

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Reducción de demoras operativas de cambio de turno al  
implementar un módulo de cambio de guardia en la labor  
minera tipo, Arequipa, 2024**

Nestor Alex Alvarez Ramos

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Arequipa, 2025

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Yamil Zevallos Luque  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 22 de Abril de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

REDUCCIÓN DE DEMORAS OPERATIVAS DE CAMBIO DE TURNO AL IMPLEMENTAR UN MÓDULO DE CAMBIO DE GUARDIA EN LA LABOR MINERA MODELO (TIPO), AREQUIPA, 2024

**Autores:**

1. NESTOR ALEX ALVAREZ RAMOS – EAP. Ingeniería de Minas

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
  
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI  NO   
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"):10
  
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original**  
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios porque nunca perdí la fe para ser alguien en la vida y lograr mi más grande sueño “ser profesional”, deseo que este momento inolvidable perdure en sus recuerdos y en las mentes de las personas que me apoyaron, en mis docentes y en mis asesores que han hecho posible mi realización profesional, agradezco también a todos mis amigos y familiares por su apoyo incondicional y muy especialmente a mi amor Rebeca quien estuvo siempre apoyándome durante toda mi vida universitaria y ser lo que ahora soy.

Muchas gracias a todos.

## **DEDICACIÓN**

Dedico mi tesis a mis padres Celso y Sofía, quienes durante toda mi vida universitaria me apoyaron con sus consejos sabios para el logro de mis metas, inculcándome valores para ser un hombre de bien y un buen profesional, a mis hermanos por su apoyo y su comprensión.

Muchas gracias queridos padres.

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iv
<b>DEDICACIÓN</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	2
1.1 PLANTEAMIENTO Y REDACCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1.1 Problema general.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Problemas Específicos.....	3
1.2.2 Objetivo general.....	3
1.2.3 Objetivos específicos.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	4
1.4 ÁLCANCE DEL PROYECTO.....	5
1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	5
1.5.1 Hipótesis.....	5
1.5.1.1 Hipótesis Principal.....	5
1.5.1.2 Hipótesis Específica.....	5
1.5.2 Variables, operacionalización.....	5
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b> .....	7
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	7
2.1.1 Locales.....	7
2.1.2 Nacionales.....	8
2.1.3 Internacionales.....	9
2.2 BASES CONCEPTUALES.....	11
2.2.1 Consideraciones generales.....	11
2.2.1.1 Ubicación y accesibilidad al lugar.....	11
2.2.2 Accesibilidad.....	11
2.2.3 Fases de Extracción Minera.....	12
2.2.3.1 Recursos naturales.....	12

2.2.3.2	Condiciones Climáticas .....	12
2.2.3.3	Recursos hídricos .....	13
2.2.3.4	Recursos de energía eléctrica .....	13
2.2.3.5	Operaciones Unitarias .....	13
2.2.3.6	Perforación .....	14
2.2.3.7	Perforación de producción .....	14
2.2.3.8	Voladura .....	15
2.2.3.9	Carguío .....	16
2.2.3.10	Acarreo .....	17
2.2.3.11	Chancado .....	18
2.2.3.12	Depósitos lixiviables .....	18
2.2.3.13	Gestión de Dispatch .....	18
2.2.3.14	Programa de rotación de turnos del sistema Jigsaw .....	18
2.2.3.15	Distribución de Tiempos ASARCO .....	19
2.2.3.16	Productivo Neto .....	19
2.2.3.17	Demoras Operativas .....	19
2.2.3.18	Improductivo Inevitable .....	19
2.2.3.19	Improductivo Evitable .....	19
2.2.3.20	Disponibilidad mecánica .....	20
2.2.3.21	Utilización efectiva .....	20
2.2.3.22	Disponibilidad Física .....	20
2.2.3.23	Eficiencia .....	20
2.2.3.24	Retrasos en la Programación Operativa .....	21
2.2.3.25	Cambio de guardia .....	21
2.2.3.26	Sistema Dispatch .....	21
2.2.3.27	Balizas .....	21
2.2.3.28	El cambio de guardia en caliente .....	21
2.2.3.29	Gestión de Dispatch .....	22
2.2.3.30	Clasificación de tiempos en Dispatch .....	23
2.2.3.31	MineOps (Jigsaw) .....	24
2.2.3.32	Panel de los operadores en sus equipos .....	25
2.2.3.33	Programa de rotación de turnos del sistema Jigsaw .....	26
2.2.3.34	Operaciones Mina .....	29
2.3	MARCO CONCEPTUAL .....	30

<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA</b> .....	32
3.1 MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.1.1 Método de la investigación.....	32
3.1.2 Tipo de la investigación.....	32
3.1.3 Nivel de la investigación.....	32
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS (APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA).....	32
3.2.1 Diseño de la investigación.....	32
3.2.2 Población y muestra.....	33
3.2.3 Técnicas de recolección de datos.....	33
3.2.3.1 Para la variable independiente:.....	33
3.2.3.2 Para la variable dependiente.....	33
3.2.4 Metodos de análisis de datos.....	33
<b>CAPÍTULO IV DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	35
4.1 RESULTADOS OBTENIDOS.....	35
4.1.1 Demoras en la asignación y disponibilidad de equipos:.....	35
4.1.2 Revisión de estado y condiciones de los equipos:.....	35
4.1.3 Fallas o averías inesperadas de equipos:.....	36
4.1.4 Demoras en la entrega de información sobre el estado de los equipos:.....	36
4.1.5 Asignación de equipos compartidos entre turnos:.....	36
4.1.6 Ejemplos de Soluciones con el Programa de rotación de turnos:.....	36
4.2 APLICACIÓN DE METODOS ESTADISTICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN	46
4.2.1 Estimación estadística inferencial.....	46
4.2.2 Supuesto de Continuidad.....	47
4.2.3 Supuesto de Normalidad.....	47
4.2.4 Evaluación de hipótesis.....	47
4.2.5 Procedimiento para verificar hipótesis.....	48
4.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	49
<b>CONCLUSIONES FINALES</b> .....	52
<b>SUGERENCIAS</b> .....	53
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	54
<b>APÉNDICES</b> .....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Variables, operacionalización.....	6
Tabla 2.	Mes 1 .....	40
Tabla 3.	Mes 2 en minutos .....	42
Tabla 4.	Mes 3 en minutos .....	44
Tabla 5.	Segundo vs tercer mes.....	46
Tabla 6.	Normalidad.....	47
Tabla 7.	T wilcoxon.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización geográfica de la mina Cuajone.....	11
Figura 2.	Sección transversal del Modelo de Fases de Minado. ....	12
Figura 3.	Explotación minera a cielo abierto. ....	14
Figura 4.	Perforación en una mina a tajo abierto. ....	15
Figura 5.	Equipos de perforación en producción. ....	16
Figura 6.	Minado con pala. ....	17
Figura 7.	Minado con cargador frontal.....	17
Figura 8.	Distribución de tiempos. ....	19
Figura 9.	Ubicación simulada de una flota de equipos. ....	22
Figura 10.	Esenarios de operación de Palas: uno con flota de Camiones y otra sin ella.....	23
Figura 11.	Sistema de Control MineOps.....	24
Figura 12.	Pantalla JigSaw.....	25
Figura 13.	Pantalla Jigsaw en las perforadoras. ....	25
Figura 14.	Camiones. ....	26
Figura 15.	Palas.....	26
Figura 16.	Etapa: Asignación de Operadores a Equipos. ....	27
Figura 17.	Lista de asignaciones del programa de rotación de turnos. ....	28
Figura 18.	Asignación de lugares para cambio de guardia. ....	28
Figura 19.	Pantalla del programa de rotación de turnos.....	29
Figura 20.	Demoras Operativas en Porcentaje.....	37
Figura 21.	Horas Hombre en Horas. ....	38
Figura 22.	Hora inicio. ....	38
Figura 23.	Producción en T/H.....	39
Figura 24.	Mes 1 en minutos.....	41
Figura 25.	Mes 2 en minutos.....	43
Figura 26.	Mes 3 en minutos.....	45
Figura 27.	Segundo vs tercer trimestre en minutos.....	46

## RESUMEN

El presente estudio, titulado "Reducción de demoras operativas de cambio de turno al implementar un módulo de cambio de guardia en la labor minera modelo (tipo), Arequipa 2024, tiene como objetivo principal disminuir los tiempos de demora durante el cambio de turno en una minera modelo (tipo) ubicada en Arequipa, durante el año 2024. Para ello, se empleó un enfoque cuantitativo y un nivel de investigación comparativo, ya que se analizaron los datos del cambio de guardia correspondientes al segundo y tercer trimestre de 2023. El diseño longitudinal permitió comparar ambas variables a lo largo del tiempo, mientras que la prueba estadística T-Wilcoxon para muestras relacionadas se utilizó para evaluar la relación entre las variables, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

Los resultados demostraron que la implementación del programa de rotación de turnos fue efectiva para optimizar el proceso. En el segundo trimestre de 2023, el tiempo dedicado al cambio de guardia era de una hora, mientras que en el tercer trimestre se redujo a 45 minutos. Esta mejora se logró gracias a una mejor organización de las actividades por parte de los trabajadores, lo que permitió aumentar la eficiencia operativa y reducir los tiempos muertos.

Finalmente, el análisis estadístico confirmó la significancia de los resultados, con un valor de  $p = 0.000$ , lo que indica una diferencia notable entre los tiempos de cambio de guardia en los dos trimestres evaluados. Esto respalda la conclusión de que la implementación del módulo contribuyó a optimizar el proceso, reduciendo las demoras operativas y mejorando la productividad en la minera modelo.

**Palabras clave:** Optimización de tiempos muertos, cambio de guardia, módulo cambio de guardia

## ABSTRACT

The present research, titled "Reduction of Operational Delays in Shift Change by Implementing a Guard Change Module in Model (Type) Mining," aims to reduce delays during shift changes in a model (type) mine located in Arequipa during the year 2024. To achieve this, a quantitative approach and a comparative research level were employed, as data from the guard change process corresponding to the second and third quarters of 2023 were analyzed. The longitudinal design allowed for the comparison of both variables over time, while the Wilcoxon T-test for related samples was used to evaluate the relationship between the variables, with a confidence level of 95% and a margin of error of 5%.

The results demonstrated that the implementation of the guard change module was effective in optimizing the process. In the second quarter of 2023, the time dedicated to the guard change was one hour, while in the third quarter, it was reduced to 45 minutes. This improvement was achieved thanks to better organization of activities by the workers, which increased operational efficiency and reduced downtime.

Finally, the statistical analysis confirmed the significance of the results, with a p-value of 0.000, indicating a notable difference between the guard change times in the two evaluated quarters. This supports the conclusion that the implementation of the module contributed to optimizing the process, reducing operational delays, and improving productivity in the model mine.

**Keywords:** Downtime optimization, changing of the guard, changing of the guard module

## **PRESENTACIÓN**

Producir en menos tiempo es uno de los mayores desafíos del siglo XXI, resulta indispensable implementar estrategias innovadoras para mejorar la eficiencia y alcanzar resultados más satisfactorios. En el sector minero, la producción está directamente influenciada por la gestión del tiempo en la distribución del personal. Si los trabajadores logran llegar más rápido a sus puestos de trabajo, pueden iniciar las operaciones de manera anticipada, lo que induce a un aumento en el volumen de material extraído.

La minería es un entorno dinámico que demanda la realización de diversas tareas, muchas de las cuales implican altos niveles de riesgo o requieren operadores altamente calificados y experimentados con habilidades para ejecutarlas de manera segura y eficiente. Además, la disponibilidad de los equipos es un factor variable, ya que en una operación minera no siempre se cuenta con la misma maquinaria todos los días debido a problemas eléctricos, mecánicos, de lubricación o neumáticos. Esto impide que los operadores sean asignados al mismo equipo de manera constante, por lo que es crucial que los trabajadores sean capaces de adaptarse y desempeñarse eficazmente en cualquier tarea o maquinaria que se les asigne.

En este contexto, el presente trabajo se enfocó en optimizar los tiempos muertos mediante la implementación de un programa de rotación de turnos. Esta herramienta permitió agilizar el proceso de transición entre turnos, lo que contribuyó a aumentar la producción y mejorar la eficiencia operativa en la mina.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 PLANTEAMIENTO Y REDACCIÓN DEL PROBLEMA**

Las operaciones mineras en todo el mundo enfrentan desafíos constantes relacionados con pérdidas operativas y demoras, las cuales pueden originarse por factores mecánicos u operacionales. Estas situaciones no solo generan inactividad en los procesos, sino que también afectan la posibilidad de incrementar la productividad. En particular, las demoras operativas se presentan cuando ciertos procedimientos dependen de la culminación de otros, lo que provoca la detención temporal de equipos y personal. Esto repercute en un aumento de costos y una disminución en la eficiencia general del sistema productivo.

En las explotaciones mineras de gran escala, el movimiento continuo de la flota de equipos, dificulta la ejecución de relevos de personal o detenciones programadas durante momentos de alta actividad sea compleja. Estas interrupciones afectan tanto la disponibilidad operativa como la eficiencia en el uso de los equipos, lo que a su vez impacta el cumplimiento de los objetivos de producción. Uno de los momentos críticos en la jornada laboral es el cambio de turno, también conocido como "cambio de guardia". Si este proceso no se gestiona adecuadamente, puede prolongarse y ocasionar paradas innecesarias en la operación, reduciendo significativamente la productividad horaria.

Entre los principales inconvenientes que se encuentra en el cambio de guardia es la asignación incorrecta de equipos a los operadores debido al desconocimiento de las capacidades individuales del personal. También influyen aspectos como el estado de los equipos (averías o mantenimientos pendientes) y la disponibilidad del personal (permisos, licencias médicas, entre otros). Además, la falta de información precisa sobre el lugar exacto del relevo puede generar descoordinaciones, incrementando el riesgo de incidentes debido a la reanudación apresurada de actividades.

Para mejorar la gestión de este proceso, diversas operaciones mineras han incorporado tecnologías avanzadas, como los sistemas de monitoreo y control Dispatch. Estas herramientas cuentan con módulos especializados que optimizan la asignación de operadores, considerando

criterios como sus habilidades, la disponibilidad de los equipos y otras variables clave. La implementación de estos sistemas no solo disminuye la necesidad de prolongar los turnos, sino que también incrementa el rendimiento de la flota. Algunas minas han implementado estrategias como el relevo de turno en caliente, obteniendo mejoras significativas de la producción desde la primera hora del turno.

Además, los sistemas permiten establecer ubicaciones estratégicas para el estacionamiento de los equipos, facilitando una transición más ordenada entre turnos. Al contar con información clara sobre la localización de los equipos, los operadores pueden iniciar sus labores de manera eficiente. Asimismo, la coordinación de los vehículos de transporte del personal al inicio y final de cada jornada, contribuye a optimizar los tiempos de traslado. Un relevo bien estructurado no solo mejora la disponibilidad de los equipos, sino que también refuerza la seguridad operacional, permitiendo que los trabajadores realicen actividades esenciales como la inducción de seguridad, la inspección de equipos y el escrito de formatos de control sin presiones innecesarias.

En este contexto, resulta pertinente evaluar si la implementación de un módulo específico para la gestión del cambio de turno en una operación minera ubicada en Arequipa puede contribuir a la reducción de tiempos muertos, Incrementar la productividad y mejorar las condiciones de seguridad para el trabajo. Esta investigación busca demostrar que la optimización de este proceso puede generar importantes beneficios operativos.

### **1.1.1 Problema general**

¿Cómo influye la implementación de un programa de rotación de turnos en las demoras operativas?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Problemas Específicos**

- ¿Cómo influye la implementación de un programa de rotación de turnos en el aumento de horas hombre?
- ¿Cómo influye la implementación de un programa de rotación de turnos en el inicio del trabajo?
- ¿Cómo influye la implementación de un programa de rotación de turnos en la producción?

### **1.2.2 Objetivo general**

- Lograr la reducción de demoras operativas de cambio de turno al implementar un programa de rotación de turnos en minera modelo (tipo), Arequipa, 2024.

### **1.2.3 Objetivos específicos**

- Determinar cómo influye en la reducción de demoras operativas el aumento de las horas hombre al implementar el programa de rotación de turnos.
- Determinar cómo influye en la reducción de demoras operativas al llegar e iniciar el trabajo a la hora programada al implementar el programa de rotación de turnos.
- Determinar cómo influye en la reducción de demoras operativas la producción al aplicar el programa de rotación de turnos.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

La asignación de personal a los equipos en operaciones mineras requiere identificar la ubicación de los equipos y verificar la disponibilidad de los trabajadores, considerando posibles ausencias, ya sean justificadas o no. Es crucial garantizar que los equipos estén operativos y no se encuentren en mantenimiento, ya sea programado o inesperado. En este contexto, el supervisor desempeña un rol esencial al organizar los equipos por orden de prioridad: primero las perforadoras luego las palas después cargadoras y por último los equipos auxiliares. Además, los operadores deben contar con las competencias necesarias para manejar cada equipo, prestando atención a los riesgos asociados con las distintas operaciones. La asignación de personal a los volquetes también es clave, dando prioridad a aquellos con mayor capacidad de carga.

Este proceso suele requerir cerca de 60 minutos e incluye la comunicación de la ubicación de los equipos a los operadores, la organización del transporte hacia los puntos de trabajo y la supervisión para que los equipos permanezcan en el nivel de operación del turno anterior. Estas actividades, aunque indispensables, generan demoras significativas al inicio del turno, afectando la producción y disminuyendo la eficiencia operativa y la utilización de recursos.

Ante esta problemática, surge la necesidad de aumentar la eficiencia durante la primera hora de producción en la mina. El objetivo es optimizar este proceso, reduciendo el tiempo de asignación en 15 minutos, lo que representaría una mejora económica significativa y justificaría la relevancia de esta investigación. Desde un enfoque teórico, se busca responder a la pregunta de si es posible reducir las demoras operativas durante el cambio de guardia mediante la implementación de un programa de rotación de turnos en una minera modelo (tipo). Desde el punto de vista científico, se pretende demostrar la validez de los datos comparativos utilizando pruebas estadísticas como la T de Wilcoxon, adecuada para muestras no paramétricas pero relacionadas. Finalmente, desde una perspectiva económica, se espera que la aplicación de esta investigación contribuya al aumento de la producción en las operaciones mineras.

## **1.4 ÁLCANCE DEL PROYECTO**

El área de estudio se desarrollará en la labor minera modelo (tipo) ubicada en Arequipa. La presente investigación se elaborará en los días establecidos en el cronograma de ejecución de cada mes y tendrá una duración aproximada de tres meses del año 2024.

## **1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **1.5.1 Hipótesis**

#### **1.5.1.1 Hipótesis Principal**

Se puede optimizar la producción en la primera hora a través de la reducción de demoras operativas de cambio de turno al implementar un programa de rotación de turnos en minera modelo (tipo).

#### **1.5.1.2 Hipótesis Específica**

- Es probable que la reducción de demoras operativas influya en el aumento de las horas hombre al implementar el programa de rotación de turnos, Arequipa, 2024.
- Es probable que la reducción de demoras operativas mejore positivamente al llegar e iniciar el trabajo a la hora programada al implementar el programa de rotación de turnos, Arequipa, 2024,
- Es probable que la reducción de demoras operativas aumente la producido al aplicar el programa de rotación de turnos, Arequipa, 2024.

### **1.5.2 Variables, operacionalización**

- Variable independiente: Implementación del Programa de rotación de turnos.
- Variable dependiente: Tiempo total de demora operativa durante el cambio de turno.

**Tabla 1.***Variables, operacionalización*

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Herramientas</b>
VI: Implementación del Programa de rotación de turnos.	Proceso de incorporación de un sistema para gestionar eficientemente el cambio de turno en la labor minera.	Diseño del módulo	Número de guardias implementadas	Encuestas
		Funcionalidad del módulo	Percepción de los trabajadores sobre el sistema	Análisis de reportes de operación
VD: Tiempo total de demora operativa.	Duración total de las interrupciones en las actividades productivas durante el proceso de cambio de turno.	Demora en inicio de turno	Tiempo en minutos del cambio de turno antes y después de la implementación	Tiempos registrados en el sistema de control de operaciones
		Demora en fin de turno		Cronómetros

*Nota.* Variables y operacionalización.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

##### **2.1.1 Locales**

Hayar Hilasaca Gómez, en su investigación titulada “Optimización de tiempos de espera de volquetes en la zona de descarga de mineral, para el incremento de la productividad en la unidad operativa Cuajone”. El objetivo de este estudio es optimizar los tiempos de inactividad de los volquetes en el área de descarga de mineral en la unidad operativa Cuajone, con el fin de incrementar la productividad. La metodología utilizada es de enfoque cuantitativo, aplicando técnicas de análisis de tiempos y movimientos, junto con simulaciones de procesos para identificar cuellos de botella. El diseño de investigación es no experimental y descriptivo, centrado en la observación directa de los procesos actuales. La muestra está compuesta por registros de tiempos de espera de volquetes durante un periodo determinado. Los resultados muestran que el desarrollo de un sistema de programación optimizado y la mejora en la coordinación logística reducen significativamente los tiempos de espera, lo que incrementa el flujo operativo. En conclusión, la aplicación de estrategias de gestión eficiente y tecnología en la programación de descargas permite mejorar la productividad general en la unidad operativa Cuajone (1).

Luis Salgado y Diego Núñez, realizaron una investigación titulada "Mejora de la gestión de la productividad de la flota de carguío y acarreo en UM Cuajone mediante la aplicación de la metodología Six Sigma para reducir las demoras operativas en el relevo de personal". El objetivo de este estudio es potenciar el rendimiento en cuanto a la productividad de la flota de carguío y acarreo en la unidad minera Cuajone mediante la aplicación de la metodología Six Sigma, con el propósito minimizar las demoras operativas en los cambios de personal. La metodología empleada sigue el enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), permitiendo identificar las causas raíz de las demoras y proponer soluciones efectivas. El diseño de investigación es no experimental y descriptivo, enfocado en la evaluación de los procesos actuales de relevo. La muestra incluye datos operativos de tiempos de relevo recolectados durante un periodo determinado. Los resultados indican que la implementación de estrategias de mejora continua, como la optimización de horarios y la

estandarización de procedimientos, disminuye significativamente las demoras en los relevos. En conclusión, la aplicación de Six Sigma permite incrementar la eficiencia operativa, optimizar el uso de la flota y contribuir al aumento de la productividad en la unidad minera Cuajone (2).

Flavia Pastor, llevó a cabo una investigación titulada "Análisis de la productividad en obra del proyecto Quellaveco durante la pandemia". El propósito de este estudio es evaluar la productividad en obra del proyecto Quellaveco durante la pandemia, evaluando el impacto de las restricciones sanitarias y las medidas preventivas en el rendimiento operativo. La metodología utilizada es de enfoque cuantitativo, basada en el análisis comparativo de indicadores de productividad antes y durante la pandemia, complementada con entrevistas a supervisores y operarios. El diseño de investigación es no experimental y descriptivo, enfocado en la recopilación y análisis de datos históricos. La muestra está compuesta por registros de avance de obra, tiempos de ejecución y reportes de rendimiento recopilados en diferentes etapas del proyecto. Los resultados muestran una disminución inicial de la productividad debido a las restricciones sanitarias, el distanciamiento social y las limitaciones en la dotación de personal, pero también evidencian una recuperación progresiva tras la implementación de nuevas estrategias de gestión y protocolos de bioseguridad. En conclusión, la adaptación de procesos y la implementación de medidas preventivas efectivas permitieron mitigar el impacto negativo de la pandemia, logrando mantener un nivel aceptable de productividad en el proyecto Quellaveco (3).

### **2.1.2 Nacionales**

Joan Vega Rosales, realizó una investigación titulada "Incremento de la productividad en el tonelaje movido mediante la aplicación de mejoras de métodos en una empresa minera". El objetivo de este estudio es implementar la aplicación de nuevas técnicas operativas que permita aumentar el tonelaje de mineral movilizado en una empresa minera, optimizando los procesos de carguío, acarreo y descarga. La metodología utilizada es de enfoque cuantitativo, basada en el análisis de tiempos y movimientos, junto con la aplicación de técnicas de mejora continua como el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar). El diseño de investigación es no experimental y descriptivo, enfocado en la evaluación de los procesos operativos actuales. La muestra está compuesta por datos operativos de tonelaje movido, tiempos de ciclo y rendimiento de equipos durante un periodo específico. Los resultados evidencian que la implementación de mejoras en la programación de turnos, la optimización de rutas y la capacitación del personal reducen los tiempos improductivos y aumentan la eficiencia operativa. En conclusión, la aplicación de mejoras de métodos permite maximizar el tonelaje movido, optimizar el uso de recursos y contribuir significativamente el incremento en la eficiencia de la operación minera (4).

Anthony Champi, llevó a cabo una investigación titulada "Reducción de las demoras operativas y optimización de tiempos por abastecimiento de combustible con el sistema Vr-300 GPM en los volquetes de mina - Unidad Operativa Cuajone". El objetivo de este estudio es reducir las

demoras operativas y optimizar los tiempos de suministro de combustible en los volquetes de mina de la Unidad Operativa Cuajone mediante la implementación del sistema VR-300 GPM. La metodología empleada es de enfoque cuantitativo, utilizando el análisis de tiempos y movimientos, así como evaluaciones comparativas antes y después de la implementación del sistema. El diseño de investigación es no experimental y descriptivo, centrado en la observación de procesos y la recolección de datos operativos. Los datos de la muestra son registros de los tiempos de abastecimiento y datos de productividad recopilados durante un periodo determinado. Los resultados muestran una disminución significativa en los tiempos de espera y abastecimiento, así como una mejora en la disponibilidad operativa de los volquetes. En conclusión, la incorporación del sistema VR-300 GPM permite optimizar el abasto de combustible mas eficiente disminuirá los tiempos muertos en las operaciones y en consecuencia, incrementar la eficiencia y productividad en la Unidad Operativa Cuajone (5).

César Vargas, realizó una investigación titulada "Optimización en las operaciones de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad". Este estudio se enfoca en la optimización de las operaciones de carguío y transporté para incrementar la productividad en una operación minera, mejorando la eficiencia del proceso mediante la eliminación de las ineficiencias. La metodología utilizada es de enfoque cuantitativo, basada en el análisis de tiempos y movimientos, estudios de ciclos de trabajo y la aplicación de técnicas de mejora continua como el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar). El diseño de investigación es no experimental y descriptivo, centrado en la observación directa de los procesos operativos. La muestra está conformada por datos operativos de tiempos de ciclo, rendimiento de equipos y productividad de los operadores durante un periodo específico. Los resultados evidencian que la optimización de rutas, la adecuada asignación de equipos y la capacitación del personal contribuyen significativamente a reducir tiempos improductivos y aumentar la eficiencia operativa. En conclusión, la implementación de estrategias y mejoras en las operaciones de carguío y transporte permite maximizar el rendimiento de los recursos, reducir costos operativos y mejorar la productividad general en la operación minera (6).

### **2.1.3 Internacionales**

Dickson Vargas León, llevó a cabo una investigación titulada "Aplicación de la filosofía Lean para incrementar la eficiencia de los equipos de acarreo en la mina Pararrayo–2022". El objetivo de este estudio es aplicar la filosofía Lean para incrementar el rendimiento de los equipos de transporté en la mina Pararrayo durante el año 2022, mediante las mejoras en la eficiencia a través de la eliminación de desperdicios y la optimización de procesos operativos. La metodología empleada es de enfoque cuantitativo, utilizando herramientas Lean como el mapeo de flujo de valor (VSM), el análisis de causa raíz y la estandarización de procesos. El diseño de investigación es no experimental y descriptivo, enfocado en la observación de los procesos actuales y la recolección de datos operativos. La muestra está compuesta por registros de tiempos de ciclo, utilización de equipos

y datos de productividad obtenidos durante un periodo determinado. Los resultados demuestran que la implementación de prácticas Lean, como la reducción de periodos de espera, la mejora en la asignación de equipos y la eliminación de actividades no esenciales, incrementan significativamente el buen funcionamiento de los equipos de acarreo. En conclusión, la aplicación de la filosofía Lean en la mina Pararrayo permitió mejorar la eficiencia de los recursos para, reducir costos operativos y mejorar la productividad general en el proceso de acarreo (7).

Diego Garcés y Omar Castrillón, realizaron un estudio titulado "Diseño de una Técnica Inteligente para Identificar y Reducir los Tiempos Muertos en un Sistema de Producción". El objetivo de este estudio es desarrollar una metodología inteligente para minimizar los tiempos de inactividad en la producción, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y maximizar la productividad. La metodología utilizada es de enfoque cuantitativo, complementada con técnicas de inteligencia artificial (IA) como el análisis predictivo, el aprendizaje automático y el procesamiento de datos en tiempo real, para detectar patrones de ineficiencia y proponer soluciones automatizadas. El diseño de investigación es experimental y aplicado, enfocado en evaluar el impacto de la técnica en un entorno controlado mediante simulaciones y pruebas piloto. La muestra está compuesta por datos de producción, registros de tiempos de inactividad y métricas de eficiencia recolectados en diferentes etapas del proceso productivo. Los hallazgos demuestran que la implementación de esta técnica permite identificar con precisión las causas de los tiempos muertos, facilitando intervenciones oportunas que reducen significativamente las interrupciones. En conclusión, el diseño de una técnica inteligente basada en IA contribuye a optimizar los procesos productivos, disminuir costos operativos y mejorar la eficiencia general del sistema de producción (8).

Hernán La Torre Araneda, presentó una memoria titulada "Dimensionamiento de cámaras para optimizar la producción en Minera El Toqui", como parte de su formación como Ingeniero Civil de Minas en la Universidad de Chile. El objetivo de este estudio es determinar el dimensionamiento óptimo de cámaras para maximizar la producción en Minera El Toqui, buscando mejorar la eficiencia operativa y el aprovechamiento del mineral. El procedimiento empleado es de enfoque cuantitativo, basada en el análisis geomecánico, estudios de estabilidad de roca y simulaciones de diseño de cámaras, complementada con herramientas de modelado numérico. El diseño de investigación es no experimental y descriptivo, centrado en la evaluación de diferentes escenarios de configuración de cámaras. La muestra está compuesta por datos geotécnicos, registros de producción y análisis estructurales recopilados durante un periodo específico. Los resultados muestran que un adecuado dimensionamiento de cámaras permite mejorar la estabilidad de las excavaciones, reducir tiempos improductivos y aumentar el volumen de mineral extraído. En conclusión, la optimización del diseño de cámaras en Minera El Toqui contribuye a incrementar la productividad, mejorar la seguridad operativa y reducir costos asociados a interrupciones por inestabilidad geomecánica (9).



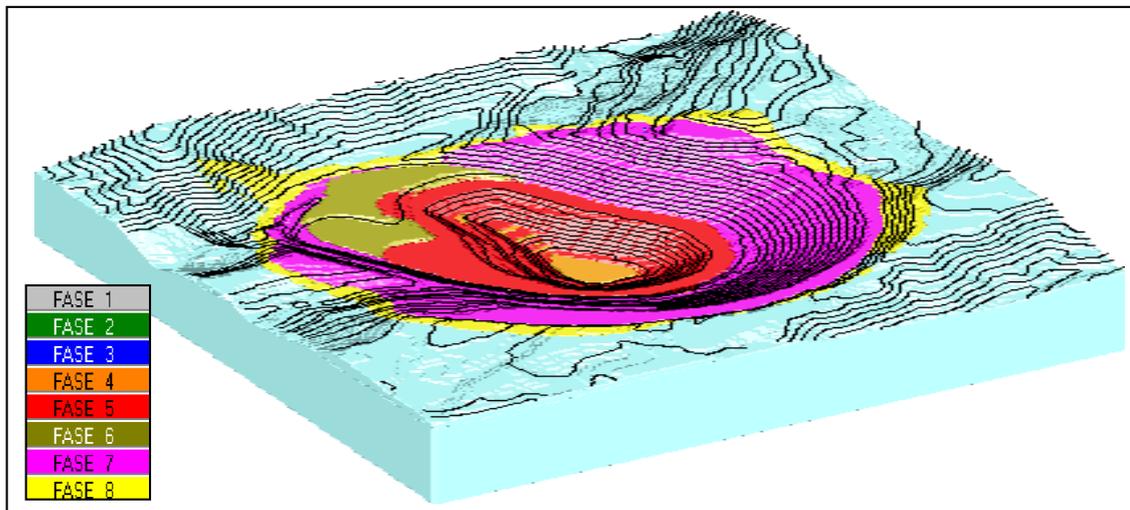
De Lima a Moquegua: 1,140 kilómetros.

De Moquegua a Cujone: 42 kilómetros.

De Tacna a Moquegua: 152 kilómetros.

### 2.2.3 Fases de Extracción Minera

La mina Cujone está organizada en ocho pushbacks o fases de minado, diseñadas para alcanzar el límite final del tajo abierto. En la actualidad, las operaciones se concentran en las fases 6B2, 7 y 8. Las reservas del yacimiento se calculan a partir de datos obtenidos mediante perforación diamantina, lo que permite actualizar el modelo de rocas y el modelo geológico de manera precisa.



**Figura 2** Sección Transversal del Modelo de Fases de Extracción Minera.  
*Nota.* Planeamiento Mina.

#### 2.2.3.1 Recursos naturales

En la zona, los recursos naturales como el agua, las tierras cultivables y los pastizales son limitados. Como resultado, la producción agrícola y ganadera, así como los productos derivados de estas actividades, se desarrollan a pequeña escala. En términos generales, la agricultura local apenas alcanza a cubrir las necesidades básicas de la población. Por otro lado, la ganadería es de menor escala y se enfoca principalmente en la crianza de vacunos, ovinos y llamas.

#### 2.2.3.2 Condiciones Climáticas

El medio ambiente en la región varía según la altitud, pasando de moderadamente templadas a frías intensas. En la zona de Moquegua, el clima es predominantemente cálido durante todo el año. Sin embargo, en las áreas medias y altas, las temperaturas descienden notablemente, con mañanas y tardes muy frías, y noches en las que el termómetro puede caer por debajo de los 0°C. En general, el clima es templado, con temperaturas que fluctúan entre 12°C y 20°C, tanto en invierno como en verano.

La vegetación en la zona es limitada, destacándose la presencia de cactus, palosanto y otras hierbas silvestres adaptadas a las condiciones climáticas y geográficas del lugar.

### **2.2.3.3 Recursos hídricos**

El río Torata es una de las principales fuentes de origen de agua en la región. Su manantial se ubica en las zonas altas de los Andes, donde el cauce es muy torrentoso. Su caudal experimenta variaciones significativas anualmente, durante el periodo lluvioso el flujo de agua es abundante, A diferencia de la época lluviosa, durante la sequía se observa una disminución considerablemente. La mina obtiene agua principalmente de las represas de Suches y Viña Blanca.

En la época lluviosa el fondo de la mina actúa como una pequeña reserva de agua, la cual es bombeada a lo largo del año para regar las rampas de acceso y controlar el polvo en las operaciones mineras. La disponibilidad de recursos hídricos superficiales es limitada, y las aguas subterráneas se encuentran en un nivel freático por debajo del área de extracción.

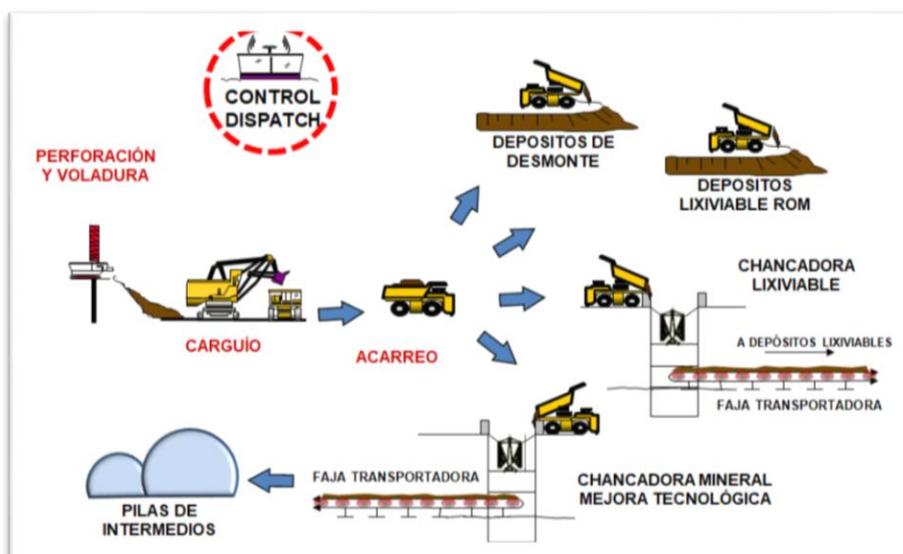
### **2.2.3.4 Recursos de energía eléctrica**

En abril de 1997, Enersur S.A., una subsidiaria de Tractebel (Bélgica), adquirió la planta de energía de SPCC en Ilo. Enersur es responsable de suministrar energía eléctrica a todas las instalaciones de Southern Copper, así como de proporcionar la energía necesaria para los futuros proyectos de expansión de la empresa.

Adicionalmente, Cuajone dispone de dos pequeñas centrales hidroeléctricas que generan nueve megavatios de electricidad ubicadas en la zona. La energía se distribuye a través de una red de transmisión de 224 kilómetros, la cual está interconectada con el sistema eléctrico nacional del Perú.

### **2.2.3.5 Operaciones Unitarias**

Para garantizar el adecuado desenvolvimiento de las operaciones unitarias en la mina, se dispone de información técnica confiable y procedimientos de trabajo bien establecidos. Estas fuentes de información permiten ejecutar las labores con los más altos estándares de seguridad, utilizando tecnología avanzada y procesos productivos optimizados. Además, la experiencia y conocimiento del personal encargado de llevar a cabo estas tareas contribuyen a asegurar la eficiencia y efectividad en todas las operaciones mineras (10).



**Figura 3.** Explotación minera a cielo abierto.  
**Fuente.** Elaboración propia.

### 2.2.3.6 Perforación

En la minería a cielo abierto, la perforación es el primer procedimiento que se ejecuta. Su principal objetivo es realizar la operación en el macizo rocoso, utilizando taladros con una geometría y distribución adecuada, donde posteriormente se colocan las cargas explosivas y los iniciadores para realizar la voladura. En la mina Toquepala, las perforaciones se llevan a cabo con equipos eléctricos para la producción y máquinas mecánicas para el pre-corte. Es importante destacar que las perforadoras eléctricas operan con una potencia de 7,000 W, mientras que las de pre-corte funcionan con combustible diésel.

Los principales componentes del sistema de perforación eléctrico incluyen: las perforadoras, generadoras de energía mecánica; la columna de perforación, que transmite la energía a la broca tónica; y el fluido de barrido, que se encarga de limpiar y evacuar los detritos producidos durante la perforación. Estos elementos trabajan en conjunto para garantizar un proceso eficiente y efectivo (10).

### 2.2.3.7 Perforación de producción

Las perforaciones de producción están diseñadas para que después de la voladura, los materiales fragmentados puedan ser cargados por las palas y transportados en volquetes. El diseño de estas perforaciones se basa en las características geomecánicas y estructurales del macizo rocoso, consideran los siguientes parámetros:

- Diámetro de perforación: 11 a 12 ¼ pulgadas.
- Profundidad del taladro: 15 metros.
- Sobre perforación: 1 a 2 metros.

- **Malla de perforación: Triangular equilátera, con distancias entre 6.5 y 11 metros.**

Al cierre del año 2022, se registró una velocidad promedio de perforación de 22.40 metros por hora, alcanzando un total de 1`518,608 metros perforados. A pesar de la baja de una perforadora en ese año, el rendimiento en metros mejoró un 10 % en comparación con los niveles del 2013, manteniendo un costo horario similar y optimizando la eficiencia operativa.



*Figura 4.* Perforación en una mina a tajo abierto.  
*Fuente.* Elaboración propia.

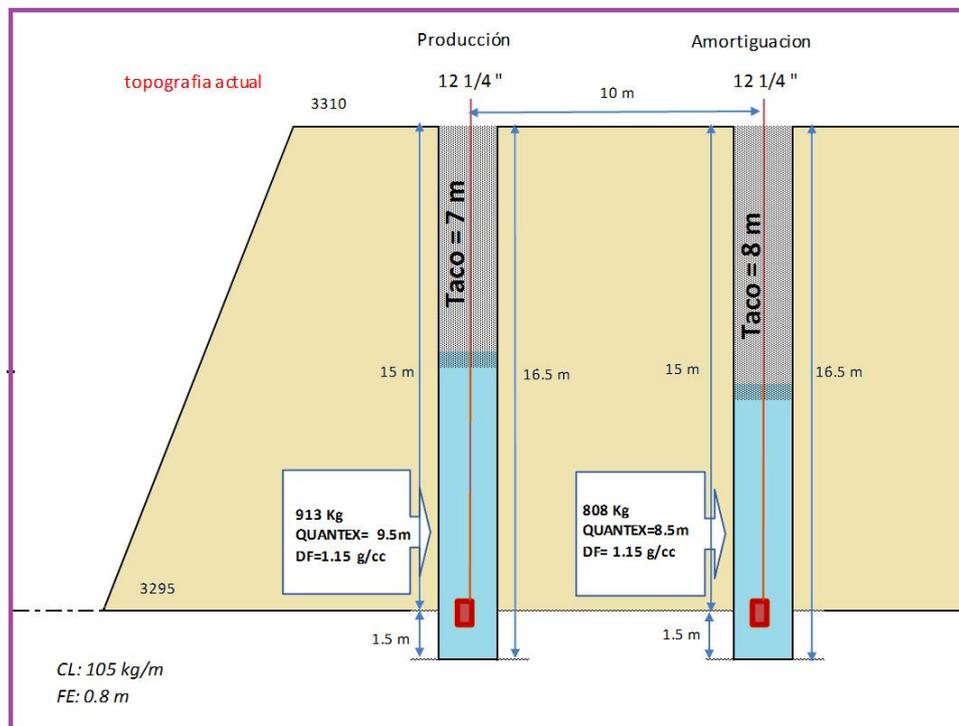
### 2.2.3.8 Voladura

Esta operación se encarga de fragmentar el macizo rocoso , utilizando cargas explosivas , las mismas que son colocadas en los taladros, para que posteriormente se realice carguío y acarreo. La fragmentación se logra gracias a la energía liberada por los gases durante la detonación, siendo este el principal mecanismo que permite la ruptura de la roca cuando las cargas están confinadas dentro de los taladros.

El proceso consiste en cargar los taladros a los camiones fábrica, los mismos que están equipados con ANFO y emulsión gasificada (conocida como QUANTEX HA-73). La cantidad de explosivo utilizado va ría según factores como el tipo de material (desmonte o material para chancadoras), las características de la roca y la ubicación del taladro (cerca de la cresta o del toe).

El QUANTEX HA-73, o Heavy ANFO, se gasifica para formar pequeñas burbujas en su matriz, las cuales actúan como puntos calientes (hot-spots). Esto permite que su densidad y otras propiedades se ajusten dependiendo de la cantidad de agente gasificante utilizado. Este estudio se centra en un ANFO Pesado 73 gasificable, compuesto por un 70 % de emulsión y un 30 % de ANFO. Su uso representa un ahorro de costos en comparación con su predecesor, el HA-55, ya que requiere

una carga lineal menor. Además, su volumen se expande durante la gasificación, aumentando la altura de carga en los taladros entre 0.7 y 1.0 metros.



**Figura 5.** Equipos de perforación en producción.  
**Fuente.** Elaboración propia.

Una vez cargados, los taladros siguen un diseño preestablecido conocido como mallas de perforación, las cuales incluyen una secuencia de detonación optimizada. Durante este proceso, se monitorean y controlan factores clave como la carga explosiva, las vibraciones generadas y la proyección de fragmentos (Fly-rocks).

El éxito de una voladura se mide, en gran parte, por la rapidez con la que el material fragmentado puede ser retirado. Esto está directamente relacionado con el aumento de la producción logrado durante la fase de perforación, lo que permite optimizar el tonelaje volado y minado por hora (Tm/hr), mejorando así la eficiencia general de la operación.

### 2.2.3.9 Carguío

Esta operación consiste en utilizar una pala o cargador frontal para llenar su cucharón con el material fragmentado tras la voladura. Posteriormente, este material es depositado en las tolvas de los camiones mineros, encargados del transporte o acarreo hacia las siguientes etapas del proceso (10).



**Figura 6.** Minado con pala.  
**Fuente.** Elaboración propia.

#### 2.2.3.10 Acarreo

Este proceso consiste en transportar el material fragmentado (desmote y mineral) hacia diferentes lugares dentro de una mina, como en los botaderos de desmote, los botaderos de material lixiviable, la chancadora MT y la chancadora lixiviable. El objetivo es asegurar que el material sea llevado de manera eficiente a los lugares designados para su procesamiento o disposición final (10).



**Figura 7.** Minado con cargador frontal.  
**Fuente.** Elaboración propia.

### **2.2.3.11 Chancado**

Este proceso consiste en triturar el mineral transportado a esta área hasta reducir su tamaño. Posteriormente, el material triturado es enviado mediante fajas transportadoras hacia los molinos de bolas para su procesamiento adicional. La chancadora primaria tiene una capacidad de procesamiento de 120,000 toneladas métricas por día (10).

### **2.2.3.12 Depósitos lixiviables**

Los Depósitos Lixiviables están equipados con una chancadora primaria , la misma que es capaz de procesar hasta 140,000 toneladas métricas por día. Además, cuenta con un sistema de fajas transportadoras que trasladan el mineral de baja ley hacia las canchas de apilamiento. Una vez almacenado, el mineral de cobre es tratado mediante un proceso de lixiviación, en el cual se aplica una solución de agua y ácido sulfúrico por aspersión para diluir y extraer el cobre.

### **2.2.3.13 Gestión de Dispatch**

La Gestión de Dispatch en minería se refiere al uso de sistemas avanzados para la asignación eficiente y en tiempo real de recursos como camiones y equipos de carga, optimizando las operaciones de extracción y transporte de material. Estos sistemas permiten monitorear la ubicación y el estado de los equipos, calcular rutas óptimas y asignar tareas de manera dinámica, mejorando la productividad y reduciendo costos operativos.

Por ejemplo, el sistema de gestión de flota DISPATCH ha permitido a minas de todo el mundo aumentar el material transportado en más de un 10% anual al optimizar las asignaciones de equipos y reducir tiempos de inactividad innecesarios (11).

### **2.2.3.14 Programa de rotación de turnos del sistema Jigsaw**

El programa de relevo de turnos tiene como propósito agilizar el proceso que tradicionalmente se utiliza de manera manual, por lo que se hace necesario reducir los errores en la identificación de la ubicación de los equipos. Para ello, se incorporó un programa complementario al sistema de despacho Jigsaw, permitiendo la centralización y actualización continua de la información en tiempo real. Con esta mejora, es posible visualizar de inmediato la ubicación de los equipos a través de Jigsaw, optimizando la precisión y eficiencia en las operaciones (11).

### 2.2.3.15 Distribución de Tiempos ASARCO

<b>NOMINAL</b>			
<b>DISPONIBLE</b>		<b>NO DISPONIBLE</b>	
		<b>MANT. PROGRAMDA</b>	<b>MANT. NO PROGRAMDA</b>
<b>OPERATIVO</b>		Preventiva	Planificada
		Origen Mant.	Origen Op.
<b>EFFECTIVO</b>		<b>RESERVA</b>	
		<b>DEMORAS</b>	
		Prog.	No Prog.
		Pér.Op.	

*Figura 8.* Distribución de tiempos.  
*Fuente.* Elaboración propia.

### 2.2.3.16 Productivo Neto

Es el procedimiento donde la máquina ejecuta las tareas para las que fue creada, cumpliendo así con su función productiva de manera efectiva (11).

### 2.2.3.17 Demoras Operativas

Las demoras operativas que se realizan justo antes de utilizar el equipo y después de finalizar la operación (11). Incluyen:

- Verificación del área de trabajo.
- Traslado del equipo al lugar de operación.
- Coordinaciones con el personal involucrado.
- Revisión e inspección del equipo para asegurar su correcto funcionamiento.

### 2.2.3.18 Improductivo Inevitable

Son procedimientos que el personal debe realizar, dado que por necesidad y como parte de las actividades de trabajo, no contribuyen directamente al tiempo productivo (11). Entre ellas se incluyen:

- Distribución de guardia e inducción de seguridad.
- Traslados del personal o equipos.

### 2.2.3.19 Improductivo Evitable

Estas son demoras no operativas que el personal debe asumir para continuar con sus labores (11). Entre ellas se encuentran:

- Espera por volquetes o palas.

- Filas en espera de volquetes.
- Habilitación de vías de acceso para ingreso de equipos
- Reparaciones mecánicas o eléctricas de los equipos

### 2.2.3.20 Disponibilidad mecánica

Fracción porcentual del tiempo nominal en que el equipo se encuentra en condiciones mecánicas para operar

$$Dm(\%) = \frac{\textit{Tiempo Disponible}}{\textit{Tiempo Nominal}} = \frac{\textit{Efectivo} + \textit{Demoras} + \textit{Reserva}}{\textit{T. Nominal}} \times 100\%$$

En donde:

Nominal: Tiempo durante el cual el equipo se encuentra físicamente en operación (11).

Disponible: Tiempo en que el equipo está habilitado y en buenas condiciones electromecánicas para operar (11).

### 2.2.3.21 Utilización efectiva

Corresponde a la fracción porcentual del tiempo disponible, donde el equipo se encuentra en producción efectiva (sin pérdidas o demoras operacionales) (11).

$$Ut Ef(\%) = \frac{\textit{Tiempo Efectivo}}{\textit{Tiempo Disponible}} \times 100\%$$

En donde:

Efectivo: Tiempo que el equipo se encuentra realizando labores efectivas de producción (sin demoras operativas)

### 2.2.3.22 Disponibilidad Física

Corresponde al porcentaje del tiempo total programado en el cual un equipo este en condiciones óptimas para cumplir con su objetivo de producción (11).

$$Df(\%) = \frac{\textit{Tiempo Disponible} + \textit{Tiempo Reserva}}{\textit{Tiempo Disponible}} \times 100\%$$

### 2.2.3.23 Eficiencia

La eficiencia se refiere a la capacidad de aprovechar los recursos disponibles y se expresa como la relación con lo programado y lo realmente utilizado. Por ejemplo:

Eficiencia en tiempo: (Tiempo programado / Tiempo real).

Eficiencia en costo: (Costo presupuestado / Costo real).

Eficiencia en el uso de recursos: (Valor programado en Kw-hora/TM, m<sup>3</sup> de agua/TM, etc.) con respecto al valor realmente obtenido.

Esta relación se expresa en porcentaje, indicando qué tan bien se han gestionado los recursos (porcentaje) (11).

#### **2.2.3.24 Retrasos en la Programación Operativa**

En la mina Modelo, solo existen dos detenciones programadas ambas relacionadas con las pautas que realizan los operadores durante el cambio de turno y el refrigerio retrasan las actividades. Además, aunque no está programada, una tercera detención es crucial para el funcionamiento normal de los equipos de transporte: el abastecimiento de combustible (11).

#### **2.2.3.25 Cambio de guardia**

Este tiempo corresponde al proceso de relevo de operadores en los diferentes equipos de producción y apoyo. Al finalizar un turno y comenzar el siguiente, los operadores del turno saliente detienen los equipos en los sectores designados para el relevo. Posteriormente, los operadores del turno entrante son transportados en vehículos hasta los puntos de la mina donde se encuentran los equipos asignados, para reactivar su operación. Este proceso de relevo se lleva a cabo directamente en campo (11).

#### **2.2.3.26 Sistema Dispatch**

Dispatch es una herramienta de gestión diseñada para optimizar la asignación de camiones a palas, botaderos o chancadoras (destino). Su objetivo es maximizar el uso del tiempo y reducir las pérdidas operativas, todo ello gestionado en tiempo real (10).

#### **2.2.3.27 Balizas**

Son puntos virtuales dentro de las rutas de acarreo, incluyendo los puntos de carga y descarga dentro del pit definen las coordenadas espaciales. Las balizas también sirven para detectar los camiones de extracción en sus llegadas y/o salidas desde el origen o destino. En estos puntos al sistema se le permite reasignar la ruta a los camiones, en caso llegase a encontrar una mejor (10).

#### **2.2.3.28 El cambio de guardia en caliente**

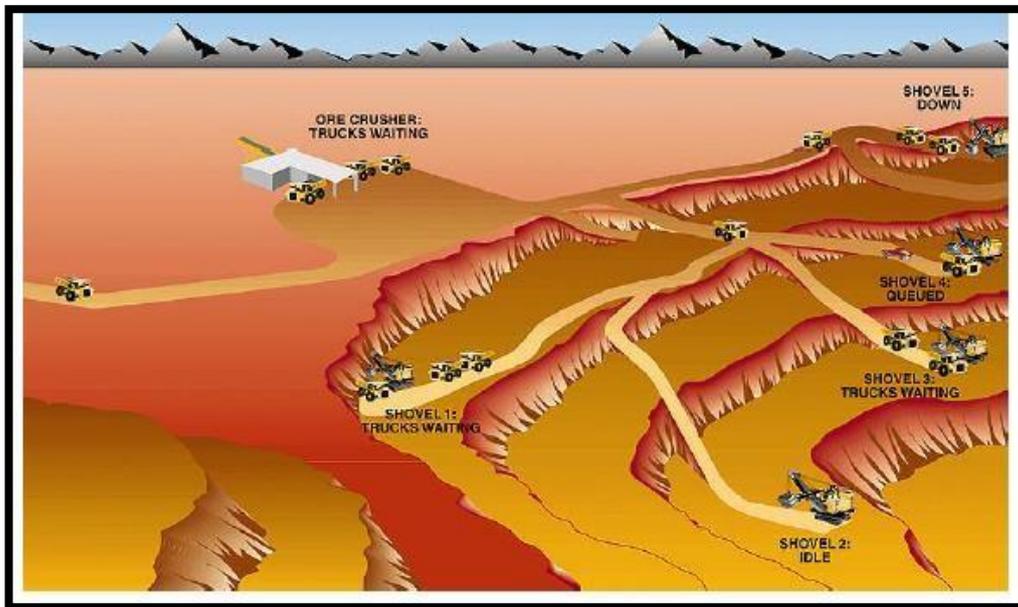
Este proceso implica que los supervisores del turno entrante reciban información sobre el plan de minado, las tareas pendientes, el estado y las condiciones de la mina, el movimiento y traslado de equipos, entre otros detalles relevantes (11). Operacionalmente, el cambio de guardia en caliente consiste en relevar a los operadores de los equipos de carguío y acarreo mientras estos permanecen encendidos. El supervisor notifica al operador entrante que su relevo está llegando. El operador

entrante realiza una inspección visual de 360° (conocida como "vuelta de gallo"), luego ambos operadores intercambian información sobre las novedades del equipo, y finalmente se retira al operador saliente.

### 2.2.3.29 Gestión de Dispatch

En la gestión tradicional de operaciones mineras a tajo abierto, las flotas de camiones se asignaban a las palas sin una interacción en tiempo real con los operadores. Este enfoque dificultaba la identificación de cuellos de botella en los flujos productivos, ya que solo se basaba en suposiciones. Además, no había claridad sobre los orígenes y destinos de los ciclos de transporte, ni sobre los puntos de carguío y perforación, y mucho menos sobre el desempeño de los equipos auxiliares. Los jefes de guardia carecían de prácticas estandarizadas de control, lo que generaba improvisación y hacía difícil detectar prácticas operativas improductivas, debido a la falta de gestión de información en tiempo real.

La recopilación de datos se realizaba manualmente en cartillas, dependiendo de la percepción y atención del operador o de la persona encargada de llenarlas. Los formatos de registro de tiempos y cargas no se completaban en el momento en que ocurrían los eventos, sino en un momento posterior, muchas veces basado en el criterio del operador. Esto resultaba en datos inexactos y cargados de errores.

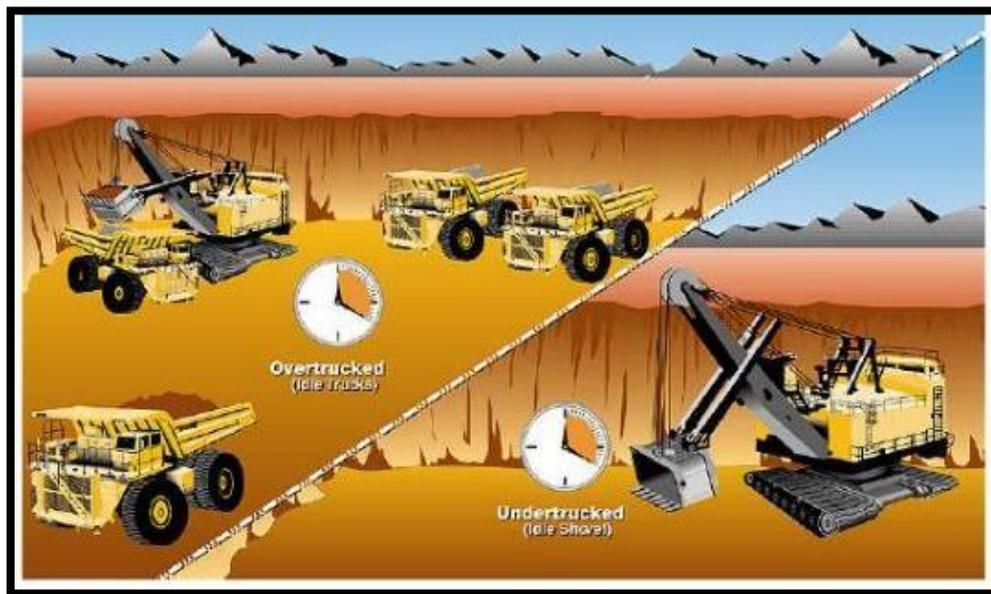


**Figura 9.** Ubicación simulada de una flota de equipos.  
**Fuente.** Elaboración propia.

El error humano aumentaba al transcribir la información de las cartillas a sistemas poco funcionales, como Excel o Access. Estos sistemas solo almacenaban datos y, en muchos casos, carecían de controles adecuados, dejando el cálculo de KPIs y la generación de reportes en manos de

personas que, frecuentemente, aplicaban criterios distintos para interpretar la asignación de tiempos y realizar los cálculos. Esto generaba múltiples fuentes de elaboración de indicadores de desempeño, con discrepancias entre las cifras. Además, cualquier análisis realizado se basaba en eventos ya ocurridos, sin posibilidad de intervención en tiempo real.

En la gestión tradicional de operaciones mineras a cielo abierto, era común observar escenarios de Overtrucked, donde los camiones formaban colas en las palas, o de Undertrucked, donde las palas permanecían sin camiones disponibles para cargar. Estas situaciones reflejaban una falta de coordinación y optimización en la asignación de recursos.



**Figura 10.** Escenarios de operación de palas: uno con flota de Camiones y otro sin ella.  
**Fuente.** Elaboración propia.

### 2.2.3.30 Clasificación de tiempos en Dispatch

La gestión y clasificación de tiempos es fundamental en un sistema de despacho. En el sistema de despacho de Modular, los estados de tiempo se gestionan de la siguiente manera para una correcta asignación de equipos:

**Operativo:**

Se refiere al tiempo en que el equipo está realizando un trabajo productivo, registrado por el operador mediante la acción de "operativo" junto con el horómetro del equipo.

Este tiempo incluye el ciclo de trabajo del equipo y se utiliza en el cálculo de asignaciones.

También se pueden crear tiempos operativos para trabajos especiales o proyectos que requieren un control específico mediante asignaciones automáticas.

**Demora:**

Incluye las demoras operativas, ya sean programadas o no programadas.

Este tiempo se considera en el cálculo de asignación dinámica, ya que se asignan tiempos estimados a cada demora. Una vez transcurrido el tiempo estimado, el sistema vuelve a considerar el equipo como operativo.

Por ejemplo, un tiempo corto de inspección de mantenimiento puede clasificarse como demora para que el sistema lo tenga en cuenta después de que pase el tiempo estimado. Este tiempo se registra en la pantalla de estado y se incluye en los cálculos de KPIs que afectan a mantenimiento.

**Stand By:**

Ocurre cuando un equipo está disponible pero no está programado para trabajar.

También se asignan en Dispatch algunos tiempos operativos y demoras que no deben considerarse para la asignación.

**Malogrado:**

Se refiere a los tiempos asignados para que mantenimiento realice actividades preventivas o correctivas en los equipos.

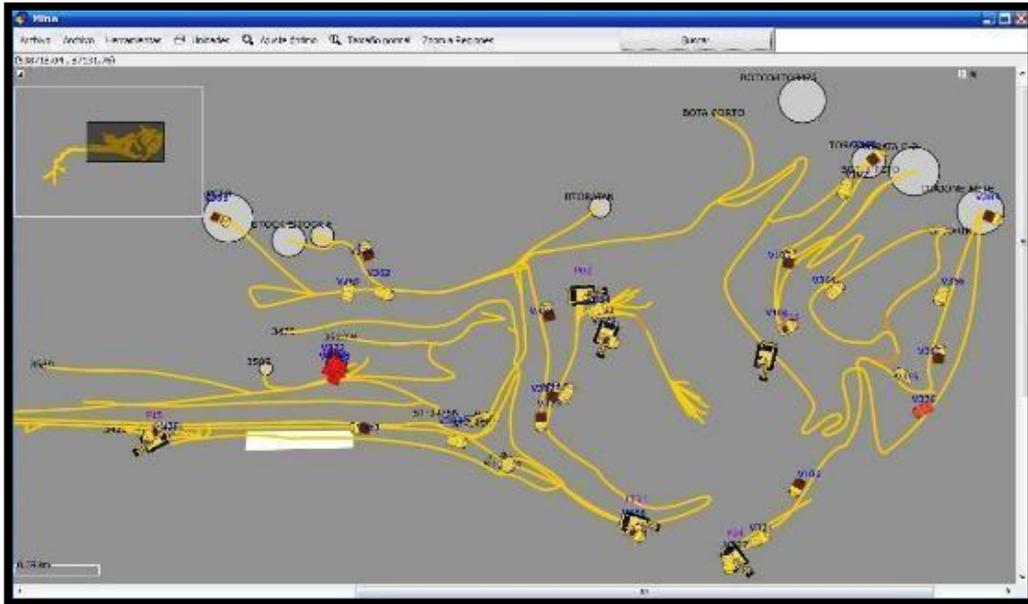
Este tiempo no se incluye en el cálculo de asignaciones.

### 2.2.3.31 MineOps (Jigsaw)



**Figura 11.** Sistema de Control MineOps.

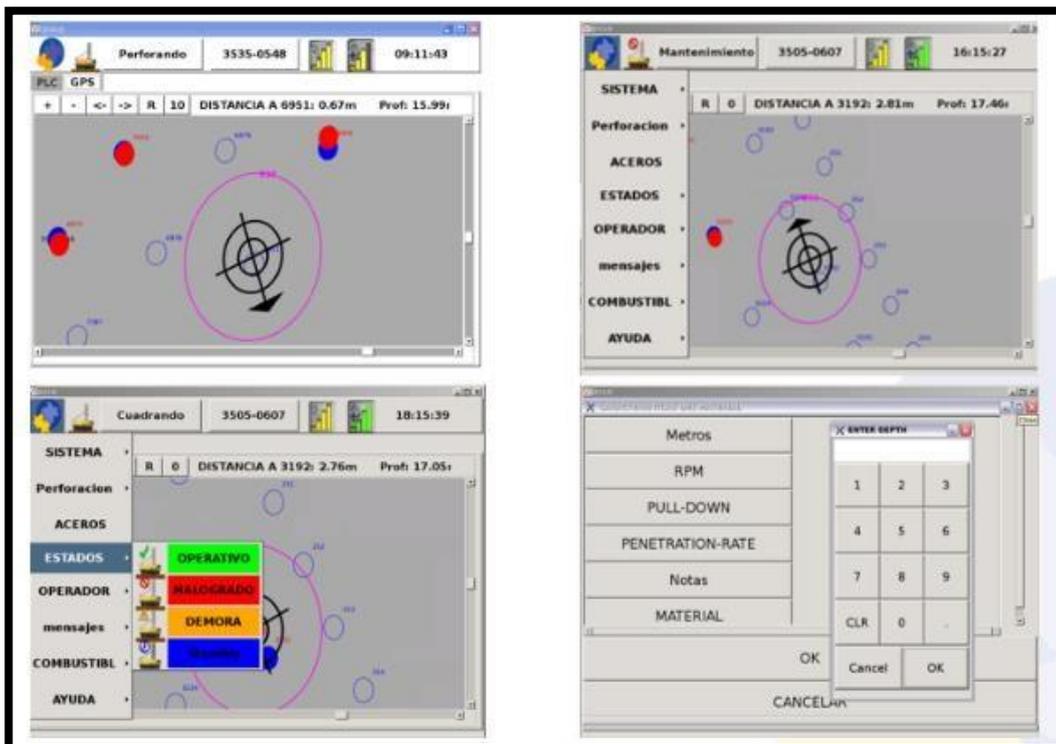
**Fuente.** Elaboración propia.



*Figura 12.* Pantalla JigSaw.  
*Fuente:* Pantalla JigSaw.

### 2.2.3.32 Panel de los operadores en sus equipos

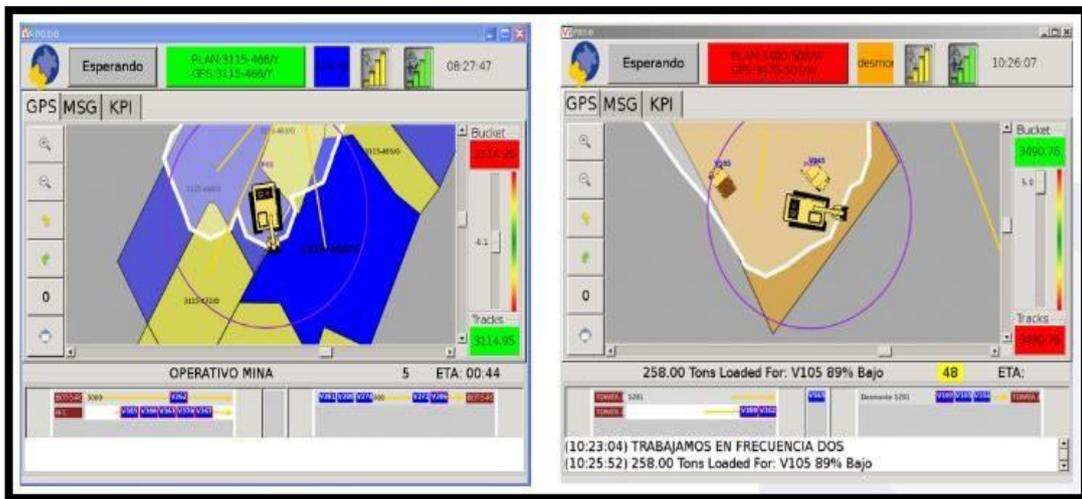
- Perforadoras



*Figura 13.* Pantalla Jigsaw en las perforadoras.  
*Fuente:* Pantalla Jigsaw en las perforadoras.



**Figura 14.** Camiones.  
**Fuente:** Pantalla Jigsaw en los camiones.



**Figura 15.** Palas.  
**Fuente:** Pantalla JigSaw en las Palas.

### 2.2.3.33 Programa de rotación de turnos del sistema Jigsaw

El sistema de relevo de turnos busca agilizar el tiempo empleado en el proceso manual y minimizar los errores relacionados con la ubicación de los equipos. Para ello, se incorporó un módulo adicional al sistema de despacho Jigsaw, permitiendo centralizar y actualizar la información en

tiempo real. Esta integración facilita la visualización inmediata de la ubicación de los equipos a través de Jigsaw. El sistema opera en dos etapas principales:



**Figura 16.** Etapa: Asignación de Operadores a Equipos.

**Fuente:** Asignación de Operadores.

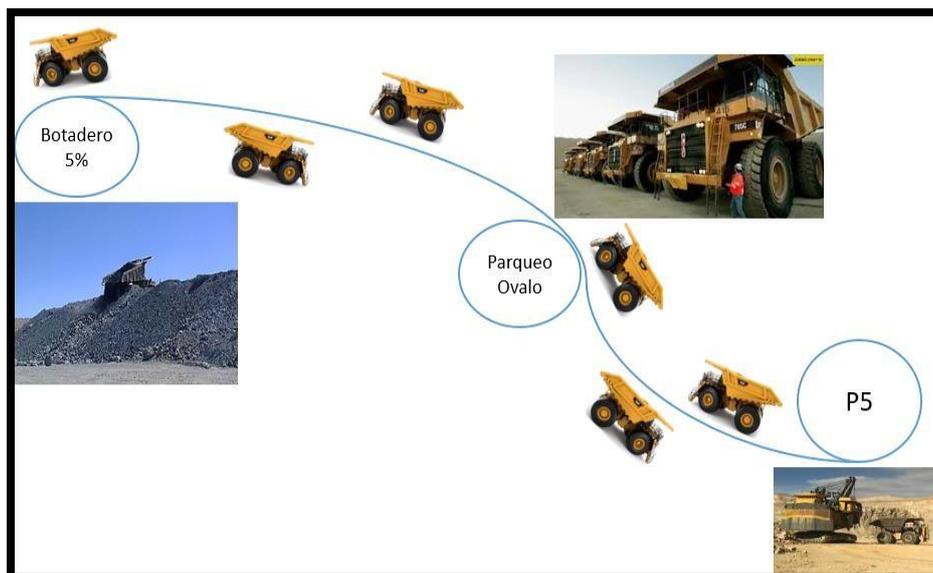
Para asegurar un funcionamiento eficiente, es fundamental mantener actualizada la información sobre la disponibilidad de los operadores, especificando si están en servicio, ausentes, de vacaciones o con licencia médica, entre otros estados. La gestión de licencias y vacaciones está a cargo del Administrador de Dispatch, mientras que el Controlador actualiza los demás registros. Además, es crucial disponer de un registro actualizado sobre las competencias de cada operador, información proporcionada por el área de Entrenamiento y cargada en el sistema por el Administrador de Dispatch.

Al inicio de cada turno, el Controlador asigna operadores a los equipos a través del "Programa de rotación de turnos" del sistema JigSaw. Este módulo muestra una lista desplegable para cada equipo, donde figuran los nombres de los trabajadores calificados para operarlo. El Controlador selecciona a los operadores correspondientes hasta completar todas las asignaciones.

Archivo Datos	
Guardia	Siguiente
Operaciones 1/4	
Todos	Equipo
Nombre	Operador
V130	VILLALOBOS,EDGAR (94004)
V131	QUISPE ANTAHURCO,OSCAR (93991)
V132	DELGADO,GOBLER (94185)
V133	MONSERRATE,NICOLAS (21237)
V134	
V135	PALMA,PEPE (94157)
V136	LAURA,GIULIANO (94462)
V137	RAMOS FLORES,DIONISIO (60609)
V138	MAMANI SALAS,SERAPIO (21652)
V139	CRUZ,SERGIO (94160)
V140	CHOQUEPATA PORTILLO,NINO (92267)
V141	CHIPANA,SANTIAGO (60583)
V142	VALDIVIA,JUAN (94618)
V143	FLORES VILLANUEVA,PEDRO (91652)
V144	POCOHUANCA,FRANCISCO (60660)
V145	UVIDIA MORALES,ALEX (10663)
V146	HINOJOZA SALAZAR,NICOLAS (60502)
V147	MARCA FLORES,FLORENTINO (21815)
V160	
V161	
V162	
V163	
V371	CENTENO FALCON,RUBEN (93369)
V377	MORALES,ELIAS (60453)
V378	CONDORI HUANCA,MARIO (93898)
V381	
V384	MEDINA QUISPE,JOSE LUIS (94150)

**Figura 17.** Lista de asignaciones del programa de rotación de turnos.

**Fuente:** Lista de asignaciones del programa de rotación de turnos.



**Figura 18.** Asignación de lugares para cambio de guardia.

**Fuente:** Ejemplos de balizas o puntos de relevo.

El programa de rotación de turnos permite seleccionar el punto de relevo directamente desde los equipos a través de la pantalla de JigSaw. Los operadores del turno actual eligen las balizas, que representan las ubicaciones donde dejarán los equipos, como parqueos, pisos de pala, botaderos, entre otros. Estos puntos de relevo son configurables en el sistema Jigsaw por el Administrador de Dispatch, siguiendo las rutas asignadas para cada pala.

Archivo Datos					
Guardia		Siguiente	Operaciones 1/4	Actualizar Estado	Limpiar Operadores
Todos		Equipo			
Nombre	Operador	Ubicacion	Sector-Cambio	Estado	
V130	VILLALOBOS,EDGAR (94004)	F8S_31	F8S_31	Operativo	
V131	QUISPE ANTAHURCO,OSCAR (93991)	F8S_31	F8S_31	Demora	
V132	DELGADO,GOBLER (94185)	OVALO	OVALO	Demora	
V133	MONSERRATE,NICOLAS (21237)	F8S_31	P03	Demora	
V134		F6B_27		Malogrado	
V135	PALMA,PEPE (94157)	OVALO	OVALO	Demora	
V136	LAURA,GIULIANO (94462)	F6A_07	F6A_07	Demora	
V137	RAMOS FLORES,DIONISIO (60609)	F6B_33	F6B_33	Demora	
V138	MAMANI SALAS,SERAPIO (21652)	BOT_10	BOT_10	Demora	
V139	CRUZ,SERGIO (94160)	F6B_33	F6B_33	Demora	
V140	CHOQUEPATA PORTILLO,NINO (92267)	PARQUEO CONTAINERS	PARQUEO CONTAINERS	Demora	
V141	CHIPANA,SANTIAGO (60583)	BOT_12	BOT_12	Demora	
V142	VALDIVIA,JUAN (94618)	PARQUEO-85	PARQUEO-85	Demora	
V143	FLORES VILLANUEVA,PEDRO (91652)	BOT_12	BOT_12	Demora	
V144	POCOHUANCA,FRANCISCO (60660)	F6A_07	P05	Demora	
V145	UVIDIA MORALES,ALEX (10663)	PARQUEO CONTAINERS	PARQUEO CONTAINERS	Demora	
V146	HINOJOZA SALAZAR,NICOLAS (60502)	BOT-5-PCTO	BOT-5-PCTO	Demora	
V147	MARCA FLORES,FLORENTINO (21815)	BOT-5-PCTO	BOT-5-PCTO	Demora	
V160		OVALO	OVALO	Demora	
V161					
V162					
V163					
V371	CENTENO FALCON,RUBEN (93369)	BOT_12	BOT_12	Demora	
V377	MORALES,ELIAS (60453)	OVALO	OVALO	Demora	
V378	CONDORI HUANCA,MARIO (93898)	F6A_29	F6A_29	Demora	
V381		H-C		Malogrado	
V384	MEDINA QUISPE,JOSE LUIS (94150)	BOT-5-PCTO	BOT-5-PCTO	Demora	

**Figura 19.** Pantalla del programa de rotación de turnos.  
**Fuente.** Pantalla del programa de rotación de turnos.

El correcto funcionamiento del sistema depende de ello, motivo por el cual esta información debe de ser exacta. Una vez culminada la designación de operadores en los equipos y conociendo el estado tanto de los operadores como de los equipos, se pueden realizar las últimas correcciones. Finalmente, esta información puede exportarse del sistema.

### 2.2.3.34 Operaciones Mina

La productividad en las operaciones mineras se expresa a través de los productos generados, como toneladas extraídas (TM/hombre-guardia), metros de avance (m/hombre-guardia), producción de finos (onzas/kW-h-turno) o en términos generales, productos (toneladas de concentrado, onzas finas, etc.) versus los recursos utilizados (agua, energía, materiales, reactivos, recursos humanos,

capital, tiempo, etc.). Es fundamental identificar la métrica de productividad más adecuada para cada operación minera, considerando sus condiciones actuales, y calcular la productividad total cuando esta depende de múltiples factores simultáneamente.

Existen numerosos factores que influyen en la productividad, muchos de los cuales pueden ser gestionados por la gerencia de operaciones desde el campo. Estos incluyen la aplicación de métodos de minado, el nivel de automatización y mecanización de la operación, y la gestión de la información necesaria para mantener un ciclo productivo continuo, eficiente y seguro. Estos elementos forman parte de la gestión diaria del ingeniero de minas y representan una responsabilidad clave para la gerencia de operaciones de cualquier compañía minera.

En este contexto multifactorial, la productividad minera puede mejorarse significativamente al reducir el tiempo del ciclo de las operaciones, permitiendo extraer mayores cantidades de mineral con los mismos recursos humanos, tecnológicos, operacionales y financieros. La mecanización se ha convertido en un factor clave para incrementar la productividad, logrando mayores volúmenes de producción en menos tiempo y con mayor seguridad para los trabajadores.

### **2.3 MARCO CONCEPTUAL**

**Minería a cielo abierto:** Consiste en la extracción de minerales mediante la remoción de grandes cantidades de suelo y roca que cubren el depósito mineral, creando una excavación en forma de cono invertido. Este método es adecuado para yacimientos que se encuentran cerca de la superficie y se extienden horizontalmente (12).

**Canteras:** Son explotaciones a cielo abierto de materiales como rocas ornamentales, áridos y otros minerales industriales que no requieren un procesamiento complejo. Las canteras suelen ser de menor tamaño y profundidad en comparación con otras operaciones mineras superficiales (13).

**Minería de contorno:** Este método se utiliza en áreas montañosas y consiste en seguir la forma natural del terreno para extraer capas de carbón o minerales situados cerca de la superficie, minimizando la cantidad de material de desecho removido (20).

**Minería de remoción de cimas de montañas:** Implica la eliminación de la cima de una montaña para exponer y extraer depósitos de carbón o minerales. Este método es controvertido debido a su significativo impacto ambiental, ya que los materiales de desecho suelen depositarse en los valles adyacentes (14).

**Minería de placer:** Se refiere a la extracción de minerales valiosos, como oro y piedras preciosas, de depósitos aluviales en lechos de ríos, playas o sedimentos, utilizando técnicas como el dragado y el cribado (15).

**Implementación de reuniones interactivas de reparto de guardia:** Consiste en realizar reuniones dinámicas y participativas donde supervisores y colaboradores discuten y planifican las tareas del turno, utilizando herramientas como planos, croquis y diagramas para garantizar una comunicación efectiva y segura (16).

Uso de tecnología multimedia en el reparto de guardia: Incorporación de equipos de cómputo y sistemas multimedia en las reuniones de reparto de guardia para facilitar la presentación de información y mejorar la comprensión de las tareas asignadas (16).

Participación activa de colaboradores en la planificación diaria: Involucrar a todos los miembros del equipo en la planificación y discusión de las tareas del turno, fomentando la comunicación abierta y la colaboración (16).

Establecimiento de procedimientos estandarizados para el reparto de guardia: Desarrollo de protocolos claros y consistentes para la realización de las reuniones de reparto de guardia, asegurando que se cubran todos los aspectos relevantes de manera uniforme (16).

Capacitación continua en gestión de cambios y cultura de seguridad: Proporcionar formación regular a supervisores y trabajadores sobre la importancia de adaptarse a los cambios y mantener una cultura de seguridad sólida en las operaciones mineras (17).

Integración de sistemas de gestión de datos en tiempo real: Implementación de plataformas digitales que permitan el acceso y actualización de información en tiempo real durante el reparto de guardia, mejorando la toma de decisiones (18).

Asignación clara de responsabilidades y tareas: Definir de manera precisa las funciones y responsabilidades de cada miembro del equipo durante el reparto de guardia para evitar confusiones y mejorar la eficiencia (16).

Monitoreo y seguimiento de incidentes y condiciones subestándar: Establecer mecanismos para registrar, analizar y dar seguimiento a incidentes y condiciones inseguras identificadas durante el reparto de guardia, promoviendo la mejora continua (16).

Fomento del liderazgo en supervisores: Desarrollar habilidades de liderazgo en los supervisores para que puedan guiar eficazmente a sus equipos durante el reparto de guardia y en las operaciones diarias (19).

Promoción de la comunicación efectiva: Establecer canales de comunicación claros y efectivos durante el reparto de guardia para asegurar que toda la información relevante sea compartida y comprendida por el equipo (16).

Utilización de herramientas visuales en las reuniones: Emplear mapas, croquis y diagramas durante el reparto de guardia para facilitar la comprensión de las tareas y la identificación de áreas críticas (16).

Evaluación periódica de la efectividad del reparto de guardia: Realizar evaluaciones regulares para medir la eficacia del reparto de guardia y realizar ajustes necesarios para su mejora continua (16).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 Método de la investigación**

El método de investigación que se empleará en este estudio es el método cuantitativo, ya que se utilizarán datos numéricos para realizar comparaciones y análisis. Este enfoque permitirá obtener tanto análisis descriptivos como inferenciales, lo que facilitará la comprobación de la hipótesis planteada.

##### **3.1.2 Tipo de la investigación**

El enfoque de esta investigación será de tipo aplicada, ya que su objetivo principal es generar nuevos conocimientos relacionados con el entorno real.

##### **3.1.3 Nivel de la investigación**

El nivel de investigación que se empleará en este estudio será explicativo, ya que se manipulará la variable experimental utilizando datos de producción correspondientes al segundo y tercer trimestre del año 2023. Este enfoque permitirá analizar y explicar las relaciones entre las variables involucradas.

#### **3.2 MATERIALES Y MÉTODOS (APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA)**

##### **3.2.1 Diseño de la investigación**

Se utilizará un pre-experimento de postprueba sin grupo control. El diseño de la investigación será longitudinal, ya que se analizarán y compararán los datos de producción correspondientes al segundo y tercer trimestre del año 2023 con el propósito de evaluar el incremento en la productividad.

Para mejorar la producción durante la primera hora, se implementará un programa de rotación de turnos que reducirá el tiempo dedicado a la asignación de tareas. Este sistema permitirá que las tareas sean verificadas en segundos a través de dispositivos móviles por parte

de los operarios, eliminando la necesidad de que se agrupen o busquen sus nombres en listas físicas proporcionadas por el supervisor.

La investigación será de tipo experimental, dado que se manipulará la variable independiente (la implementación del programa de rotación de turnos) para analizar su efecto en la variable dependiente (la productividad y la eficiencia en la asignación de tareas).

### **3.2.2 Población y muestra**

- **Población:**

Se tomará los cambios de guardia realizados en el segundo y tercer trimestre del 2023.

- **Muestra:**

Se tomarán los cambios de guardia de 6 meses:

- Del 01-04-2023 al 30-06-2023. (Antes de iniciar la prueba).
- Del 01-07-2023 al 30-09-2023. (Después de iniciar la prueba).

La selección:

- Técnica de muestreo: No probabilística.
- Método: censal.

### **3.2.3 Técnicas de recolección de datos**

#### **3.2.3.1 Para la variable independiente:**

Fuentes para recolección de información: La información que se recolectará provendrá de fuentes internas de la mina. Se utilizarán datos relacionados con la implementación del cambio de guardia en las rutas de los volquetes durante la primera hora de trabajo del segundo trimestre del año 2023. Estos datos serán fundamentales para analizar y evaluar el impacto de la nueva metodología.

#### **3.2.3.2 Para la variable dependiente**

Técnicas para recolección de información: Se implementará un programa de rotación de turnos para asignar tareas al personal de manera inmediata y sistemática, con el objetivo de reducir el tiempo perdido durante la primera hora de trabajo. Como técnica de recolección de datos, se realizará una revisión documentaria de los registros de demoras operativas en las rutas de los volquetes durante la primera hora del tercer trimestre del año 2023. Esta información permitirá evaluar la eficacia del módulo implementado.

### **3.2.4 Metodos de análisis de datos**

Los datos recopilados se presentarán en tablas y gráficos para facilitar el análisis estadístico descriptivo, junto con su correspondiente interpretación. Para analizar la relación entre

los registros de producción previos y posteriores a la implementación del programa de rotación de turnos, se empleará el software SPSS versión 26. Como método estadístico, se utilizará la prueba T de Wilcoxon para muestras relacionadas, que permitirá identificar diferencias significativas entre ambos periodos evaluados.

## **CAPÍTULO IV**

### **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **4.1 RESULTADOS OBTENIDOS**

Factores que influyen en las demoras operativas relacionadas con los equipos y cómo el Programa de rotación de turnos ayuda:

##### **4.1.1 Demoras en la asignación y disponibilidad de equipos:**

- Descripción: El proceso de asignación de equipos al personal de turno puede ser lento si no está bien planificado, lo que provoca que los trabajadores tengan que esperar hasta que los equipos estén disponibles o asignados.
- Solución con el Programa de rotación de turnos: El módulo permite un registro anticipado y asignación automatizada de equipos a cada trabajador antes del inicio del turno. Esto asegura que los equipos necesarios estén listos y disponibles para el personal entrante, reduciendo los tiempos de espera y mejorando la eficiencia operativa.

##### **4.1.2 Revisión de estado y condiciones de los equipos:**

- Descripción: Los equipos mineros requieren inspecciones regulares para garantizar que están operativos. Si estas inspecciones se realizan justo al inicio de un turno, pueden generar retrasos significativos.
- Solución con el Programa de rotación de turnos: El módulo puede integrarse con un sistema de mantenimiento predictivo que monitorea el estado actual de los equipos, Esto permite que las revisiones necesarias se programen de manera anticipada, antes de que comience el turno, asegurando que los equipos estén listos para su uso sin causar demoras adicionales.

#### **4.1.3 Fallas o averías inesperadas de equipos:**

- Descripción: Si un equipo falla o sufre una avería justo al comienzo del turno, puede generar retrasos operativos mientras se realiza el diagnóstico y la reparación.
- Solución con el Programa de rotación de turnos: El módulo proporciona un registro digital del historial de mantenimiento de los equipos. Los trabajadores del turno entrante pueden revisar esta información para identificar equipos que podrían estar en riesgo de fallar, lo que permite tomar decisiones informadas y prever posibles averías, reduciendo así los tiempos muertos causados por fallos inesperados.

#### **4.1.4 Demoras en la entrega de información sobre el estado de los equipos:**

- Descripción: En algunos casos, la información sobre el estado de los equipos se entrega verbalmente entre los turnos, lo que puede causar errores de comunicación y tiempos prolongados en la transición.
- Solución con el Programa de rotación de turnos: El módulo permite que la información sobre el estado de los equipos se registre digitalmente al final de cada turno. Esto incluye detalles sobre posibles problemas o mantenimiento pendiente, lo que permite a los operadores entrantes estar completamente informados sobre las condiciones de los equipos antes de comenzar el trabajo, mejorando la eficiencia en el uso de los mismos.

#### **4.1.5 Asignación de equipos compartidos entre turnos:**

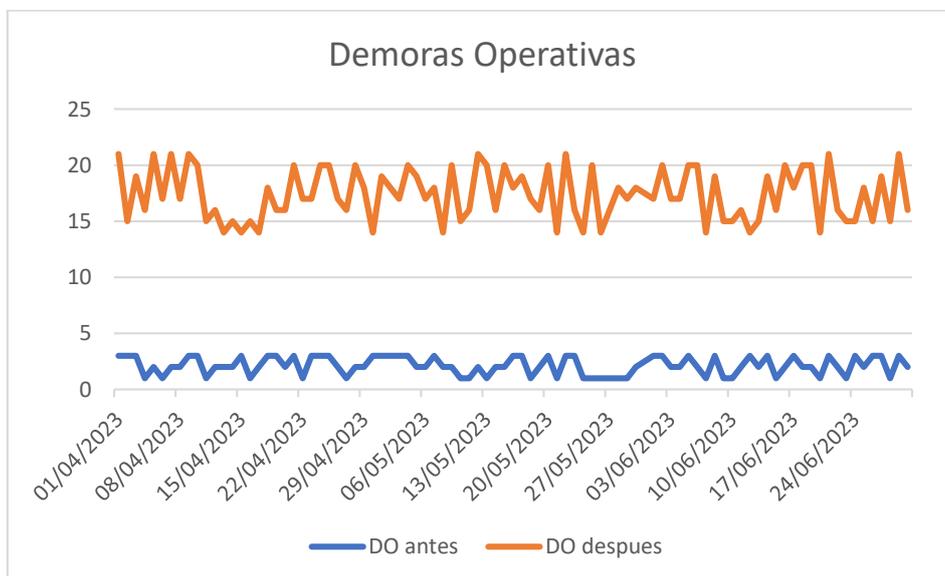
- Descripción: En operaciones donde los equipos son compartidos entre varios turnos, la falta de planificación en el uso de estos equipos puede generar tiempos muertos mientras el nuevo turno espera a que los equipos estén disponibles.
- Solución con el Programa de rotación de turnos: El módulo facilita una programación avanzada del uso de equipos, lo que permite a los supervisores planificar y coordinar la utilización de equipos compartidos entre los distintos turnos. Esto garantiza que los equipos estén disponibles para el próximo turno en el momento adecuado, evitando tiempos de espera innecesarios.

#### **4.1.6 Ejemplos de Soluciones con el Programa de rotación de turnos:**

- Asignación anticipada de equipos: En varias operaciones mineras, el uso del módulo ha permitido que los equipos sean asignados antes del inicio del turno. Los trabajadores pueden saber de antemano qué equipos utilizarán y verificar su disponibilidad, lo que ha reducido considerablemente las demoras al inicio del turno.

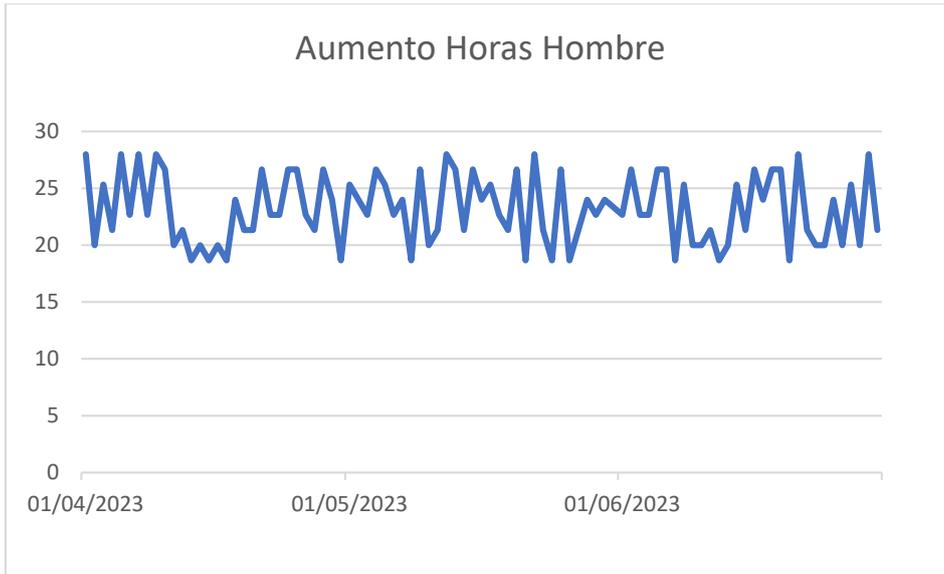
- Optimización del mantenimiento de equipos: Al integrar el módulo con un sistema de mantenimiento predictivo, muchas minas han logrado planificar mejor las revisiones y reparaciones necesarias. Esto asegura que los equipos estén en óptimas condiciones antes del inicio del turno, evitando paradas no programadas.
- Reducción de tiempos muertos en equipos compartidos: En minas donde los equipos son utilizados por varios turnos, el módulo permite una programación eficiente del uso de los equipos. Esto ha reducido los tiempos de espera entre turnos y ha permitido una transición más fluida en el uso de los mismos.

Se muestran las diferencias entre el segundo y tercer trimestre del 2023 de los turnos solo de día y 30 días al mes para poder comparar el primer, segundo y tercer mes de los segundo y tercer trimestre, que se presenta en quipos de mina como volquetes y palas.



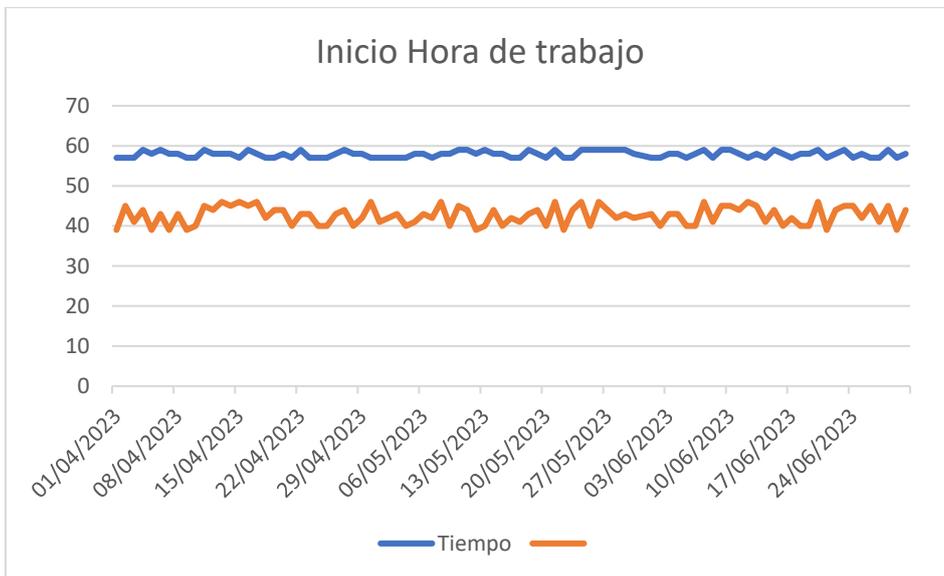
**Figura 20.** Demoras Operativas en %.  
**Fuente.** Elaboración propia.

En los resultados encontrados en la presente investigación, se observó que la implementación de un programa de rotación de turnos disminuye el tiempo de cambio de guardia de 60 a 45 minutos, obteniendo 15 minutos menos, que son el 25 %, este tiempo puede ser aprovechado por la operación para el aumento de su producción.



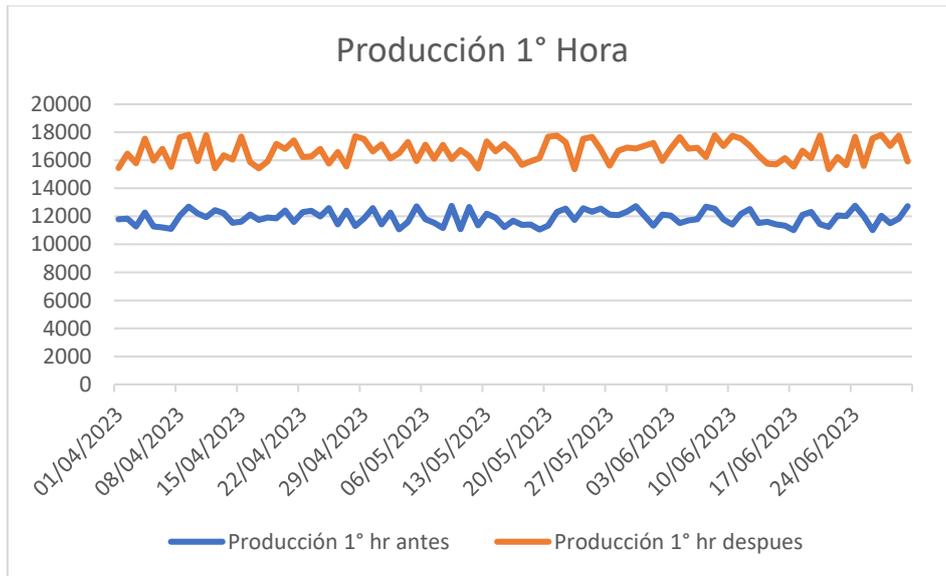
**Figura 21.** Horas Hombre en Horas.  
**Fuente.** Elaboración propia.

En los resultados encontrados en la presente investigación se observó que la implementación de un programa de rotación de turnos aumentó las horas hombre en 23 horas durante el tercer trimestre.



**Figura 22.** Hora inicio.  
**Fuente.** Elaboración propia.

En los resultados encontrados en la presente investigación se observó que la implementación de un programa de rotación de turnos optimiza la hora de inicio de trabajo que pasó de 6:58 am a 6:43 am, lo que representa una mejora del 26 % durante el tercer trimestre.



**Figura 23.** Producción en T/H.

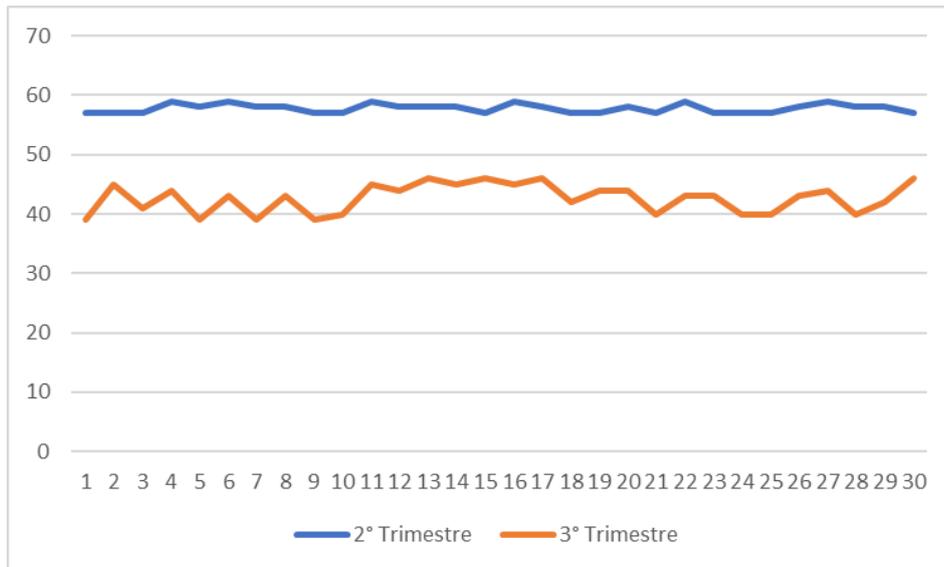
**Fuente.** Elaboración propia.

En los resultados encontrados en la presente investigación se observó que la implementación de un programa de rotación de turnos optimiza la producción que paso de 11,892 T a 16,630 T, aumentando en un 40 % la producción en el tercer trimestre.

**Tabla 2.***Mes 1*

<b>Mes 1</b>		
<b>Día</b>	<b>2° Trimestre</b>	<b>3° Trimestre</b>
1	57	39
2	57	45
3	57	41
4	59	44
5	58	39
6	59	43
7	58	39
8	58	43
9	57	39
10	57	40
11	59	45
12	58	44
13	58	46
14	58	45
15	57	46
16	59	45
17	58	46
18	57	42
19	57	44
20	58	44
21	57	40
22	59	43
23	57	43
24	57	40
25	57	40
26	58	43
27	59	44
28	58	40
29	58	42
30	57	46
<b>Promedio</b>	<b>57.8</b>	<b>42.7</b>

*Nota.* Mes 1



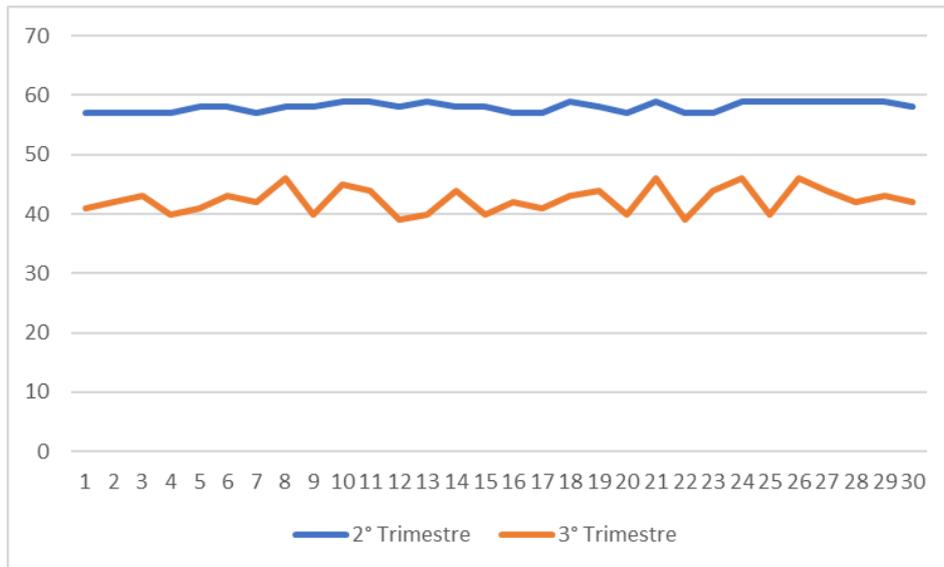
**Figura 24.** Mes 1 en minutos  
**Fuente.** Elaboración propia.

Los resultados del primer mes, entre el segundo y tercer trimestre, muestran la reducción del tiempo de cambio de guardia de 57.8 minutos a 42.7 minutos con la implementación del programa de rotación de turnos.

**Tabla 3.***Mes 2 en minutos*

<b>Mes 2</b>		
<b>Día</b>	<b>2° Trimestre</b>	<b>3° Trimestre</b>
1	57	41
2	57	42
3	57	43
4	57	40
5	58	41
6	58	43
7	57	42
8	58	46
9	58	40
10	59	45
11	59	44
12	58	39
13	59	40
14	58	44
15	58	40
16	57	42
17	57	41
18	59	43
19	58	44
20	57	40
21	59	46
22	57	39
23	57	44
24	59	46
25	59	40
26	59	46
27	59	44
28	59	42
29	59	43
30	58	42
<b>Promedio</b>	<b>58.0</b>	<b>42.4</b>

*Nota.* Mes 2.



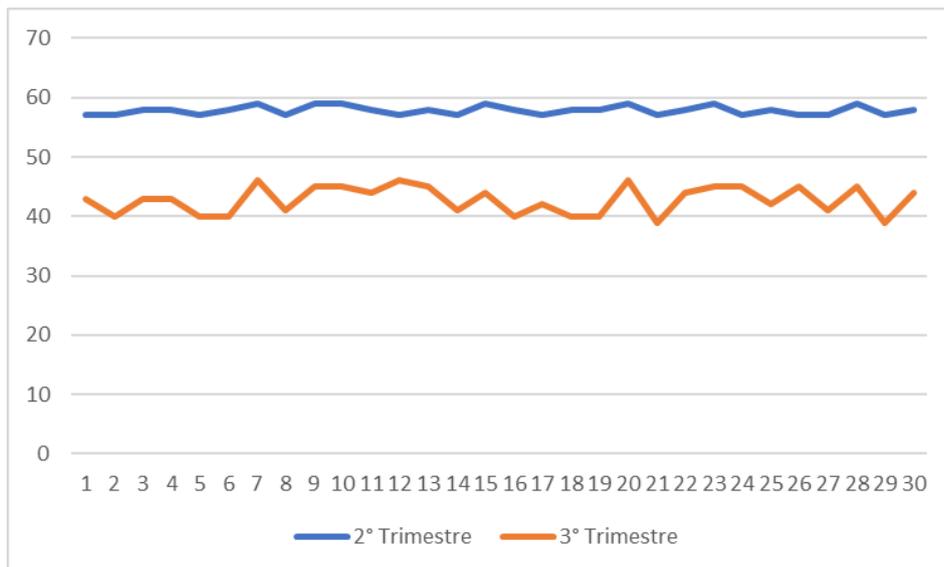
**Figura 25.** Mes 2 en minutos.  
**Fuente.** Elaboración propia.

Los resultados del segundo mes, entre el segundo y tercer trimestre, muestran la reducción del tiempo de cambio de guardia de 58.0 minutos a 42.4 minutos con la implementación del programa de rotación de turnos.

**Tabla 4.***Mes 3 en minutos*

<b>Mes 3</b>		
<b>Día</b>	<b>2° Trimestre</b>	<b>3° Trimestre</b>
1	57	43
2	57	40
3	58	43
4	58	43
5	57	40
6	58	40
7	59	46
8	57	41
9	59	45
10	59	45
11	58	44
12	57	46
13	58	45
14	57	41
15	59	44
16	58	40
17	57	42
18	58	40
19	58	40
20	59	46
21	57	39
22	58	44
23	59	45
24	57	45
25	58	42
26	57	45
27	57	41
28	59	45
29	57	39
30	58	44
<b>Promedio</b>	<b>57.8</b>	<b>42.8</b>

*Nota.* Mes 3.



**Figura 26.** Mes 3 en minutos.  
**Fuente.** Elaboración propia.

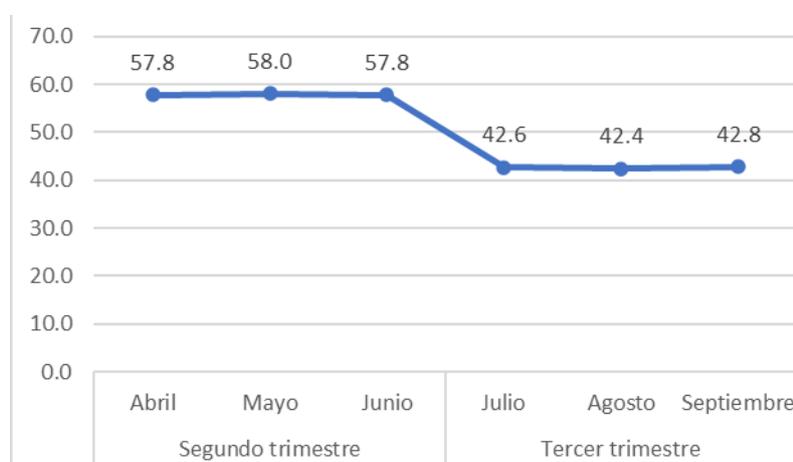
Los resultados del tercer mes, entre el segundo y tercer trimestre, muestran la reducción del tiempo de cambio de guardia de 57.8 minutos a 42.8 minutos con la implementación del programa de rotación de turnos.

**Tabla 5.**

*Segundo vs tercer mes*

Trimestre		Promedio (minutos)
<b>Segundo trimestre</b>		<b>57.9</b>
Abril	Mes 1	57.8
Mayo	Mes 2	58.0
Junio	Mes 3	57.8
<b>Tercer trimestre</b>		<b>42.6</b>
Julio	Mes 1	42.6
Agosto	Mes 2	42.4
Septiembre	Mes 3	42.8

*Nota.* Segundo vs tercer trimestre.



**Figura 27.** Segundo vs tercer trimestre en minutos.

**Fuente.** Elaboración propia.

Resultados entre el segundo y tercer trimestre se muestra la reducción del tiempo de cambio de guardia de 57.9 minutos a 42.6 minutos con la implementación del programa de rotación de turnos, se ahorra un tiempo de 15.3 minutos que son entregados a la operación minera para poder producir un mayor tonelaje.

## 4.2 APLICACIÓN DE METODOS ESTADISTICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN

### 4.2.1 Estimación estadística inferencial

Para la inferencia estadística del tiempo de cambio de guardia entre el segundo y tercer trimestre del 2023, se verificaron los supuestos de continuidad y normalidad. Según Kerlinger y Lee, estos supuestos son fundamentales para determinar si se deben utilizar métodos estadísticos paramétricos o no paramétricos. Una vez confirmados estos supuestos, se procedió a contrastar las hipótesis planteadas en el estudio (13).

#### 4.2.2 Supuesto de Continuidad

La información recopilada para la variable tiempo de cambio de guardia correspondientes al segundo y tercer trimestre del 2023 son de naturaleza cuantitativa. Sin embargo, al no cumplirse el supuesto de continuidad, se optó por utilizar métodos de estadística no paramétrica para el análisis. Esto garantiza que la naturaleza de las mediciones de las variables se mantiene intacta y que los resultados conserven su validez.

#### 4.2.3 Supuesto de Normalidad

Se aplicó la prueba de normalidad utilizando el método de Kolmogórov-Smirnov, recomendado para muestras de 30 o más observaciones (13). En este caso, la muestra analizada excedió dicho tamaño. Los datos correspondientes a cada variable se procesaron mediante el software estadístico SPSS versión 26.0, y se calculó la diferencia entre los valores de las variables. La prueba se realizó con un nivel de confianza del 95 %, considerando las siguientes condiciones:

- Si  $\text{Sig.} < 0.05$ , la distribución es no normal.
- Si  $\text{Sig.} \geq 0.05$ , la distribución es normal.

Donde:

- Sig. P representa el valor p o nivel crítico del contraste.
- Los resultados de la prueba de normalidad se presentan a continuación:

**Tabla 6.**

*Normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	,142	90	,000

*Nota.* Prueba de normalidad.

En la tabla se presentan los resultados de la prueba de normalidad aplicada a la diferencia entre los tiempos de cambio de guardia durante el segundo y tercer trimestre de 2023. El valor de significación obtenido fue 0.000, lo que es inferior al umbral de 0.05 establecido para el error. Esto sugiere que los datos de ambas variables no siguen una distribución normal, lo que llevó a optar por pruebas no paramétricas para el análisis estadístico.

#### 4.2.4 Evaluación de hipótesis

La prueba de hipótesis es un proceso estadístico que permite determinar si una suposición acerca de una población puede ser aceptada o rechazada, utilizando los datos obtenidos de una muestra. Este método involucra la evaluación de dos hipótesis contrapuestas: la hipótesis nula y

la hipótesis alternativa, con el fin de tomar una decisión informada sobre la validez de la suposición formulada.

#### 4.2.5 Procedimiento para verificar hipótesis

- **Paso 1 redacción de hipótesis**

H0 = No existe diferencia significativa en las medias de resultados del tiempo de cambio de guardia del segundo y tercer trimestre del 2023.

H1 = Existe una diferencia significativa en las medias del tiempo de cambio de guardia del segundo y tercer trimestre del 2023.

- **Paso 2 definición del nivel alfa**

Nivel alfa del 5 %

En notación decimal: 0.05

- **Paso 3 elección de la prueba**

La prueba T de Wilcoxon es una prueba no paramétrica diseñada para muestras relacionadas, es decir, cuando se aplican dos mediciones en momentos diferentes a un mismo grupo. En este caso, se compararán los tiempos de cambio de guardia del segundo y tercer trimestre del 2023. Dado que se trata de un estudio longitudinal, las opciones de pruebas se limitan a dos mediciones: una antes y otra después, lo que constituye la variable de comparación. Por ello, la prueba más adecuada para este análisis es la T de Wilcoxon para muestras relacionadas.

- **Paso 4 de la prueba de hipótesis calcular el p valor**

**Tabla 7.**

*T wilcoxon*

Prueba estadística t de Wilcoxon	
Segundo – Tercer Trimestre 2023	
Z	-8,258 <sup>b</sup>
Sig. asintótica (bilateral)	,000

Nota. Prueba

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

P Valor = 0.000	<	$\alpha$ = 0.05
-----------------	---	-----------------

Si la probabilidad obtenida P Valor  $\leq$   $\alpha$ , se rechaza H0 (se acepta H1).

Si la probabilidad obtenida P Valor  $>$   $\alpha$ , no se rechaza H0 (se acepta H0).

- **Paso 5 decisión estadística**

Existe una diferencia significativa en las medias del tiempo de cambio de guardia entre el segundo y tercer trimestre del 2023. Esto indica que el sistema de asignación de cambio de turno tuvo un efecto significativo sobre el tiempo de cambio de guardia. Por lo tanto, se concluye que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los tiempos de cambio de guardia antes y después de implementar el programa de rotación de turnos. Esto demuestra que la aplicación del módulo logró mejorar el tiempo de cambio de guardia de manera efectiva.

### **4.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS**

De las 4 hipótesis se desprende la discusión de resultados

#### **PRIMERA:**

Como objetivo principal, se planteó la reducción de las demoras operativas en el cambio de turno mediante la implementación de un programa de rotación de turnos en una minera modelo (tipo). Para ello, se tomó como base la teoría de demoras operativas de SM (2007), quien señaló que estas afectan directamente la producción (11).

De lo encontrado en la presente investigación, se observó que la implementación de un programa de rotación de turnos disminuye el tiempo de cambio de guardia de 60 a 45 minutos, obteniendo 15 minutos menos, que son el 25 %, este tiempo puede ser aprovechado por la operación para el aumento de su producción.

Lo obtenido de la presente investigación coinciden con lo obtenido:

- Hilasaca (2021) (1), quien encontró que, al optimizar los tiempos de espera de los volquetes afectan directamente a la producción, además al aplicar mejoras en el reparto de guardia aumentó su producción.
- Salgado & Núñez (2) quien encontró que, al implementar la metodología six sigma, logró aumentar la producción en la primera hora de trabajo.
- Pastor (3), quien encontró que, agilizando el cambio de guardia en la época de pandemia, se vio reflejado un aumento de la producción.
- Vega (4), quien encontró que al mejorar sus métodos en la empresa logró el incremento de la productividad.
- Champi (5), quien encontró que al reducir las demoras operativas y optimizar el tiempo de abastecimiento de combustible, se incrementó la producción.

Los antecedentes y sus coincidencias con la presente investigación, evidencian que la implementación de un programa de rotación de turnos ayuda a optimizar la producción de mineral triturado al disminuir las demoras operativas.

#### **SEGUNDA:**

Como objetivo específico se consideró determinar cómo influye en la reducción de demoras operativas el aumento de las horas hombre al implementar el programa de rotación de

turnos. Para ello, se tomó como base la teoría de horas hombre de (SM, 2027), quien señaló que el aumento de horas hombre afectan directamente a la producción (11).

De lo encontrado en la presente investigación, se observó que la implementación de un programa de rotación de turnos aumentó las horas hombre en 23 horas en el tercer trimestre.

Lo obtenido de la presente investigación coinciden con lo obtenido:

- Hilasaca (2021), quien encontró que, al optimizar los tiempos de espera de los volquetes y mejoras en el reparto de guardia, afectan directamente al aumento de las horas hombre (1).
- Salgado & Núñez (2021), quien encontró que, al implementar la metodología six sigma, logró aumentar las horas hombre en la operación (2).
- Pastor (2023), quien encontró que, agilizando el cambio de guardia en la época de pandemia, se vio reflejado en un aumento de las horas hombre (3).
- Vega (2019), quien encontró que al mejorar sus métodos en la empresa logró el incremento de las horas hombre (4).
- Champi (2020), quien encontró que al reducir las demoras operativas y optimizar el tiempo de abastecimiento de combustible se incrementó las horas hombre en la operación (5).

Los antecedentes y sus coincidencias con la presente investigación, evidencian que la implementación de un programa de rotación de turnos ayuda a optimizar la producción de mineral triturado al aumentar las horas hombre.

### **TERCERA:**

Como objetivo específico se consideró Determinar cómo influye en la reducción de demoras operativas al llegar e iniciar el trabajo a la hora programada al implementar el programa de rotación de turnos, para ello se tomó como base la teoría de la importancia del inicio de la hora de trabajo de (SM, 2027), quien señalo que al optimizar la hora de inicio de trabajo esto afecta directamente a la producción (11).

De lo encontrado en la presente investigación, se observó que la implementación de un programa de rotación de turnos optimiza la hora de inicio de trabajo que paso de 6:58 am a 6:43 am, mejorando en un 26 % en el tercer trimestre.

Lo obtenido de la presente investigación coinciden con lo obtenido:

- Hilasaca (2021), quien encontró que, al optimizar los tiempos de espera de los volquetes y mejoras en el reparto de guardia, mejora la hora de inicio de trabajo (1).
- Salgado & Núñez (2021), quien encontró que, al implementar la metodología six sigma, logró mejorar la hora de inicio de trabajo (2).
- Pastor (2023), quien encontró que, agilizando el cambio de guardia en la época de pandemia, se vio reflejado en la mejora de la hora de inicio de trabajo (3).

- Vega (2019), quien encontró que al mejorar sus métodos en la empresa, logró el optimizar la hora de inicio de trabajo (4).
- Champi (2020), quien encontró que al reducir las demoras operativas y optimizar el tiempo de abastecimiento de combustible, se ajustó la hora de inicio de trabajo (5).

Los antecedentes y sus coincidencias con la presente investigación, evidencian que la implementación de un programa de rotación de turnos ayuda a optimizar la producción de mineral triturado al optimizar la hora de inicio de trabajo.

#### **CUARTA:**

Como objetivo específico se consideró Determinar cómo influye en la reducción de demoras operativas la producción al aplicar el programa de rotación de turnos, para ello, se tomó como base la teoría de la importancia de la producción de (SM, 2027), quien señalo que al optimizar el tiempo de cambio de guardia la producción aumenta (11).

De lo encontrado en la presente investigación se observó que la implementación de un programa de rotación de turnos optimiza la producción que pase de 11892 T a 16630 T, aumentando en un 40 % la producción en el tercer trimestre.

Lo obtenido de la presente investigación coinciden con lo obtenido:

- Hilasaca (2021), quien encontró que, al optimizar los tiempos de espera de los volquetes y mejoras en el reparto de guardia, se logra optimizar el tiempo de cambio de guardia (1).
- Salgado & Núñez (2021), quien encontró que, al implementar la metodología six sigma, logró optimizar el tiempo de cambio de guardia (2).
- Pastor (2023), quien encontró que, agilizando el cambio de guardia en la época de pandemia, se logró optimizar el tiempo de cambio de guardia (3).
- Vega (2019), quien encontró que al mejorar sus métodos en la empresa, logró optimizar el tiempo de cambio de guardia.
- Champi (2020), quien encontró que al reducir las demoras operativas y optimizar el tiempo de abastecimiento de combustible, se logró optimizar el tiempo de cambio de guardia.

Los antecedentes y sus coincidencias con la presente investigación, evidencian que la implementación de un programa de rotación de turnos ayuda a optimizar la producción de mineral triturado al optimizar el tiempo de cambio de guardia.

## CONCLUSIONES FINALES

- PRIMERA:** Se concluyó que, al implementar del programa de rotación de turnos en el proceso minero, se logró disminuir en 15 minutos, que es el 25 % de las demoras operativas en el tercer trimestre.
- SEGUNDA:** Se concluyó que, al implementar del programa de rotación de turnos en el proceso minero, se logró incrementar las horas hombre en 23 horas en el tercer trimestre.
- TERCERA:** Se concluyó que, al implementar del programa de rotación de turnos en el proceso minero, se logró que la hora de inicio del trabajo paso de 6:58 am a 6:43 am, mejorando en un 26 % en el tercer trimestre.
- CUARTA:** Se concluyó que, al implementar del programa de rotación de turnos en el proceso minero, se logró que la producción pase de 11,892 T a 16,630 T, aumentando en un 40 % la producción en el tercer trimestre.

## SUGERENCIAS

- PRIMERA:** Se sugiere al gerente general promover el uso de las instalaciones mineras para una eventual utilización del programa de rotación de turnos, lo que permitirá lograr una eficiencia productiva.
- SEGUNDA:** Se sugiere que este trabajo de implementación de un programa de rotación de turnos se aplique en todas las operaciones mineras de Southern Perú, puede ser en Cuajone y Toquepala, para el caso de Toquepala se usaría el sistema de despacho del modular que es su software de despacho.
- TERCERA:** Por último, se sugiere ampliar el programa de rotación de turnos al sistema de despacho modular además de aplicar la inteligencia artificial para mejorar la producción en la mina según Hilaraca (2021), ya que se ha demostrado estadísticamente que, si incrementa una variable, incrementa la otra.

## BIBLIOGRAFIA

1. HILASACA, H. Optimización de tiempos de espera de volquetes en la zona de descarga de mineral, para el incremento de la productividad en la unidad operativa Cuajone. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Moquegua: Universidad Nacional de Moquegua, 2021. Disponible en: <https://repositorio.unam.edu.pe/items/11600b9c-0909-4f22-b64c-9423436f5316>
2. SALGADO, L. & NÚÑEZ, D. Mejora de la gestión de la productividad de la flota de carguío y acarreo UM Cuajone, mediante la aplicación de la metodología Six Sigma para disminuir las demoras operativas en el relevo del personal. Tesis (Título de Ingeniero de Gestión Minera). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2021. Disponible en: [https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:n7cdU68vp2IJ:scholar.google.com/+tesis+optimizacion+cambio+de+guardia+mina+moquegua&hl=es&as\\_sdt=0,5&as\\_ylo=2019&as\\_yhi=2024](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:n7cdU68vp2IJ:scholar.google.com/+tesis+optimizacion+cambio+de+guardia+mina+moquegua&hl=es&as_sdt=0,5&as_ylo=2019&as_yhi=2024)
3. PASTOR, F. Análisis de la productividad en obra del proyecto Quellaveco en tiempo de pandemia, Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2023. Disponible en; <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12415>
4. VEGA, J. Incremento de la productividad en el tonelaje movido mediante la aplicación de mejoras de métodos en una empresa minera Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima: Universidad Nacional Mayor de la San Marcos, 2019. Disponible en; <https://core.ac.uk/download/pdf/323343381.pdf>
5. CHAMPI, M. Reducción de las demoras operativas y optimización de tiempos por abastecimiento de combustible con el sistema vr-300 gpm. en los volquetes de mina-unidad operativa cuajone. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2015. 156 pp. Disponible en; <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3848>
6. VARGAS, C. Optimización en las operaciones de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional Del Altiplano, 2019. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12571>
7. VARGAS, D. T. Aplicación de la filosofía Lean para incrementar la eficiencia de los equipos de acarreo en la mina Pararrayo–2022. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).

- Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2023. Disponible en:  
<https://biblioteca.unasam.edu.pe/bib/33021>
8. GARCÉS, D. & CASTRILLÓN, O. Diseño de una técnica inteligente para identificar y reducir los tiempos muertos en un sistema de producción. *Información Tecnológica*, 2017. 28(3), 157-170. Disponible en:  
<https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v28n3/art17.pdf>
  9. LATORRE, H. Dimensionamiento de cámaras para optimizar la producción en Minera El Toqui. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Chile: Universidad de Chile, 2019. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/171083>
  10. CAMIPER Escuela de Altos Estudios (2017). Seguridad en operaciones unitarias en minería subterránea. Diplomado Internacional en Seguridad en Operaciones Unitarias en Minería Subterránea ofrecido por la Cámara Minera del Perú (CAMIPER). Disponible en: <https://camiper.com/diplomados/seguridad-en-operaciones-unitarias-en-mineria-subterranea>
  11. MODULAR MINING SYSTEMS (1980) Modular Mining. (s.f.). Sistema de gestión de flota DISPATCH. Disponible en:  
<https://www.modularmining.com/solutions/fleet-management/>
  12. INGEOEXPERTY. Minería a cielo abierto: ¿Qué es, cuáles son sus ventajas y qué tipos hay? 2018. Disponible en; <https://ingeoexpert.com/2018/01/19/mineria-cielo-abierto/Wikipedia>. (2023). Mina a cielo abierto. Disponible en:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Mina\\_a\\_cielo\\_abierto](https://es.wikipedia.org/wiki/Mina_a_cielo_abierto)
  13. PÉREZ J. & GARDEY, ANA. Cantera - Qué es, características, definición y concepto, 2024 Disponible en <https://definicion.de/cantera/Wikipedia>. (2023). Minería de carbón. Disponible en:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Miner%C3%ADa\\_de\\_carb%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Miner%C3%ADa_de_carb%C3%B3n)
  14. CK2. CK2. ¿Cómo se extrae el carbón de las minas mediante la técnica de remoción de la cima de la montaña? s/a. Disponible en:  
<https://www.ck12.org/flexi/es/ciencias-de-la-tierra/explotacion-de-minas/como-se-extrae-el-carbon-de-las-minas-mediante-la-tecnica-de-remocion-de-la-cima-de-la-montana/>
  15. CUMMINS.COM. Tipos de métodos de minería. 2025. Disponible en:  
<https://www.cummins.com/es/engines/mining/types-of-mining>Jara Céspedes, J. (2013). Reparto de guardia interactivo en la mina Orcopampa. Instituto de Seguridad Minera - ISEM.

16. JARA, JUAN. Reparto de guardia interactivo en la mina Orcopampa. Instituto de Seguridad Minera - ISEM. 2013. Disponible en: <https://revistaseguridadminera.com/gestion-seguridad/reparto-de-guardia/>
17. OSCAR GONZÁLEZ, RICARDO MOLINA Y DIEGO PATARROYO G. Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo, una revisión teórica desde la minería colombiana. Revista Venezolana de Gerencia, 2019. 24(85). Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/290/29058864013/29058864013.pdf>
18. SOAINT. La automatización en minería: mejorando la eficiencia, seguridad y productividad. 2023. Disponible en: <https://soaint.com/blog/sector-minero-automatizacion-eficiencia/>
19. AGUILAR, C. et al. Relación entre los estilos de liderazgo y engagement de los supervisores de operaciones mina, y la relación entre los estilos de liderazgo de los supervisores y productividad de los operadores de maquinaria pesada de operaciones mina de dos empresas mineras peruanas. Tesis (Magister en Dirección de Personas). Lima: Universidad del Pacífico, 2022, Disponible en: <https://repositorio.up.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/d74cd29e-b8bc-467e-b263-c28420f20e8c/content>
20. AREANDINA. Minería de contorno, 2017. Disponible en: <https://es.scribd.com/presentation/447156576/MINERIA-DE-CONTORNO>

## **APÉNDICES**

## APÉNDICE 1

<b>Trimestre</b>	<b>Mes</b>	<b>Fecha</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Tiempo</b>
Segundo trimestre	Abril	1/04/2023	6.01	6.58	57
Segundo trimestre	Abril	2/04/2023	6.01	6.58	57
Segundo trimestre	Abril	3/04/2023	6.03	6.60	57
Segundo trimestre	Abril	4/04/2023	6.02	6.61	59
Segundo trimestre	Abril	5/04/2023	6.01	6.59	58
Segundo trimestre	Abril	6/04/2023	6.03	6.62	59
Segundo trimestre	Abril	7/04/2023	6.02	6.60	58
Segundo trimestre	Abril	8/04/2023	6.00	6.58	58
Segundo trimestre	Abril	9/04/2023	6.00	6.57	57
Segundo trimestre	Abril	10/04/2023	6.01	6.58	57
Segundo trimestre	Abril	11/04/2023	6.00	6.59	59
Segundo trimestre	Abril	12/04/2023	6.02	6.60	58
Segundo trimestre	Abril	13/04/2023	6.01	6.59	58
Segundo trimestre	Abril	14/04/2023	6.00	6.58	58
Segundo trimestre	Abril	15/04/2023	6.01	6.58	57
Segundo trimestre	Abril	16/04/2023	6.03	6.62	59
Segundo trimestre	Abril	17/04/2023	6.03	6.61	58
Segundo trimestre	Abril	18/04/2023	6.01	6.58	57
Segundo trimestre	Abril	19/04/2023	6.01	6.58	57
Segundo trimestre	Abril	20/04/2023	6.03	6.61	58
Segundo trimestre	Abril	21/04/2023	6.01	6.58	57
Segundo trimestre	Abril	22/04/2023	6.03	6.62	59
Segundo trimestre	Abril	23/04/2023	6.03	6.60	57
Segundo trimestre	Abril	24/04/2023	6.03	6.60	57
Segundo trimestre	Abril	25/04/2023	6.01	6.58	57
Segundo trimestre	Abril	26/04/2023	6.02	6.60	58
Segundo trimestre	Abril	27/04/2023	6.02	6.61	59
Segundo trimestre	Abril	28/04/2023	6.03	6.61	58
Segundo trimestre	Abril	29/04/2023	6.00	6.58	58
Segundo trimestre	Abril	30/04/2023	6.03	6.60	57

## APÉNDICE 2

<b>Trimestre</b>	<b>Mes</b>	<b>Fecha</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Tiempo</b>
Segundo trimestre	Mayo	1/05/2023	6.02	6.59	57
Segundo trimestre	Mayo	2/05/2023	6.03	6.60	57
Segundo trimestre	Mayo	3/05/2023	6.00	6.57	57
Segundo trimestre	Mayo	4/05/2023	6.03	6.60	57
Segundo trimestre	Mayo	5/05/2023	6.02	6.60	58
Segundo trimestre	Mayo	6/05/2023	6.00	6.58	58
Segundo trimestre	Mayo	7/05/2023	6.02	6.59	57
Segundo trimestre	Mayo	8/05/2023	6.02	6.60	58
Segundo trimestre	Mayo	9/05/2023	6.03	6.61	58
Segundo trimestre	Mayo	10/05/2023	6.02	6.61	59
Segundo trimestre	Mayo	11/05/2023	6.03	6.62	59
Segundo trimestre	Mayo	12/05/2023	6.03	6.61	58
Segundo trimestre	Mayo	13/05/2023	6.02	6.61	59
Segundo trimestre	Mayo	14/05/2023	6.03	6.61	58
Segundo trimestre	Mayo	15/05/2023	6.00	6.58	58
Segundo trimestre	Mayo	16/05/2023	6.03	6.60	57
Segundo trimestre	Mayo	17/05/2023	6.00	6.57	57
Segundo trimestre	Mayo	18/05/2023	6.03	6.62	59
Segundo trimestre	Mayo	19/05/2023	6.03	6.61	58
Segundo trimestre	Mayo	20/05/2023	6.01	6.58	57
Segundo trimestre	Mayo	21/05/2023	6.01	6.60	59
Segundo trimestre	Mayo	22/05/2023	6.02	6.59	57
Segundo trimestre	Mayo	23/05/2023	6.02	6.59	57
Segundo trimestre	Mayo	24/05/2023	6.02	6.61	59
Segundo trimestre	Mayo	25/05/2023	6.01	6.60	59
Segundo trimestre	Mayo	26/05/2023	6.01	6.60	59
Segundo trimestre	Mayo	27/05/2023	6.03	6.62	59
Segundo trimestre	Mayo	28/05/2023	6.02	6.61	59
Segundo trimestre	Mayo	29/05/2023	6.00	6.59	59
Segundo trimestre	Mayo	30/05/2023	6.03	6.61	58

### APÉNDICE 3

<b>Trimestre</b>	<b>Mes</b>	<b>Fecha</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Tiempo</b>
Segundo trimestre	Junio	1/06/2023	6.00	6.57	57
Segundo trimestre	Junio	2/06/2023	6.03	6.60	57
Segundo trimestre	Junio	3/06/2023	6.03	6.61	58
Segundo trimestre	Junio	4/06/2023	6.01	6.59	58
Segundo trimestre	Junio	5/06/2023	6.02	6.59	57
Segundo trimestre	Junio	6/06/2023	6.02	6.60	58
Segundo trimestre	Junio	7/06/2023	6.01	6.60	59
Segundo trimestre	Junio	8/06/2023	6.01	6.58	57
Segundo trimestre	Junio	9/06/2023	6.03	6.62	59
Segundo trimestre	Junio	10/06/2023	6.01	6.60	59
Segundo trimestre	Junio	11/06/2023	6.03	6.61	58
Segundo trimestre	Junio	12/06/2023	6.03	6.60	57
Segundo trimestre	Junio	13/06/2023	6.00	6.58	58
Segundo trimestre	Junio	14/06/2023	6.02	6.59	57
Segundo trimestre	Junio	15/06/2023	6.02	6.61	59
Segundo trimestre	Junio	16/06/2023	6.03	6.61	58
Segundo trimestre	Junio	17/06/2023	6.00	6.57	57
Segundo trimestre	Junio	18/06/2023	6.00	6.58	58
Segundo trimestre	Junio	19/06/2023	6.03	6.61	58
Segundo trimestre	Junio	20/06/2023	6.01	6.60	59
Segundo trimestre	Junio	21/06/2023	6.01	6.58	57
Segundo trimestre	Junio	22/06/2023	6.00	6.58	58
Segundo trimestre	Junio	23/06/2023	6.03	6.62	59
Segundo trimestre	Junio	24/06/2023	6.00	6.57	57
Segundo trimestre	Junio	25/06/2023	6.01	6.59	58
Segundo trimestre	Junio	26/06/2023	6.02	6.59	57
Segundo trimestre	Junio	27/06/2023	6.01	6.58	57
Segundo trimestre	Junio	28/06/2023	6.02	6.61	59
Segundo trimestre	Junio	29/06/2023	6.00	6.57	57
Segundo trimestre	Junio	30/06/2023	6.00	6.58	58

## APÉNDICE 4

<b>Trimestre</b>	<b>Mes</b>	<b>Fecha</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Tiempo</b>
Tercer trimestre	Julio	1/07/2023	6.03	6.42	39
Tercer trimestre	Julio	2/07/2023	6.02	6.47	45
Tercer trimestre	Julio	3/07/2023	6.03	6.44	41
Tercer trimestre	Julio	4/07/2023	6.02	6.46	44
Tercer trimestre	Julio	5/07/2023	6.03	6.42	39
Tercer trimestre	Julio	6/07/2023	6.02	6.45	43
Tercer trimestre	Julio	7/07/2023	6.02	6.41	39
Tercer trimestre	Julio	8/07/2023	6.02	6.45	43
Tercer trimestre	Julio	9/07/2023	6.01	6.40	39
Tercer trimestre	Julio	10/07/2023	6.02	6.42	40
Tercer trimestre	Julio	11/07/2023	6.03	6.48	45
Tercer trimestre	Julio	12/07/2023	6.03	6.47	44
Tercer trimestre	Julio	13/07/2023	6.02	6.48	46
Tercer trimestre	Julio	14/07/2023	6.00	6.45	45
Tercer trimestre	Julio	15/07/2023	6.02	6.48	46
Tercer trimestre	Julio	16/07/2023	6.00	6.45	45
Tercer trimestre	Julio	17/07/2023	6.02	6.48	46
Tercer trimestre	Julio	18/07/2023	6.01	6.43	42
Tercer trimestre	Julio	19/07/2023	6.02	6.46	44
Tercer trimestre	Julio	20/07/2023	6.00	6.44	44
Tercer trimestre	Julio	21/07/2023	6.02	6.42	40
Tercer trimestre	Julio	22/07/2023	6.02	6.45	43
Tercer trimestre	Julio	23/07/2023	6.00	6.43	43
Tercer trimestre	Julio	24/07/2023	6.00	6.40	40
Tercer trimestre	Julio	25/07/2023	6.00	6.40	40
Tercer trimestre	Julio	26/07/2023	6.00	6.43	43
Tercer trimestre	Julio	27/07/2023	6.00	6.44	44
Tercer trimestre	Julio	28/07/2023	6.02	6.42	40
Tercer trimestre	Julio	29/07/2023	6.02	6.44	42
Tercer trimestre	Julio	30/07/2023	6.01	6.47	46

## APÉNDICE 5

<b>Trimestre</b>	<b>Mes</b>	<b>Fecha</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Tiempo</b>
Tercer trimestre	Agosto	1/08/2023	6.01	6.42	41
Tercer trimestre	Agosto	2/08/2023	6.02	6.44	42
Tercer trimestre	Agosto	3/08/2023	6.00	6.43	43
Tercer trimestre	Agosto	4/08/2023	6.02	6.42	40
Tercer trimestre	Agosto	5/08/2023	6.00	6.41	41
Tercer trimestre	Agosto	6/08/2023	6.02	6.45	43
Tercer trimestre	Agosto	7/08/2023	6.00	6.42	42
Tercer trimestre	Agosto	8/08/2023	6.00	6.46	46
Tercer trimestre	Agosto	9/08/2023	6.02	6.42	40
Tercer trimestre	Agosto	10/08/2023	6.00	6.45	45
Tercer trimestre	Agosto	11/08/2023	6.00	6.44	44
Tercer trimestre	Agosto	12/08/2023	6.03	6.42	39
Tercer trimestre	Agosto	13/08/2023	6.02	6.42	40
Tercer trimestre	Agosto	14/08/2023	6.02	6.46	44
Tercer trimestre	Agosto	15/08/2023	6.03	6.43	40
Tercer trimestre	Agosto	16/08/2023	6.01	6.43	42
Tercer trimestre	Agosto	17/08/2023	6.01	6.42	41
Tercer trimestre	Agosto	18/08/2023	6.00	6.43	43
Tercer trimestre	Agosto	19/08/2023	6.01	6.45	44
Tercer trimestre	Agosto	20/08/2023	6.03	6.43	40
Tercer trimestre	Agosto	21/08/2023	6.03	6.49	46
Tercer trimestre	Agosto	22/08/2023	6.03	6.42	39
Tercer trimestre	Agosto	23/08/2023	6.01	6.45	44
Tercer trimestre	Agosto	24/08/2023	6.00	6.46	46
Tercer trimestre	Agosto	25/08/2023	6.03	6.43	40
Tercer trimestre	Agosto	26/08/2023	6.00	6.46	46
Tercer trimestre	Agosto	27/08/2023	6.03	6.47	44
Tercer trimestre	Agosto	28/08/2023	6.03	6.45	42
Tercer trimestre	Agosto	29/08/2023	6.02	6.45	43
Tercer trimestre	Agosto	30/08/2023	6.01	6.43	42

## APÉNDICE 6

<b>Trimestre</b>	<b>Mes</b>	<b>Fecha</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Tiempo</b>
Tercer trimestre	Septiembre	1/09/2023	6.00	6.43	43
Tercer trimestre	Septiembre	2/09/2023	6.02	6.42	40
Tercer trimestre	Septiembre	3/09/2023	6.02	6.45	43
Tercer trimestre	Septiembre	4/09/2023	6.00	6.43	43
Tercer trimestre	Septiembre	5/09/2023	6.00	6.40	40
Tercer trimestre	Septiembre	6/09/2023	6.00	6.40	40
Tercer trimestre	Septiembre	7/09/2023	6.01	6.47	46
Tercer trimestre	Septiembre	8/09/2023	6.02	6.43	41
Tercer trimestre	Septiembre	9/09/2023	6.03	6.48	45
Tercer trimestre	Septiembre	10/09/2023	6.03	6.48	45
Tercer trimestre	Septiembre	11/09/2023	6.02	6.46	44
Tercer trimestre	Septiembre	12/09/2023	6.00	6.46	46
Tercer trimestre	Septiembre	13/09/2023	6.01	6.46	45
Tercer trimestre	Septiembre	14/09/2023	6.01	6.42	41
Tercer trimestre	Septiembre	15/09/2023	6.02	6.46	44
Tercer trimestre	Septiembre	16/09/2023	6.03	6.43	40
Tercer trimestre	Septiembre	17/09/2023	6.03	6.45	42
Tercer trimestre	Septiembre	18/09/2023	6.00	6.40	40
Tercer trimestre	Septiembre	19/09/2023	6.00	6.40	40
Tercer trimestre	Septiembre	20/09/2023	6.00	6.46	46
Tercer trimestre	Septiembre	21/09/2023	6.02	6.41	39
Tercer trimestre	Septiembre	22/09/2023	6.01	6.45	44
Tercer trimestre	Septiembre	23/09/2023	6.01	6.46	45
Tercer trimestre	Septiembre	24/09/2023	6.03	6.48	45
Tercer trimestre	Septiembre	25/09/2023	6.01	6.43	42
Tercer trimestre	Septiembre	26/09/2023	6.00	6.45	45
Tercer trimestre	Septiembre	27/09/2023	6.01	6.42	41
Tercer trimestre	Septiembre	28/09/2023	6.03	6.48	45
Tercer trimestre	Septiembre	29/09/2023	6.01	6.40	39
Tercer trimestre	Septiembre	30/09/2023	6.02	6.46	44