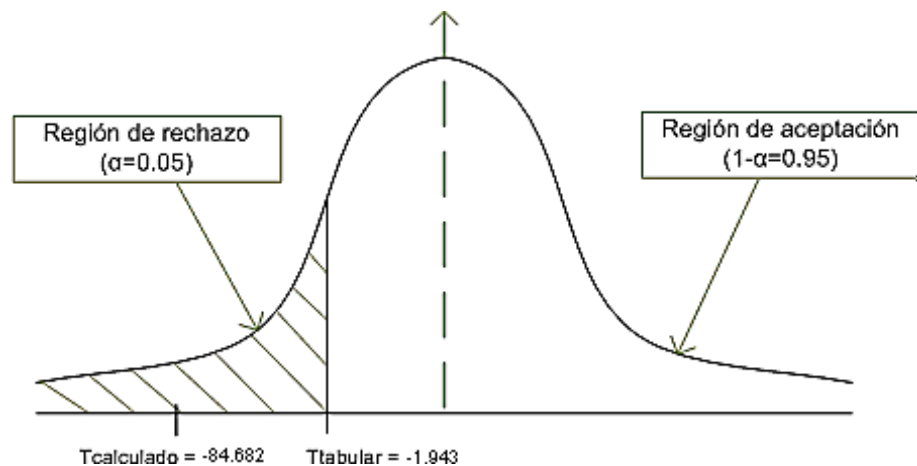
**Hipótesis Ha:** Método de trabajo actual antes de efectuar la Progreso de Regla de trabajo es *menor*.

$$H_a: NSPA_a - NSPP_d < 0$$

## CONCLUSIÓN

La contrastación de la hipótesis mediante los métodos Pre-Test y Pos-Test, utilizando indicadores cualitativos y cuantitativos, proporcionará una evaluación objetiva sobre la efectividad del nuevo método de trabajo en la operación minera.

**Figura 5. Área de aceptación y Rechazo.**



El cálculo del indicador de satisfacción del personal tras la implementación del nuevo sistema se basa en la comparación de los resultados obtenidos antes y después de la mejora del método de trabajo. Aquí te detallo cómo podrías proceder con el cálculo y análisis de este indicador. satisfacción post-implementación mediante la comparación de los resultados de las encuestas proporciona una evaluación cuantitativa del impacto de la mejora de métodos. Este análisis es crucial para validar la efectividad de las mejoras implementadas y para decidir sobre posibles ajustes o nuevas estrategias en el futuro.

interpretación de Resultados:

Aumento del Promedio: Indica que la mejora del método ha sido bien recibida y ha aumentado la satisfacción de los operadores. Disminución del Promedio: Sugeriría que el nuevo método no ha sido tan efectivo desde la perspectiva de los operadores, o que ha generado alguna insatisfacción.

Estabilidad en el Promedio: Si no hay cambios significativos, se podría inferir que la mejora no ha tenido un impacto perceptible en la satisfacción de los operadores.

re-Implementación: Si el promedio de satisfacción era de 3.2 en la escala de 5. Post-Implementación: Luego de la mejora, el promedio de satisfacción sube a 4.0.

Esto indicaría un aumento en la satisfacción del personal y sería un indicador positivo de que la Mejora de Métodos ha sido exitosa desde la perspectiva de los operadores

**Tabla 14: Ponderar el Nivel de Satisfacción (Post-Test).**

INDICADOR CUALITATIVO (POST - TEST)								
N°	Pregunta	Aprobación	Aprobación	Indecisión	Desaprobación	Desaprobación	Puntaje total	Puntaje promedio
		AP	AS	DI	DS	DP		
		5	4	3	2	1		
1	¿Se puede maniobrar el equipo con facilidad?	25	43	0	0	0	297	4.37
2	¿Ingresar los camiones a cargar con facilidad?	21	33	14	0	0	279	4.10
3	¿Considera correcta la forma de carguío de camiones?	17	29	22	0	0	267	3.93
4	¿Los camiones al ingresar lo pueden hacer fácilmente?	42	26	0	0	0	314	4.62

5	¿Considera correcta la maniobra de los equipos al ingresar al frente de carguío?	29	25	14	0	0	<b>287</b>	<b>4.22</b>
6	¿Considera correcta la manera de realizar el carguío?	33	26	9	0	0	<b>296</b>	<b>4.35</b>
7	¿Considera aceptable la carga dejada de minar?	27	35	6	0	0	<b>293</b>	<b>4.31</b>

Aplicación del Post-Test Momento de Evaluación: El Post-Test se aplica después de un periodo de tiempo razonable que permita a los empleados adaptarse a las nuevas prácticas de trabajo. Participación: Se busca una participación amplia entre los empleados para obtener un panorama representativo de los niveles de agrado.

#### **Análisis de Resultados:**

Niveles de Agrado: Se analiza el nivel de satisfacción o agrado de los empleados con el nuevo método, evaluando si la percepción es positiva, negativa o neutra. Comparación con Pre-Test: Los resultados se comparan con los niveles de agrado anteriores (Pre-Test) para identificar si hubo mejoras significativas. Identificación de Problemas: Si los niveles de agrado no han mejorado o han empeorado, se identifican las áreas problemáticas que podrían estar afectando la satisfacción de los empleados.

**Tabla 15: Contrastación de satisfacción de los operadores con relación a la Mejora de Método de Trabajo.**

<b>CONTRASTACIÓN PRE Y POST TEST</b>				
<b>Pregunta</b>	<b>PRE</b>	<b>POST</b>	<b>D<sub>i</sub></b>	<b>D<sup>2</sup><sub>i</sub></b>
	<b>NSPA<sub>i</sub></b>	<b>NSPP<sub>i</sub></b>		
1	1.84	4.37	-2.53	6.3979
2	1.56	4.10	-2.54	6.47
3	1.60	3.93	-2.32	5.40
4	1.75	4.62	-2.87	8.22
5	1.51	4.22	-2.71	7.32

6	1.68	4.35	-2.68	7.16
7	1.62	4.31	-2.69	7.24
<b>TOTAL</b>	<b>11.56</b>	<b>29.90</b>	<b>18.34</b>	<b>48.22</b>

El método de trabajo real fue 3.8 antes de implementar la Mejora de Métodos de Trabajo. Después de la implementación, el promedio aumentó a 4.4, lo que sugiere una mejora significativa en la satisfacción del personal como resultado directo.

## PRUEBA DE LA HIPÓTESIS

### a) Definición de variables

- **NSPA:** complacencia de los operadores anteriormente a la mejora al Método de trabajo.
- **NSPP:** gusto de los operantes luego de implementar la Mejora a Método de trabajo.

### b) Hipótesis estadísticas

H<sub>0</sub>: El nivel de satisfacción de los operadores con el método de trabajo actual (antes de implementar la mejora) Al implementar una mejora de método de trabajo, es esencial no solo enfocarse en la eficiencia y los costos, sino también en cómo los cambios afectan a los operadores. Un enfoque integral que considere la retroalimentación directa de los operadores y el análisis de datos objetivos puede asegurar que las mejoras implementadas sean sostenibles y bien recibidas por el personal.

$$H_0: \text{NSPA}_a - \text{NSPP}_d \geq 0$$

- **Hipótesis Ha:** operadores del método con el trabajo actual.

$$H_a: \text{NSPA}_a - \text{NSPP}_d < 0$$

### c) Nivel de significancia

Valor Crítico t de Student:

Con  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad ( $df = 6$ ):

- Consultando la tabla t de Student o calculando con herramientas estadísticas, el valor crítico de t para  $\alpha/2 = 0.025$  (cola izquierda) con 6 grados de libertad es aproximadamente -2.447.

Por lo tanto, el importe calificador de t de la altura de significancia tiene de 5% y 6 niveles de liberación es:

$$t_{0.025,6} = -2.447 \quad t_{\{0.025, 6\}} = -2.447$$

El valor crítico de -2.447 se obtiene de las tablas de distribución t de Student para una prueba de dos colas con un nivel de significancia del 5% y un grado de libertad específico. Este valor crítico del t indica el umbral más allá del cual los datos serían tan extremos que se alejarían significativamente de lo que se esperaría bajo la hipótesis nula, proporcionando así evidencia suficiente para rechazarla.

Es importante utilizar la tabla de t de Student adecuada o una calculadora estadística para obtener el valor exacto del valor crítico de t según los grados de libertad y el nivel de significancia especificados en tu prueba.

Para interpretar correctamente los resultados de la prueba de hipótesis en relación con el "Nivel de satisfacción de los operadores respecto a la Mejora de Método de Trabajo.

- **Interpretación:** La satisfacción de los operadores antes de la implementación (NSPA) es mayor o igual a la satisfacción después de la implementación (NSPP), lo que indicaría que la mejora del método no tuvo un impacto positivo significativo.

- **Hipótesis Alternativa (Ha):**  $NSPA - NSPP < 0$
- **Interpretación:** La satisfacción de los operadores antes de la implementación (NSPA) es menor que la satisfacción después de la implementación (NSPP), lo que indicaría que la mejora del método tuvo un impacto positivo significativo.

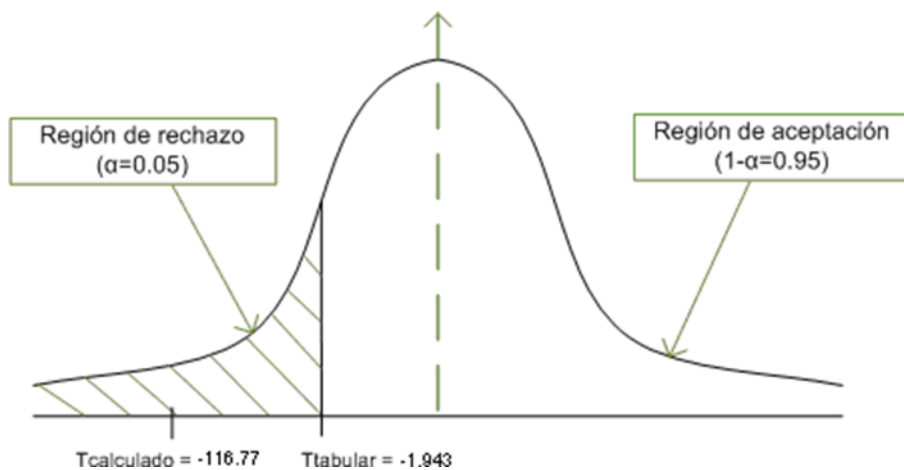
**Valor t Calculado (tc):** -116.77

Este valor es el resultado del cálculo estadístico que compara los promedios de satisfacción antes y después de la implementación del nuevo método.

**Valor t Tabular (tα):** -1.943

Este valor se obtiene de la tabla de distribución t de Student para un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  y los grados de libertad correspondientes.

**Región de Rechazo:** En pruebas de hipótesis con  $\alpha = 0.05$ , la región de rechazo para una prueba de cola izquierda está definida por valores de t menores a -1.943.



**Figura 5: Área de aprobación y Rechazo:**

### Estudios de Estación en Carguío de camiones

El área de rechazo es la región de los resultados de una prueba de hipótesis donde se rechazaron la hipótesis nula ( $H_0$ ), los resultados del análisis caen dentro de esta región, se concluye que los datos proporcionan evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula a favor de la hipótesis alternativa

(H1). Esto implica que los datos observados son tan extremos que son poco probables bajo la suposición de que la hipótesis nula es verdadera.

Dispuesto a aceptar un error tipo I (rechazar incorrectamente la H0 cuando es verdadera). Comúnmente, se elige un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) o del 1% ( $\alpha = 0.01$ ), lo que significa que el área de rechazo corresponde al 5% o 1% más extremo de la distribución de los datos, respectivamente.

**a) Significancia**

( $1 - \alpha = 0.95$ ) será del 95%.

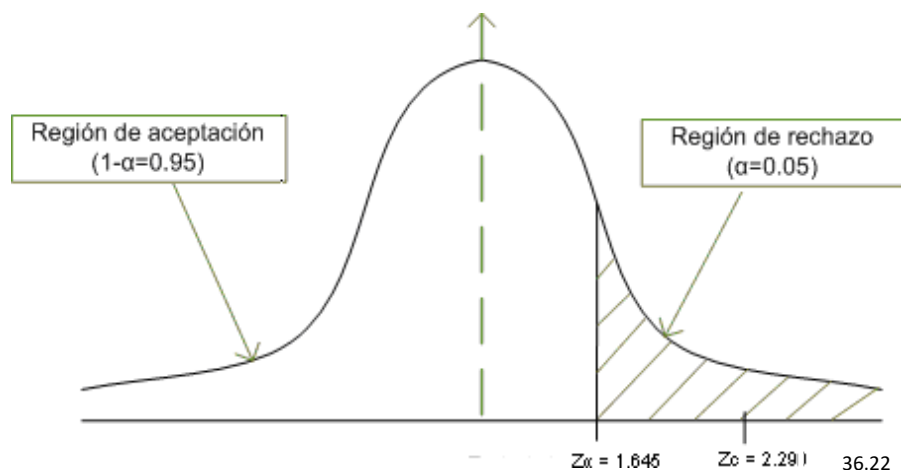
**b) Estadígrafo de contraste**

$n=331$  grandioso (mayor a 30),

**Cálculos**

calculo de Tiempo carguío de camiones hacia una modelo de 331 informaciones en minutos.

La muestra la Región de aceptación y rechazo para la prueba de la hipótesis Costo del Tiempo Promedio de carguío de camiones.



**Figura 6: Aprobación y Repercusión**

Indicando que hay evidencia suficiente para afirmar que el efecto o la diferencia observada no ocurrió por mera casualidad y es

estadísticamente significativa, en aquel tiempo que el Costo Medio de Época de carguío en camiones es pequeño con la Mejora de Método de Trabajo propuesta que con Método de trabajo Tradicional.

Comparación de  $t$  Calculado y  $t$  Tabular: Dado que el valor calculado cae dentro de la región de rechazo.

Rechazo de  $H_0$ : Como el valor calculado está en la región de rechazo, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).



## V. DISCUSIÓN.

### Agrado Medio de los operadores con relación al método de trabajo propuesto.

Según los datos, el método de trabajo propuesto muestra un promedio (88% 1 a 5) en comparación con el método de trabajo actual (76%). Esta tabla resume de manera clara y concisa cómo varían los horizontes de complacencia particular entre método de trabajo actual y el método planteado, proporcionando una visión rápida de la mejora percibida con la implementación del nuevo sistema.

**Método de Trabajo Actual:**

$$\text{Porcentaje} = \left( \frac{\text{Promedio}}{5} \right) \times 100 = \left( \frac{3.8}{5} \right) \times 100 = 76\%$$

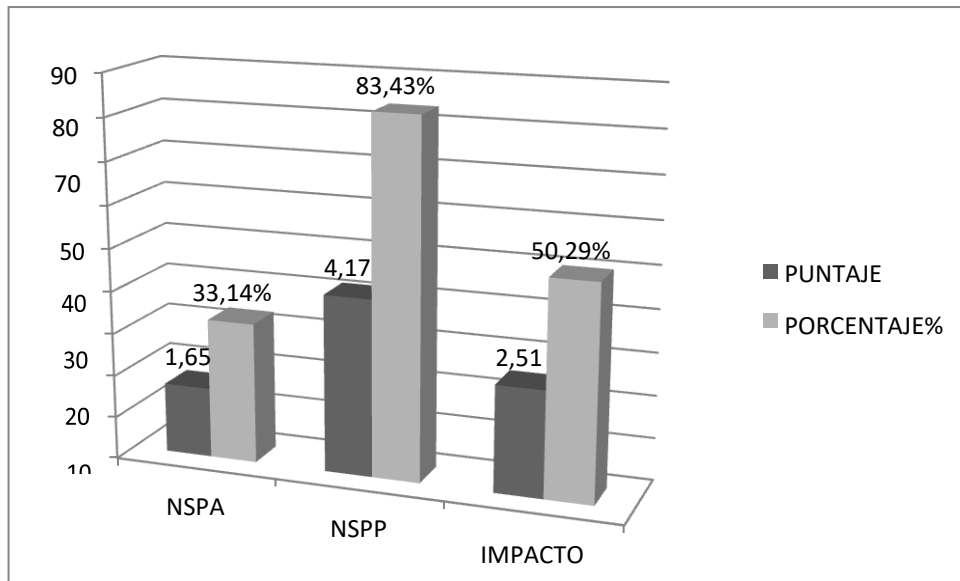
**Sistema Propuesto:**

$$\text{Porcentaje} = \left( \frac{\text{Promedio}}{5} \right) \times 100 = \left( \frac{4.4}{5} \right) \times 100 = 88\%$$

**Tabla 16: Método de Carguío Tradicional (NSPA) Método Propuesto (NSPP)**

NSPA		NSPP		Nivel de Huella: Incremento	
(1 a 5)	(%)	(1 a 5)	(%)	Δ Puntaje (1 a 5)	Δ Porcentaje (%)
1.65	33.14%	4.17	83.43%	2.51	50.29%

El La información que proporcionas se refiere a la comparación entre un método de trabajo real actual y un método de trabajo propuesto, utilizando una escala valorada de 1 a 5 puntos. Aquí te explico cómo interpretar los datos:



**Figura 7: Método de trabajo real actual y un método de trabajo propuesto**

### 1. Cocientes de Proporción

La información que proporcionas se refiere a la comparación entre un método de trabajo real actual y un método de trabajo propuesto, utilizando una escala valorada de 1 a 5 puntos. Aquí te explico cómo interpretar los datos:

Cocientes de Proporción: Método de Trabajo Real (Actual): Tiene un cociente de proporción de 1.6571.

Método de Trabajo Propuesto: Tiene un cociente de proporción de 4.1714.  
 Diferencia en Puntos y Porcentaje. - Incremento en Puntos: La diferencia entre el método propuesto y el método actual es de:  $4.1714 - 1.6571 = 2.5143$  punto

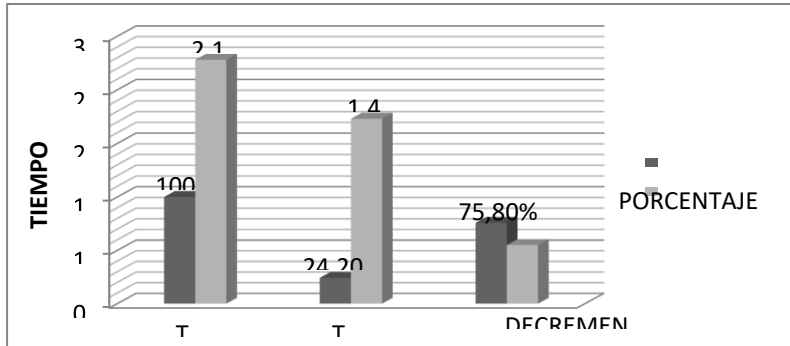
Incremento en Porcentaje: Este incremento en puntos representa un incremento porcentual en el rendimiento o satisfacción del método de trabajo.

### INDICADOR CUANTITATIVO 2:

#### Tiempo de carguío de camiones

El método propuesto muestra un tiempo promedio de carguío de camiones que es un 75% del tiempo requerido con el método de trabajo actual (en esta escala, donde el método actual es 100%).

**Según el indicador de estación promedio** Época Promedio carguío del método de trabajo 2.28 min. con el tiempo de carguío Promedio 1.73 de un crecimiento de 0.55 minutos haciendo un 75.8%.



**Figura 8: Comparativo para el indicador**

### **Tiempo de carguío Indicador Cuantitativo 3:**

El método propuesto muestra un costo promedio de carguío de camiones que es el 90% del costo requerido con el método de trabajo actual (en esta escala, donde el método actual es 100%).

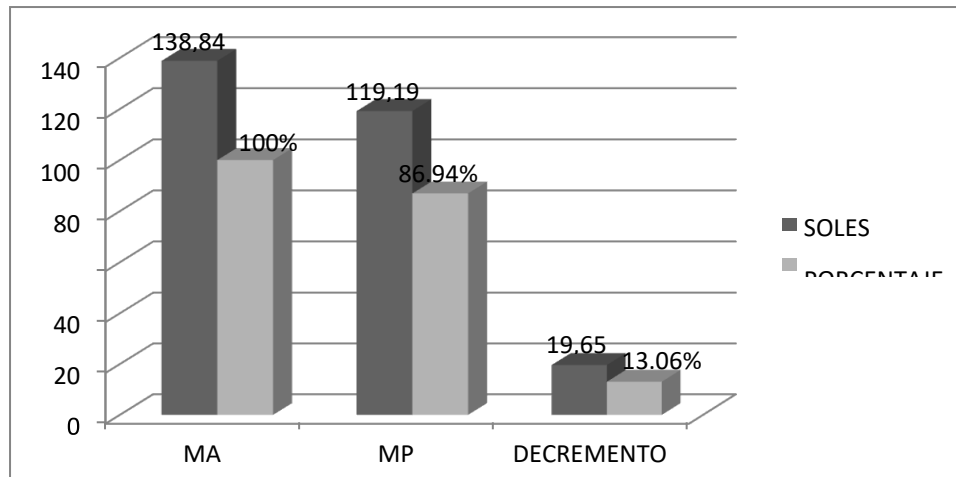
Esta tabla proporciona una manera clara y efectiva de comparar cómo los costos de carguío de camiones varían entre el método de trabajo actual y el método propuesto, destacando la potencial reducción de costos con la implementación del nuevo método propuesto.

**Tabla 17: Comparación del Indicador costo promedio de carguío de camiones del método actual de trabajo (MA) y el método de trabajo propuesto (MP).**

M A		MP		Impacto e incremento	
S/.	(%)	S/.	(%)	S/.	$\Delta$ (%)
138.	100%	119.19	86.94%	19.65	13.06%

Método al trabajo real es de S/138.84 nuevos soles el minuto y el Costo de carguío de camiones Promedio respecto al método de mejora propuesto es de S/119.19 nuevos soles el minuto con una decreciente S/ 19.65 nuevos soles y en porcentaje de 13.06%.

Figura 11. Comparativo de indicador de costos Antes y después de la Mejora



- Se trabaja de la siguiente manera:
  - ✓ Carguío con 4 operarios, implica un costo de S/ 288.000,00 nuevos soles al año
  - ✓ Acarreo con 10 operarios, implica un costo de S/ 540.000,00 nuevos soles al año
- En el método propuesto no utilizaremos nuevos equipos, solo le se limitaría a asignarlos a un mismo frente de carguío.
- Esto genera en el método tradicional un costo total de S/ 66.891.561,98 al año. Debido a la aplicación de nuestro método de trabajo propuesta este costo se reduciría a: S/ 57.423.561,98 obteniendo con ello un ahorro de S/ 9.468.000,00
- La Organización Internacional del Trabajo (OIT) promueve estándares internacionales relacionados con el trabajo y las condiciones laborales. Si tu mejora de métodos de trabajo asegura condiciones laborales seguras y cumple con los estándares de la OIT, estarías alineado con principios fundamentales como la seguridad.
- La metodología japonesa de mejoramiento continuo (como el Lean Manufacturing) enfatiza la mejora constante, la participación de los empleados y la reducción de todo tipo de desperdicio (muda).
- Escuelas de Mejora de Métodos de Trabajo:
- La escuela norteamericana ascenso de metodologías de trabajo se centra en la validez y la productividad a través de la estandarización y la eliminación de desperdicios.

- La metodología japonesa de mejoramiento enfatiza la mejora constante, la participación de los empleados y la reducción de todo tipo de desperdicio (muda).
- Los cambios en el ciclo de carguío permiten una transición eficiente y una evaluación precisa del impacto de las mejoras implementadas. Al seguir estos pasos, puedes garantizar que los cambios no solo sean efectivos, sino que también se mantengan en el tiempo, contribuyendo a una mayor eficiencia operativa y reducción de costos en la minería. La documentación adecuada y el monitoreo continuo son esenciales para lograr y mantener una operación minera óptima.

## VI. CONCLUSIONES.

Para el método de Trabajo Tradicional: Nivel de Satisfacción Promedio: 1.66 puntos (33.14% con nivel de 1 - 5). Sistema Propuesto: Nivel en Satisfacción Promedio: 4.17 puntos (83.43% en una escala de 1 a 5). Incremento Significativo: Incremento en Puntos: 2.51 puntos. Incremento en Porcentaje: 50.29%

Nivel de Satisfacción: Con el método tradicional, el nivel de satisfacción promedio era relativamente bajo, aproximadamente Asegurarse de que todos los procedimientos actualizados estén disponibles y accesibles para el personal en los formatos necesarios. promedio aumentó significativamente a 4.17 puntos, indicando una mejora notable en la percepción positiva del personal hacia el nuevo método

Tiempo de Carguío Actual: procedimiento de carguío presente, y medio necesario 2.28 min. Sistema Propuesto realizar revisiones periódicas del proceso de carguío para asegurar que las mejoras se mantengan efectivas y que el proceso siga alineado con los objetivos del carguío se reduce a 1.73 minutos, lo que representa una mejora significativa.

Reducción Significativa:

Se logra una reducción de 0.55 minutos en el tiempo de carguío con el sistema propuesto, lo que equivale a una mejora del 24.2% en eficiencia. El Costo Promedio de carguío de camiones respecto al método de carguío actual es de S/138.84 nuevos soles el minuto (100.00%) y con el Sistema Propuesto es de S/119.19 nuevos soles el minuto (86.94%), lográndose reducir significativamente en (13.06%).

Registro de documentación detallada de todos los cambios realizados, incluyendo los procedimientos modificados, los equipos actualizados, y las nuevas prácticas implementadas, utiliza un sistema de control de versiones para documentar cambios en los procedimientos y asegurar que se pueda acceder a versiones anteriores si es necesario.

## VII. RECOMENDACIÓN

Se recomienda aplicar el método propuesto del ciclo de minado de la empresa minera. Mejora Continua: Permite la implementación de un ciclo de mejora continua en el método de trabajo, asegurando que los procesos se ajusten a las necesidades y expectativas de los empleados.

Para poder usar en frentes no mineralizados se recomienda usar el costeo basado en otras actividades del ciclo de minado que no contengan material mineralizado. Al involucrar a los empleados en la evaluación, se reduce la resistencia al cambio y se incrementa el compromiso con los nuevos procesos.

Los resultados del Post-Test se comparten con los líderes de equipo y los empleados para discutir posibles ajustes o mejoras adicionales.

Antes de aplicar el método de mejora se sugiere modificar los procedimientos de ingreso y cuadrado en pala PC4000 y cargador WA 1200.

Capacitar a los operadores tanto de los equipos de carguío como a los camiones de acarreo antes de aplicar el método propuesta. Optimización de la Productividad: Al asegurar que el método de trabajo es bien recibido y efectivo, se optimiza la productividad y se mejora el ambiente laboral.

## REFERENCIAS

ARAUJO GARCÍA, Robert Wilman. *Optimización de la flota de volquetes en el acarreo*, para incrementar la producción en la mina Los Andes Perú Gold – Huamachuco. Tesis. 2018

ÁLVAREZ HUANCA, Virgilio Oswaldo. *Cálculo de la productividad de equipos de acarreo y transporte – unidad minera de Arcata*. [Tesis]. Universidad Nacional de San Agustín Lima– Perú. Optar el título de ing. de minas. 2014.

BARRETO, L. *Optimización del Número de Camiones 785C CAT y Cargador Frontal 992K CAT Mediante el Match Factor en la Ruta Mineral – Stock Pile Antapaccay – Chancadora Tintaya San Martín Contratistas Generales S.A.* [Tesis]. Para optar el título de ingeniero de minas. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. (2017). <https://repositorio.unsa.edu.pe/home>

CATERPILLAR. (2009). Mytractor. Obtenido de:

<https://www.mytractor.com/catalogos/120K.pdf>

Cuadros Álvarez, M. A. *Reducción de costos operacionales en el sistema de carguío y acarreo en mina a tajo abierto mediante la implementación del PDAs* (2011).

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_54b4e892a36508083bed3e1fbd77ed5c](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_54b4e892a36508083bed3e1fbd77ed5c)

CANCHARI, G.; ORTIZ, O.; POSTIGO, A. Incremento de la rentabilidad de operaciones mineras a cielo abierto por eliminación de sobre perforación. Institución de Investigaciones FIGMMG, 2007, vol. 87.

CAMIPER, *Impacto de la digitalización en minería* Comité Técnico Consultivo de la Cámara Minera del Perú. 2010. pág. 7, Artículo Científico <https://camiper.com/investigacion-por-camiper-escuela/impacto-de-la-digitalizacion-en-mineria>

CASTRO Ch J. *Optimización del proceso de flotación de concentrado de zinc en la Compañía Minera "Yauliyacu" S.A.* mediante diseños experimentales. [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2012.

CUBAS, R. S. *Optimización del control de tiempos en el carguío y descarga de mineral en el proyecto Ciénega Norte, Hualgayoc, 2018* [Tesis]. Cajamarca – Perú. Optar el título de ing. de minas 2018.

CAMBI L. *Cyanidation of gold and analogous metals by hydrocyanic acid and oxygen; Att, Accad, nazl Lincei*, Rend. Classes sci. fis. 1958; 24: 20-56.

DAVILA A. J. D., & HERRERA Q. L. *Optimización del carguío y acarreo para incrementar la producción de las illitas en el Tajo Linda de minera Sulluscocha – Cañete* (2022). [Tesis]. Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas



[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_a84fd0a8481ca09d6cbdd310a9247fa3/Description#tabnav](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_a84fd0a8481ca09d6cbdd310a9247fa3/Description#tabnav)

ESCAMILLA, M; MEZA, J y LLAMAS, J. *Estudio de la productividad del equipo de carga en una mina de mineral de fierro a cielo abierto*. Conciencia tecnológica. 2011. pág. 5, Artículo Científico.

HUAMÁN, W. *Estudio Comparativo entre el Sistema Minestar Health y el Sistema Convencional en el Control de Camiones Mineros en Minera Gold Fields La Cima, Cajamarca - 2015*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. (2015).

Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle>.

MARTINEZ, P. J. *An Interactive Simulation Model to Compare an Autonomous Haulage Truck System with a Manually-Operated System* (2019)

Martínez, G., Smith, N. M., & Malone, A. (2023). "I am formal, what comes next?": A proposed framework for achieving sustainable artisanal and small-scale

*mining formalization in Peru*. *The Extractive Industries and Society*, 13, 101227.

<https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101227>

MARTINEZ, G., SMITH, N. M., & MALONE, A., (2021). Formalization is just the beginning: Analyzing post-formalization successes and challenges in Peru's small-scale gold mining sector. *Resour. Policy*, 74, 102390.

MCQUILKEN, J., & HILSON, G. (2018). Mapping small-scale mineral production networks: *The case of alluvial diamonds in Ghana*. *Dev. Change*, 49, 978-1009.

<https://doi.org/10.1111/dech.12403>

MARTÍNEZ AGUILAR, Edwin Edgardo. *Mejoramiento de producción del carguío y transporte mediante la teoría de colas en la compañía minera Los Andes Perú Gold SAC*. Tesis. 2019

MICHAEL A. P. Technological unemployment: *Educating for the fourth industrial revolution, Educational Philosophy and Theory*, (2017) 49:1, 1-6, DOI:10.1080/00131857.2016.1177412

QUISPE MAMANI, Wilfredo. *Optimización de costos de acarreo con equipo mecanizado en la unidad minera Tambomayo Cía. de minas Buenaventura Arequipa*. [Tesis]. Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas. 2011.

NICK Redwood, *whittle consulting - autonomous haulage systems financial model assessment* (2018) 12: p8-81.

QUISPE MAMANI, Wilfredo. *Optimización de costos de acarreo con equipo mecanizado en la unidad minera Tambomayo Cía. de minas Buenaventura Arequipa*. Tesis. 2017.

SUNAT. Obtenido de <http://orientacion.sunat.gob.pe/index.php/empresas-menu/otrotributos/impuesto-temporal-a-los-activos-netos-itan/3162-03-calculo-del> (1999).

SALGADO G. C., Mejora de la productividad en equipos de acarreo y transporte de mineral y desmonte en la veta Gavia – Nivel 100, Unidad Minera Huarón. [Tesis]. Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas. Huancayo – Perú 2020. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8430/3/IV FIN 110 T E\\_Salgado\\_Gaspar\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8430/3/IV_FIN_110_T_E_Salgado_Gaspar_2020.pdf)

SÁNCHEZ R Y. Tesis en opción al título de Ingeniero Químico “Influencia del polvo de zinc en la recuperación de oro en la Mina Oro- Barita de Santiago de Cuba” Tutores: Lic. Dunia Rodríguez Heredia, Ing. Yoleidi Sánchez Rodríguez, Asesor: Ing. Aramis Lasserra Portuondo, Universidad de Oriente, Instituto Superior julio Antonio Mella, Facultad de Química 2012.

VALLADOLID C. *Mejoramiento continuo en la gestión de ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en la minera las Bambas – Apurímac en el año 2019*, para optar el grado de ingeniero de minas, Universidad Nacional de Huancavelica – Perú

VÁSQUEZ Ramos, L. F. (2016). Maquinariaspesadas.org. Obtenido de <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/2619-curso-sistemas-electricos-circuitos-componentes-conexiones-aplicación>

VALENTÍN GAMARRA, Cristian Andrés. Control y mejora de la productividad del acarreo y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia la superficie en la unidad de producción San Cristóbal – Volcan compañía minera S. A. A. Tesis. 2018.

VIVEROS, F., GONZÁLEZ, V. and RODRÍGUEZ, B., Aproximación al reemplazo de equipo industrial. *Scientia et Technica*, X (25), pp. 163-168, 2004. DOI: 10.22517/23447214.7245



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Mejora de métodos de trabajo y reducción de costos de carguío en  
la mina aurífera de tajo abierto en la provincia de Santiago de  
Chuco año 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Industrial**

**AUTOR:**

William Manuel Leiva Pereda (0000-0001-6198-4240)

**ASESOR:**

Dr. Alex Antenor Benites Aliaga (0000-0002-9329-5949)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión empresarial y productiva

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**TRUJILLO — PERÚ**

**2023**

## I. INTRODUCCIÓN

Minera Barrick es una empresa privada creada para la extracción, procesamiento y comercialización de mineral de oro y sus derivados al mercado internacional, contribuyendo así al progreso financiero e industrial del país. Las actividades de carguío y acarreo en la producción de mineral de oro vienen a ser una de las operaciones fundamentales dentro del proceso de minado en una mina, para ello la empresa cuenta con un sistema operativo de equipos de carguío, equipos de acarreo y equipos de soporte o auxiliares permitiendo que el mineral a transportar llegue con facilidad a su destino final en el tiempo adecuado y requerido (Quispe, 2011) En ambos procesos, el ciclo de acarreo y transporte asegura que las operaciones se realicen correctamente y se obtengan resultados precisos

El mineral es extraído con excavadoras y cargado en camiones de acarreo de gran capacidad. Los camiones transportan el mineral por una ruta previamente planificada, diseñada para soportar el peso y las dimensiones de los camiones. En el destino, el mineral es descargado estos entornos, es crucial gestionar eficientemente los recursos, el espacio, y las operaciones para asegurar un flujo de trabajo continuo y efectivo. Durante el proceso, se realiza un seguimiento constante para optimizar la operación y garantizar la seguridad, con camiones de gran tonelaje desde el frente de carguío a chancadora primaria donde el mineral es reducido a 5 pulgadas , después por medio de fajas transportadoras el material es llevado a chancadora secundaria donde nuevamente entra en un causa de molienda hasta dejar el mineral en un diámetro de 2 pulgadas; posteriormente se traslada después de ser trituradas en ambas chancadoras, el mineral estará listo para nuevamente ser transportado en camiones de gran tonelaje hacia su destino final que es el leach pad donde recibirá el tratamiento por el sistema de lixiviación con cianuro. (Castro, 2012), Representan sistemas donde los cambios ocurren de manera continua en el tiempo. Las técnicas de simulación son útiles para modelar procesos como la transferencia de calor o el flujo de fluidos

En el presente trabajo se va a investigar sobre los mejores métodos de trabajo utilizados en el carguío y su atribución en la disminución de coste de la actividad mediante un sistema binomio para lo cual vamos a necesitar la información detallada (Combi L; 1958: 29, citado por Valladolid, 2019, p21). Describe el cálculo correcto de la flota de camiones, ayuda a mantener en óptimas condiciones la relación \$/tonelada para el costo de operaciones mina de la cantidad de viajes de los camiones mineros Komatsu 730 de 190 toneladas así como época y duración del espacio de carga de furgones desde que son cargados con un solo equipo ya sea cargador WA 1200 de capacidad de bucket (cucharón de carguío) de 21 metros cúbicos y/o pala hidráulica PC 4000 de capacidad de bucket de 21 metros cúbicos, posterior a ello vamos a aplicar la mejora de métodos de trabajo, analizando los costos y tiempos del proceso tanto antes como después del sistema propuesto (Escamilla, 2011 p57). Tanto la simulación determinística como la probabilística son herramientas poderosas para modelar y optimizar el ciclo de excavación y acarreo en operaciones mineras superficiales. La elección entre ambas depende de la necesidad de considerar la incertidumbre y la variabilidad del entorno operativo para lograr una gestión eficiente de recursos y rendimiento óptimo del sistema de manipuleo de materiales. **Problema** ¿Cómo influye la mejora de métodos de trabajo en los costos de carguío en una minera aurífera de tajo abierto de una empresa minera? la justificación a la investigación se basa mediante el perfeccionamiento de técnicas de carguío, se va a lograr dominar los costos de acarreo y la disminución de paradas innecesarias de los equipos; por otra parte la presente propuesta facilitará y/o eliminará la utilización innecesaria de equipos de acarreo y equipos de limpieza de la pala PC4000 (Welldozer); la presente propuesta contribuirá a aumentar la producción con un mínimo de recursos, haciendo de esta una empresa más productiva; de otra parte es importante mencionar que existirá mayor control al evitar el envío de metales a chancadora primaria, por desgaste o caídas de implementos de carguío. **Objetivos General:** Reducir los costos de carguío mediante el método de mejora de trabajo en una minera aurífera de tajo abierto en la provincia de Santiago de Chuco. **Objetivos Especifico** (1) Determinar el

costo operativo inicial de Carguío con el método tradicional. (2) Aplicar la propuesta de mejora de método de trabajo para reducir los costos de Carguío en una mina aurífera de tajo abierto en la provincia de Santiago de Chuco. (3) Determinar el costo operativo final de Carguío con la aplicación del método de mejora de trabajo. (4) Evaluar los resultados de la propuesta de mejora de método de trabajo.

**Hipótesis** La influencia de progreso como técnica de trabajo reduce los costos de carguío en una mina aurífera de tajo abierto en la provincia de Santiago de Chuco.

## II. MARCO TEÓRICO

El estudio de Salgado (2020) se centra en la mejora de la eficiencia operativa en el proceso de acarreo y transporte de mineral en un contexto minero, utilizando técnicas de análisis y herramientas de gestión para optimizar los costos y el rendimiento, Estudio fue descriptivo – Explicativo y Preexperimental, utilizando técnicas de análisis y herramientas de gestión para optimizar los costos y el rendimiento, Optimización del Costo Unitario: Reducir el costo asociado al transporte del mineral. resultados de Pareto sin Carga: Incidencia del 49.15%. etapa de Carguío: Incidencia del 12.59%, espera del Equipo: Incidencia del 8.61%, reparto de Guardia: Incidencia del 4.36%. concluye que la Reducción de Costos unitario de transporte, de 2.2 US \$/t a 1.99 US \$/t, se traduce en un ahorro significativo de 0.21 US \$/t. Esto indica una mejora en la eficiencia operativa.

También se tiene a Cubas, (2018). La tesis tuvo por objetivo realizar la optimización del control de tiempos en las actividades de carguío y descarga de mineral, para obtener una mejor productividad en el Proyecto Ciénaga Norte, Hualgayoc, en el año 2018, El tipo de investigación es descriptiva, ya que se describieron los datos actuales de tiempos empleados en el carguío y descargue de mineral. Multiservicios El Imperio S.R.L es una contratista especializada en movimiento de tierras. Se determinaron los parámetros de tiempo de ciclo, el tiempo del ciclo total es 38.08 minutos, con una velocidad promedio: 28.36 km/hr; la productividad teórica es 23.63 ton/hr y la productividad máxima es 7.88 ton/hr. Se encontraron los puntos a mejorar para el proceso de carguío y descarga de mineral, que es la eliminación de los tiempos muertos que se producen principalmente en el lapso de la voladura, que abarca 1 hora y media. también, se producen paradas por el mal estado de las vías, por el poco avance de cargado de mineral y por dificultades mecánicas de los volquetes. El incremento del rendimiento, se verá reflejado con la implementación de una propuesta de mejora mediante el uso del sistema de visión y detección en tiempo real de la caída de los elementos de desgaste. Asimismo, se deben eliminar las malas prácticas en la toma de

decisiones de los operadores y las demoras por limpieza de caminos. Esta propuesta es viable económicamente con un VAN de \$10.57 MUSD

Según Dávila y Herrera, (2018) El estudio realizado por Dávila y Herrera en 2018 tuvo como objetivo optimizar el carguío y acarreo en el Tajo Linda de la minera Sulluscocha en Cañete, con el propósito de incrementar la producción de iitas. El problema principal identificado fue la deficiencia en la producción de arcilla tipo illita, con un enfoque cuantitativo Métodos y Técnicas de Recolección de datos observación directa e Insitu se realizaron observaciones en el lugar para entender mejor el proceso de carguío y acarreo. Con un análisis documental: Revisión de documentos y registros relevantes para recoger datos sobre tiempos y procesos. Uso de herramientas y métodos validados por expertos para asegurar la precisión y relevancia de los datos Diseño No Experimental Transversal Explicativo: Se realizó un estudio en un momento específico para analizar la situación actual y explicar las causas de los problemas identificados concluyó que La optimización de los procesos de carguío y acarreo resultó en una duplicación de la producción diaria, lo que demuestra una mejora significativa en la eficiencia operativa demuestra cómo un enfoque metódico y basado en datos puede llevar a mejoras operativas significativas y cómo la optimización de procesos puede impactar positivamente en la producción y eficiencia general de una operación minera , se logró incrementar la producción en el Tajo de 200 toneladas por día a 400 toneladas por día.

La investigación de Sakata (2019) aborda los desafíos que enfrentan los mineros informales inscritos en el REINFO (Registro Integral de Formalización Minera) del distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, durante el periodo 2019-2021. El objetivo principal del estudio es identificar los factores que dificultan el proceso de formalización de estos mineros, aplico la metodología descriptiva con un diseño no experimental de corte transversal y enfoque cuantitativo. La población total está compuesta por 2,725 mineros. De estos, se seleccionó una muestra probabilística aleatoria simple de 325 empresas que estaban en proceso



de formalización. Técnica de Recolección de Datos: Se utilizó la encuesta como técnica de recolección de datos, implementando un cuestionario que fue procesado con tablas de contingencia mediante el software estadístico SPSS V26. Prueba Chi Cuadrado de Pearson: Se utilizó esta prueba para contrastar la hipótesis, confirmando que los factores mencionados son las principales dificultades para la formalización de los mineros informales en el área de estudio. este estudio resalta la importancia de fortalecer la asociatividad entre los mineros, mejorar el conocimiento de las leyes aplicables, y proporcionar asistencia técnica en la elaboración de expedientes y cumplimiento de los requisitos ambientales para facilitar el proceso de formalización.

Se tiene a Condori, (2023) en su tesis que lleva por nombre. Optimización de avance lineal con rediseño de malla de perforación en el frente de las labores subterráneas minera Arapa. El objetivo de la investigación fue optimizar este avance lineal para concluir el desarrollo de la galería en un tiempo menor, lo que generaría beneficios económicos significativos para la empresa metodología el estudio comenzó evaluando los disparos realizados en cada turno de trabajo, midiendo el avance lineal obtenido en la Galería San Miguel. Se consideraron varios factores en la evaluación:

Avance lineal en cada turno. Trazo de perforación. Cantidad de taladros y tipo de explosivos utilizados. Resultados el rediseño de la malla de perforación y la optimización del factor de carga explosiva permitieron incrementar el avance lineal de 1,30 metros a 1,40 metros por disparo, lo que representa un aumento de 0,10 metros adicionales por cada disparo realizado en la Galería San Miguel.

También abarca aspectos técnicos como la planificación minera, la optimización de recursos, la gestión ambiental y de seguridad, así como la aplicación de tecnologías avanzadas como la automatización y la telemetría para mejorar la eficiencia y reducir los riesgos operativos. Uno de los aspectos clave es la relación de tonelaje de desmonte a mineral, que varía significativamente entre minas debido a la diversidad en la posición y tipo de yacimiento. El desmonte se refiere al material estéril

que debe ser removido para acceder al mineral de interés. Esta relación es un indicador importante de la eficiencia y costos operativos de la mina, ya que afecta directamente la cantidad de material que se debe mover para obtener una determinada cantidad de mineral útil (CAMIPER, 2010). Los mecanismos incluyen maquinaria pesada excavadoras, palas cargadoras, camiones de acarreo, perforadoras y equipos de apoyo como bulldozers y graders. Cada tipo de equipo cumple una función específica en el ciclo de extracción y manejo de material, desde la remoción del desmonte y la extracción del mineral hasta su transporte y tratamiento (Martínez, 2021 p48).

**Minería a Tajo Abierto:** Este método es ideal para yacimientos de mineral diseminado donde el mineral está distribuido de manera uniforme a través de grandes volúmenes de roca o material estéril. En lugar de seguir vetas estrechas como en la minería subterránea, aquí se extrae todo el cuerpo mineralizado a través de franjas horizontales llamadas bancos.

**Movimiento de Grandes Volúmenes:** Dado que se extrae todo el material sobre el depósito mineral, se requiere el movimiento de grandes cantidades de material estéril para acceder al mineral. Esto implica el uso de equipos de gran capacidad y eficiencia para la carga, transporte y manipulación de este material (Mcquillen, , & Hilson, 2018 p35).

Los equipos típicos incluyen excavadoras de gran tamaño para la remoción del material estéril, palas cargadoras para cargar el mineral y el estéril en camiones de gran tonelaje, y camiones de acarreo para transportar el material a áreas de acopio o a la planta de procesamiento. También se utilizan perforadoras para preparar los bancos de mineral antes de la carga.

**Optimización y Eficiencia.** En este tipo de operaciones se mide en términos de toneladas movidas por unidad de tiempo y costos asociados al movimiento de material. La planificación minera juega un papel crucial para optimizar el uso de equipos y capitales, mermando las estaciones muertas, maximizando la producción. (CAMIPER, 2010).

En perforación y voladura (disparos), mediante equipos especiales y utilizando barrenos de gran tamaño se hacen perforaciones en las zonas

mineralizadas, cuyos orificios son rellenados con explosivos usualmente ANFO (nitrato de amonio + petróleo), los cuales remueven grandes volúmenes de material, resultando rocas de diferentes tamaños. Si éstas fueran tan grandes que dificulten el carguío o tienen la dimensión inadecuada para el chancado primario, se ejecutaría un segundo disparo que tuviera por finalidad fragmentar las rocas grandes en rocas más chicas para facilitar su carguío y chancado posterior (ello incrementa el costo) (CAMIPER, 2010).

**Carguío con Palas y Cargadores Frontales:** Se utilizan palas cargadoras o cargadores frontales de gran tamaño para cargar el material (ya sea mineral o estéril) en camiones volquetes o en las tolvas del ferrocarril, dependiendo del destino final del material. Destinos del Material, Mineral; tajo o directamente a la planta de procesamiento (chancadora), donde será triturado y procesado para la extracción del metal. **Operación de Acarreo:** Esta fase implica el movimiento eficiente del material desde los bancos hasta los puntos de destino mencionados. Los camiones volquetes son esenciales para el acarreo, ya que están diseñados para transportar grandes cargas de material a través de distancias dentro del tajo. (Martínez, 2019)

**Tareas de Remoción y Acopio:** Además del carguío en los camiones, se llevan a cabo para facilitar acceso al mineral y mantener áreas de trabajo seguras y organizadas. **Optimización y Eficiencia:** en esta fase del proceso minero es crucial para maximizar la productividad y minimizar los costos operativos. Las funciones del acarreo son las de abastecer con mineral a los stocks y chancadora, Transportar el mineral desde el frente de carguío hacia chancadora primaria, leach pad. o stock pile, enfoque asegura que el material estéril se maneje de manera eficiente y económica, lo que contribuye a la optimización general de la operación minera (CAMIPER, 2010).

El leach pad es el Lugar donde la minería a tajo abierto se utilizan diversos medios para transportar tanto el desmonte como el mineral desde los

bancos hasta sus destinos finales, ya sea la chancadora primaria, la planta de procesamiento o los botaderos. Cada método de transporte tiene sus ventajas y se selecciona según las condiciones específicas de la operación minera, La elección del medio de transporte adecuado depende de factores como la distancia, el volumen de material a transportar, la topografía del tajo y la disponibilidad de infraestructura. La planificación cuidadosa del transporte es esencial para garantizar la eficiencia operativa y reducir los costos. Esto incluye la optimización de rutas, la coordinación de los diferentes equipos y la gestión de la logística de transporte. (Martínez, G., Smith, & Malone, 2021 p64).

La pala hidráulica PC4000 este tipo de maquinaria es la pala hidráulica Komatsu PC 4000, que tiene una capacidad de carga de cucharón de 21 metros cúbicos. Esta capacidad la hace ideal para operaciones en las que se necesita mover grandes volúmenes de material rápidamente, como en proyectos de construcción pesada o minería a cielo abierto (Komatsu, 2010).

La pala consta de Chasis (estructura portante desplazable mediante cadenas o ruedas neumáticas. En el caso de ser de ruedas llevará unos estabilizadores para constituir las bases de apoyo), Corona de giro (sirve de apoyo de la estructura sobre el chasis, permitiendo a esta gira mientras el chasis permanece en estación. De dentado exterior o interior atacado por un piñón con motor independiente y dotado de freno), Estructura (sostiene el resto de la excavadora, además de motores, transmisiones, cabina, contrapeso, etc.) (Caterpillar, 2009).

Componentes y Estructura: La cuchara es la parte móvil que está ubicada en el extremo de un brazo móvil. Esta cuchara puede ser fija o móvil, dependiendo del diseño específico de la pala. Brazo: Es el componente que sostiene y mueve la cuchara. Puede tener varios grados de libertad para permitir movimientos precisos de excavación y carga. La pluma es la estructura que soporta al brazo y permite su movimiento. También puede tener cierta movilidad para ajustar la posición de la cuchara: cilindros hidráulicos en su mayoría, aunque también existen por cables y

cabestrantes, transmisiones mecánicas, cilindros neumáticos. (Martínez, 2019)

La pluma es la estructura que soporta al brazo y permite su movimiento. También puede tener cierta movilidad para ajustar la posición de la cuchara. Tiene mayor altura de descarga. Útil en trabajos de minería, cuando se cargan materiales por encima de la cota de trabajo. La retroexcavadora que tiene la cuchara hacia abajo. Permite llegar a cotas más bajas. Utilizada sobre todo en construcción para zanjas, cimentaciones, desmontes, (Caterpillar, 2009).

La productividad en la minería es crucial para optimizar los costos operativos y aumentar la eficiencia en la extracción de minerales, estudio enfocado en los equipos de acarreo y transporte de mineral y desmonte en la veta Gavia – Nivel 100 de la Unidad Minera Huarón proporciona una base sólida para mejorar la eficiencia y reducir costos. Mediante una evaluación detallada, implementación de mejoras, y análisis continuo, es posible lograr una optimización significativa en las operaciones mineras, lo que lleva a una mayor rentabilidad y una mejor gestión de recursos. Su rendimiento es relativamente proporcional a sus dimensiones, a la destreza del operador y a la textura del material que va trasladar. Sus partes son: Motor diesel, Sistema de Enfriamiento, Servo transmisión, Convertidor de par, Ejes diferenciales, Frenos de disco. (Caterpillar, 2009). El uso de camiones de acarreo de gran tonelaje en minería a rajo abierto es una práctica estándar debido a su capacidad para manejar grandes volúmenes de material de manera eficiente. Sin embargo, su operación está restringida al entorno minero debido a sus características específicas y las restricciones de las infraestructuras viales públicas. (CAMIPER, 2010).

Una de las principales ventajas de este sistema es su flexibilidad, ya que pueden recorrer distancias que oscilan entre los -100 y los 3.000 metros. Además, poseen una gran capacidad de adaptación a todo tipo de materiales. Requieren una infraestructura relativamente sencilla y poco costosa. La diversidad de modelos disponibles permite seleccionar el que

mejor se adapte a las condiciones específicas de la operación. Finalmente, requieren un menor cambio primero en balance con nuevos métodos de transporte. (CAMIPER, 2010).

Una de las desventajas de este sistema es que presenta elevados costos de operación, que junto al carguío pueden llegar a representar hasta el 60% del costo total de explotación. Además, su rendimiento disminuye a medida que aumenta la distancia de transporte. También requieren una gran cantidad de mano de obra especializada tanto para la operación como para el mantenimiento.

**Ventajas y Beneficios**

**Potencia y Rendimiento:** La combinación de motor diesel turboalimentado con post enfriador asegura una alta potencia y eficiencia en la operación de los camiones.

**Eficiencia Energética** (Michael, 2019 p15) El uso de transmisión eléctrica contribuye a una mejor gestión de la energía y un menor consumo de combustible por tonelada transportada.

**Adaptabilidad al Terreno:** Estos sistemas permiten a los camiones maniobrar de manera eficiente en condiciones variadas de terreno dentro de una mina a cielo abierto.

**Consideraciones Ambientales y de Seguridad.**

**Reducción de Emisiones:** Los motores modernos están diseñados para cumplir con estándares de emisiones más estrictos, reduciendo el impacto ambiental de la operación minera.

**Seguridad Operativa:** Las características avanzadas de los motores y sistemas de transmisión ayudan a mantener la seguridad operativa al proporcionar potencia y control adecuados durante la operación (Komatsu, 2010).

El diseño del bastidor principal garantiza que los camiones de acarreo puedan operar de manera eficiente y segura en entornos mineros exigentes, soportando cargas pesadas y resistiendo el desgaste diario de las operaciones. el bastidor está fabricado con acero de alta resistencia, con una composición de grano fino que le otorga una gran resistencia a los impactos y una notable durabilidad en bajas temperaturas, esta configuración proporciona una organización sólida en resistente a la torsión y flexión, esenciales para soportar los ciclos repetitivos de carga, transporte y descarga.

**Estructura del bastidor.** vigas de cajón principales forman la base del bastidor, unidas firmemente por un parachoques

delantero integral, ofreciendo una estructura robusta y estable. (CAMIPER, 2010).

Estas características permiten que las tolvas manejen eficientemente la carga y aseguren la estabilidad del camión, incluso en condiciones adversas. La resistencia a impactos y desgaste del material, junto con el diseño que minimiza la adherencia de materiales, optimiza el rendimiento y la durabilidad del equipo. (Castro, 2012 p61). El material de Construcción. el acero de alto límite elástico es un material valioso para aplicaciones que requieren una alta resistencia a impactos y desgaste, ofreciendo beneficios significativos en términos de durabilidad y rendimiento en condiciones extremas. Sin embargo, su uso requiere consideraciones especiales en la fabricación y el costo, esenciales para soportar duras condiciones minera. Estructura y Diseño. Vigas de refuerzo huecas son de sección rectangular y permiten la circulación de los gases de escape. Esto calienta la caja, evitando que el material húmedo o arcilloso se adhiera a las paredes de la tolva. (Komatsu, 2010).

El sistema de volteo es convencional, con descarga trasera mediante la elevación de la tolva utilizando cilindros hidráulicos. Generalmente, se emplean dos cilindros para elevar la tolva y permitir la descarga del material (Vásquez, 2016 p54). Cilindros Hidráulicos: Estos cilindros proporcionan la fuerza necesaria para levantar la tolva, facilitando la descarga eficiente y rápida del material transportado. Sistema de Suspensión, Absorción de Oscilaciones y Vibraciones del terreno minero, lo que es esencial para mantener la estabilidad del camión Estos sistemas aseguran que los camiones de acarreo mineros puedan operar de manera eficiente y segura, manejando grandes volúmenes de material y enfrentando los desafíos del terreno. El oro, metal conocido desde la antigüedad en el Perú, generalmente se encuentra asociado a minerales polimetálicos, minerales de plata, y pórfidos de cobre en yacimientos primarios, en forma de vetas y diseminados, en yacimientos poli metálicos de plomo y zinc, en yacimientos aluviales (secundarios) en la zona norte y sur oriental del país y en yacimientos diseminados de origen volcánico de baja ley. (Komatsu, 2010).

El proceso de obtención de oro y plata a partir de minerales puede ser efectuado de acuerdo a la naturaleza de las menas por alguno de los siguientes procesos: Procesos Metalúrgicos cuando el oro presente está libre se usa el método de Cianuración y precipitación con polvo de zinc (Merrill Crowe), fusión y refinación Cianuración y absorción con carbón activado, desorción, electro deposición y refinación Gravimetría, amalgamación, refinación. Procesos Metalúrgicos cuando el oro está asociado a sulfuros se usa Es un proceso utilizado en la minería para separar los minerales valiosos de la ganga (material no valioso). En este método, los minerales se pulverizan y se mezclan con agua y reactivos químicos que los hacen hidrofóbicos (repelentes al agua). Luego, se introduce aire en la mezcla, lo que provoca la formación de burbujas a las que se adhieren los minerales valiosos, flotando hacia la superficie donde se pueden recolectar. (SUNAT, 1999).

Fusión y Refinación: Después de la flotación, el material concentrado se somete a fusión, donde se derrite a altas temperaturas en un horno. La refinación posterior elimina las impurezas para obtener un metal más puro. En el caso del oro, este proceso puede incluir la copelación o el método de cloración. Bio-lixiviación: Este es un proceso de extracción de metales en el que se utilizan bacterias para disolver minerales valiosos como el oro de las rocas. Las bacterias oxidan los minerales, liberando el metal en una solución líquida de la cual se puede extraer. (SUNAT, 1999).

Absorción con Carbón Activado (Canchari, Ortiz y Postigo 2007 p54). En este método, una vez que el oro está en solución, se hace pasar la solución sobre carbón activado, que tiene la capacidad de absorber las partículas de oro. El oro se adhiere al carbón, facilitando su posterior recuperación. Desorción: Este proceso consiste en liberar el oro absorbido en el carbón activado. Se calienta el carbón con una solución de cianuro y soda cáustica, lo que provoca la desorción del oro, es decir, su liberación de la superficie del carbón hacia la solución. (Komatsu, 2010). Electrodeposición: También conocido como electrólisis, este proceso utiliza corriente eléctrica para depositar metales de una solución a un cátodo. Para el oro, esto significa que el oro disuelto en una solución



se reduce y se deposita como un recubrimiento sobre una superficie metálica, formando un metal puro. (Álvarez, 2014 p60).

El nivel de altura del banco es clave en el diseño de la explotación minera a cielo abierto, y debe ser determinada cuidadosamente teniendo en cuenta las dimensiones del equipo, las características del macizo rocoso y las exigencias operativas. Una adecuada planificación y diseño de la altura del banco ayudan a garantizar una operación eficiente, segura y económica en la minería. Dentro de la gama recomendada, las alturas mayores tienen, no obstante, las siguientes ventajas: La principal ventaja de bancos de gran altura es que el íntegro del trabajo es efectuado en una sola etapa, mayor rendimiento de la perforación al reducirse los tiempos muertos de cambio de posición y la menor repercusión de los costos relativos a sobre perforación y explosivos, (Komatsu, 2010).

Una geometría de voladura optima, dentro de la tendencia actual hacia mayores diámetros de perforación, que exige mayores alturas de banco. La mejora de los rendimientos de los equipos de carga al reducirse los tiempos muertos por cambio de tajo, así como por desplazamiento del equipo dentro del mismo frente de minado con menor número de bancos y, por tanto, mayor concentración y eficiencia de la maquinaria, Infraestructura de accesos más económica por menor número de niveles de trabajo, fácil llenado del cucharón de los equipos de carguío haciendo de esta un carguío más rápido y eficiente .Las ventajas de una altura de banco reducida son las de brindar mejores condiciones de seguridad para el personal y maquinaria, pues el alcance de las máquinas de carga permite un mejor saneo y limpieza de los frentes durante la operación. (Araujo, 2018)

Control más efectivo de la desviación de los barrenos, especialmente si se utilizan perforadoras de martillo en cabeza. Menores cargas operantes de explosivo, por lo que, consecuencias de encendido adecuadas, se disminuyen los problemas de vibraciones y onda aérea. Mayor rapidez en la ejecución de rampas de acceso entre bancos. Mejores condiciones para la restauración y tratamiento de los taludes finales. La selección de la altura óptima es pues, el resultado de un análisis técnico económico

apoyado en estudios geotécnicos que incluyan el aspecto de seguridad de las operaciones, así como en estudios de recuperación de los terrenos afectados por las actividades mineras. Como orientación, el alcance máximo de la gama mayor de palas de ruedas no suele sobrepasar los 10 m., mientras que, para determinados modelos de excavadoras, tanto de cables como hidráulicas, puede alcanzar los 18 metros a 20 metros. (Valentín 2018)

El estudio de métodos es un proceso sistemático que busca mejorar la eficiencia operativa mediante la evaluación y optimización de los métodos de trabajo. Su enfoque en la reducción de tiempos improductivos y movimientos innecesarios, combinado con la medición del trabajo, permite a las organizaciones mejorar significativamente su eficiencia, reducir costos y aumentar la calidad de sus productos o servicios. La implementación efectiva del estudio de métodos no solo mejora el rendimiento operativo, sino que también contribuye a una mayor satisfacción de los clientes y una operación más segura y económica, implica el registro y examen crítico de las formas en que se realizan diversas actividades. Su objetivo principal es identificar oportunidades para efectuar mejoras que optimicen la eficiencia y efectividad de dichas actividades. Este enfoque permite descubrir ineficiencias, eliminar desperdicios y proponer cambios que conduzcan a un mejor rendimiento y productividad. (Valentín, 2018)

El enfoque básico del estudio de métodos sigue un proceso estructurado de ocho etapas o pasos: (1) Seleccionar el trabajo que se da un estudio y estudiar que se está conoce a sus límites: Identificar claramente el trabajo o proceso específico que se ota a estudio y alcance. (2) Registro por observación directa las acciones relevantes relacionados con ese trabajo y recolectar de fuentes apropiadas todos los datos que se hacen necesarios: Realizar observaciones directas para registrar todos los hechos importantes y recopilar datos adicionales necesarios de fuentes apropiadas. (3) Examinar de forma crítica, el modo en que se realiza el trabajo, su propósito, el lugar en que se realiza, la secuencia en que se lleva a cabo y los métodos utilizados: Analizar críticamente cómo se lleva

a cabo el trabajo, incluyendo su propósito, ubicación, secuencia y métodos empleados. (4) Establecer el método más práctico, económico y eficaz, a través de los aportes de las personas concernidas: Determinar el método más eficiente, práctico y rentable, considerando las contribuciones y opiniones de todas las personas involucradas. (5) Evaluar las diferentes opciones para establecer un nuevo método comparador de la relación con el costo--eficacia entre el nuevo método y el real: Comparar las diferentes alternativas de métodos nuevos en términos de costo y eficacia para seleccionar la mejor opción. (Martínez, 2018) (6) Definir el nuevo método de forma clara y presentarlo a todas las personas que a quienes concierne (dirección, capataces y trabajadores): Redactar una descripción clara del nuevo método y comunicarlo a todos los interesados, incluyendo la dirección, supervisores y trabajadores. (7) Implantar el nuevo método como una práctica normal y formar a todas las personas que han de utilizarlo: La implementación de un nuevo método de trabajo como práctica estándar requiere una planificación cuidadosa y una ejecución sistemática. Establecer el nuevo método, capacitar al personal adecuadamente, y controlar su aplicación son pasos esenciales para asegurar el éxito y la sostenibilidad del cambio. La documentación adecuada, la capacitación efectiva, y la supervisión rigurosa son clave para evitar la reincidencia en métodos anteriores y para lograr mejoras continuas en los procesos operativos. (Quispe, 2017)

Una de las primeras decisiones que ha de adoptar un especialista en el estudio del trabajo es la de definir exactamente el tipo de trabajo que se va a estudiar, fijar sus límites y señalar que abarcará exactamente. Para poder adoptar con mayor facilidad esas decisiones, conviene entender cabalmente el problema que se plantea o la situación actual antes de examinar las soluciones o las mejoras. (Quispe, 2017p51)

El conocimiento de la situación sea a través de la experiencia o mediante conversaciones con las diversas personas participantes involucradas con El enfoque del estudio del trabajo debe ser claro y específico desde el principio. Esto proporciona al especialista una guía sobre los límites y el

alcance de su investigación, al menos en las etapas iniciales. Es crucial mantenerse enfocado en la decisión tomada y resistir la tentación de desviarse hacia detalles secundarios que pueden ser atractivos, pero no esenciales en ese momento. Aunque es importante tomar nota de esas observaciones para abordarlas posteriormente, la prioridad debe ser el análisis de los aspectos más relevantes y de mayor impacto en la eficiencia general del proceso. Kanawaty, 1996)

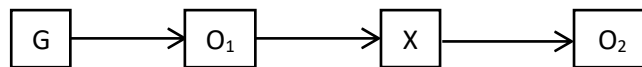
El especialista en el estudio del trabajo no debería comenzar con el análisis minucioso de los movimientos de un operario, que podría requerir un estudio detallado y producir ahorros de apenas unos segundos por operación, a menos que se trate de un trabajo altamente repetitivo. Este enfoque tiene poca utilidad cuando existen problemas más significativos, como una disposición ineficiente o una manipulación inadecuada de materiales pesados, que resultan en grandes pérdidas de tiempo y esfuerzo. (Viveros,2004).

Mantener una comunicación continua con el personal para reforzar el uso del nuevo método y resolver cualquier preocupación. En un frente se encuentra ubicado una pala PC 4000 – 1 y en el otro frente se encuentra el cargador frontal WA 1200 – 3 cada uno, como equipo de carguío. El acarreo se realiza con 8 camiones de acarreo 730E, de 190 toneladas cada uno. Para este estudio solo se tomarán en cuenta como equipo de carguío la pala PC4000-1, el cargador frontal WA1200 – 3 y el camión - 730E – 5. (Quispe, 2017p58)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Fue descrito fue (aplicada, no experimental de tipo transversal) siendo adecuado para abordar problemas específicos en la industria minera, como la optimización del carguío no solo mejora la eficiencia operativa y reduce costos, sino que también permite aprovechar al máximo los recursos disponibles. Este enfoque permite obtener conocimientos prácticos que pueden implementarse directamente para mejorar los resultados operativos y económicos en el sitio de estudio. Linda Lozada (2016) El objetivo principal es aplicar los hallazgos de la investigación para mejorar la operación minera en términos de eficiencia y producción. Esto se alinea con la naturaleza práctica de la investigación aplicada, donde se busca impactar directamente en las condiciones y resultados del proceso minero.



Dónde:

- **G:** compañía Productora.
- **O<sub>1</sub>:** Costos de carguío de palas y cargadores antes del estímulo.
- **X:** Mejora de método de trabajo
- **O<sub>2</sub>:** Costo de Carguío de Palas, y cargadores después del estímulo

### 3.2. Variables y Operacionalización

**Mejora de Método de trabajo (Var, Ind.)** Imaginemos que trabajas en un equipo de desarrollo de software y quieres mejorar el método de gestión de proyectos. Aquí podrías aplicar los pasos mencionados:

Identificación de Áreas de Mejora: Notas que la comunicación entre equipos podría ser más fluida.

Establecimiento de Objetivos Claros: Quiere someter la estación de mejora y optimizar la calidad del código.

Análisis de Procesos: Mapeas el flujo de trabajo actual y encuentras cuellos de botella en las revisiones de código.

Recopilación de Retroalimentación: Consultas a desarrolladores y encuentras que les gustaría más claridad en los requisitos.

Investigación de Mejores Prácticas: Aprendes sobre metodologías ágiles y cómo implementan revisiones de código automáticas.

Implementación de Cambios Graduales: Introduces herramientas de revisión de código automático y ajustas la frecuencia de las reuniones de equipo.

Capacitación y Comunicación: Capacitas al equipo en las nuevas herramientas y comunicas los beneficios de la mejora.

Monitoreo y Evaluación Continua: Mides la velocidad de desarrollo y la satisfacción del equipo para asegurar que los cambios tengan el impacto deseado.

Iteración y Mejora Continua: Continúas refinando el proceso y buscando nuevas formas de optimizar el flujo de trabajo.

#### **Reducción de costos de Carguío (Var. Dep.)**

Optimización de Flotas de Equipos: Evaluar y ajustar el tamaño La composición de la flota de equipos de carguío en operaciones mineras, como palas excavadoras y cargadores frontales, es crucial para la eficiencia y productividad de la mina. Estos equipos se seleccionan en función de factores como la capacidad de carga, la profundidad de la excavación, la naturaleza del material que se

va a mover y las condiciones del terreno y camiones volquetes) para asegurar que sean adecuados para las condiciones específicas del tajo y para las toneladas de material a movilizar diariamente. invertir en equipos más eficientes en términos de consumo de combustible y productividad puede ofrecer beneficios sustanciales en la reducción de costos operativos y mejorar la sostenibilidad de las operaciones mineras. **Uso Eficiente de Combustible:** Implementar prácticas de manejo eficiente de combustible, como mantener adecuadamente los motores y sistemas de combustión de los equipos, optimizar rutas y cargas para minimizar el consumo de combustible, y entrenar al personal en técnicas de operación que promuevan el ahorro de energía.

**Planificación de Rutas y Operaciones:** Diseñar rutas de transporte y operaciones de carguío que minimicen las distancias de transporte y optimicen el flujo de material desde los bancos hasta los puntos de descarga (planta de procesamiento o botaderos). Esto incluye el uso de sistemas de despacho y monitoreo para gestionar de manera eficiente el movimiento de camiones y equipos.

**Mantenimiento Preventivo y Predictivo:** Implementar programas de mantenimiento preventivo y predictivo rigurosos para los equipos de carguío. Mantener los equipos en condiciones óptimas reduce el tiempo de inactividad no planificado y extiende la vida útil de los trabajadores.

**Automatización y Tecnología Avanzada:** Considerar la automatización y el uso de tecnologías avanzadas como sistemas de control de flotas, GPS y telemetría para monitorear y gestionar de manera más eficiente las operaciones de carguío. Estas tecnologías pueden ayudar a optimizar la productividad y reducir los errores humanos, además de mejorar la seguridad.

**Gestión de Personal y Capacitación:** Capacitar al personal en técnicas de operación eficientes y en el uso adecuado de los equipos. Una mano de obra bien entrenada puede maximizar la

productividad y minimizar los incidentes que puedan resultar en costos adicionales.

Negociación con Proveedores y Optimización de Costos de Repuestos y Consumibles: Negociar con proveedores para obtener mejores precios en repuestos, lubricantes y otros consumibles esenciales para la operación de los equipos. La gestión eficiente de inventarios también puede reducir los costes inscritos con acumulación y gestión - repuestos.

método general de investigación: descriptivo.

tipos de estudio

longitudinal.

diseño de investigación

no-experimental.

### **3.3. Población muestra y muestreo**

a gestión eficaz de los 5 equipos de carguío y 13 equipos de acarreo en la mina requiere una planificación cuidadosa y una ejecución precisa. Al Optimizar la utilización de los equipos, realizar un mantenimiento adecuado y capacitar a los operadores, se puede mejorar significativamente la eficiencia operativa y reducir costos. La implementación de procedimientos de control y la supervisión continua son esenciales para asegurar que el nuevo método se mantenga como estándar y evitar la vuelta a prácticas anteriores. La integración de tecnología y análisis de datos también juega un papel clave en la mejora continua y en la maximización del rendimiento operativo. Con una Muestra: 1 Pala PC 4000; 1 Cargador WA 1200. Muestreo: aleatorio probabilístico

- **Criterios de inclusión:**

Se incluirán aquellos equipos que se encuentren minando en el nivel 4050 de Dafne y que realicen la actividad de carguío solo de mineral.

- **Criterios de exclusión:**



Se excluirán en el presente estudio los equipos de carguío que se encuentren minando desmonte y los que no cumplan los requisitos correspondientes.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Variable	Técnica	Instrumento	Fuente	Informantes
Mejora de métodos comprometido	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La Toma de tiempos</li> </ul>	Cronómetro	Operaciones mina	Dispatcher
Costos operativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Análisis documental.</li> <li>▪ Observación directa</li> <li>▪ Entrevistas a profundidad</li> </ul>	Formulario de entrevista	El área de finanzas	El contador

### 3.5. Procedimientos

Pasos Detallados:

- Identificación de Procesos a Mejorar

Selección de Procesos Críticos: Identificar los procesos que tienen mayor impacto en la producción y costos.

Establecimiento de Metas: Definir objetivos específicos de mejora (reducción de tiempo, aumento de productividad, etc.).

#### 6.2. Análisis del Proceso Actual

Observación Directa: Realizar observaciones en el lugar de trabajo.

Registro de Datos: Medir tiempos y movimientos utilizando técnicas como diagramas de flujo y estudios de tiempo.

Análisis de Valor: Identificar actividades que agregan valor y aquellas que no.

- Diseño del Nuevo Método

Generación de Alternativas: Desarrollar varias opciones para mejorar el proceso.

Evaluación de Alternativas: Comparar las alternativas en términos de costos, beneficios y factibilidad.

Selección de la Mejor Alternativa: Elegir la opción que mejor cumpla con los objetivos establecidos.

- Implementación del Nuevo Método

Capacitación del Personal: Entrenar a los empleados en el nuevo método.

Implementación Piloto: Realizar una prueba piloto para validar el nuevo método.

Implementación Completa: Implementar el nuevo método en toda la operación.

- Evaluación y Ajuste

Monitoreo Continuo: Supervisar el desempeño del nuevo método.

Retroalimentación y Ajustes: Recoger retroalimentación y realizar ajustes necesarios para optimizar el método.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Análisis de Movimientos y Tiempos

Propósito: Mejorar la eficiencia del empaque.

Proceso:

Registro de Tiempos: Medir el tiempo de cada etapa del empaque.

Análisis de Movimientos: Identificar movimientos innecesarios (e.g., alcanzar herramientas).

Estandarización: Establecer tiempos estándar y mejorar la disposición de las herramientas

### **3.7. Aspectos éticos**

Someter la investigación a una revisión ética independiente.

Acciones: Presentar el proyecto de investigación a un comité de ética para su evaluación y aprobación. Cumplir con las recomendaciones y requisitos del comité de ética. Anonimizar los datos para que no se pueda identificar a los empleados individualmente. Almacenar los datos en una base de datos segura y restringir el acceso a investigadores autorizados.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. DATOS EMPRESARIALES**

- RAZON SOCIAL: Minera Barrick S.A.
- RUC: 20209133394
- GIRO DEL NEGOCIO: Extracción de minerales metalíferos no ferrosos.
- DIRECCION: Av. Manuel Olgúin N° 375 Piso 11, Santiago de Surco, Lima 33, Perú.
- TELEFONO: (511) 612-4100.
- E-MAIL: [www.barrick.com](http://www.barrick.com)
- CONTACTO: Carlos Ramiro Vizcaya Mantilla

### **1.1. RESEÑA HISTORICA**

Barrick Gold Corporation, conocida simplemente como Barrick, es una de las mayores compañías mineras de oro del mundo. Su historia es interesante y refleja su crecimiento y evolución en la industria minera. ha enfrentado críticas y desafíos relacionados con el impacto ambiental y social de sus operaciones. La empresa ha implementado varias iniciativas para mejorar su responsabilidad corporativa, incluyendo programas de sostenibilidad, inversiones en comunidades locales y esfuerzos para minimizar el impacto ambiental de sus operaciones. 2024: Barrick sigue siendo uno de los principales productores de oro del mundo, con operaciones en varios continentes. La empresa se centra en la exploración.

En Perú, Barrick inició sus operaciones en el año 1998 con la mina Pierina, ubicada entre los 3.800 a 4.200 metros sobre el nivel del mar en el distrito de Jangas, provincia de Huaraz, en la Región Ancash. En agosto del 2013 se anunció el fin de actividades productivas en el tajo de esta operación, dándose inicio a las acciones de cierre de este componente de acuerdo al Plan de Cierre de Mina Pierina.

En 2005, entró en operaciones Lagunas Norte, mina que se encuentra en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, en la Región

La Libertad, a una altura de entre 3.700 y 4.200 metros sobre el nivel del mar. La construcción de esta operación demandó una inversión de 340 millones de dólares.

La producción de Barrick ha contribuido a que Perú sea uno de los principales productores de oro del mundo y su activa presencia como una empresa comprometida con el ejercicio de una minería responsable, contribuye con el progreso de las comunidades vecinas a sus operaciones a través de los programas de salud, educación y desarrollo económico que impulsa.

Lagunas Norte se ubica en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, en la zona norte de los andes peruanos, a una altura entre los 3.700 y 4.200 metros sobre el nivel del mar.

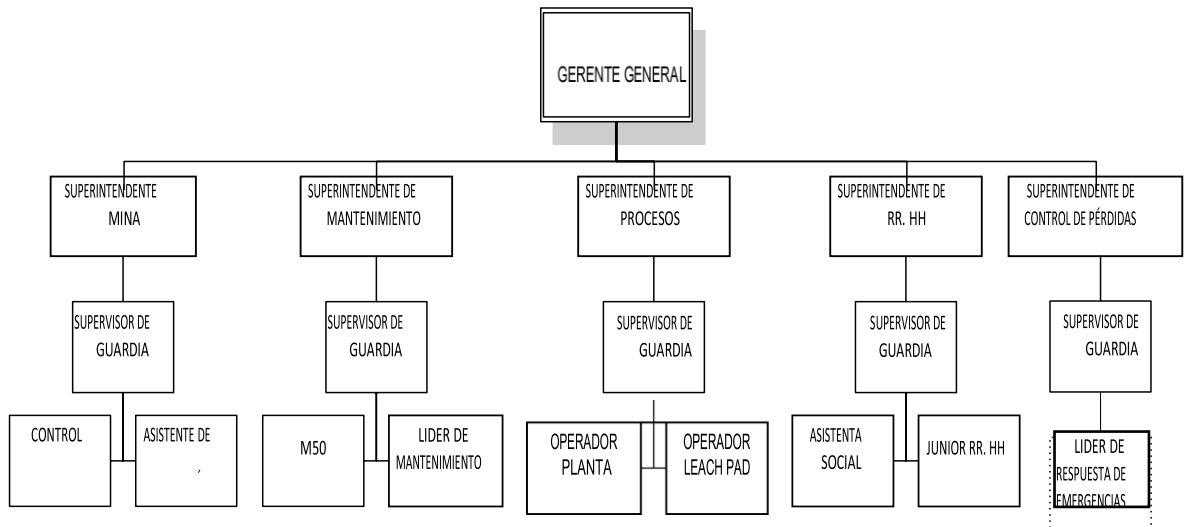
Dista a 140 kilómetros de la ciudad de Trujillo, capital de la Región La Libertad.

El yacimiento a tajo abierto comenzó sus operaciones el segundo trimestre del 2005 -antes de lo programado- y significó una inversión en su construcción de US\$340 millones.

Lagunas Norte contribuye con el desarrollo social y económico de La Libertad, no sólo por la creación de puestos de trabajos directos e indirectos, para los que se prioriza la contratación de mano de obra local, sino también por el activo programa de responsabilidad social que ejecuta en el marco de su compromiso por el desarrollo de las comunidades vecinas. Asimismo, sus altos estándares de seguridad, su constante esfuerzo por mejorar continuamente su gestión ambiental y el empleo de tecnología de última generación, la han convertido en la una de minas auríferas más modernas del país.

## **1.2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

La empresa está conformada por varias áreas de trabajo, las que están dirigidas por profesionales altamente calificados tanto nacionales como extranjeros los mismos que cuentan con experiencia en gran minería.



**Figura 1: Diagrama de flujo**

**FUERZA LABORAL**

Actualizado al mes de A Obril del 2015: 1225 trabajadores y 4 empresas prestadoras de servicios.

**1.3. DIRECCIONAMIENTO EMPRESARIAL**

**VISION**

El compromiso de Barrick con la Seguridad y la Salud es parte integral de los Valores y la Visión de la empresa. Es prioridad principal de la empresa desarrollar sus actividades productivas de manera segura.

La Política de Seguridad y Salud de Barrick esboza el compromiso de la empresa de tener un ambiente de trabajo con cero incidentes con una cultura en seguridad basada en el trabajo en equipo y con un liderazgo en seguridad. Refleja la visión de seguridad de Barrick de "Cada persona de regreso a casa sana y salva todos los días."

Estamos comprometidos a realizar cada trabajo de una manera segura y saludable. Las lesiones o enfermedades relacionadas con el trabajo son inaceptables y estamos comprometidos en identificar y eliminar o controlar los peligros en el lugar de trabajo para la protección nuestra y de los demás. Todos somos responsables de la seguridad en el lugar de trabajo.

## MISION

Ser la mejor Compañía esta declaración refleja el compromiso de Barrick con la excelencia en la industria minera, enfocándose en la seguridad, la rentabilidad y la responsabilidad social en todas sus operaciones.

### 1.4. ANALISIS EXTERNO

#### RIESGOS

El precio fluctuante de los minerales hace que el costo de operación varía de acuerdo al mercado ya que en algunas oportunidades el precio se puede elevar ocasionando esto que se eleve el costo de operación y por consiguiente al bajar el precio del mismo se hace más necesario que existan leyes de minerales más altas que compensen el costo de operación.

#### OPORTUNIDADES

La empresa cuenta con una gama de profesionales calificados capaces de poder contrarrestar la difícil problemática por la que está pasando hoy en día la minería en todo el mundo.

La constante exploración de la empresa a través de sus equipos de geología y exploraciones hace posible que siga explorando y encontrando nuevos yacimientos logrando así ampliar sus operaciones.

### 1.5. FACTORES CRITICOS DE ÉXITO

#### Eficacia

La empresa mantiene un costo de producción relativamente bajo en comparación de otras compañías mineras debido a las altas leyes con las que cuenta nuestra mina lo que hace de nuestra empresa una empresa eficaz en la producción del oro.

#### Eficiencia

La empresa cuenta con un área de mejora continua la que constantemente está evaluando el avance y el logro de nuestras metas y objetivos, mensualmente se informa a todo el personal el estado y

avance de los diferentes procesos, metas y logros planificados durante el año el logro de los resultados planificados.

### **Efectividad**

Los resultados que se han obtenido hasta el momento muestran que la empresa mantiene una gestión que proyecta a la misma como una de las mejores en producción y productividad a nivel del mundo.

En resumen, la efectividad de la empresa se refleja en su capacidad para mantener altos estándares de producción, seguridad y responsabilidad social, lo que le ha permitido destacarse y ser reconocida como una de las mejores en el ámbito global.

### **1.6. DIAGNOSTICO SITUACIONAL SITUACION ACTUAL DEL CICLO DE MINADO:**

Actualmente el ciclo de minado se realiza con los equipos de carguío de la manera tradicional. Un equipo de carguío carga a cada camión de acuerdo a la disponibilidad de estos en el frente de carguío, un equipo auxiliar se encarga de apoyar al equipo de carguío a realizar la limpieza. Entendido, el método de trabajo en ciclo de minado de una empresa minera es fundamental para alcanzar operaciones más eficientes, rentables y seguras. Esto no solo beneficia la rentabilidad de la empresa, sino que también contribuye a la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones mineras.

### **1.7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL**

En resumen, Lagunas Norte emplea técnicas y maquinaria avanzada para la extracción y manejo eficiente de grandes volúmenes de material en una operación a tajo abierto. El control ambiental mediante el riego de caminos y el diseño estructurado del tajo contribuyen a mantener altos estándares operativos y ambientales en la industria minera.

### **Chancado**

Una faja transportadora es utilizada para llevar el material triturado desde la chancadora primaria hasta la segunda estación de chancado, donde se reduce aún más el tamaño de las rocas. Este proceso de transporte mediante faja transportadora es crucial para mantener un

flujo continuo y eficiente del material triturado dentro del proceso de chancado y procesamiento en la planta minera.

Las fajas transportadoras y tolvas de finos fueron esencial en la logística minera para garantizar un proceso fluido y eficiente desde la reducción de tamaño del mineral hasta su transporte a las canchas de lixiviación. Estas infraestructuras no solo optimizan la operación, sino que también contribuyen a mantener altos estándares de seguridad y cumplimiento ambiental en la industria minera.

### **Lixiviación**

**Preparación del Mineral:** El mineral chancado se transporta y se deposita en pilas en las canchas de lixiviación. La trituración previa ayuda a exponer más área superficial del mineral para la lixiviación.

**Aplicación de Solución Lixivante:** Se emplea un medio lixivante de químico disuelto en humedad sobre las pilas de mineral mediante un sistema de goteo o riego. Este proceso se conoce como lixiviación en pilas.

### **Canchas de lixiviación**

**Prevención de la Contaminación:** Protegen el entorno natural al evitar que los productos químicos utilizados en el proceso de lixiviación se filtren hacia el suelo o las aguas subterráneas.

**Cumplimiento Normativo:** Ayudan a cumplir con regulaciones ambientales estrictas al mantener las operaciones industriales dentro de límites controlados y seguros.

**Sostenibilidad:** Contribuyen a la sostenibilidad ambiental al asegurar que los procesos industriales no causen daños ambientales a largo plazo. En resumen, las canchas de lixiviación son estructuras diseñadas meticulosamente para mantener un entorno controlado y seguro durante el proceso de extracción de minerales mediante lixiviación, minimizando así el impacto ambiental negativo y cumpliendo con normativas ambientales rigurosas.

### **Planta de Procesos**

El proceso descrito es típico en la industria minera para la recuperación de oro y plata mediante métodos de lixiviación y precipitación. Aquí se detalla cada etapa:



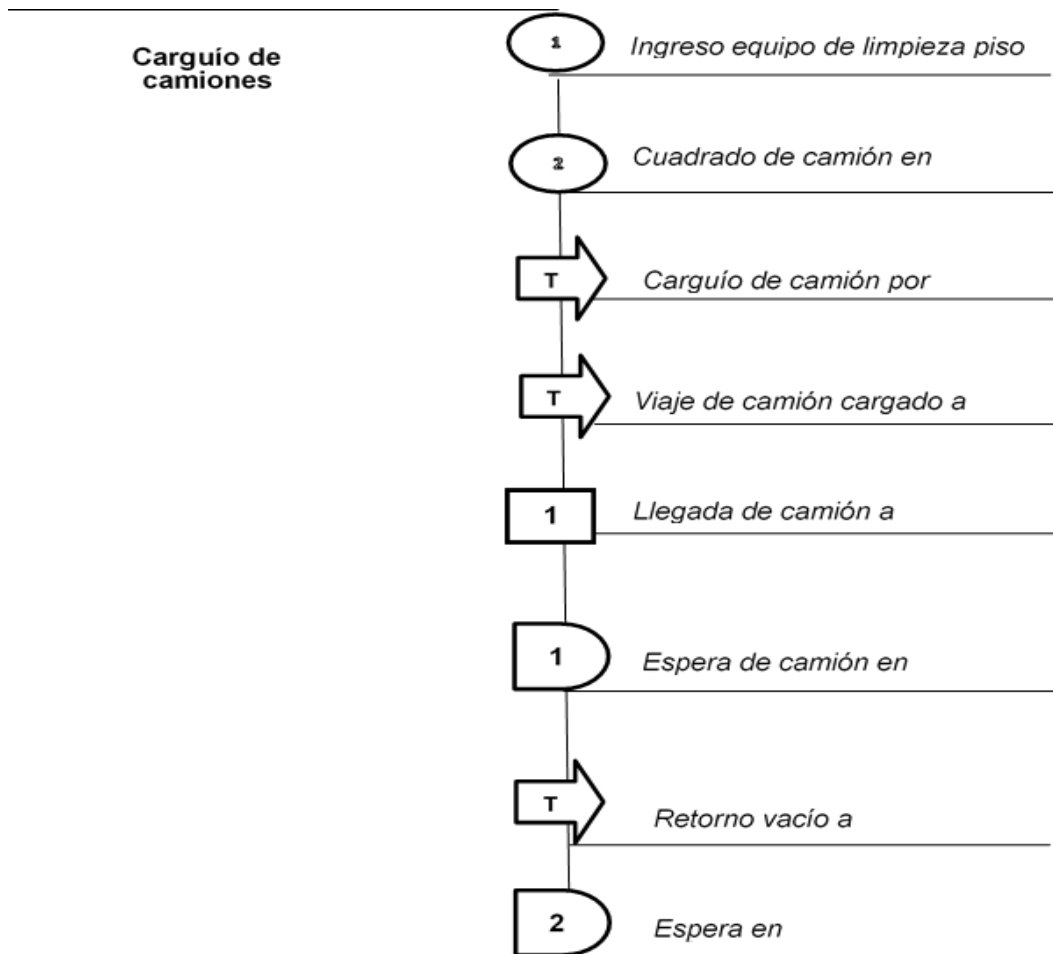
## 1. Lixiviación en Pilas

Propósito: Extraer oro y plata de la mena mediante el uso de soluciones que disuelven los metales valiosos., Ubicación y secuencia de actividades: Las soluciones ricas en oro y plata se generan en las pilas de lixiviación. Personas y medios: Personal técnico para operar las pilas de lixiviación, sistemas de riego para aplicar la solución lixivante. Circuitos de Merrill Crowe y Carbón Activado en Columnas (CIC)  
Propósito: Recuperar oro y plata de las soluciones lixiviadas. Ubicación y secuencia de actividades:

### **Fundición**

Al analizar un proceso de fabricación en una fábrica. Primero, preguntaríamos sobre el propósito del método actual de fabricación, dónde se realiza, cuál es la secuencia de las actividades, quiénes son las personas involucradas y qué recursos se utilizan. Luego, en la fase de preguntas de fondo, podríamos considerar si cambiar el lugar de fabricación podría reducir los tiempos de entrega, si cambiar la secuencia de las actividades podría optimizar la utilización de los equipos, si reemplazar a ciertos operadores por otros más capacitados podría mejorar la calidad del producto, y si invertir en tecnología más avanzada podría aumentar la eficiencia general del proceso.

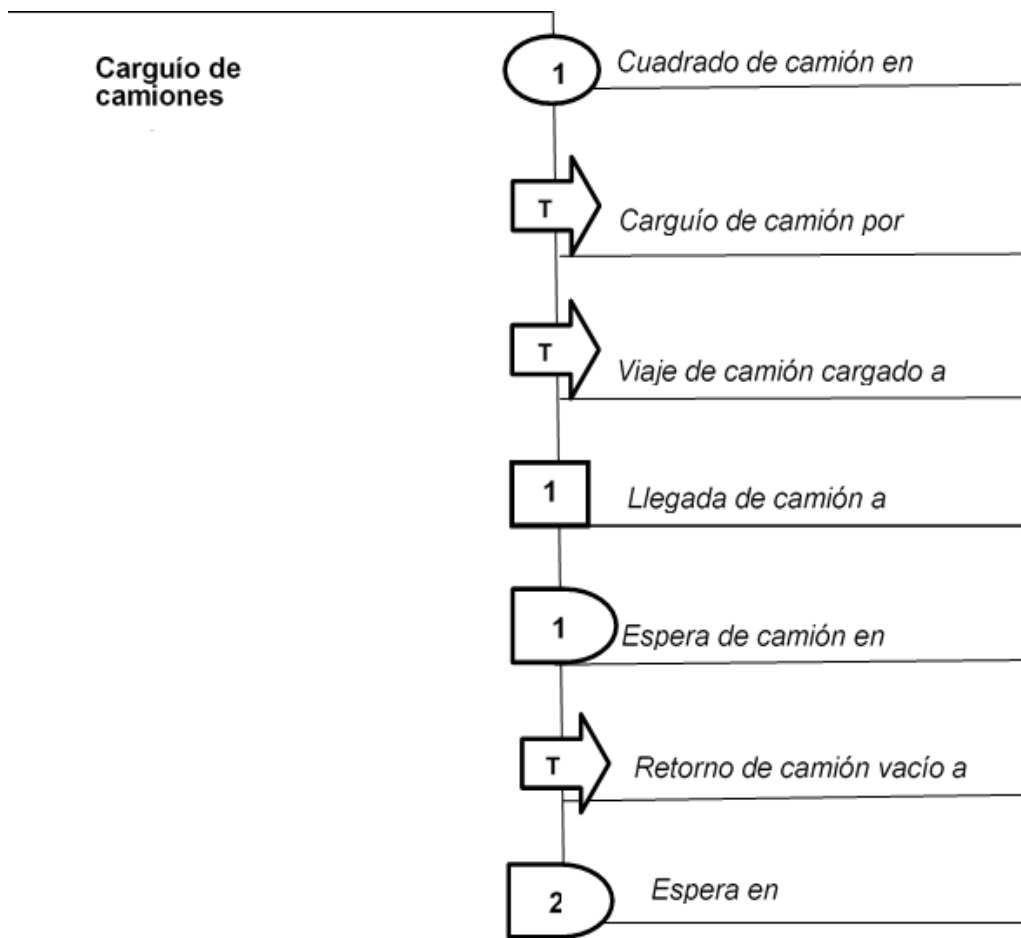
Este enfoque estructurado ayuda a identificar áreas específicas donde el método actual podría ser optimizado.



**Figura 2: Diagrama DAP ciclo carguío y acarreo con pala PC4000**

**Tabla 2: Resumen de diagrama de Carguío de Pala PC 4000 DIAGRAMA DE FLUJO**

SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO TOTAL
○	2	3.20 minutos
➔	3	21.05 minutos
□	1	1.40 minuto
D	2	7.25 minutos



**Figura 3: Diagrama de carguío de cargador WA1200**

**Tabla 3: Resumen de carguío de cargador WA 1200**

	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO TOTAL
1	○	1	2.45 minutos
T	➔	3	21.05 minutos
1	□	1	1.40 minutos
2	D	2	7.25 minutos

## 1.8. RELEVAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

Ante los continuos sucesos con respecto a la baja del precio de minerales en el mundo, la empresa minera necesita un método por el cual haga más eficiente y rentable la operación de carguío de camiones con mineral desde los frentes de carguío hacia chancadora primaria. Actualmente la mina mantiene un sistema de carguío tradicional utilizando para ello una pala hidráulica PC 4000 Komatsu por camión, lo mismo sucede con el cargador WA 1200 el mismo que para realizar dicha operación utiliza un tiempo que no justifica la demanda de camiones esperando para ser cargados.

El estudio y fases del método de trabajo consisten en los siguientes pasos:

### **Selección del trabajo a estudiar:**

**Eficiencia de Equipos:** Evaluar la eficiencia y beneficio de componentes traídos para carguío, como palas y cargadores, generar tiempos de ciclos productivos.

**Optimización de Flotas:** Revisar la composición y el volumen de la armada es de carguío para asegurar que sean adecuados para las condiciones específicas de la mina y que no haya subutilización ni sobrecarga de equipos. **Mantenimiento Preventivo:** Implementar programas de mantenimiento preventivo para garantizar que los equipos de carguío funcionen de manera óptima y eviten costosos tiempos de inactividad no planificados. **Consumo de Combustible:** Monitorear y gestionar equipos de carguío para reducir costos operativos y minimizar el impacto ambiental. **Capacitación y Desarrollo:** Invertir en la capacitación continua del personal para operar los equipos de carguío de manera eficiente y segura

Se pueden mejorar sí en lugar de utilizar un solo equipo de carguío utilizamos dos como en este caso sería un cargador frontal y una pala hidráulica logrando reducir así el tiempo del ciclo de carguío y la cola innecesaria de camiones esperando su turno para ser cargados además

de controlar el envío de metales a chancadora primaria (caída de protectores de cucharón de pala y/o cargador).

**Analizar los datos recopilados:** Utilizar herramientas y software de análisis de datos para procesar y examinar los datos recopilados. Esto puede incluir, análisis de tendencias, y la creación de dashboards y reportes visuales para una mejor interpretación de la información.

**Identificar áreas de mejora:** A partir del análisis de los datos, identificar patrones y áreas donde se pueden implementar mejoras. Esto puede incluir la identificación de tiempos muertos, ineficiencias en el uso del combustible, fallos recurrentes, o cualquier otro factor que esté afectando negativamente el rendimiento de los equipos.

**Proponer y aplicar mejoras:** Desarrollar y aplicar habilidades de perfeccionamiento establecidas en los aciertos de estudios de antecedentes. Estas tácticas pueden incluir ajustes en los horarios de operación, programas de mantenimiento preventivo, capacitación adicional para los operadores, o la actualización de equipos y tecnología.

## PASO 2: Identificación y Descripción del Proceso de Carguío

Descripción detallada: Documenta los pasos y actividades específicas involucradas en el ciclo de carguío, desde la preparación inicial hasta la carga del material en los equipos de transporte.

### Datos Operativos y de Producción

Tiempo de ciclo: Registra el tiempo promedio necesario para completar un ciclo de carguío, desde el inicio hasta la finalización.

Capacidad de carga: Detalla la cantidad de material que se carga en cada ciclo, en toneladas métricas o metros cúbicos.

Eficiencia y rendimiento: Calcula la eficiencia operativa de los equipos de carguío en términos de toneladas por hora o metros cúbicos por hora.

### Costos Asociados

Costos directos: Incluye los costos directos relacionados con el ciclo de carguío, como el combustible, mantenimiento, y piezas de repuesto.

Costos indirectos: Considera los precios atribuibles al carguío, como los costos administrativos, de supervisión y de gestión.

#### Rendimiento de Equipos

Estado y disponibilidad: Registra el estado operativo y la disponibilidad de los equipos de carguío para identificar posibles tiempos de inactividad y pérdidas de producción.

Consumo de combustible: Lleva un registro del consumo de combustible de los equipos de carguío para gestionar eficientemente los costos operativos.

#### Seguridad y Cumplimiento

Incidentes y seguridad: Documenta cualquier incidente relacionado con la seguridad durante el ciclo de carguío, junto con las medidas preventivas y correctivas tomadas.

Cumplimiento normativo: Asegúrate de cumplir con todas las normativas y regulaciones relevantes durante las operaciones de carguío.

#### Análisis y Mejora Continua

Análisis de datos es crucial para identificar tendencias, patrones y áreas de mejora en cualquier operación. En el contexto de la minería, donde se manejan grandes volúmenes de datos relacionados con la operación de equipos, producción y costos, el análisis de datos puede ayudar a optimizar procesos y mejorar la eficiencia patrones, áreas a mejorar en el rendimiento y los costos del ciclo de carguío.

#### Llegada de camión a pala

- Carguío con material al camión
- Camión viaja con carga a chancadora
- Descarga del material a la chancadora
- Transporte de retorno
- Cuadrado de ingreso de camión en pala

La toma de tiempos mediante un cronómetro sexagesimal proporciona una base sólida para la gestión eficaz del rendimiento operativo en operaciones mineras, asegurando que los recursos se utilicen de manera óptima y eficiente

**Análisis de Datos:** Fueron de 3 períodos

#### **SUBPASO**

- Existe mucha cola de espera en camiones en los pisos de la pala hidráulica PC 4000.
- Existe mucha cola de espera de camiones en el piso del cargador frontal WA 1200.
- El tiempo de carguío demora más del requerido.
- La utilización del WD 600 (equipo auxiliar) aumenta el costo y consumo de combustible.
- Existe menor producción a mayor costo.

### **SUBPASO**

Para calcular el trabajo correspondiente de repetición unidad utilizando métodos y estimación estadística, puedes aplicar la siguiente fórmula básica:

Tiempo Estimado=Cantidad de Trabajo×Tiempo Estándar por Unidad de Trabajo

Donde:

Cantidad de Trabajo: Es la cantidad de unidades o elementos que se están evaluando.

Tiempo Estándar por Unidad de Trabajo: Es el tiempo promedio o estándar que se estima necesario para completar una unidad de trabajo

### **TIEMPO CARGUÍO**

Asegúrate de utilizar un tamaño de muestra suficiente y representativo (como las 327 observaciones en tu caso) para obtener una estimación precisa.

La precisión de la estimación dependerá de la variabilidad y la consistencia de los datos cronometrados.

Considera también factores como la variabilidad en las condiciones operativas que pueden afectar el tiempo de carguío.

### **SUBPASO:**

Este enfoque no solo establecido estándares de trabajo claros y medibles, sino que también proporciono una base para la gestión efectiva del beneficio y perfeccionamiento en el entorno minero.:

Supongamos después de cronometrar 327 ciclos de carguío, obtuviste un tiempo promedio de 4 minutos por ciclo.

Tiempo Promedio de Carguío=4minutos/ciclo

Si deseas estimar el tiempo necesario para cargar 150 ciclos adicionales:

Tiempo Estimado=4minutos/ciclo×150ciclos

Tiempo Estimado=600 minutos \text{Tiempo Estimado} = 600 \text{ minutos} \text{Tiempo Estimado=600minutos}

**Tabla 4: Porcentaje de tolerancias fases de ciclo de minado**

<b>CARGUÍO</b>	
<b>1) LLEGADA DE CAMIÓN A PALA Y CARGADOR</b>	
<b>ITEM</b>	<b>%</b>
Tolerancias Personales en el Contexto Minero	5.0%
Gestión de Tolerancias	0%
Tolerancia mucha atención	2.0%
Pasividad mucho monótona	4.0%
<b>TOTAL</b>	<b>11%</b>
<b>2) CARGA DE MATERIAL AL CAMIÓN</b>	
<b>ITEM</b>	<b>%</b>
Tolerancias personales	5%
Paciencia de tipo por ocuparse de extremo	0%
Tolerancia mucha atención	2%
Tolerancia bastante monótona	4%
<b>TOTAL</b>	<b>11%</b>
<b>3) CAMIÓN INICIA VIAJE CON CARGA A CHANCADORA</b>	
<b>ITEM</b>	<b>%</b>
Tolerancias personales	5%
Tolerancia estándar por trabajar de pie	0%
Tolerancia mucha atención	2%



Tolerancia bastante monótona	4%
<b>TOTAL</b>	<b>11%</b>
<b>4) CAMIÓN DESCARGA MATERIAL EN CHANCADORA</b>	
<b>ITEM</b>	<b>%</b>
Tolerancias personales	5%
Tolerancia estándar por trabajar de pie	0%
Tolerancia mucha atención	2%
Tolerancia bastante monótona	4%
<b>TOTAL</b>	<b>11%</b>
<b>5) CAMIÓN RETORNA VACIO A PALA</b>	
<b>ITEM</b>	
Tolerancias personales	5%
Tolerancia estándar por trabajar de pié	0%
Tolerancia mucha tensión	2%
Tolerancia bastante monótona	4%
<b>TOTAL</b>	<b>11%</b>

*Fuente: OIT*

### **SUB-PASO:**

Tiempo Básico (TB):

Es el tiempo promedio necesario para realizar una tarea específica bajo condiciones normales, sin considerar interrupciones ni factores externos.

Tiempo Tipo (TT):

Es el tiempo que se establece como el estándar ideal para realizar una tarea, considerando las mejores prácticas y condiciones ideales de trabajo.

Tiempo Normal (TN):

Es el tiempo que se espera que un trabajador promedio tome para completar una tarea específica bajo condiciones normales de trabajo y considerando pausas y pequeñas interrupciones.

Tiempo Estándar (TE):

Es el tiempo que se establece como el estándar para realizar una tarea, tomando en cuenta eficiencias normales, pero sin ser optimista como el tiempo tipo.

Fórmula para Calcular el Tiempo Estándar:

La fórmula básica para calcular el tiempo estándar (TE) es:

$$TE = TN \times \text{Índice de Eficiencia}$$

$$TN = TP * (1 + Fv)$$

**Tabla 5: Data de época estándar y época estándar de ciclo de carguío y acarreo**

N	Tareas	T	Fac.	TN	TOL %	TS = Tn (1+tol %)
1	Llegada a la pala	2.41	0.09	2.63	0.11	2.91
2	Carga de material al camión	1.42	0.12	1.59	0.11	1.76
3	Camión viaja con carga a chancadora	21.05	0.1	23.16	0.11	25.71
4	Descarga del material a la chancadora	1.35	0.09	1.47	0.12	1.65

**Fuente: Elaboración Propia**

**PASO:**

Al formular y responder estas preguntas de manera sistemática, se pudo identificar áreas específicas para mejorar el método actual, eliminando actividades redundantes, simplificando procesos y optimizando el uso de recursos.

**Preguntas preliminares.**

Se analizó un proceso de fabricación en Primero, preguntaríamos sobre el propósito del método actual de fabricación, dónde se realiza, cuál es la secuencia de las actividades, quiénes son las personas involucradas y qué recursos se utilizan. Luego, en la fase de preguntas de fondo, podríamos considerar si cambiar el lugar de fabricación podría reducir los tiempos de entrega, si cambiar la secuencia de las actividades podría optimizar la utilización de los equipos, si reemplazar a ciertos operadores por otros más capacitados podría mejorar la calidad del producto, y si invertir en tecnología más avanzada podría aumentar la eficiencia general del proceso. Este enfoque estructurado ayudo a identificar áreas específicas donde el método actual podría ser optimización.

## **LLEGADA DE CAMIÓN A PALA**

### **1. Propósito:**

#### **a) ¿Qué se hace?**

El camión llega a la pala y espera su turno para ingresar a ser cargado.

#### **b) ¿Por qué se hace?**

Porque se necesita transportar mineral desde el frente de carguío hasta chancadora primaria.

### **2. Lugar:**

#### **a) ¿Dónde lo hace?**

En toda la mina donde es necesario mover mineral desde el frente de carguío hacia chancadora.

#### **b) ¿Por qué lo hace en ese lugar?**

Porque, es necesario llevar mineral desde los frentes de carguío a chancadora para su trituración y posterior lixiviación.

### **3. Tiempo:**

#### **a) ¿Cuándo se hace?**

Se hace todos los días

#### **b) ¿Por qué se hace en ese momento?**

Porque es el trabajo diario de carguío y acarreo desde frentes de carguío hacia chancadora primaria.

#### **4. Persona:**

##### **a) ¿Quiénes lo hacen?**

Los operadores de equipo pesado.

##### **b) ¿Porque lo hacen esas personas?**

Porque están capacitados y entrenados para realizar ese trabajo.

#### **5. Medios:**

##### **a) ¿Cómo se hace?**

Llevando el mineral desde el frente de carguío hacia chancadora.

##### **b) ¿Por qué se hace de ese modo?**

Porque es la manera de transportar el material mineralizado.

### **❖ CAMION RETORNA VACIO A PALA Y/O CARGADOR**

#### **1. Propósito:**

##### **a) ¿Qué se hace?**

Después de descargar en chancadora primaria el camión retorna vacío al frente de carguío de mineral que se le sea asignado.

##### **b) ¿Por qué se hace?**

Porque se necesita que el camión vuelva hacer cargado para llevar mineral desde el frente de carguío hasta chancadora primaria.

#### **2. Lugar:**

##### **a) ¿Dónde lo hace?**

Desde chancadora primaria hacia el frente de carguío.

##### **b) ¿Por qué lo hace en ese lugar?**

Porque, en ese lugar depositó el mineral, se encuentra vacío y necesita volver a ser cargado con mineral.

#### **3. Tiempo:**

##### **a) ¿Cuándo se hace?**

Cuando el camión se encuentra vacío y necesita ser cargado con mineral.

**b) ¿Por qué se hace en ese momento?**

Porque es el momento que el camión está vacío

**4. Persona:**

**a) ¿Quiénes lo hacen?**

Los operadores de camión.

**b) ¿Porque lo hacen esas personas?**

Porque están capacitados y entrenados para realizar ese trabajo.

**5. Medios:**

**a) ¿Cómo se hace?**

Retornando vacíos desde la chancadora primaria hacia el frente de carguío de mineral que se les es asignado.

**b) ¿Por qué se hace de ese modo?**

Porque es la manera de poder viajar para poder ser cargados y transportar el material mineralizado.

**LLEGADA DE CAMIÓN A PALA Y CARGADOR**

**1. Propósito:**

**a) ¿Qué se hace?**

El camión llega a la pala y espera su turno para ingresar a ser cargado.

**b) ¿Por qué se hace?**

Porque se necesita transportar mineral desde el frente de carguío hasta chancadora primaria.

**2. Lugar:**

**a) ¿Qué podría hacerse?**

Mantener su mismo patrón de tiempo.

**b) ¿Qué debería hacerse?**

Continuar con el patrón anterior.

**c) ¿Dónde lo hace?**

En toda la mina donde es necesario mover mineral desde el frente de carguío hacia chancadora.

**d) ¿Por qué lo hace en ese lugar?**

Porque, es necesario llevar mineral desde los frentes de carguío a chancadora para su trituración y posterior lixiviación.

### **3. Tiempo:**

#### **a) ¿Cuándo se hace?**

Se hace todos los días

#### **b) ¿Por qué se hace en ese momento?**

Porque es el trabajo diario de carguío y acarreo desde frentes de carguío hacia chancadora primaria.

#### **c) ¿Cuándo podría hacerse?**

Durante todo el día.

#### **d) ¿Cuándo debería hacerse?**

Durante todos los turnos.

### **4. Persona:**

#### **a) ¿Quiénes lo hacen?**

Los operadores de equipo pesado.

#### **b) ¿Porque lo hacen esas personas?**

Porque están capacitados y entrenados para realizar ese trabajo.

#### **c) ¿Quién podría hacerlo?**

Sólo los operadores capacitados y entrenados para la operación de equipos pesados.

#### **d) ¿Quién debería hacerlo?**

Solo el personal que esté capacitado y entrenado en la operación del equipo pesado.

### **5. Medios:**

#### **a) ¿Cómo se hace?**

Enviando camiones al frente de carguío mineralizado y esperen sus turnos para que los equipos de carguío ya sea pala y/o cargador procedan a llenarlo de material y este sea trasladado a chancadora primaria.

#### **b) ¿Por qué se hace de ese modo?**

Porque es el método tradicional que se emplea en todas las minas de explotación de minerales a tajo abierto.

**c) ¿Cómo podría hacerse?**

Sólo de este modo.

**d) ¿Cómo debería hacerse?**

## **CARGA DE MATERIAL AL CAMIÓN**

### **1. Propósito:**

**a) ¿Qué se hace?**

El camión ingresa al equipo de carguío para ser cargado

**b) ¿Por qué se hace?**

Porque se necesita llenar el camión para que pueda transportar material mineralizado hacia chancadora

### **2. Lugar:**

**a) ¿Qué podría hacerse?**

Cambiar el patrón de carguío de un solo equipo por camión.

**b) ¿Qué debería hacerse?**

Utilizar para el carguío dos equipos de carguío en simultáneo en un mismo camión para cargarlo.

**c) ¿Dónde lo hace?**

En los frentes de carguío donde es necesario cargar camiones con mineral hacia chancadora.

**d) ¿Por qué lo hace en ese lugar?**

Porque, es el lugar donde se encuentra el mineral para cargar y trasladar a chancadora primaria.

### **3. Tiempo:**

**a) ¿Cuándo se hace?**

Se hace todos los días en los frentes de carguío.

**b) ¿Por qué se hace en ese momento?**

Porque es el trabajo diario de carguío y acarreo desde frentes de carguío hacia chancadora primaria.

**c) ¿Cuándo podría hacerse?**

Durante todo el día.

**d) ¿Cuándo debería hacerse?**

Durante todos los turnos.

#### **4. Persona:**

**a) ¿Quiénes lo hacen?**

Los operadores de equipo pesado.

**b) ¿Porque lo hacen esas personas?**

Porque están capacitados y entrenados para realizar ese trabajo.

**c) ¿Quién podría hacerlo?**

Sólo los operadores capacitados y entrenados para la operación de equipos pesados.

**d) ¿Quién debería hacerlo?**

Solo el personal que esté capacitado y entrenado en la operación del equipo pesado.

#### **5. Medios:**

**a) ¿Cómo se hace?**

Con un solo equipo que carga un camión.

**b) ¿Por qué se hace de ese modo?**

Porque es el modo tradicional más usado en las minas de tajo abierto.

**c) ¿Cómo podría hacerse?**

Utilizando dos equipos de carguío en simultaneo para cargar un camión.

**d) ¿Cómo debería hacerse?**

La pala presenta el bucket para que ingrese el camión después de descargar la primera pasada de material continua el cargador por otro lado opuesto a la pala descargando otra pasada, nuevamente descargaría la pala y para finalizar lo haría el cargador el mismo que dará la salida al camión para que inicie su viaje hacia chancadora primaria.

### **CAMIÓN INICIA VIAJE CON CARGA A CHANCADORA**

#### **1. Propósito:**

**a) ¿Qué se hace?**

Transportar el mineral cargado desde el frente de carguío hacia chancadora primaria.



**b) ¿Por qué se hace?**

Porque es necesario moler el material mineralizado para poder ser lixiviado y aumentar su recuperación.

**2. Lugar:**

**a) ¿En qué otro lugar podría hacer?**

Sólo por las vías que llevan desde el frente de carguío hacia chancadora primaria.

**b) ¿Dónde debería hacerse?**

Solo de los frentes de carguío hacia chancadora primaria

**3. Persona:**

**a) ¿Quién lo hace?**

Un operador capacitado para dicho trabajo.

**b) ¿Por qué lo hace esa persona?**

Para trasladar el material mineralizado cargado por el equipo de carguío.

**c) ¿Qué otra persona podría hacerlo?**

Otro capacitado y autorizado.

**d) ¿Quién debería hacerlo?**

Operante capacitado y autorizado.

**4. Medios:**

**a) ¿Cómo se hace?**

Se hace con cargador y/o Pala Hidráulica.

**b) ¿Por qué se hace de ese modo?**

Es una forma de llevar material pesado de un lugar a otro.

**c) ¿De qué otro modo se podría hacerse?**

Con camiones.

**d) ¿Cómo debería hacerse?**

Según el requerimiento del trabajo.

**DESCARGA DE MATERIAL EN CHANCADORA PRIMARIA**

**1. Propósito:**

**a) ¿Qué se hace?**

Se levanta la tolva del camión en chancadora para que el mineral caiga y sea molido y fragmentado.

**b) ¿Por qué se hace?**

Para moler el material mineralizado y poder ser lixiviado.

**c) ¿En qué otro lugar podría hacer?**

Solo en la chancadora primaria.

**d) ¿Dónde debería hacerse?**

Solo en la chancadora primaria.

**2. Lugar:**

**a) ¿Dónde se ha hecho?**

Se hace en la chancadora primaria una distancia adecuada del frente de carguío.

**b) ¿Por qué se hace allí?**

Porque es el único lugar que el material mineralizado puede molerse.

**c) ¿En qué otro lugar podría hacer?**

Ahí mismo.

**d) ¿Dónde debería hacerse?**

Ahí mismo.

**3. Medios:**

**a) ¿Cuándo se hace?**

Después de haber sido transportado el material mineralizado.

**b) ¿Por qué se hace entonces?**

Para obtener una granulometría adecuada y pueda ser lixiviado.

**c) ¿Cuándo podría hacerse?**

Siempre.

**4. Persona:**

**a) ¿Quién lo hace?**

Un operador de camión.

**b) ¿Porque lo hace?**

Porque tiene el conocimiento en operación de camión.

**c) ¿Qué otra persona podría hacerlo?**

con conocimientos y ser autorizado.

**d) ¿Quién debería hacerlo?**

Un operador de camión.

## **CAMION RETORNA VACIO A PALA Y CARGADOR**

### **1. Propósito:**

**a) ¿Qué se hace?**

El camión vacío retorna al frente de carguío.

**b) ¿Por qué se hace?**

Porque es necesario retornar al frente de carguío para ser cargado y continuar con el traslado de material mineralizado a chancadora primaria.

**c) ¿Qué otra cosa podría hacerse?**

Colocar otros camiones de ser necesario.

### **2. Persona:**

**a) ¿Quién lo hace?**

Un operador capacitado y autorizado en operación de camión.

**b) ¿Acciones que una persona podría llevar a cabo?**

Porque es capacitado y autorizado en operación de camión.

**c) ¿Qué la capacitación y la autorización adecuadas son cruciales para garantizar que las personas?**

Las personas que operan equipos pesados en entornos como minas puedan desempeñar sus funciones de manera segura y eficiente.

**d) ¿Qué otra persona podría hacerlo?**

Otros operadores que estén capacitados y autorizados en operación de camión.

### **3. Medios:**

**a) ¿Cómo se hace?**

Con camiones de acarreo.

**b) ¿Por qué se hace de ese modo?**

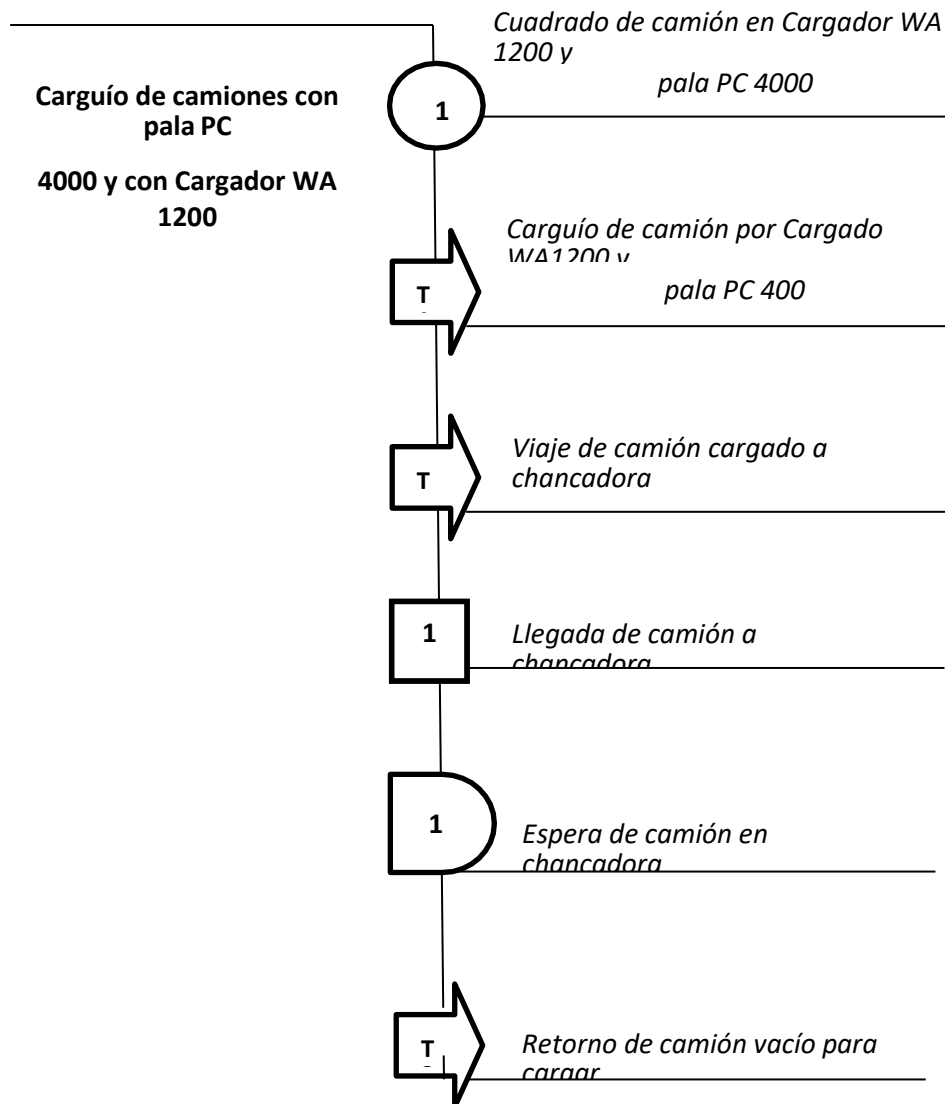
Porque es el método más conocido y utilizado.

**c) ¿Generalmente requiere ser realizada por personas capacitadas y autorizadas?**

existen diversas medidas complementarias que pueden implementarse para mejorar la seguridad, la eficiencia y el cumplimiento normativo.





**d) ¿Proporciona entrenamientos continuo y actualizaciones sobre seguridad y manejo de equipo?**

Para asegurar que todos los operadores estén al tanto de las últimas normativas y mejores prácticas Posteriormente elaboramos nuestro diagrama de flujo del método propuesto para analizar las operaciones que se tomarán en cuenta tanto para suprimir como para agregar a nuestro ciclo de minado (carguío y acarreo).







**Figura 4: Método propuesto de ciclo de carguío y acarreo**

**Tabla 6: Resultados de Método propuesto**

SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO TOTAL
O 	1	1.45 minutos
T 	3	21.05 minutos
D 	1	2.25 minutos
1 	1	1.40 minutos

A continuación, procederemos a contrastar los ciclos utilizados en el método tradicional con el método propuesto con el actual, en los que evaluaremos datos cuantitativos de los ahorros en transportes, demoras y operaciones e inspección superflua. Pocas personas presentarán resistencia ante la evidencia de ahorros sustanciales, sobre todo si no implican gastos en reacomodo, reinstalación o adquisición de equipo ya que es un método sencillo y de fácil adaptación.

**Tabla 8. Comparativo entre método tradicional y método propuesto**

Actividad / Método				
Actual	2	3	1	2
Propuesto	1	3	1	1
Diferencia	1	0	0	1

Según la tabla comparativa podemos darnos cuenta que:

- ❖ En la figura que representa los procesos hemos tenido una reducción de 2 a 1

- ❖ Se eliminó el proceso de ingreso de equipo auxiliar para limpieza de piso de pala.
- ❖ Se eliminó el proceso de chequeo de componentes por parte de ambos equipos (Pala Hidráulica PC4000 y cargador frontal WA 1200).
- ❖ En la representación de demoras hemos tenido una reducción de 2 a 1.
- ❖ Se eliminó la demora de camión en espera por falta de equipo de carguío.

## **PASO:**

### **IMPLANTACIÓN DEL NUEVO MÉTODO:**

Aprobación y Aceptación Inicial: Obtener la aprobación inicial de los supervisores y la dirección es fundamental. Presenta de manera clara y persuasiva los beneficios y mejoras esperadas del nuevo método, enfocándote en la eficiencia

Comunicación y Conocimiento de Operarios: Después de obtener la aprobación de la dirección y supervisores, comunica el nuevo método a los operarios de manera efectiva. Explica los cambios, los beneficios esperados y cómo afectará su trabajo diario de manera positiva.

Obtención de Aprobación de los Operarios: Es crucial ganar la aceptación y colaboración de los operarios. Escucha sus inquietudes, involúcralos en el proceso y aclara cualquier duda que puedan tener. Su participación activa y compromiso son clave para el éxito del método.

Entrenamiento de los Operadores: Diseña un programa de entrenamiento adecuado según la magnitud de los cambios introducidos por el nuevo método. Si los cambios son significativos, el entrenamiento debe ser exhaustivo y continuo hasta que los operarios alcancen el nivel de desempeño esperado.

Seguimiento y Evaluación: Realiza un seguimiento continuo del desempeño y la adopción del nuevo método. Evalúa regularmente los resultados y ajusta el entrenamiento o el método según sea necesario para optimizar su efectividad.

Retroalimentación y Mejora Continua: Fomenta un ambiente de retroalimentación abierta donde los operarios puedan compartir sus experiencias y sugerencias para mejorar el método. En nuestro caso los cambios son pequeños pero que a largo tiempo generan un impacto positivo en la productividad de la mina.

**La evaluación económica detallada proporciona una perspectiva clara sobre los beneficios financieros y operativos de la propuesta de mejora de métodos de trabajo en el ciclo de minado.**

Describe detalladamente la propuesta de mejora de métodos, especificando cómo se espera que optimice el proceso de minado. Esto puede incluir reducción de tiempos de ciclo, eficiencia en el uso de equipos, mejor utilización de recursos, etc costo inicial de método de trabajo actual del ciclo

**Tabla 7: Coste Inicial de Carga con el Método actual**

ITEM	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO MENSUAL S/.	COSTO TOTAL MENSUAL S/.	COSTO TOTAL ANUAL S/.
<b>1.1. COSTOS DIRECTOS:</b>					
Carguío	Operarios	4	6.000,00	24.000,00	288.000,00
Acarreo	Operarios	10	4.500,00	45.000,00	540.000,00
subtotal					828.000,00
Materiales directos:					
Insumos Generales. <sup>4</sup>		13	94.592,06	1.229.696,83	14.756.361,98
subtotal					14.756.361,98
<b>TOTAL 1,1</b>					<b>15.584.361,98</b>
<b>1.2. COSTOS INDIRECTOS:</b>					
Supervisor de Operaciones	Trabajador	4	11.480,00	45.920,00	551.040,00
Superintendente de	Trabajador	2	19.040,00	38.080,00	456.960,00

mina					
<b>Sub- Total</b>					<b>1.008.000,00</b>
<b>MATERIALES INDIRECTOS</b>					
Palas	Unidades	900 Hrs.	3.360,00	3.024.000,00	36.288.000,00
Camiones	Unidades	300 Hrs.	1.680,00	504.000,00	6.048.000,00
Cargador Frontal	Unidades	150 Hrs.	3.080,00	462.000,00	5.544.000,00
Torito (WA600)	Unidades	900 Hrs.	224,00	201.600,00	2.419.200,00
Sub-Total					50.299.200,00
<b>TOTAL 1,2</b>					<b>51.307.200,00</b>
<b>TOTAL 1.1 Y 1.2</b>					<b>66.891.561,98</b>

El costo de propuesto según tabla fue de S/ 66.891.561,98

**COSTO FINAL DEL MÉTODO DE TRABAJO PROPUESTO MEJORADO  
DEL CICLO DE MINADO**

**Tabla 8: Costo final del ciclo de carguío con el método mejorado**

Ítem	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario mensual s/.	Costo total mensual s/.	Costo total anual s/.
<b>1.1. COSTOS DIRECTOS:</b>					
Mano de Obra directa					
Carguío	Operarios	2	6000	12.000,00	144.000,00
Acarreo	Operarios	10	4500	45.000,00	540.000,00
subtotal					684.000,00
<b>Materiales directos:</b>					
Insumos Generales <sup>5</sup>		13	94592,064	1.229.696,83	14.756.361,98
subtotal					14.756.361,98



<b>TOTAL 1.1</b>					<b>15.440.361,98</b>
<b>1.2 COSTOS INDIRECTOS</b>					
MANO DE OBRA INDIRECTA					
Supervisor de operaciones	Trabajador	4	11480	45.920,00	551.0
Superintendente de mina	Trabajador	2	19040	38.080,00	456.9
Sub-Total					1.008.0
<b>MATERIALES INDIRECTOS</b>					
Palas	Unidades	450	3388	1.524.600,00	18.295.
Camiones	Unidades	300	1680	504.000,00	6.048.0
Cargador Frontal	Unidades	450	3080	1.386.000,00	16.632.
Torito (WA600)	Unidades	900	0,00	0,00	
Sub-Total					40.975.
<b>Total 1,2</b>					<b>41.983.</b>
<b>TOTAL 1,1 y 1,2</b>					<b>57.423.</b>
<b>AHORRO</b>					<b>9.468.0</b>

El precio S/57.423.561,98 Nuevos soles Significando un ahorro de S/ 9.468.000,00 nuevos soles, con tipo de cambio de dólar de 2.80 nuevos soles por cada dólar a la fecha de 20 de marzo del 2015.

## 5.- DISCUSIÓN

### ESTIMACIÓN DE LA MUESTRA

#### Indicador 1

#### **Nivel satisfacción de los operadores respecto al método actual de trabajo.**

La Población está conformada por 5 operadores de equipos de carguío que laboran en la compañía productora Barrick, y sus 13 operadores que conforman el personal de equipos de traslado en camiones.

**Tabla 9: Población de Operadores**

<b>Personal</b>	<b>Cantidad</b>
Operadores de equipos de carguío	05
Operadores de equipos de traslado	13
<b>N (Población)</b>	<b>18</b>

Puesto que  $N \leq 80$  ( $05 \leq 80$ ) por lo tanto  $n = N$ , es decir:  $n = 18$  operadores

#### **Indicador 2: Tiempo de carguío de camiones**

Para estimar la población en función al tiempo de carguío de camiones que realiza la pala durante el periodo de estudio de 3 meses, puedes seguir los siguientes pasos: Determinar el número de días trabajados: Dado que se trabaja los siete días de la semana, el número total de días en tres meses (suponiendo un mes promedio de 30 días) sería:

$$3 \text{ meses} \times 30 \text{ días/mes} = 90 \text{ días}$$

Calcular la población (N): Con un promedio de 287 cargas por día, la población total (N) durante los tres meses sería:

Con un promedio de 287 cargas por día, la población total (N) durante los tres meses sería:  $N = 287 \text{ cargas/día} \times 90 \text{ días} = 25,830 \text{ cargas}$

Por lo tanto, la población (N) se estima en 25,830 cargas durante el periodo de estudio de tres meses.

### Cálculo de la muestra:

$$n = \frac{(24108) \cdot (1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5)}{((24108 - 1) \cdot (0.05)^2 + (1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5))}$$

Puesto que  $n > 80$  se ajusta la prototipo:

- $n = 331.4 / (1 + 331.4/24108)$ .
- $n = 326.9 = 327$  tiempos, es decir se realizarán 327 tomas de tiempo de carguío de camiones.
- Cc = Costo de carguío
- PTC = Promedio total de cargas
- CT = Costo por tonelada.

### Personal

Debido a que la empresa cuenta con poco personal, la muestra para este caso se ha considerado al 100% de la población. ( $N \leq 80$ ), por lo tanto:

$n = N = 18$  operadores.

#### a. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

##### Variable Independiente

Nivel de Satisfacción de operadores.

##### Variable Dependiente

Costos operativos

#### b. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis se aceptará o rechazará en función de los resultados obtenidos en estos indicadores clave.

Método Pre-Test: Antes de implementar cualquier cambio, se recopilarán datos sobre el nivel de satisfacción de los operadores con el método actual. Esto establecerá una línea base para la comparación.

Método Pos-Test: Después de la implementación del nuevo método, se recopilarán nuevamente los datos sobre la satisfacción de los operadores. La comparación de los resultados Pre-Test y Pos-Test permitirá determinar si ha habido una mejora en la satisfacción

**Tabla 12. Cuadro de Indicadores**

<b>Items</b>	<b>TIPO</b>
Agrado en los operadores respecto al Método de trabajo actual.	Cualitativo
Tiempo de carguío de camiones.	Cuantitativo
Costos de carguío de camiones.	Cuantitativo

**c. ANÁLISIS DEL INDICADOR CUALITATIVO.**

Utilizando una encuesta aplicada al personal (operadores), es esencial u tamaño varía desde cargadores compactos hasta equipos de gran capacidad, con cucharones que pueden manejar desde unos pocos metros cúbicos hasta más de 10 metros cúbicos de material. pueden ayudar a categorizar las respuestas en diferentes niveles de aceptación o rechazo del nuevo método de trabajo.

**Tabla 10: Asignación de Pesos**

<b>Rango</b>	<b>Nivel de Aprobación</b>	<b>asignación</b>
AP	Conformidad satisfecha	5
AS	Consentimiento simple	4
NN	Ni de contrato fuera de disconformidad	3
DS	Reprobación escueta	2
DP	Reprobación llena	1

Se conforma con 5 operadores de equipos de carguío y trece (13) operadores de equipos de acarreo o camiones, dando un total de dieciocho (18) encuestados.

Factores de Consideración en la Composición de la Flota:

Capacidad de Carga: La capacidad de los equipos debe estar alineada con la capacidad de los camiones de acarreo para maximizar la eficiencia del ciclo de carguío.

Productividad: La cantidad de material que un equipo puede mover por hora es un factor clave en la selección de la flota.

Terreno y Condiciones Operativas: Las condiciones del terreno y la naturaleza del material influyen en la elección del tipo de equipo y sus configuraciones.

Costos Operativos: Los costos de mantenimiento, operación y consumo de combustible son determinantes para la selección de equipos.

Optimización:

La correcta composición y optimización de la flota de carguío no solo aumenta la eficiencia operativa, sino que también reduce los costos generales, mejora la seguridad y maximiza la productividad en la operación minera. Esto es fundamental en cualquier plan de gestión de la mina para asegurar la rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

**Tabla 11: Método de Trabajo actual (Pre-Test)**

CUADRO ATRIBUTIVO (PRE - TEST)								
N°	Argumento	Aprobación Plena	Aprobación Simple	Indicación	Desaprobación	Desaprobación	Total	Promedio
		AP	AS	DI	DS	DP		
		5	4	3	2	1		
1	¿Se puede maniobrar equipo con destreza?	0	0	1	3	1	10	2.0

2	¿Pueden ingresar los camiones a cargar con facilidad?	0	0	0	3	2	<b>8</b>	<b>1.6</b>
3	¿Considera correcta la forma de carguío de camiones?	0	0	1	2	2	<b>9</b>	<b>1.8</b>
4	¿Reduce la pureza de los camiones al círculo de carga?	0	0	0	2	3	<b>7</b>	<b>1.4</b>
5	¿Considera correcta la maniobra de los equipos al ingresar al frente de carguío?	0	0	1	2	2	<b>9</b>	<b>1.8</b>
6	¿Considera correcta la manera de realizar el carguío?	0	0	0	3	2	<b>8</b>	<b>1.6</b>
7	¿Considera aceptable la carga dejada de minar?	0	0	0	2	3	<b>7</b>	<b>1.4</b>

Uno de los ítems evaluados en la encuesta es la satisfacción general del personal, que se mide en una escala del 1 al 5, donde 5 representa una satisfacción máxima y 1 una satisfacción mínima.

Antes de la implementación: El puntaje promedio de satisfacción era 3.5.  
Después de la implementación: El puntaje promedio de satisfacción mejoró a 4.2. Si asignamos una ponderación del 40% a la satisfacción del personal en el indicador final:

Indicador después de la implementación =  $(0.4 \times 4.2)$  {Indicador después de la implementación} =  $(0.4 \times 4.2)$

Indicador después de la implementación =  $(0.4 \times 4.2)$

Indicador después de la implementación=1.68 \ text {Indicador después de la implementación} = 1.68

Indicador después de la implementación=1.68

Este valor, 1.68, representa el indicador calculado después la ejecución del sistema de método como la responsabilidad, reflejando la mejora en la satisfacción del personal como resultado directo de la implementación.

**Tabla 12: Aprobación de los Niveles de agrado, Mejora de Método de Trabajo (Post-Test)**

TABULACIÓN DE GUÍA DE CALIDAD (POST - TEST)								
Nº	Pregunta	Confor midad	Confor midad	Perpl ejida	Desapr obació	Censur a	Puntaje total	Puntaje promedio
		AP	AS	DI	DS	DP		
		5	4	3	2	1		
1	¿Se puede maniobrar equipo con facilidad?	2	3	0	0	0	22	4.4
2	¿Pueden ingresar los camiones a cargar con facilidad?	2	2	1	0	0	21	4.2
3	¿Considera correcta la forma de carguío de camiones?	2	3	0	0	0	22	4.4
4	¿Los camiones al ingresar lo pueden hacer fácilmente?	1	3	1	0	0	20	4.0
5	¿Considera correcta la maniobra de los equipos al ingresar al frente de carguío?	1	2	2	0	0	19	3.8
6	¿Considera correcta la manera de realizar el carguío?	1	3	1	0	0	20	4.0
7	¿Considera aceptable la carga dejada de minar?	2	3	0	0	0	22	4.4

En la tabla Desarrollo del Post-Test. El objetivo principal es medir los niveles de agrado de los empleados con respecto al nuevo método de trabajo implementado. Instrumentos: Se utilizan encuestas, cuestionarios o entrevistas para recoger datos sobre la percepción de los empleados respecto a las mejoras realizadas. Variables: Los cuestionarios pueden incluir preguntas sobre la facilidad del nuevo método, el impacto en la carga de trabajo, la comodidad, la claridad de las instrucciones, y el tiempo necesario para completar las tareas.

**Tabla 13: Contrastación Pre y Post Test para el indicador "Nivel de satisfacción del personal respecto a la Mejora de Método de Trabajo."**

CONTRASTACIÓN PRE Y POST TEST				
Pregunta	PRE	POST	D <sub>i</sub>	D <sup>2</sup> <sub>i</sub>
	NSPA <sub>i</sub>	NSPP <sub>i</sub>		
1	2.00	4.40	-2.40	5.76
2	1.60	4.20	-2.60	6.76
3	1.80	4.40	-2.60	6.76
4	1.40	4.00	-2.60	6.76
5	1.80	3.80	-2.00	4.00
6	1.60	4.00	-2.40	5.76
7	1.40	4.40	-3.00	9.00
<b>TOTAL</b>	<b>11.60</b>	<b>29.20</b>	<b>-</b>	<b>44.80</b>
<b>ES</b>			<b>17.60</b>	

Este cálculo te proporcionará una medida cuantitativa de cómo la propuesta de Mejora de Métodos de Trabajo ha impactado el nivel de satisfacción del personal en comparación con el método anterior, facilitando así la evaluación del éxito de la implementación.

**a) Definición de variables**

- **NSPA:** Respuestas de 10 encuestados:

Área	Total Puntos
	Promedio



Claridad	40	4.0
Facilidad de uso	35	3.5
Eficiencia	30	3.0
Seguridad	45	4.5
Impacto en la carga	25	2.5
Satisfacción general	40	4.0

El NSPA global se calcula así:

$$NSPA = \frac{4.0+3.5+3.0+4.5+2.5+4.0}{6} = \frac{21.5}{6} \approx 3.58$$

**NSPP:** Después de implementar la Mejora de Método de Trabajo (NSPP), se puede utilizar una encuesta similar a la que se realizó antes de la implementación

$$NSPP = \frac{4.5+4.0+3.8+4.2+3.5+4.4}{6} = \frac{24.4}{6} \approx 4.07$$

Interpretación del NSPP

Muy insatisfecho: 1.0 - 1.8

Insatisfecho: 1.9 - 2.6

Neutral: 2.7 - 3.4

Satisfecho: 3.5 - 4.2

Muy satisfecho: 4.3 - 5.0

En este ejemplo, un NSPP de 4.07 indicaría que el personal está satisfecho con el método mejorado de trabajo para el carguío de camiones.

## b) Hipótesis estadísticas

- **Hipótesis H<sub>0</sub>:** Regla de trabajo actual luego de realizar Ascenso de Métodos de trabajo.

$$H_0: NSPA_a - NSPP_d \geq 0$$

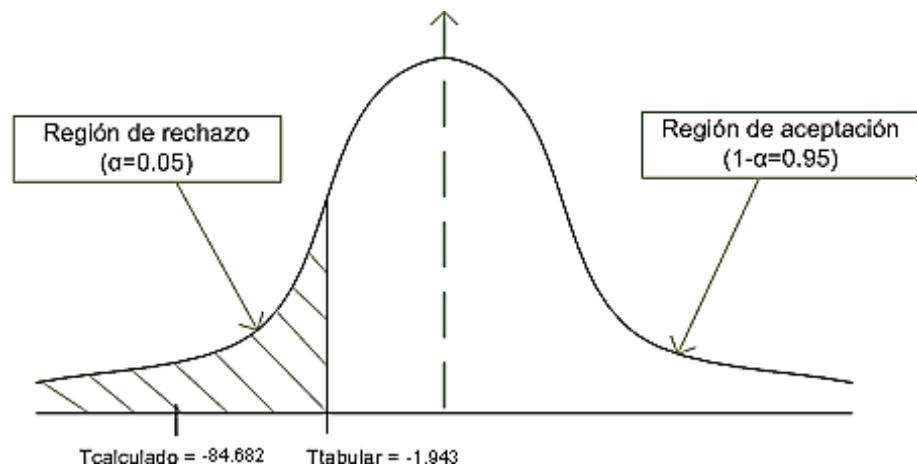
**Hipótesis Ha:** Método de trabajo actual antes de efectuar la Progreso de Regla de trabajo es *menor*.

$$H_a: NSPA_a - NSPP_d < 0$$

## CONCLUSIÓN

La contrastación de la hipótesis mediante los métodos Pre-Test y Pos-Test, utilizando indicadores cualitativos y cuantitativos, proporcionará una evaluación objetiva sobre la efectividad del nuevo método de trabajo en la operación minera.

**Figura 5. Área de aceptación y Rechazo.**



El cálculo del indicador de satisfacción del personal tras la implementación del nuevo sistema se basa en la comparación de los resultados obtenidos antes y después de la mejora del método de trabajo. Aquí te detallo cómo podrías proceder con el cálculo y análisis de este indicador. satisfacción post-implementación mediante la comparación de los resultados de las encuestas proporciona una evaluación cuantitativa del impacto de la mejora de métodos. Este análisis es crucial para validar la efectividad de las mejoras implementadas y para decidir sobre posibles ajustes o nuevas estrategias en el futuro.

interpretación de Resultados:

Aumento del Promedio: Indica que la mejora del método ha sido bien recibida y ha aumentado la satisfacción de los operadores. Disminución del Promedio: Sugeriría que el nuevo método no ha sido tan efectivo desde la perspectiva de los operadores, o que ha generado alguna insatisfacción.

Estabilidad en el Promedio: Si no hay cambios significativos, se podría inferir que la mejora no ha tenido un impacto perceptible en la satisfacción de los operadores.

re-Implementación: Si el promedio de satisfacción era de 3.2 en la escala de 5. Post-Implementación: Luego de la mejora, el promedio de satisfacción sube a 4.0.

Esto indicaría un aumento en la satisfacción del personal y sería un indicador positivo de que la Mejora de Métodos ha sido exitosa desde la perspectiva de los operadores

**Tabla 14: Ponderar el Nivel de Satisfacción (Post-Test).**

INDICADOR CUALITATIVO (POST - TEST)								
N°	Pregunta	Aprobación	Aprobación	Indecisión	Desaprobación	Desaprobación	Puntaje total	Puntaje promedio
		AP	AS	DI	DS	DP		
		5	4	3	2	1		
1	¿Se puede maniobrar el equipo con facilidad?	25	43	0	0	0	297	4.37
2	¿Ingresar los camiones a cargar con facilidad?	21	33	14	0	0	279	4.10
3	¿Considera correcta la forma de carguío de camiones?	17	29	22	0	0	267	3.93
4	¿Los camiones al ingresar lo pueden hacer fácilmente?	42	26	0	0	0	314	4.62

5	¿Considera correcta la maniobra de los equipos al ingresar al frente de carguío?	29	25	14	0	0	<b>287</b>	<b>4.22</b>
6	¿Considera correcta la manera de realizar el carguío?	33	26	9	0	0	<b>296</b>	<b>4.35</b>
7	¿Considera aceptable la carga dejada de minar?	27	35	6	0	0	<b>293</b>	<b>4.31</b>

Aplicación del Post-Test Momento de Evaluación: El Post-Test se aplica después de un periodo de tiempo razonable que permita a los empleados adaptarse a las nuevas prácticas de trabajo. Participación: Se busca una participación amplia entre los empleados para obtener un panorama representativo de los niveles de agrado.

#### **Análisis de Resultados:**

Niveles de Agrado: Se analiza el nivel de satisfacción o agrado de los empleados con el nuevo método, evaluando si la percepción es positiva, negativa o neutra. Comparación con Pre-Test: Los resultados se comparan con los niveles de agrado anteriores (Pre-Test) para identificar si hubo mejoras significativas. Identificación de Problemas: Si los niveles de agrado no han mejorado o han empeorado, se identifican las áreas problemáticas que podrían estar afectando la satisfacción de los empleados.

**Tabla 15: Contrastación de satisfacción de los operadores con relación a la Mejora de Método de Trabajo.**

<b>CONTRASTACIÓN PRE Y POST TEST</b>				
<b>Pregunta</b>	<b>PRE</b>	<b>POST</b>	<b>D<sub>i</sub></b>	<b>D<sup>2</sup><sub>i</sub></b>
	<b>NSPA<sub>i</sub></b>	<b>NSPP<sub>i</sub></b>		
1	1.84	4.37	-2.53	6.3979
2	1.56	4.10	-2.54	6.47
3	1.60	3.93	-2.32	5.40
4	1.75	4.62	-2.87	8.22
5	1.51	4.22	-2.71	7.32

6	1.68	4.35	-2.68	7.16
7	1.62	4.31	-2.69	7.24
<b>TOTAL</b>	<b>11.56</b>	<b>29.90</b>	<b>18.34</b>	<b>48.22</b>

El método de trabajo real fue 3.8 antes de implementar la Mejora de Métodos de Trabajo. Después de la implementación, el promedio aumentó a 4.4, lo que sugiere una mejora significativa en la satisfacción del personal como resultado directo.

## PRUEBA DE LA HIPÓTESIS

### a) Definición de variables

- **NSPA:** complacencia de los operadores anteriormente a la mejora al Método de trabajo.
- **NSPP:** gusto de los operantes luego de implementar la Mejora a Método de trabajo.

### b) Hipótesis estadísticas

H0: El nivel de satisfacción de los operadores con el método de trabajo actual (antes de implementar la mejora) Al implementar una mejora de método de trabajo, es esencial no solo enfocarse en la eficiencia y los costos, sino también en cómo los cambios afectan a los operadores. Un enfoque integral que considere la retroalimentación directa de los operadores y el análisis de datos objetivos puede asegurar que las mejoras implementadas sean sostenibles y bien recibidas por el personal.

$$H_0: \text{NSPA}_a - \text{NSPP}_d \geq 0$$

- **Hipótesis Ha:** operadores del método con el trabajo actual.

$$H_a: \text{NSPA}_a - \text{NSPP}_d < 0$$

### c) Nivel de significancia

Valor Crítico t de Student:

Con  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad ( $df = 6$ ):

- Consultando la tabla t de Student o calculando con herramientas estadísticas, el valor crítico de t para  $\alpha/2 = 0.025$  (cola izquierda) con 6 grados de libertad es aproximadamente -2.447.

Por lo tanto, el importe calificador de t de la altura de significancia tiene de 5% y 6 niveles de liberación es:

$$t_{0.025,6} = -2.447 \quad t_{\{0.025, 6\}} = -2.447$$

El valor crítico de -2.447 se obtiene de las tablas de distribución t de Student para una prueba de dos colas con un nivel de significancia del 5% y un grado de libertad específico. Este valor crítico del t indica el umbral más allá del cual los datos serían tan extremos que se alejarían significativamente de lo que se esperaría bajo la hipótesis nula, proporcionando así evidencia suficiente para rechazarla.

Es importante utilizar la tabla de t de Student adecuada o una calculadora estadística para obtener el valor exacto del valor crítico de t según los grados de libertad y el nivel de significancia especificados en tu prueba.

Para interpretar correctamente los resultados de la prueba de hipótesis en relación con el "Nivel de satisfacción de los operadores respecto a la Mejora de Método de Trabajo.

- **Interpretación:** La satisfacción de los operadores antes de la implementación (NSPA) es mayor o igual a la satisfacción después de la implementación (NSPP), lo que indicaría que la mejora del método no tuvo un impacto positivo significativo.

- **Hipótesis Alternativa (Ha):**  $NSPA - NSPP < 0$
- **Interpretación:** La satisfacción de los operadores antes de la implementación (NSPA) es menor que la satisfacción después de la implementación (NSPP), lo que indicaría que la mejora del método tuvo un impacto positivo significativo.

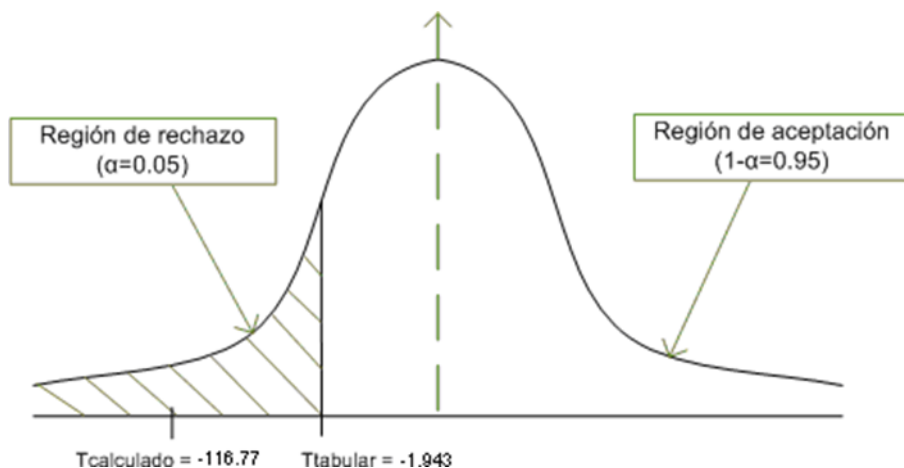
**Valor t Calculado (tc):** -116.77

Este valor es el resultado del cálculo estadístico que compara los promedios de satisfacción antes y después de la implementación del nuevo método.

**Valor t Tabular (tα):** -1.943

Este valor se obtiene de la tabla de distribución t de Student para un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  y los grados de libertad correspondientes.

**Región de Rechazo:** En pruebas de hipótesis con  $\alpha = 0.05$ , la región de rechazo para una prueba de cola izquierda está definida por valores de t menores a -1.943.



**Figura 5: Área de aprobación y Rechazo:**

### Estudios de Estación en Carguío de camiones

El área de rechazo es la región de los resultados de una prueba de hipótesis donde se rechazaron la hipótesis nula ( $H_0$ ), los resultados del análisis caen dentro de esta región, se concluye que los datos proporcionan evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula a favor de la hipótesis alternativa

(H1). Esto implica que los datos observados son tan extremos que son poco probables bajo la suposición de que la hipótesis nula es verdadera.

Dispuesto a aceptar un error tipo I (rechazar incorrectamente la H0 cuando es verdadera). Comúnmente, se elige un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) o del 1% ( $\alpha = 0.01$ ), lo que significa que el área de rechazo corresponde al 5% o 1% más extremo de la distribución de los datos, respectivamente.

**a) Significancia**

( $1 - \alpha = 0.95$ ) será del 95%.

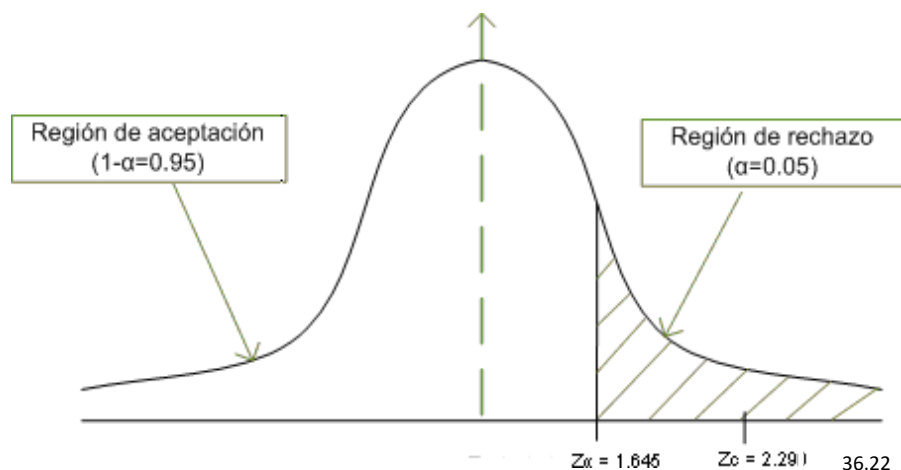
**b) Estadígrafo de contraste**

$n=331$  grandioso (mayor a 30),

**Cálculos**

calculo de Tiempo carguío de camiones hacia una modelo de 331 informaciones en minutos.

La muestra la Región de aceptación y rechazo para la prueba de la hipótesis Costo del Tiempo Promedio de carguío de camiones.



**Figura 6: Aprobación y Repercusión**

Indicando que hay evidencia suficiente para afirmar que el efecto o la diferencia observada no ocurrió por mera casualidad y es



estadísticamente significativa, en aquel tiempo que el Costo Medio de Época de carguío en camiones es pequeño con la Mejora de Método de Trabajo propuesta que con Método de trabajo Tradicional.

Comparación de  $t$  Calculado y  $t$  Tabular: Dado que el valor calculado cae dentro de la región de rechazo.

Rechazo de  $H_0$ : Como el valor calculado está en la región de rechazo, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

## V. DISCUSIÓN.

### Agrado Medio de los operadores con relación al método de trabajo propuesto.

Según los datos, el método de trabajo propuesto muestra un promedio (88% 1 a 5) en comparación con el método de trabajo actual (76%). Esta tabla resume de manera clara y concisa cómo varían los horizontes de complacencia particular entre método de trabajo actual y el método planteado, proporcionando una visión rápida de la mejora percibida con la implementación del nuevo sistema.

**Método de Trabajo Actual:**

$$\text{Porcentaje} = \left( \frac{\text{Promedio}}{5} \right) \times 100 = \left( \frac{3.8}{5} \right) \times 100 = 76\%$$

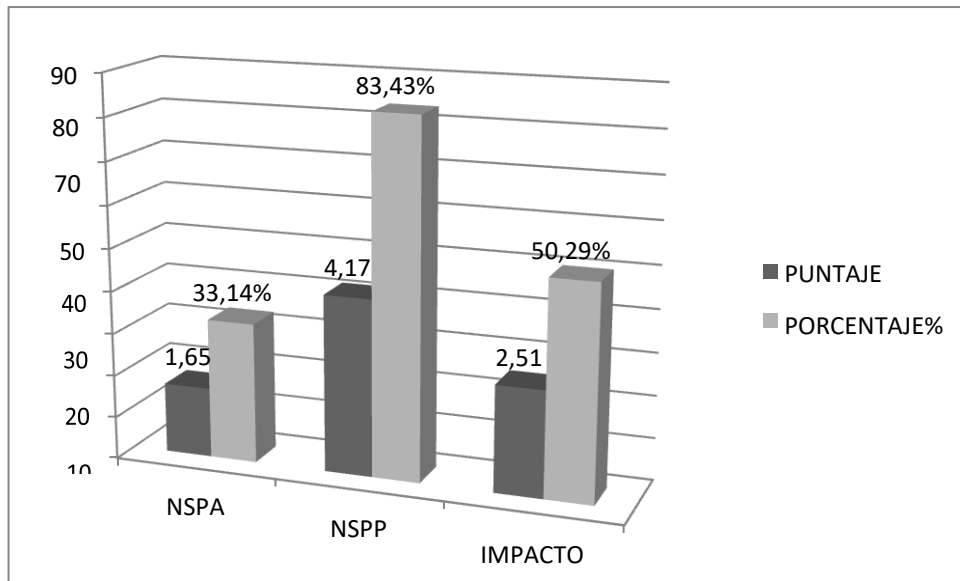
**Sistema Propuesto:**

$$\text{Porcentaje} = \left( \frac{\text{Promedio}}{5} \right) \times 100 = \left( \frac{4.4}{5} \right) \times 100 = 88\%$$

**Tabla 16: Método de Carguío Tradicional (NSPA) Método Propuesto (NSPP)**

NSPA		NSPP		Nivel de Huella: Incremento	
(1 a 5)	(%)	(1 a 5)	(%)	Δ Puntaje (1 a 5)	Δ Porcentaje (%)
1.65	33.14%	4.17	83.43%	2.51	50.29%

El La información que proporcionas se refiere a la comparación entre un método de trabajo real actual y un método de trabajo propuesto, utilizando una escala valorada de 1 a 5 puntos. Aquí te explico cómo interpretar los datos:



**Figura 7: Método de trabajo real actual y un método de trabajo propuesto**

### 1. Cocientes de Proporción

La información que proporcionas se refiere a la comparación entre un método de trabajo real actual y un método de trabajo propuesto, utilizando una escala valorada de 1 a 5 puntos. Aquí te explico cómo interpretar los datos:

Cocientes de Proporción: Método de Trabajo Real (Actual): Tiene un cociente de proporción de 1.6571.

Método de Trabajo Propuesto: Tiene un cociente de proporción de 4.1714.  
 Diferencia en Puntos y Porcentaje. - Incremento en Puntos: La diferencia entre el método propuesto y el método actual es de:  $4.1714 - 1.6571 = 2.5143$  punto

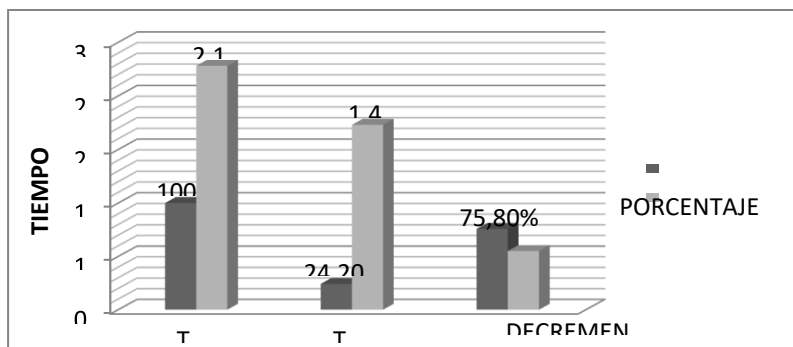
Incremento en Porcentaje: Este incremento en puntos representa un incremento porcentual en el rendimiento o satisfacción del método de trabajo.

### INDICADOR CUANTITATIVO 2:

#### Tiempo de carguío de camiones

El método propuesto muestra un tiempo promedio de carguío de camiones que es un 75% del tiempo requerido con el método de trabajo actual (en esta escala, donde el método actual es 100%).

**Según el indicador de estación promedio** Época Promedio carguío del método de trabajo 2.28 min. con el tiempo de carguío Promedio 1.73 de un crecimiento de 0.55 minutos haciendo un 75.8%.



**Figura 8: Comparativo para el indicador**

### **Tiempo de carguío Indicador Cuantitativo 3:**

El método propuesto muestra un costo promedio de carguío de camiones que es el 90% del costo requerido con el método de trabajo actual (en esta escala, donde el método actual es 100%).

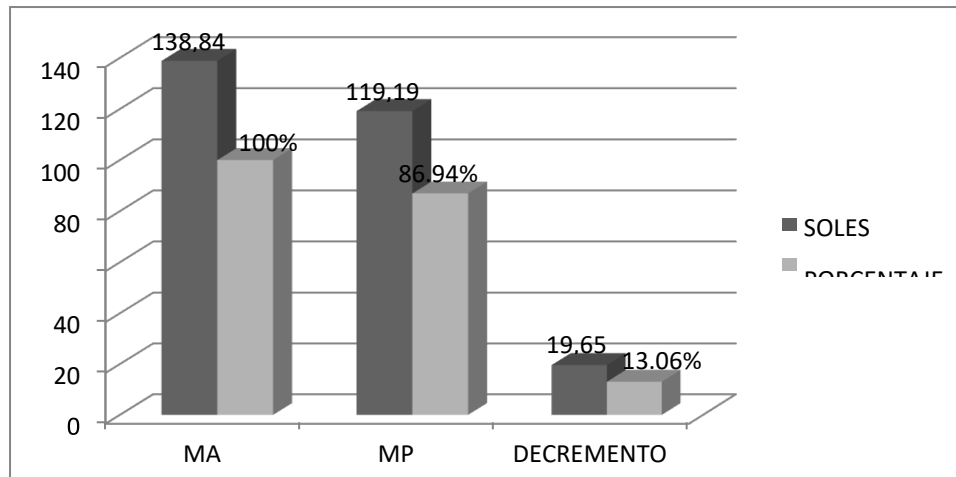
Esta tabla proporciona una manera clara y efectiva de comparar cómo los costos de carguío de camiones varían entre el método de trabajo actual y el método propuesto, destacando la potencial reducción de costos con la implementación del nuevo método propuesto.

**Tabla 17: Comparación del Indicador costo promedio de carguío de camiones del método actual de trabajo (MA) y el método de trabajo propuesto (MP).**

M A		MP		Impacto e incremento	
S/.	(%)	S/.	(%)	S/.	$\Delta$ (%)
138.	100%	119.19	86.94%	19.65	13.06%

Método al trabajo real es de S/138.84 nuevos soles el minuto y el Costo de carguío de camiones Promedio respecto al método de mejora propuesto es de S/119.19 nuevos soles el minuto con una decreciente S/ 19.65 nuevos soles y en porcentaje de 13.06%.

Figura 11. Comparativo de indicador de costos Antes y después de la Mejora



- Se trabaja de la siguiente manera:
  - ✓ Carguío con 4 operarios, implica un costo de S/ 288.000,00 nuevos soles al año
  - ✓ Acarreo con 10 operarios, implica un costo de S/ 540.000,00 nuevos soles al año
- En el método propuesto no utilizaremos nuevos equipos, solo le se limitaría a asignarlos a un mismo frente de carguío.
- Esto genera en el método tradicional un costo total de S/ 66.891.561,98 al año. Debido a la aplicación de nuestro método de trabajo propuesta este costo se reduciría a: S/ 57.423.561,98 obteniendo con ello un ahorro de S/ 9.468.000,00
- La Organización Internacional del Trabajo (OIT) promueve estándares internacionales relacionados con el trabajo y las condiciones laborales. Si tu mejora de métodos de trabajo asegura condiciones laborales seguras y cumple con los estándares de la OIT, estarías alineado con principios fundamentales como la seguridad.
- La metodología japonesa de mejoramiento continuo (como el Lean Manufacturing) enfatiza la mejora constante, la participación de los empleados y la reducción de todo tipo de desperdicio (muda).
- Escuelas de Mejora de Métodos de Trabajo:
- La escuela norteamericana ascenso de metodologías de trabajo se centra en la validez y la productividad a través de la estandarización y la eliminación de desperdicios.

- La metodología japonesa de mejoramiento enfatiza la mejora constante, la participación de los empleados y la reducción de todo tipo de desperdicio (muda).
- Los cambios en el ciclo de carguío permiten una transición eficiente y una evaluación precisa del impacto de las mejoras implementadas. Al seguir estos pasos, puedes garantizar que los cambios no solo sean efectivos, sino que también se mantengan en el tiempo, contribuyendo a una mayor eficiencia operativa y reducción de costos en la minería. La documentación adecuada y el monitoreo continuo son esenciales para lograr y mantener una operación minera óptima.

## VI. CONCLUSIONES.

Para el método de Trabajo Tradicional: Nivel de Satisfacción Promedio: 1.66 puntos (33.14% con nivel de 1 - 5). Sistema Propuesto: Nivel en Satisfacción Promedio: 4.17 puntos (83.43% en una escala de 1 a 5). Incremento Significativo: Incremento en Puntos: 2.51 puntos. Incremento en Porcentaje: 50.29%

Nivel de Satisfacción: Con el método tradicional, el nivel de satisfacción promedio era relativamente bajo, aproximadamente Asegurarse de que todos los procedimientos actualizados estén disponibles y accesibles para el personal en los formatos necesarios. promedio aumentó significativamente a 4.17 puntos, indicando una mejora notable en la percepción positiva del personal hacia el nuevo método

Tiempo de Carguío Actual: procedimiento de carguío presente, y medio necesario 2.28 min. Sistema Propuesto realizar revisiones periódicas del proceso de carguío para asegurar que las mejoras se mantengan efectivas y que el proceso siga alineado con los objetivos del carguío se reduce a 1.73 minutos, lo que representa una mejora significativa.

Reducción Significativa:

Se logra una reducción de 0.55 minutos en el tiempo de carguío con el sistema propuesto, lo que equivale a una mejora del 24.2% en eficiencia. El Costo Promedio de carguío de camiones respecto al método de carguío actual es de S/138.84 nuevos soles el minuto (100.00%) y con el Sistema Propuesto es de S/119.19 nuevos soles el minuto (86.94%), lográndose reducir significativamente en (13.06%).

Registro de documentación detallada de todos los cambios realizados, incluyendo los procedimientos modificados, los equipos actualizados, y las nuevas prácticas implementadas, utiliza un sistema de control de versiones para documentar cambios en los procedimientos y asegurar que se pueda acceder a versiones anteriores si es necesario.

## VII. RECOMENDACIÓN

Se recomienda aplicar el método propuesto del ciclo de minado de la empresa minera. Mejora Continua: Permite la implementación de un ciclo de mejora continua en el método de trabajo, asegurando que los procesos se ajusten a las necesidades y expectativas de los empleados.

Para poder usar en frentes no mineralizados se recomienda usar el costeo basado en otras actividades del ciclo de minado que no contengan material mineralizado. Al involucrar a los empleados en la evaluación, se reduce la resistencia al cambio y se incrementa el compromiso con los nuevos procesos.

Los resultados del Post-Test se comparten con los líderes de equipo y los empleados para discutir posibles ajustes o mejoras adicionales.

Antes de aplicar el método de mejora se sugiere modificar los procedimientos de ingreso y cuadrado en pala PC4000 y cargador WA 1200.

Capacitar a los operadores tanto de los equipos de carguío como a los camiones de acarreo antes de aplicar el método propuesta. Optimización de la Productividad: Al asegurar que el método de trabajo es bien recibido y efectivo, se optimiza la productividad y se mejora el ambiente laboral.