

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE DEMORA EN EL SISTEMA DE ACARREO
MEDIANTE EL USO DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PHYTON EN LA
UNIDAD MINERA SOTRAMI – AYACUCHO**

PRESENTADO POR:

Br. KEVIN PUCYURA HUARI

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO DE MINAS**

ASESOR:

Dr. MIGUEL VERA MIRANDA

CUSCO - PERÚ

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

VICE RECTORADO DE INVESTIGACIÓN

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe asesor del trabajo de investigación titulado: **“ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE DEMORA EN EL SISTEMA DE ACARREO MEDIANTE EL USO DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PHYTON EN LA UNIDAD MINERA SOTRAMI – AYACUCHO”**

Presentado por **KEVIN PUCYURA HUARI**, con DNI **74650921** y código universitario Nro. **161808** para optar al Título Profesional de: **INGENIERO DE MINAS**. Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03 (Tres) veces, mediante el software antiplagio Turnitin, conforme al Artículo 6° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de: **10 % (Diez por ciento)**.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación, tesis, textos, libros, revistas, artículos científicos, material de enseñanza y otros (Art. 7, inc. 2 y 3)

Porcentaje	Evaluación y acciones.	Marque con una X
Del 1 al 10 %	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30%	Devolver al usuario para las correcciones.	-----
Mayores a 31 %	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a ley.	-----

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software antiplagio.

Cusco, 17 de setiembre de 2024.

FIRMA

POST FIRMA: Dr. Ing. Miguel Vera Miranda
DNI Nro.: 23876027

ORCID ID: 0000-0002-9349-8463

Se adjunta:

1. Reporte Generado por el sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio:oid:27259:382412414

NOMBRE DEL TRABAJO

**ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE DEMORA
EN EL SISTEMA DE ACARREO MEDIANTE
E EL USO DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN**

AUTOR

KEVIN PUCYURA HUARI

RECUENTO DE PALABRAS

24200 Words

RECUENTO DE CARACTERES

140024 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

160 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.5MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 17, 2024 7:08 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 17, 2024 7:11 AM GMT-5

● 10% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres:

Bernardino Pucyura Solis y Matilde Huari Soto, y a mi hermano Yans Edison Pucyura Huari, cuyo amor incondicional, sacrificios y constante apoyo han sido el pilar fundamental de mi vida. Su fe en mí y su aliento han sido la mayor inspiración a lo largo de este proceso para alcanzar mi meta profesional.

Este logro es el reflejo de su compromiso y sacrificio, y no podría haberlo alcanzado sin ustedes. Gracias por ser mi pilar y mi mayor inspiración.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, cuya guía, fortaleza y sabiduría han sido la luz que me ha iluminado a lo largo de este viaje académico. Su presencia constante en mi vida me ha dado la fuerza y la paciencia necesarias para superar los desafíos y alcanzar este logro.

A los docentes y a la prestigiosa universidad nacional de San Antonio Abad del Cusco, facultad de Ingeniería de Minas por otorgarme el conocimiento necesario e indispensable que consolidaron mi instrucción laboral y lograr adquirir el título profesional de Ingeniero de Minas.

A mi asesor de tesis, Dr. Miguel Vera Miranda, le agradezco sinceramente por su valiosa orientación, apoyo y paciencia. Su compromiso y conocimiento han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A los ingenieros y trabajadores de la Unidad Minera SOTRAMI, les agradezco por proporcionar los recursos y el ambiente necesario para llevar a cabo esta investigación. Su apoyo ha sido vital para la realización de este trabajo.

Finalmente, a todas las personas que, de alguna manera, han contribuido a la culminación de esta tesis, les estoy profundamente agradecido. Su apoyo y aliento han sido una fuente constante de inspiración y motivación.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda la estimación de los tiempos de demora en el sistema de acarreo de la Unidad Minera SOTRAMI, ubicada en Ayacucho, utilizando el lenguaje de programación Python. Este trabajo se centra en analizar y optimizar los tiempos asociados al acarreo subterráneo, contribuyendo a la mejora de la eficiencia operativa y la reducción de costos en las actividades mineras. Minera SOTRAMI es una mina subterránea que produce entre 4500 y 5000 toneladas mensuales de mineral. Sin embargo, enfrenta problemas en su sistema de acarreo debido a demoras operativas y no operativas que afectan el rendimiento y los costos. Estas demoras están relacionadas con la transición entre carritos mineros U35 (0.99 m³) y skips de izaje (1.10 m³), además de retrasos en la carga, lo que ocasiona pérdidas en la relación tonelaje por hora. Este escenario justifica la necesidad de implementar herramientas modernas como Python para analizar y proponer mejoras en los tiempos de acarreo.

El objetivo principal de la investigación es implementar el lenguaje de programación Python para la estimación de tiempos de demora en el sistema de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI. Además, busca conocer la situación actual del sistema de acarreo, determinar el impacto de las demoras operativas y no operativas, y evaluar la influencia en los costos de acarreo mediante el análisis de tiempos. Para ello, la investigación se plantea la pregunta principal; ¿cómo estimar los tiempos de demora en el sistema de acarreo mediante el uso del lenguaje de programación Python en la Unidad Minera SOTRAMI? Asimismo, se plantea diagnosticar el sistema actual, evaluar el impacto de las demoras en la productividad y costos, y analizar cómo el uso de Python puede optimizar los tiempos.

La investigación parte de la hipótesis de que los tiempos de demora en el sistema de acarreo pueden estimarse eficazmente mediante un análisis de rutas y actividades utilizando Python.

Específicamente, se propone que el diagnóstico del sistema permitirá identificar deficiencias, que la simulación de tiempos impactará positivamente en la gestión del ciclo de acarreo y que las variaciones en los costos operativos pueden ser identificadas y reducidas mediante dicho análisis. Metodológicamente, el trabajo es de tipo básica y cuantitativa, con un diseño no experimental y de corte transversal. Los datos se recolectaron mediante observación directa, entrevistas y dispositivos de monitoreo en tiempo real. Posteriormente, se analizaron con Python y sus bibliotecas especializadas (NumPy, Pandas y SimPy), modelando escenarios para evaluar el impacto de diversas variables en los tiempos de demora.

La tesis se estructura en cinco capítulos. El primero identifica y describe la problemática del sistema de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI. El segundo presenta el marco teórico y los antecedentes relacionados con la optimización de sistemas de acarreo utilizando herramientas tecnológicas. El tercero detalla la metodología empleada, incluyendo técnicas de recolección y procesamiento de datos. El cuarto analiza los tiempos de demora, rutas de acarreo y resultados de las simulaciones realizadas con Python. Finalmente, el quinto capítulo discute los resultados obtenidos, evidenciando las mejoras alcanzadas en el sistema de acarreo. Esta estructura permite abordar integralmente la problemática, desde la identificación hasta la propuesta de soluciones, contribuyendo al avance tecnológico en la industria minera.

RESUMEN

Esta investigación analiza el sistema de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI, Ayacucho, donde las demoras significativas afectan la eficiencia y los costos operativos. Para abordar esta problemática, se implementó Python como herramienta para estimar tiempos de demora, optimizar operaciones y reducir costos.

El objetivo general fue emplear Python para identificar las demoras en el acarreo. Se diagnosticó el sistema actual, se evaluaron las demoras operativas y no operativas, y se analizó su impacto en los costos. La metodología, de tipo básica y cuantitativa, incluyó recolección de datos mediante observación directa, entrevistas y monitoreo en tiempo real, procesados con las bibliotecas NumPy, Pandas y SimPy.

Los resultados evidencian que las demoras promedio son de 2.08 horas operativas y 1.37 horas no operativas por ciclo. Las mejoras propuestas redujeron los costos de acarreo en un 10%, logrando un ahorro anual de \$150,000. Se identificaron áreas críticas y estrategias para garantizar la sostenibilidad de las optimizaciones.

En conclusión, Python demostró ser eficaz para identificar y mitigar las demoras en el acarreo, mejorando la productividad y reduciendo costos, lo que confirma su utilidad en la gestión operativa minera.

Palabras clave: *Estimación de demoras, Lenguaje de programación python, Acarreo minero, Simulación operativa.*

ABSTRACT

This research analyzes the haulage system at the SOTRAMI Mining Unit in Ayacucho, where significant delays impact efficiency and operating costs. To address this issue, Python was implemented as a tool to estimate delay times, optimize operations, and reduce costs.

The main objective was to use Python to identify delays in haulage. The current system was diagnosed, operational and non-operational delays were evaluated, and their impact on costs was analyzed. The methodology, which was basic and quantitative, involved data collection through direct observation, interviews, and real-time monitoring, processed using Python libraries such as NumPy, Pandas, and SimPy.

The results show that the average delays are 2.08 operational hours and 1.37 non-operational hours per cycle. The proposed improvements reduced haulage costs by 10%, achieving an annual savings of \$150,000. Critical areas and strategies were identified to ensure the sustainability of these optimizations.

In conclusion, Python proved effective in identifying and mitigating haulage delays, improving productivity, and reducing costs, confirming its usefulness in mining operational management.

Keywords: *Delay estimation, Python programming language, Mining haulage, Operational simulation.*

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INTRODUCCIÓN	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.2.1. PROBLEMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.3. JUSTIFICACIÓN	22
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	23
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.5.1. DELIMITACIÓN.....	23
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	24
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	25

2.2.	BASES TEÓRICAS	26
2.2.1.	MINERÍA SUBTERRÁNEA.....	26
2.2.2.	COSTOS FIJOS	27
2.2.3.	COSTOS VARIABLES	27
2.2.4.	COSTOS DE OPERACIÓN	27
2.2.5.	OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS	28
2.2.6.	TRANSPORTE EN MINERÍA SUBTERRÁNEA.....	28
2.2.7.	SISTEMAS DE ACARREO	28
2.2.8.	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LOS SISTEMAS DE ACARREO..	42
2.2.9.	RUTAS DE ACARREO	43
2.2.10.	PYTHON.....	45
2.2.11.	CARACTERÍSTICAS DE PYTHON	46
2.2.12.	APLICACIONES DE PYTHON EN PROGRAMACIÓN.....	46
2.2.13.	AUTOMATIZACIÓN CON PYTHON.....	47
2.2.14.	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LA AUTOMATIZACIÓN CON PYTHON	48
2.2.15.	SISTEMAS DE SEGURIDAD EN ACARREO VERTICAL.....	49
2.2.16.	COMPONENTES DE SEGURIDAD EN SISTEMAS DE IZAJE	49
2.2.17.	REGULACIÓN DE VÍAS Y LOCOMOTORAS	49
2.2.18.	CAPACITACIÓN Y OPERACIÓN SEGURA	50

2.2.19.	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO:	50
2.2.20.	CONTROL DE RIESGOS EN TRANSPORTE.....	50
2.3.	HIPÓTESIS	50
2.3.1.	HIPÓTESIS GENERAL	50
2.3.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	51
2.4.	VARIABLES E INDICADORES	51
2.4.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	51
2.4.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	51
2.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	51
3.	CAPÍTULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	53
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	53
3.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	53
3.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.4.	POBLACIÓN	54
3.5.	MUESTRA	54
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE CAPTURA DE INFORMACIÓN.....	54
3.6.1.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	54
3.6.2.	INSTRUMENTOS	54
3.7.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	54

4.	CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DE PYTHON EN LA ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE DEMORA Y RUTAS DE ACARREO	56
4.1.	CICLO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ACARREO.....	57
4.1.1.	Análisis Gráfico del Sistema DE ACARREO.....	60
4.1.2.	DEFINICIÓN DE LOS TIEMPOS DEL CICLO DE OPERACIÓN	63
4.1.3.	DEFINICIÓN DE LOS TIEMPOS DEL CICLO DE OPERACIÓN	63
4.1.4.	CLASIFICACIÓN DE LOS TIEMPOS DE DEMORA.....	65
4.2.	IMPACTO DE LOS TIEMPOS DE DEMORA EN EL CUMPLIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN Y LOS COSTOS	67
4.2.1.	ANÁLISIS DE RUTAS Y ACTIVIDADES	67
4.2.2.	INFLUENCIA DE LOS TIEMPOS DE DEMORA EN EL CUMPLIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN	69
4.2.3.	INFLUENCIA DE LOS TIEMPOS DE DEMORA EN LOS COSTOS DE ACARREO	71
4.2.4.	KPI'S PARA IZAJE.....	72
4.3.	ESTIMACIÓN DE LOS TIEMPOS DE DEMORA MEDIANTE PYTHON	86
4.3.1.	USO DE LIBRERÍAS E IMPORTACIÓN DE DATOS A ANALIZAR....	87
4.3.2.	ANÁLISIS DE DATOS CON PYTHON	92
4.3.3.	CORRELACIONES EN LOS DATOS.....	119
4.3.4.	ANÁLISIS DE T STUDENT.....	128
4.3.5.	COMPORTAMIENTO DEL TIEMPO DE DEMORA.....	135

4.4.	ANÁLISIS DE COSTOS-BENEFICIO EN SISTEMAS DE ACARREO ...	141
4.4.1.	Sistemas Mecanizados.....	141
4.4.2.	Sistemas Convencionales	142
4.4.3.	Impacto en la Productividad.....	142
4.4.4.	Automatización y Costos Beneficio.....	143
4.5.	ANÁLISIS INICIAL DE COSTOS	143
4.5.1.	AHORROS MENSUALES Y ANUALES	144
4.5.2.	ESCALAMIENTO DEL AHORRO	144
4.5.3.	PROYECCIÓN TOTAL	145
5.	CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	148
5.1.	RESULTADOS	148
5.1.1.	ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE DEMORA.....	148
5.1.2.	PREVISIÓN O PROYECCIÓN.....	148
5.1.3.	PROCESO DE AJUSTE Y VALIDACIÓN	149
5.2.	DISCUSIÓN	155
5.2.1.	COMPARACIÓN CON LA TESIS SOBRE MODELOS DE LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN UNA MINA A RAJO ABIERTO.....	155
5.2.2.	COMPARACIÓN CON LA TESIS QUE INCORPORA INCERTIDUMBRE OPERACIONAL Y FACTORES GEOMECÁNICOS EN LOS PLANES MINEROS	156

5.2.3. COMPARACIÓN CON LA TESIS SOBRE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS Y EL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL EN EL PROCESO DE ACARREO.....	157
CONCLUSIONES	159
RECOMENDACIONES.....	160
BIBLIOGRAFÍA	162
ANEXOS	164
ANEXO 1.....	164
5.3. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD MINERA SOTRAMI.....	164
5.4. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN: CORTE Y RELLENO ASCENDENTE .	164
5.5. CLASIFICACIÓN DEL CICLO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA.....	164
5.6. MAQUINARIAS Y TRANSPORTE	165
5.7. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.	165
5.8. ACCESIBILIDAD.....	166
5.8.1. CLIMA Y METEOROLOGÍA	166
5.9. RECURSOS.....	167
5.8.1. FLORA Y FAUNA.	167
5.9. GEOLOGÍA.....	167
5.9.1. GEOLOGÍA REGIONAL.....	167
5.9.2. SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA	169
5.9.3. GEOLOGÍA LOCAL.....	171

5.9.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	174
5.9.5. GEOLOGÍA ECONÓMICA Y MINERALIZACIÓN	176
ANEXO 2.....	177
ANEXO 3.....	180

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>locomotora serminsá</i>	33
Figura 2 <i>CARRITO MINERO U -35</i>	34
Figura 3 <i>Extracción por pique</i>	36
Figura 4 <i>Tambora en operación</i>	37
Figura 2 <i>Cable de Izaje PQ Salvador</i>	39
Figura 3 <i>winches de izaje</i>	40
Figura 4 <i>Preparación de Tajo</i>	43
Figura 5 <i>Carga de Locomotoras</i>	44
Figura 6 <i>Tolvas de Transferencia</i>	45
Figura 7 <i>Control de izaje I</i>	61
Figura 8 <i>Control de izaje II</i>	61
Figura 9 <i>Velocidad de winche</i>	76
Figura 10 <i>Rendimiento Winches de Izaje</i>	77
Figura 11 <i>N° SKIP POR HORA</i>	78
Figura 12 <i>Pareto demoras</i>	79
Figura 13 <i>Pareto PQ salvador</i>	80
Figura 14 <i>Pareto PQ 731</i>	81
Figura 15 <i>Pareto base 5</i>	82
Figura 16 <i>Pareto PQ 1431</i>	83

Figura 17 <i>Pareto base 4 – Nv.7</i>	84
Figura 18 <i>Pareto base 4 superficie</i>	85
Figura 19 <i>Pareto PQ esperanza</i>	86
Figura 20 <i>Importación de librerías de Python</i>	87
Figura 21 <i>Importación de datos</i>	90
Figura 22 <i>Vista de datos de Izaje</i>	94
Figura 23 <i>Vista de datos de Locomotoras</i>	95
Figura 24 <i>Vista de datos de faltantes por Izaje</i>	96
Figura 25 <i>Vista de datos de faltantes por Izaje en columnas</i>	96
Figura 26 <i>Vista de datos de faltantes por Locomotoras</i>	97
Figura 27 <i>Vista de datos de faltantes por Locomotoras en columnas</i>	98
Figura 28 <i>Código para tener el porcentaje de datos atípicos</i>	99
Figura 29 <i>Porcentaje de datos atípicos por izaje</i>	100
Figura 30 <i>Porcentaje de datos atípicos por locomotoras</i>	100
Figura 31 <i>Código para tratar el porcentaje de datos atípicos</i>	102
Figura 32 <i>Porcentaje de datos atípicos tratados por izaje</i>	103
Figura 33 <i>Porcentaje de datos atípicos tratados por locomotoras</i>	103
Figura 34 <i>Diagramas de caja pre y post análisis de datos para izaje</i>	105
Figura 35 <i>Diagramas de caja pre y post análisis de datos para locomotoras</i>	106

Figura 36 <i>Diagramas de caja y dispersión, pre y post análisis de tiempos de demora para izaje</i>	108
Figura 37 <i>Diagramas de caja y dispersión, pre y post análisis de tiempos de demora para locomotoras</i>	109
Figura 38 <i>Diagramas de caja pre y post análisis de tiempos de demora para izaje</i>	111
Figura 39 <i>Diagramas de caja pre y post análisis de tiempos de demora para locomotoras</i>	112
Figura 40 <i>Diagramas de caja pre y post análisis de la variable de horas para izaje</i>	114
Figura 41 <i>Diagramas de caja pre y post análisis de la variable de horas para locomotoras</i>	115
Figura 42 <i>Histograma pre y post análisis para izaje</i>	117
Figura 43 <i>Histograma pre y post análisis para locomotoras</i>	118
Figura 44 <i>Código a emplear para matriz general de correlación por spearman para izaje</i>	120
Figura 45 <i>Matriz general de correlación por spearman para izaje</i>	121
Figura 46 <i>Código a emplear para datos específicos de correlación por spearman para izaje</i>	122
Figura 47 <i>Código a emplear para matriz específica de correlación por spearman para izaje</i>	122
Figura 48 <i>Matriz específica de correlación por spearman para izaje</i>	123

Figura 49 Código a emplear para matriz general de correlación por spearman para locomotoras.....	124
Figura 50 Matriz general de correlación por spearman para locomotoras	125
Figura 51 Código a emplear para datos específicos de correlación por spearman para locomotoras.....	126
Figura 50 Código a emplear para matriz específica de correlación por spearman para locomotoras.....	126
Figura 53 Matriz específica de correlación por spearman para locomotoras	127
Figura 54 Código para las bases del análisis de T student para izaje	130
Figura 55 Código el análisis de T student para izaje	131
Figura 56 Código para las bases del análisis de T student para locomotoras	133
Figura 57 Código el análisis de T student para locomotoras	134
Figura 58 HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y TURNO para izaje	136
Figura 59 HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y ZONA para izaje	137
Figura 60 HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y WINCHE para izaje	138
Figura 61 HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y CLASE DE LABOR para locomotoras	140
Figura 62 HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y ZONA (Santa Rosa Zona 23) para locomotoras.....	141
Figura 63 HORAS por DEMORA OPERATIVA 1 (IZAJE).....	150
Figura 64 HORAS por DEMORA OPERATIVA 1 (LOCOMOTORAS)	151
Figura 65 HORAS por DEMORA OPERATIVA 2 (IZAJE).....	152

Figura 66 <i>HORAS por DEMORA OPERATIVA 2 (LOCOMOTORAS)</i>	153
Figura 67 <i>HORAS por OPERATIVA (LOCOMOTORAS)</i>	154
Figura 68 <i>HORAS por ACTIVIDAD OPERATIVA (IZAJE)</i>	155

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Operacionalización de Variables</i>	52
<i>Tabla 2 Rutas y Distancias</i>	62
<i>Tabla 3 Tiempos promedio por actividad</i>	69
<i>Tabla 4 Coeficiente de utilización por periodo</i>	70
<i>Tabla 5 Costos asociado al tipo de demora</i>	72
<i>Tabla 6 Tiempos Promedio de Izaje</i>	74
<i>Tabla 7 Ratios y Rendimientos de Izaje</i>	75
<i>Tabla 8 Coordenadas de la Operación</i>	166
<i>Tabla 9 Accesos a la unidad</i>	166

CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Minera SOTRAMI, una mina subterránea convencional ubicada en Ayacucho, produce entre 4500 y 5000 toneladas mensuales. A pesar de su capacidad de producción, enfrenta deficiencias significativas en su sistema de acarreo de mineral, lo que afecta directamente su eficiencia operativa y sus costos. El proceso actual comienza con el transporte inicial del mineral en carritos mineros U35, seguido por su transferencia a skips de izaje para ser llevado a la superficie. Este ciclo de acarreo presenta demoras importantes que limitan la productividad.

Estas deficiencias se originan principalmente en la transición entre los carritos mineros U35 y los skips de izaje, donde no se identifican adecuadamente las causas de las demoras. Además, los retrasos en el proceso de carguío agravan el problema, afectando los tiempos programados de operación y causando pérdidas económicas debido a una baja relación tonelaje por hora y costos operativos no planificados.

Dos factores clave contribuyen a esta problemática. En primer lugar, el método de explotación empleado, conocido como corte y relleno ascendente, genera cargas subóptimas para izaje en las tolvas, lo que descompensa el flujo normal del ciclo de acarreo. En segundo lugar, el ciclo de acarreo es bimodal: en una primera etapa, el mineral se transporta desde los frentes de producción hacia la alimentación de los skips, y en una segunda etapa, los skips trasladan el mineral a la superficie, donde se dirige a los stocks o la planta concentradora. Esta doble etapa introduce complejidades adicionales y aumenta las probabilidades de retrasos.

La acumulación de estas demoras no solo afecta la producción de los frentes, sino que también provoca interrupciones en el ciclo de minado, lo que limita la capacidad de la mina para alcanzar sus objetivos operativos. Frente a esta situación, se propone una evaluación detallada del

sistema de acarreo mediante simulaciones utilizando el lenguaje de programación Python. Esta herramienta permitirá identificar las causas específicas de las demoras, analizar su impacto y diseñar soluciones prácticas para optimizar el sistema de acarreo y reducir los costos asociados. Este enfoque no solo busca abordar los problemas actuales, sino también establecer una base para una gestión más eficiente y sostenible en el futuro.

1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

- ¿Cómo estimar los tiempos de demora en el sistema de acarreo mediante el uso del lenguaje de programación python en la unidad minera Sotrami – Ayacucho?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS DE LA INVESTIGACIÓN

- ¿Cuál es el diagnóstico actual del sistema de acarreo en las operaciones de la unidad minera Sotrami - Ayacucho?
- ¿Cuál es el impacto de los tiempos de demoras operativas y no operativas en el sistema de acarreo en la unidad minera Sotrami – Ayacucho?
- ¿Cuál es la influencia en los costos de acarreo al estimar los tiempos de demora mediante el uso del lenguaje de programación python en la unidad minera Sotrami – Ayacucho?

1.3.JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene importancia desde el punto de vista técnico - económico, ya que aportará un estudio demostrativo del uso de lenguaje python como simulador del sistema de acarreo en la unidad minera sotrami con el objetivo de encontrar las causas de las demoras operativas y buscar soluciones

1.4.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Implementar el lenguaje de programación python para la estimación de tiempos de demora en el sistema de acarreo en la unidad minera Sotrami – Ayacucho.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer la situación actual del sistema de acarreo en las operaciones de la unidad minera Sotrami - Ayacucho.
- Determinar el impacto de los tiempos de demoras operativas y no operativas en el sistema de acarreo en la unidad minera Sotrami – Ayacucho.
- Determinar la influencia en los costos de acarreo al estimar los tiempos de demora mediante el uso del lenguaje de programación python en la unidad minera Sotrami – Ayacucho.

1.5.DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. DELIMITACIÓN

DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA. En cuanto respecto a la delimitación geográfica; la investigación se realizó únicamente en los frentes de producción de la Unidad Minera Sotrami, Ayacucho.

DELIMITACIÓN TEMPORAL. Con respecto a la delimitación temporal; el trabajo de investigación se realizó en el periodo comprendido entre los meses de Enero y Abril del año 2024.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- Orellana J. (2018) "**Modelo Integrado de simulación y optimización para planes de mediano plazo en Minería a Cielo Abierto**"

Tesis para optar al grado de magíster en Minería en la Universidad de Chile.

Tesis con el objetivo de proponer un modelo esencial con la comparación de lenguajes de programación usuales para la planificación de la producción a mediano plazo en una mina a Rajo Abierto.

Donde al finalizar la investigación se concluye que las estrategias de despacho que consideran un problema de optimización mejoran de manera significativa los índices operativos de la flota carguío y transporte, tanto a nivel de productividad como utilización efectiva de los equipos.

- Pérez B. (2017) "**Metología de Estimación de producción en minería subterránea selectiva atendiendo a incertidumbre operacional y parámetros geomecánicos**"

Tesis para optar al grado de Magíster en Minería en la Universidad de Chile.

Tesis con el objetivo de proveer una metodología que permita mejorar la robustez de los planes mineros al incorporar incertidumbre operacional y factores geomecánicos.

Donde se concluye que los resultados muestran que la metodología propuesta genera un cambio de agendamiento y secuenciamiento en las actividades resultantes de un plan de producción inicial, y que el proceso iterativo tiende a estabilizar la variación obtenida mientras se realizan nuevas iteraciones. Además se logra insertar parámetros geomecánicos como la

dilución y la calidad de roca, con lo cual las tareas toman cantidades de tiempo distintas para ser finalizadas, afectando el plan de producción

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

- Cueva S. (2022) "**Control de tiempos improductivos mediante el modelo de regresión lineal para mejorar la productividad en el proceso de acarreo en la empresa OPEMIP S.A.C - U.M. San Rafael**"

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Tecnológica del Perú

Tesis cuyo objetivo es controlar los tiempos improductivos mediante el modelo de regresión lineal para mejorar la productividad en el proceso de acarreo en la empresa OPEMIP S.A.C. – U.M. San Rafael

La conclusión que se llega es que se logró considerablemente controlar los tiempos improductivos mediante el modelo de regresión lineal $Prod\ Guardia / = 244.740 + 539.695$ (*horas efectivas*), en lo cual se mejoró considerablemente la producción desde 5,560.64 ton/día a 7,000.00 ton/día en el proceso de acarreo por en la empresa OPEMIP S.A.C. – U.M. San Rafael.

- Cornejo C. (2020) "**Optimización de carguío y acarreo en tajo abierto utilizando algoritmos bio-inspirados**"

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Pontificia Universidad Católica del Perú

En este trabajo tiene el objetivo de desarrollar un modelo de optimización heurístico multi-objetivo para minimizar los costos de transporte y maximizar la recuperación del mineral enviado a planta incrementando el valor de dicho proceso. La hipótesis considera que: en primer lugar, el problema de asignación de rutas a camiones puede ser resuelto a través de un enfoque heurístico,

en segundo lugar, que dicha solución puede ser calculada en un tiempo razonable y que pueda maximizarse en diferentes funciones objetivos. Se utilizarán conceptos de matemáticas discretas, computación e ingeniería de minas para conceptualizar el problema y elaborar la propuesta de solución, desde el punto de vista de la investigación se define al tipo de investigación como propuesta de innovación tecnológica. Una vez desarrollado el modelo se observó que la hipótesis pudo corroborarse, elaborándose un modelo que logre representar el problema a una escala lo suficientemente real como para calcular cronogramas de solución consistentes y poder diferenciar entre una y otra solución.

En conclusión, el modelo logró resolver el problema de creación de cronogramas de producción óptimos maximizando sus beneficios en parámetros excluyentes entre sí mismos (blending, tiempo de ejecución y balanceo de trabajo), donde el tiempo de cálculo fue razonable”

2.2.BASES TEÓRICAS

2.2.1. MINERÍA SUBTERRÁNEA

Es un método de extracción de minerales que se realiza debajo de la superficie terrestre, en oposición a la minería a cielo abierto, que se lleva a cabo en la superficie. En la minería subterránea, se excavan túneles, galerías y pozos para acceder a los yacimientos de minerales que se encuentran debajo de la superficie. Este método es utilizado cuando los yacimientos de minerales se encuentran a una profundidad demasiado grande para ser extraídos mediante métodos convencionales.

Se utiliza para extraer una variedad de minerales, incluyendo oro, plata, cobre, hierro, zinc y otros metales preciosos y no preciosos. También se utilizan para extraer minerales no metálicos como el carbón, la sal y la piedra caliza. La minería subterránea es una parte importante de la industria minera mundial y se utiliza en países de todo el mundo. (Salama, 2014)

2.2.2. COSTOS FIJOS

Son aquellos costos cuyo importe permanece constante, independiente del nivel de actividad de la empresa; de manera tal que se realice o no la producción, se venda o no la mercadería o servicio, dichos costos igual deben ser solventados por la empresa.

- Sueldos y salarios fijos y sus respectivas prestaciones
- Alquileres
- Mantenimiento de máquinas y equipos de producción.

2.2.3. COSTOS VARIABLES

Son aquellos costos que varían en forma proporcional de acuerdo al nivel de producción o actividad de la empresa. Son los costos por producir o vender.

- Insumos y repuestos.
- Materias primas directas.
- Mano de obra con pagos honorarios.
- Comisiones sobre las ventas.

2.2.4. COSTOS DE OPERACIÓN

El Costo de Operación es la suma de los Costos Directos más los Costos Indirectos

2.2.4.1. COSTO INDIRECTO

Es la suma de Costo técnico – administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo. Están relacionados con la mano de obra, materiales y equipos que no están directamente relacionados con la producción. Dentro de la estructura de costos, se expresan de manera porcentual representando los Costos Generales de Operación.

2.2.4.2. COSTO DIRECTO

Se define como: la suma de mano de obra, materiales y equipo necesario para la realización de un proceso productivo. Está relacionado directamente con la producción.

2.2.5. OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS

2.2.5.1. OPTIMIZACIÓN:

Es encontrar la mejor solución entre otras posibles soluciones, buscando el mejor modelo de proceso de ajustes y organización de tareas, para conseguir el costo más bajo, mayor calidad, en un corto tiempo. Optimizar procesos abarca tres variables que son: Costo, Calidad y tiempo. La flexibilidad está asociada a la capacidad de un proceso para cambiar las tres variables.

2.2.6. TRANSPORTE EN MINERÍA SUBTERRÁNEA

El transporte consiste en el accionamiento, las instalaciones, mecanismos y disposiciones necesarias para desplazar los materiales mineros desde el punto de carga hasta su lugar de descarga o su destino final. Las funciones que debe realizar el transporte son las siguientes:

- Mover el mineral arrancado, materia prima que es el fundamento de la mina que se explota.
- Mover el estéril que se produce como consecuencia de la explotación del yacimiento.
- Mover el material necesario para realizar las labores mineras: madera, cuadros, etc.
- Mover la maquinaria y útiles necesarios para efectuar el arranque con garantías.

2.2.7. SISTEMAS DE ACARREO

La estructura del sistema de acarreo se compone de diversos elementos interconectados que trabajan en conjunto para transportar el mineral desde los puntos de extracción hasta las áreas de procesamiento. Este sistema incluye las vías de acarreo, los equipos de transporte, los puntos de carga y descarga, y los sistemas de control y monitoreo. Se describirán en detalle cada uno de

estos componentes, destacando su función específica y cómo contribuyen al flujo continuo del mineral. Además, se analizarán las características técnicas y operativas de los equipos utilizados, como las locomotoras y los sistemas de izaje, proporcionando una visión clara de su capacidad y rendimiento. (BECERRA RAMIREZ & CASTILLO RIAPIRA, 2017)

El sistema de transporte es una de las operaciones más importantes en las minas subterráneas, implica el acarreo del material de los puntos de extracción a las zonas de carga y seguido de transporte a la superficie de la mina (Atkinson, 1992). En muchos casos, el sistema de transporte consta de las fases primaria y secundaria. La fase primaria implica el transporte de material desde los puntos de consumo a los puntos de transferencia y la fase secundaria consiste en el transporte de material desde los puntos de carga o cámara de carga a la superficie de la mina. En esta fase, el material puede ser transportado verticalmente u horizontalmente. Los métodos de acarreo verticales se realizan con transportadores verticales, mientras que el transporte horizontal implica el uso de locomotoras y camiones. (BECERRA RAMIREZ & CASTILLO RIAPIRA, 2017)

El sistema de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI incluye una variedad de equipos y métodos diseñados para la evacuación eficiente del mineral. Entre los equipos utilizados se encuentran las locomotoras y los winches de izaje, cada uno con funciones específicas dentro del proceso de acarreo.

2.2.7.1. SISTEMAS DE ACARREO HORIZONTAL MECANIZADO

En las operaciones mecanizadas, el acarreo horizontal es gestionado mediante maquinaria pesada, lo que permite una mayor capacidad y velocidad de transporte. Las opciones más comunes incluyen:

- Camiones mineros (LHD): Los camiones de bajo perfil, conocidos también como Load Haul Dump (LHD), están diseñados para trabajar en condiciones subterráneas. Estos vehículos permiten el transporte rápido del mineral desde los frentes de extracción hasta los puntos de transferencia o tolvas de vaciado. (BECERRA RAMIREZ & CASTILLO RIAPIRA, 2017)
- Fajas transportadoras: Un sistema ampliamente utilizado en minas con operaciones a gran escala. Las fajas transportadoras se desplazan sobre rodillos y permiten el transporte continuo del mineral a lo largo de las galerías principales. Este sistema es especialmente útil cuando las distancias de transporte son largas, ya que minimiza el uso de vehículos y personal. (BECERRA RAMIREZ & CASTILLO RIAPIRA, 2017)

2.2.7.1.1. VENTAJAS DEL SISTEMA MECANIZADO:

- Alta eficiencia operativa: El uso de maquinaria pesada permite mover grandes volúmenes de mineral en menor tiempo, lo que incrementa la productividad. (BECERRA RAMIREZ & CASTILLO RIAPIRA, 2017)
- Reducción de mano de obra: La operación es más automatizada, lo que reduce la necesidad de mano de obra en el proceso de acarreo. (BECERRA RAMIREZ & CASTILLO RIAPIRA, 2017)
- Mayor seguridad: Al reducir la interacción humana directa con el material, se minimizan los riesgos asociados al trabajo subterráneo. (BECERRA RAMIREZ & CASTILLO RIAPIRA, 2017)

2.2.7.1.2. DESVENTAJAS DEL SISTEMA MECANIZADO:

- Altos costos iniciales: La adquisición de equipos como LHD o fajas transportadoras requiere una inversión significativa, además de los costos de mantenimiento y energía. (BECERRA RAMIREZ & CASTILLO RIAPIRA, 2017)
- Requiere infraestructura de gran escala: Las minas más pequeñas o con geometrías complejas pueden no justificar el uso de estos sistemas debido a la inversión requerida para adecuar la infraestructura. (BECERRA RAMIREZ & CASTILLO RIAPIRA, 2017)

2.2.7.1.3. LOS SISTEMAS LHD (SCOOP)

Los cargadores subterráneos o camiones de bajo perfil, conocido como scoop ó LHD, son los primeros componentes del sistema de manejo de mineral. Estos cargadores de bajo perfil, se encargan de extraer el mineral de los frentes y tajeas de explotación y descargan el mineral directamente en un echadero o acumular el material en una cámara, para su posterior traslado hacia otro punto de extracción o superficie. (Gustafson, 2014)

2.2.7.2. SISTEMAS DE ACARREO HORIZONTAL CONVENCIONAL

En los sistemas convencionales, el acarreo se realiza a través de métodos menos tecnificados. Algunos ejemplos incluyen:

- Vagones y locomotoras: Se utilizan pequeñas locomotoras que tiran de vagones cargados de mineral a lo largo de rieles instalados en las galerías.
- Carretillas o mulas: En minas de pequeña escala o con limitaciones de espacio, los trabajadores pueden mover manualmente el mineral utilizando carretillas o, en algunos casos, animales de tiro.

2.2.7.2.1. VENTAJAS DEL SISTEMA CONVENCIONAL:

- Bajo costo de implementación: No se requiere una inversión elevada en maquinaria o infraestructura compleja.
- Flexibilidad en condiciones difíciles: Este tipo de acarreo es más adecuado en minas con galerías estrechas o de difícil acceso donde no pueden ingresar equipos mecanizados.

2.2.7.2.2. DESVENTAJAS DEL SISTEMA CONVENCIONAL:

- Baja eficiencia y capacidad: El volumen de mineral que puede transportarse es considerablemente menor que en los sistemas mecanizados, lo que afecta la productividad de la mina.
- Mayor demanda de mano de obra: Los métodos convencionales requieren más trabajadores, lo que incrementa los costos operativos a largo plazo.

2.2.7.2.3. LOCOMOTORAS

El equipo de transporte en mina son las locomotoras eléctricas de contacto.

Características:

- Parte Eléctrica: Los motores de extracción son de corriente continua con excitación en serie, que desarrollan un importante giro inicial con corriente nominal, y son pocos sensibles a las oscilaciones de la carga de la red.
- La tensión de la línea es de 250 voltios, el motor por un lado, descansa mediante cojinetes sobre el eje y realiza la transmisión por intermedio de una reducción a piñón o rueda dentada, el motor está suspendido por resortes de cuerpo de la máquina; una de las principales características de la locomotora eléctrica es su peso adherente, o sea el peso aplicado a los ejes propulsores, en las locomotora de

mina subterránea todos los ejes son propulsores, por lo tanto el peso adherente es igual al de la locomotora (HERGENRETHER PEREZ, 2017)

Locomotoras: Las locomotoras se encargan de transportar tanto el desmorte como el mineral desde las labores mineras hasta las tolvas de almacenamiento, utilizando carros U-35 para este propósito. La operación cuenta con un total de 12 locomotoras SERMINSA, distribuidas entre la Zona 23 con 8 unidades y Santa Rosa con 4 unidades, lo que resalta su capacidad y eficiencia en el transporte subterráneo.

Figura 1
locomotora serminsa

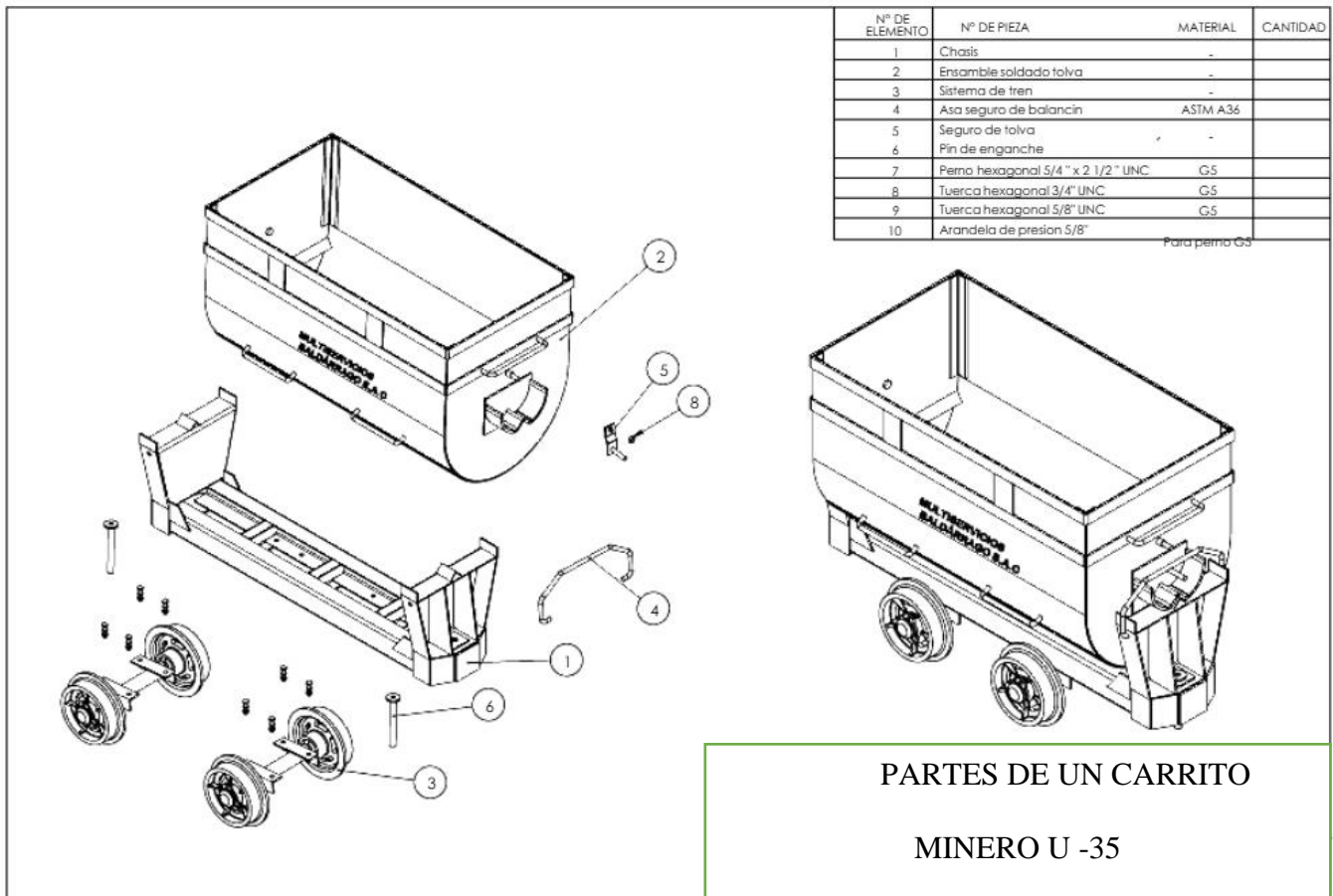


Fuente: Elaboración Propia

2.2.7.2.4. PARTES DEL CARRO MINERO U-35

Las principales partes de un carro minero son: La caja, el bastidor, rodamiento, ruedas.

Figura 2
CARRITO MINERO U -35



Fuente: (PÉREZ BASTÍAS, 2017)

2.2.7.3.2. IZAJE BALANCEADO

Se realiza en un pique de dos compartimientos, donde el peso ascendente del carro minero, skip o jaula es compensado por otro de éstos que desciende, pero vacío por el otro compartimiento. Para el caso del presente trabajo, el sistema de izaje es no balanceado, debido a que este es el más óptimo para minas de pequeña producción. Por lo tanto, el pique inclinado contará con un solo

compartimiento, por donde se realizará el izaje de los carros mineros. (QUISPE BASURCO & PORTAL CALDERÓN, 2021)

2.2.7.3.3. CICLO DE IZAJE

Es el ciclo del izado de mineral y desmonte del nivel inferior hacia el superior, es decir lo podemos dividir en las siguientes actividades:

- a) Descenso de carros mineros vacíos
- b) Manipuleo de los carros vacíos y preparación de carros llenos para el izado por el pique (Nv. Inferior)
- c) Ascenso de carros mineros llenos
- d) Manipuleo de los carros mineros llenos y preparación de carros vacíos para que descendan por el pique (Nv. Superior)

2.2.7.3.4. EXTRACCIÓN POR PIQUE DE MINA

La máquina de extracción es equipada con un indicador de profundidad que señala al maquinista la posición de las vasijas de extracción en el pozo; con un tacógrafo, es decir, un indicador auto registrador de la velocidad de movimiento de aquella y con otros dispositivos que garantizan la seguridad de la extracción. Los tambores de las máquinas de extracción suelen ser cilindros o cónicos. El diámetro del tambor debe ser, cuanto menos, 80 veces mayor que el de cable enrollado. Es un método de extracción que iza el mineral a través de un pique, la carga se deposita en los skips y este es izado por medio de un winche eléctrico. En la parte superior, tiene un sistema de descarga hacia una tolva de almacenamiento de mineral. (GONZALES AYALA, 2018).

Figura 3
Extracción por pique



Fuente: Elaboración propia.

2.2.7.3.5. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE IZAJE

Dependiendo de las dimensiones y necesidades, un winche de izaje tiene los componentes.

2.2.7.3.6. TAMBORA (UNA O DOS).

Son cilindros metálicos donde se enrolla el cable. Podríamos hablar del enrollado activo que es el cable que verdaderamente trabaja y el enrollado de reserva para los cortes reglamentarios que dispone la ley de seguridad y para reducir el esfuerzo ejercido por el cable, a la unión con el tambor.

Figura 4

Tambora en operación



Fuente: Elaboración propia.

2.2.7.3.7. MOTOR.

Es el propulsor de la acción mecánica, es el que realiza el trabajo de izaje. Las características del motor se eligen de acuerdo al requerimiento y la capacidad de la carga que se quiere izar y a las dimensiones y modelo del pique

2.2.7.3.8. SISTEMA DE SEGURIDAD: LILLY CONTROL, FRENOS, ETC.

Es el dispositivo encargado de regular la velocidad, este actúa en caso de una súbita aceleración o desaceleración de la velocidad, ocasionado por una posible falla mecánica, el Lilly control, acciona el dispositivo de emergencia del sistema de izaje.

2.2.7.3.9. PALANCA DE CONTROL.

Son los dispositivos de control y manejo del Winche. Estos deben ser manipulados sólo por el operador o maquinista autorizado.

2.2.7.3.10. CABLE.

Dependiendo del tipo de izaje en los winches; ya sea por fricción o enrollamiento; los cables de izaje pueden ser fabricados de aluminio o de alambre de acero; los mismos que, son colocados ordenadamente para desempeñar el trabajo de izar los skip o las jaulas. Para formar cables, se arrolla un gran número de hilos de aluminio o acero de alta resistencia (entre 130 y 180 kg/mm²). Estos hilos se disponen en cordones y torones, según sea el caso. Los tipos de Cable pueden ser de acuerdo a su torcido:

- Regular: Los alambres del torón, están torcidos en dirección opuesta a la dirección de los torones del cable.
- Tipo Lang: Los torones en un cable tipo Lang, están torcidos en la misma dirección (lang derecho o lang izquierdo). Los cables con torcido lang son ligeramente más flexibles y muy resistentes a la abrasión y fatiga, pero tiene el inconveniente de tener tendencia a destorcerse por lo que únicamente deberán utilizarse en aquellas aplicaciones en que ambos extremos del cable están fijos y no le permitan girar sobre sí mismo.

Figura 2
Cable de Izaje PQ Salvador



Fuente: Elaboración Propia

2.2.7.3.11. WINCHES DE IZAJE

SOTRAMI emplea 7 unidades de winches de izaje para el transporte vertical de mineral y desmante. Estos equipos son esenciales para mover el material desde las galerías subterráneas hasta la superficie, facilitando su posterior procesamiento.

Figura 3
winchos de izaje



Fuente: Elaboración Propia

2.2.7.4. IZAJE VERTICAL EN PIQUES

El izaje en piques verticales es el método más eficiente para transportar mineral en minas profundas. Los piques, o pozos verticales, están equipados con sistemas de izaje que incluyen jaulas, skips o baldes.

- Jaulas: Son utilizadas principalmente para el transporte de personal y equipos, aunque en algunas operaciones también se emplean para mineral.
- Skips: Son contenedores diseñados específicamente para el acarreo de mineral en piques verticales. Su capacidad es mayor en comparación con las jaulas, lo que los hace ideales para mover grandes volúmenes de material.

2.2.7.4.1. VENTAJAS DEL SISTEMA DE IZAJE VERTICAL:

- Alta capacidad de carga: Los skips permiten transportar grandes cantidades de mineral en un solo ciclo de operación.
- Ahorro de tiempo: El izaje vertical es más rápido que las rampas inclinadas, especialmente en minas con grandes diferencias de profundidad.

2.2.7.4.2. DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE IZAJE VERTICAL:

Altos costos de instalación: La perforación de piques verticales, la construcción de la infraestructura necesaria y la instalación del equipo de izaje representan una inversión significativa.

Riesgos de fallas técnicas: Los sistemas de izaje requieren mantenimiento constante, y cualquier falla mecánica puede detener la operación, afectando la productividad.

2.2.7.5. ACARREO EN RAMPAS INCLINADAS

El acarreo vertical también puede realizarse mediante rampas inclinadas, donde se utilizan camiones o trenes para transportar el mineral a través de túneles con pendiente.

- Camiones mineros: En este tipo de acarreo, los camiones recorren las rampas inclinadas desde los niveles inferiores hasta las estaciones de transferencia o puntos de descarga en niveles superiores.

2.2.7.5.1. VENTAJAS DEL ACARREO EN RAMPAS INCLINADAS:

- Menor inversión inicial: Comparado con el izaje vertical, las rampas inclinadas pueden ser construidas con menores costos, especialmente en minas menos profundas.
- Mayor flexibilidad operativa: Los camiones pueden adaptarse a diferentes niveles y se pueden utilizar tanto para el transporte de mineral como para mover equipo y personal.

2.2.7.5.2. DESVENTAJAS DEL ACARREO EN RAMPAS

INCLINADAS:

- Mayor tiempo y consumo de energía: A diferencia del izaje vertical, el acarreo en rampas inclinadas requiere más tiempo y energía, lo que puede aumentar los costos operativos.
- Desgaste del equipo: Las rampas inclinadas someten a los camiones y trenes a un desgaste continuo, lo que genera mayores costos de mantenimiento.

2.2.8. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LOS SISTEMAS DE ACARREO

2.2.8.1. SISTEMAS MECANIZADOS

- Costos Iniciales: Altos, debido a la compra de equipos y la infraestructura requerida.
- Productividad: Alta, lo que permite amortizar la inversión inicial en el mediano y largo plazo.
- Seguridad: Los sistemas mecanizados tienden a reducir la exposición de los trabajadores a riesgos inherentes a las minas subterráneas.

2.2.8.2. SISTEMAS CONVENCIONALES

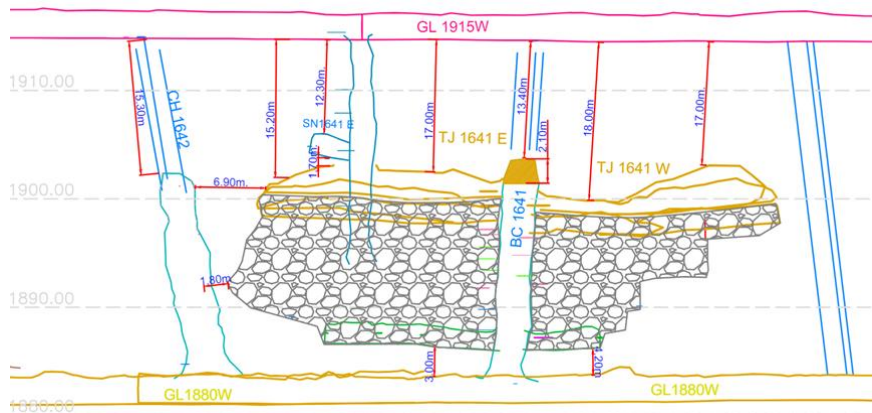
- Costos Iniciales: Bajos, lo que los hace atractivos para minas más pequeñas o en fase inicial de operación.
- Productividad: Limitada, lo que puede impactar negativamente en la rentabilidad a largo plazo.
- Flexibilidad: Estos sistemas son más adaptables a minas con limitaciones de espacio o con una estructura geológica compleja.

2.2.9. RUTAS DE ACARREO

La extracción de mineral y desmonte sigue un proceso bien estructurado que comienza con la preparación de buzones y caminos de acceso, y continúa con el acarreo mediante locomotoras y el uso de tolvas y skips para el transporte a la superficie. El método de explotación es corte y relleno ascendente, lo cual requiere la construcción de chut y tolvas americanas en las galerías.

- **Preparación del Tajo:** Se realiza la construcción de buzones camino y un chut al pie de la galería, permitiendo el flujo eficiente del mineral desde el punto de extracción.

Figura 4
Preparación de Tajo



Fuente: Elaboración Propia

- **Carga de Locomotoras:** Los motoristas cargan el desmonte o mineral en carros U-35 mediante el chuteado de la carga.

Figura 5
Carga de Locomotoras



Fuente: Elaboración Propia

- **Transporte a Tolvas:** Los motoristas transportan la carga a las tolvas de desmonte o mineral, donde se almacena temporalmente.

Figura 6
Tolvas de Transferencia



Fuente: Elaboración Propia

- **Extracción con Skips:** El material almacenado en las tolvas es transferido a skips mediante el chuteado, para su elevación a la superficie.
- **Almacenamiento en Superficie:** Una vez en la superficie, la carga es almacenada en tolvas y luego transferida a camiones.
- **Transporte Final:** Los camiones llevan el mineral desde las tolvas de superficie hasta la cancha de mineral para el blendeo y su envío a planta de procesamiento.

2.2.10. PYTHON

El lenguaje de programación Python ha ganado una gran relevancia en la última década debido a su versatilidad y facilidad de uso. Python, un lenguaje de alto nivel y propósito general, es ampliamente utilizado tanto por desarrolladores como por empresas para resolver problemas complejos, automatizar tareas repetitivas y construir soluciones adaptadas a las necesidades

específicas. De acuerdo con Sweigart (2015), Python ha sido una herramienta clave en la automatización de procesos, permitiendo simplificar tareas tediosas y repetitivas, y mejorar la eficiencia operativa a través de scripts fáciles de escribir y mantener.

2.2.11. CARACTERÍSTICAS DE PYTHON

Python se caracteriza por su diseño centrado en la simplicidad y la legibilidad. Como menciona McKinney (2017), la claridad de su sintaxis permite que los desarrolladores puedan leer y escribir código de manera eficiente, lo que resulta en un ahorro significativo de tiempo durante el desarrollo de soluciones. Este enfoque minimalista, que evita la complejidad innecesaria en la escritura de código, lo convierte en un lenguaje ideal para la automatización.

Además, Python cuenta con una extensa biblioteca estándar que ofrece módulos preconstruidos para casi cualquier tipo de tarea. Esta biblioteca permite a los programadores acceder a funciones listas para usar, lo que acelera el desarrollo de soluciones sin necesidad de escribir código desde cero. Según la documentación oficial de Python (2023), la biblioteca estándar incluye herramientas para manejar archivos, ejecutar comandos del sistema y automatizar procesos de manera sencilla, eliminando la necesidad de recurrir a bibliotecas de terceros para tareas básicas.

Otro aspecto clave de Python es su compatibilidad multiplataforma. Esto significa que los programas escritos en Python pueden ejecutarse en diferentes sistemas operativos, como Windows, macOS y Linux, sin necesidad de modificaciones significativas. Esta capacidad, subraya McKinney (2017), es crucial en proyectos de automatización que requieren soluciones consistentes en entornos variados.

2.2.12. APLICACIONES DE PYTHON EN PROGRAMACIÓN

Python tiene aplicaciones muy diversas en el campo de la programación, desde el desarrollo de software hasta la ciencia de datos. Sin embargo, su mayor impacto se ha observado en la

automatización de tareas repetitivas. Uno de los usos más comunes de Python es la creación de scripts de automatización, que permiten a las empresas y programadores ejecutar de manera automática tareas repetitivas que, de otra manera, consumirían una cantidad considerable de tiempo. Sweigart (2015) destaca que Python permite automatizar tareas como la manipulación de archivos, la ejecución de comandos del sistema y la interacción con APIs externas de manera eficiente y con un esfuerzo mínimo.

Otra aplicación importante de Python en el ámbito de la automatización es el testing automatizado. En el desarrollo de software, la capacidad de automatizar las pruebas permite a los equipos de desarrollo garantizar que el código funcione correctamente sin necesidad de realizar pruebas manuales. Herramientas como unittest y pytest permiten escribir scripts que validan automáticamente el funcionamiento de programas, lo que acelera significativamente el ciclo de desarrollo (McKinney, 2017).

Además, Python juega un papel importante en el despliegue y mantenimiento de aplicaciones. Las empresas utilizan scripts de Python para gestionar dependencias, configurar entornos y automatizar tareas de mantenimiento en aplicaciones en producción. Esto asegura que las aplicaciones se mantengan actualizadas y operativas sin necesidad de intervención manual, lo que reduce los errores y el tiempo de inactividad.

2.2.13. AUTOMATIZACIÓN CON PYTHON

La automatización es un campo en el que Python ha demostrado ser particularmente eficiente. En el ámbito empresarial, por ejemplo, Python se utiliza para automatizar procesos administrativos como la gestión de datos y la generación de informes. Como indica Sweigart (2015), Python permite automatizar la manipulación de datos, haciendo que tareas como la lectura

de hojas de cálculo, la transformación de datos o la generación de gráficos e informes se realicen de forma rápida y precisa.

Python también tiene un impacto significativo en el campo de la ciencia de datos, donde facilita el análisis y procesamiento de grandes volúmenes de información. Herramientas como pandas y numpy permiten a los científicos de datos automatizar la limpieza y transformación de datos, lo que acelera el proceso de análisis y mejora la precisión de los resultados. Según McKinney (2017), el uso de Python en ciencia de datos no solo mejora la eficiencia, sino que también permite a los científicos de datos centrarse en el análisis y la interpretación de los resultados, en lugar de en la preparación manual de los datos.

En el área de administración de redes y sistemas, Python es utilizado para automatizar la gestión de infraestructuras tecnológicas. Herramientas como Paramiko permiten automatizar la conexión y gestión de servidores remotos, mientras que Ansible, un sistema basado en Python, se usa ampliamente para la automatización de configuraciones de infraestructura. Como explica McKinney (2017), esta capacidad de automatización es esencial para las empresas que gestionan grandes redes de servidores y necesitan asegurar la continuidad de sus operaciones con la mínima intervención manual.

2.2.14. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LA AUTOMATIZACIÓN CON PYTHON

El uso de Python para la automatización presenta varias ventajas que lo posicionan como una opción preferida en diferentes industrias. En primer lugar, una de las principales ventajas es la reducción de errores humanos. Según Sweigart (2015), al automatizar tareas repetitivas, se disminuye considerablemente la probabilidad de errores que pueden surgir del trabajo manual, lo que resulta en operaciones más seguras y precisas. Además, la automatización con Python genera

un ahorro significativo de tiempo al permitir que procesos que antes requerían horas de trabajo manual se ejecuten en segundos o minutos, incrementando así la productividad.

Por otro lado, una de las principales desventajas de la automatización con Python es que puede existir una curva de aprendizaje para los nuevos usuarios. Aunque Python es considerado uno de los lenguajes más accesibles, algunas tareas complejas de automatización pueden requerir conocimientos avanzados de programación. Asimismo, los costos de mantenimiento de los scripts de automatización pueden ser elevados, ya que estos deben actualizarse constantemente para seguir siendo efectivos en entornos cambiantes, como menciona McKinney (2017).

2.2.15. SISTEMAS DE SEGURIDAD EN ACARREO VERTICAL

El transporte vertical en minería subterránea, mediante sistemas como skips y jaulas, incluye medidas de seguridad específicas, como sistemas de control Lilly y frenos, que regulan la velocidad y actúan ante fallas mecánicas. Estos dispositivos son fundamentales para cumplir con las disposiciones del RSSO, garantizando la protección de los operadores y la integridad del equipo (Gonzales Ayala, 2018, p. 37).

2.2.16. COMPONENTES DE SEGURIDAD EN SISTEMAS DE IZAJE

Según el archivo, los sistemas de izaje deben incluir elementos como tamboras, motores de alta capacidad y cables diseñados para soportar cargas extremas, además de sistemas redundantes para evitar fallas. Estas características están alineadas con los requisitos normativos del RSSO, que establece estándares mínimos para la operación segura de equipos críticos en minería subterránea (Quispe Basurco & Portal Calderón, 2021, p. 34-37).

2.2.17. REGULACIÓN DE VÍAS Y LOCOMOTORAS

En sistemas de acarreo horizontal, el uso de locomotoras eléctricas requiere vías férreas adecuadamente construidas, con balastros, durmientes y carriles en condiciones óptimas. El RSSO

exige inspecciones periódicas de estos elementos para evitar incidentes derivados de fallas en la infraestructura o en los equipos (Hergenrether Pérez, 2017, p. 32-33).

2.2.18. CAPACITACIÓN Y OPERACIÓN SEGURA

La operación de equipos como locomotoras y winches debe ser realizada exclusivamente por personal capacitado, según las guías de manejo seguro. Esto está en línea con el RSSO, que prioriza la formación continua de los operadores para garantizar la seguridad en el manejo de sistemas complejos (Becerra Ramírez & Castillo Riapira, 2017, p. 27-28).

2.2.19. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

El mantenimiento preventivo de componentes clave, como tambores, frenos y cables en sistemas de izaje, es una práctica obligatoria establecida en el RSSO. Esta actividad no solo minimiza el riesgo de fallas, sino que asegura la continuidad de las operaciones en entornos subterráneos (Gonzales Ayala, 2018, p. 37).

2.2.20. CONTROL DE RIESGOS EN TRANSPORTE

La estructura y operación de sistemas de acarreo, tanto horizontal como vertical, deben cumplir con los estándares de seguridad definidos por el RSSO, incluyendo sistemas de señalización y medidas de respuesta ante emergencias. Esto garantiza un entorno más seguro para los trabajadores y una mayor eficiencia operativa (Becerra Ramírez & Castillo Riapira, 2017, p. 27-31).

2.3.HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

- Los tiempos de demora en el sistema de acarreo se estimaron mediante un análisis de rutas y actividades con la utilización del lenguaje de programación Python.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El diagnóstico actual del sistema de acarreo nos permitirá identificar deficiencias en los tiempos del ciclo de minado.
- El desarrollo de la simulación de tiempos de demora produce un impacto en el análisis del ciclo de acarreo.
- Se identificaron una variación importante en los costos operativos, mediante el análisis de los tiempos de demora.

2.4.VARIABLES E INDICADORES

2.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

X: Tiempos de demora en el sistema de acarreo.

2.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Y: Análisis de rutas y actividades

2.5.OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1
Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE		
Tiempos de demora en el sistema de acarreo	Minutos	Tiempos en vacío (Hr) Tiempo efectivo (Hr) Demoras Operativas (Hr)
DEPENDIENTES		
Análisis de rutas y actividades	Informes	Distancias(m) Mapeo topográfico Utilización Disponibilidad Mecánica

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es del tipo básica y cuantitativa, ya que la investigación a realizar utiliza datos cuantitativos para analizar las técnicas de acarreo en una mina subterránea. Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014), es del tipo básica ya que el propósito de esta investigación no es resolver problemas inmediatos, sino más bien proporcionar una base teórica para investigaciones de otros tipos.

3.2.NIVEL DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con los alcances de la investigación, la presente investigación es:

Correlacional, ya que tiene como finalidad conocer la relación que exista entre dos o más conceptos o variables en una muestra o contexto en particular. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

Descriptiva, ya que comprende la colección de datos para probar una hipótesis o responder a preguntas concernientes a la situación corriente de los sujetos que intervienen en el estudio. Un estudio descriptivo determina los modos de ser de los objetos. (ÑAUPAS PAITAN, VALDIVIA DUEÑAS, PALACIOS VILELA, & ROMERO DELGADO, 2018).

Evaluativa, ya que la investigación evalúa la correlación de datos entre dos o más variables.

3.3.DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo con los diseños de la investigación, la presente investigación es:

No experimental, de corte transversal, ya que la recolección de datos se hizo en un solo periodo de tiempo . (ÑAUPAS PAITAN, VALDIVIA DUEÑAS, PALACIOS VILELA, & ROMERO DELGADO, 2018).

3.4.POBLACIÓN

La población de la investigación considerada será del total de labores en la unidad minera Sotrami.

3.5.MUESTRA

La muestra para la investigación es no probabilística y se delimita a los frentes de producción de mineral de la Unidad minera Sotrami.

3.6.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE CAPTURA DE INFORMACIÓN

3.6.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las principales técnicas que utilizaremos son:

- Técnica Documental
- Observación
- Entrevista

3.6.2. INSTRUMENTOS

- Diario de Campo
- Ficha Documental
- Guía de Observación
- Guía de Entrevista

3.7.TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

La información recolectada será evaluada y analizada con el objetivo de identificar los parámetros en la operación para lo cual se hará uso de:

- Microsoft Excel.
- Microsoft Project.
- AutoCAD.

- Microsoft Office
- Python

CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DE PYTHON EN LA ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE DEMORA Y RUTAS DE ACARREO

En este capítulo, se detalla el procedimiento metodológico seguido para llevar a cabo la estimación de los tiempos de demora en el sistema de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI, ubicada en Ayacucho, utilizando el lenguaje de programación Python. La metodología empleada se fundamenta en una combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas, con el propósito de obtener una visión integral y precisa de los tiempos de demora y los factores que influyen en estos. Este enfoque permite no solo identificar y cuantificar las demoras, sino también analizar las causas subyacentes y proponer soluciones efectivas para su mitigación.

Inicialmente, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura y de estudios previos relacionados con la gestión de tiempos de acarreo en operaciones mineras. Este proceso de revisión permitió identificar las mejores prácticas y enfoques metodológicos que podrían ser aplicados en el contexto específico de la Unidad Minera SOTRAMI. Posteriormente, se procedió a la recolección de datos en campo, donde se registraron tiempos de operación y de espera de los equipos de acarreo durante un periodo representativo de las operaciones mineras. Esta etapa incluyó la observación directa, entrevistas con operadores y supervisores, y la utilización de dispositivos de monitoreo en tiempo real para capturar datos precisos y confiables.

Una vez recopilados los datos, se realizó un proceso de limpieza y depuración para asegurar la calidad y consistencia de la información. Con los datos preparados, se procedió a la implementación de modelos de simulación y análisis utilizando Python. Este lenguaje de programación fue seleccionado por su versatilidad y por contar con una amplia gama de bibliotecas especializadas en análisis de datos y simulación, como NumPy, Pandas, y SimPy. Se desarrollaron algoritmos específicos para modelar los tiempos de acarreo y las demoras, permitiendo la

simulación de diferentes escenarios operativos y la evaluación del impacto de diversas variables en los tiempos de espera.

El análisis de los resultados obtenidos a través de las simulaciones proporcionó una visión detallada de los factores que más contribuyen a las demoras en el sistema de acarreo. Estos factores fueron clasificados y priorizados, lo que permitió identificar áreas críticas para la mejora operativa. Además, se realizaron pruebas de sensibilidad para determinar cómo cambios en ciertos parámetros operativos podrían afectar los tiempos de demora, ofreciendo así una herramienta valiosa para la toma de decisiones estratégicas en la gestión de la operación minera.

Finalmente, los resultados de este estudio se presentan en forma de tablas y gráficos que ilustran claramente las demoras identificadas y su distribución a lo largo del proceso de acarreo. Se discuten las implicaciones de estos resultados y se proponen recomendaciones específicas para la reducción de las demoras, basadas en los hallazgos del análisis. Estas recomendaciones incluyen tanto ajustes operativos inmediatos como sugerencias para inversiones en tecnología y capacitación que podrían mejorar la eficiencia del sistema de acarreo a largo plazo. En resumen, este capítulo proporciona una descripción completa del procedimiento seguido y los resultados obtenidos, demostrando cómo el uso de Python puede ser una herramienta eficaz para optimizar las operaciones mineras.

4.1.CICLO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ACARREO

El ciclo de operación del sistema de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI es un proceso fundamental para gestionar el flujo de mineral desde su extracción hasta su procesamiento final. Este ciclo incluye varias etapas que deben ser eficientemente gestionadas para asegurar la optimización de recursos y minimizar los tiempos de demora. Las etapas principales del ciclo de

operación incluyen la carga, el transporte, la descarga, y los tiempos de espera o demoras que pueden ocurrir durante el proceso.

Etapas del Ciclo de Operación:

1. Carga

- a. **Descripción:** Esta etapa implica la extracción del mineral y su carga en los equipos de transporte.
- b. **Equipos Involucrados:** Pala neumática, winches de arrastre, carretillas, y sistemas de ranfleo.
- c. **Tiempo Asociado:** El tiempo de carga puede variar dependiendo de la eficiencia del equipo y la habilidad del operador, así como las condiciones del material y del lugar de extracción.

2. Transporte

- a. **Descripción:** Una vez cargado, el mineral es transportado desde el lugar de extracción hasta el área de procesamiento o almacenamiento.
- b. **Equipos Involucrados:** Locomotoras, Winches de izaje y carros mineros.
- c. **Tiempo Asociado:** Este tiempo puede verse afectado por la distancia de transporte, la velocidad de los vehículos y las condiciones del camino.

3. Descarga

- a. **Descripción:** En esta etapa, el mineral es descargado en el área de procesamiento o almacenamiento.
- b. **Equipos Involucrados:** Sistemas de volquetes y estructuras de descarga.
- c. **Tiempo Asociado:** La descarga puede ser rápida si se cuenta con equipos automatizados, pero puede ser más lenta si se requiere intervención manual.

4. Tiempos de Espera o Demora

a. **Descripción:** Durante cualquier fase del ciclo, pueden ocurrir tiempos de espera debido a varias razones como mantenimiento de equipos, fallas operativas, o congestión en las áreas de carga/descarga.

b. **Clasificación de Demoras:**

i. **Demoras Operativas:** Estas incluyen tiempos perdidos por ineficiencias en el manejo de equipos, fallas técnicas, o falta de coordinación entre equipos.

ii. **Demoras No Operativas:** Incluyen tiempos muertos por factores externos como condiciones climáticas adversas, problemas logísticos, o restricciones regulatorias.

Evaluación de la Eficiencia del Sistema:

La identificación y el análisis de los tiempos asociados a cada etapa del ciclo de operación permiten una mejor comprensión de la eficiencia del sistema de acarreo. Algunos de los factores críticos a evaluar incluyen:

- **Rendimiento de Equipos:** Medir el tiempo real de operación de cada equipo contra su capacidad teórica.
- **Coordinación entre Etapas:** Evaluar la sincronización entre las diferentes etapas del proceso para minimizar tiempos de espera.
- **Condiciones de Trabajo:** Considerar las condiciones del terreno, el clima y otros factores que pueden afectar el desempeño del personal y los equipos.

Identificación de Áreas de Mejora:

Con base en el análisis de los tiempos del ciclo de operación, se pueden identificar varias áreas de mejora:

- **Optimización de Rutas de Transporte:** Revisar y mejorar las rutas de transporte para reducir tiempos y costos.
- **Capacitación del Personal:** Mejorar las habilidades del personal para operar los equipos de manera más eficiente.
- **Mantenimiento Preventivo de Equipos:** Mejorar el programa de mantenimiento preventivo para minimizar fallas técnicas y tiempos de inactividad.
- **Automatización de Procesos:** Introducir tecnología automatizada donde sea posible para aumentar la velocidad y precisión del proceso de carga y descarga.

4.1.1. ANÁLISIS GRÁFICO DEL SISTEMA DE ACARREO

En este capítulo se presenta un análisis detallado del sistema de transporte y acarreo de material en la mina, utilizando mapas, planos, gráficos y fotografías que ilustran las rutas, equipos, distancias y procesos involucrados. Estos recursos visuales permiten una comprensión integral de la infraestructura y logística empleada en el transporte del material desde su origen hasta su destino final en los diferentes piques de la mina.

4.1.1.1. PLANOS DE MINA Y RUTAS DE ACARREO

Los planos de mina incluyen una representación detallada de las galerías, piques y estaciones de trabajo. Estos esquemas permiten visualizar cómo se organiza el sistema subterráneo y cómo las rutas de acarreo conectan las zonas de extracción con los puntos de descarga.

Figura 7
Control de izaje I



Fuente: Elaboración Propia

Figura 8
Control de izaje II



Fuente: Elaboración Propia

- Rutas principales: Se describen los trayectos desde las bases operativas (Base 4, Base 5, PQ Esperanza, PQ Salvador, etc.) hasta los diferentes niveles y piques.
- Distancias: Las distancias acumuladas por tramo se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2
Rutas y Distancias

WINCHE	TRAMO	Suma de DISTANCIA (m)
BASE 4 NV 7	7-9	160
	7-12	231
	7-13	272
	7-14	336
	7-15	381
	7-16	430
BASE 4 SUP	0-3	150
	0-4	188
	0-5	241
	0-6	289
	0-7	337
	5-8	146
BASE 5 PQ 731	5-9	176
	5-11	232
	5-12	309
	5-13	362
	5-14	415
	5-15	466
BASE 5 SUP	5-16	1030
	5-17	565
	0-1	85
	0-3	210
	0-5	260
	0-7	347
CM 1431	14-14	39
	14-15	89
	14-16	275
	14-17	190
PQ ESPERANZA	14-18	208
	2-2	30
	2-5	224
	2-6	249
	2-7	313
	2-8	357
PQ SALVADOR	2-9	816
	2-10	919
	2-11	494
Total general	0-14	540
		12361

Fuente: Elaboración Propia

Se anexan planos detallados que resaltan las rutas principales y secundarias utilizadas para el acarreo de material, con indicaciones de puntos de carga y descarga, además de su conexión con los sistemas de izaje.

4.1.2. DEFINICIÓN DE LOS TIEMPOS DEL CICLO DE OPERACIÓN

En esta sección, se describirán detalladamente los tiempos del ciclo de operación del proceso de acarreo, desglosando cada etapa. Para proporcionar una visión precisa y detallada, se utilizarán datos recopilados en campo, permitiendo así entender

4.1.3. DEFINICIÓN DE LOS TIEMPOS DEL CICLO DE OPERACIÓN

En esta sección, se describirán detalladamente los tiempos del ciclo de operación del proceso de acarreo, desglosando cada etapa. Para proporcionar una visión precisa y detallada, se utilizarán datos recopilados en campo, permitiendo así entender mejor la eficiencia del sistema y los factores que pueden causar demoras. A continuación, se describen las diferentes etapas:

1. Tiempo de Carga:

- a. **Descripción:** Este es el tiempo que se tarda en cargar el material desde el lugar de extracción hasta el vehículo de transporte. Incluye el posicionamiento del vehículo, la operación de carga y cualquier ajuste necesario durante el proceso.
- b. **Factores Involucrados:** Tipo de material, capacidad del equipo de carga, eficiencia del operador, y condiciones del lugar de carga.
- c. **Importancia:** Optimizar este tiempo puede aumentar la productividad y reducir los costos operativos.

2. Tiempo de Transporte:

- a. **Descripción:** Este es el tiempo necesario para mover el material desde el punto de carga hasta el punto de descarga. Incluye el tiempo de desplazamiento y cualquier tiempo de espera en rutas congestionadas.
- b. **Factores Involucrados:** Distancia, condiciones de la ruta, velocidad del transporte, y tráfico en la ruta.
- c. **Importancia:** Minimizar este tiempo es crucial para mejorar la eficiencia del ciclo de operación.

3. Tiempo de Descarga:

- a. **Descripción:** Este es el tiempo que se tarda en descargar el material en el punto de destino. Incluye el posicionamiento del vehículo, la operación de descarga y cualquier tiempo de limpieza o ajuste post-descarga.
- b. **Factores Involucrados:** Capacidad del equipo de descarga, tipo de material, y eficiencia del operador.
- c. **Importancia:** Una descarga rápida y eficiente reduce los tiempos muertos y permite un ciclo de acarreo más fluido.

4. Tiempos de Espera o Demora:

- a. **Descripción:** Estos son los tiempos no productivos que ocurren durante el ciclo de operación. Pueden ser causados por fallas mecánicas, condiciones climáticas adversas, o esperas en puntos de carga/descarga.
- b. **Factores Involucrados:** Mantenimiento del equipo, planificación operativa, y condiciones externas.

- c. **Importancia:** Identificar y reducir estos tiempos es esencial para mejorar la eficiencia y la continuidad del proceso de acarreo.

La identificación de estos tiempos permitirá una mejor comprensión de la eficiencia del sistema y ayudará a identificar áreas de mejora.

4.1.4. CLASIFICACIÓN DE LOS TIEMPOS DE DEMORA

Clasificar los tiempos de demora es fundamental para identificar y abordar las ineficiencias en el sistema de acarreo. En esta sección, se categorizarán los diferentes tipos de demoras que pueden ocurrir durante el ciclo de operación, analizando sus causas y su impacto en el flujo general del mineral. A continuación, se describen las clasificaciones principales:

1. Demoras Operativas:

- a. **Descripción:** Estas demoras ocurren debido a problemas dentro del proceso operativo, como fallos en el equipo, ineficiencias operativas, o errores humanos.
- b. **Causas:** Fallas mecánicas, falta de mantenimiento, problemas de comunicación, y errores en la planificación.
- c. **Impacto:** Reducen la productividad y aumentan los costos operativos.
- d. **Soluciones:** Implementar programas de mantenimiento preventivo, mejorar la capacitación del personal, y optimizar la planificación operativa.

2. Demoras No Operativas:

- a. **Descripción:** Estas demoras no están directamente relacionadas con la operación del equipo o la eficiencia del operador, sino con factores externos como condiciones climáticas, trámites administrativos, o esperas por autorizaciones.

- b. **Causas:** Condiciones climáticas adversas, demoras en permisos, problemas logísticos, y restricciones regulatorias.
- c. **Impacto:** Pueden ser difíciles de prever y gestionar, pero tienen un impacto significativo en la continuidad del proceso.
- d. **Soluciones:** Mejorar la planificación para prever condiciones adversas, agilizar trámites administrativos, y coordinar mejor con las autoridades regulatorias.

3. Demoras Internas:

- a. **Descripción:** Son las demoras causadas por problemas dentro de la misma organización, como esperas por instrucciones, falta de coordinación entre departamentos, o problemas de abastecimiento interno.
- b. **Causas:** Falta de comunicación interna, problemas de coordinación, y gestión ineficiente de recursos.
- c. **Impacto:** Afectan la fluidez del proceso y pueden causar acumulación de tareas y retrasos.
- d. **Soluciones:** Mejorar la comunicación y coordinación interna, implementar sistemas de gestión de recursos más eficientes, y asegurar un flujo constante de materiales e instrucciones.

4. Demoras Externas:

- a. **Descripción:** Estas demoras son causadas por factores externos a la organización, como problemas con proveedores, retrasos en el transporte externo, o conflictos con comunidades locales.

- b. **Causas:** Problemas en la cadena de suministro, conflictos sociales, y problemas de transporte externo.
- c. **Impacto:** Pueden causar interrupciones significativas en el flujo de operaciones y aumentar los costos operativos.
- d. **Soluciones:** Establecer relaciones sólidas con proveedores, mejorar la logística externa, y trabajar en la gestión de relaciones comunitarias.

La clasificación de los tiempos de demora permitirá una mejor planificación y gestión de las actividades de acarreo, así como la implementación de estrategias para reducir o eliminar las demoras. La identificación de las causas y la evaluación de su impacto son pasos cruciales para optimizar el proceso de acarreo y asegurar una operación continua y eficiente.

4.2.IMPACTO DE LOS TIEMPOS DE DEMORA EN EL CUMPLIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN Y LOS COSTOS

El impacto de los tiempos de demora en el cumplimiento de la producción y los costos operativos en la Unidad Minera SOTRAMI es significativo y multifacético, abarcando desde la eficiencia de las rutas de acarreo hasta los costos financieros asociados con las demoras. Este análisis se desglosa en tres apartados: análisis de rutas y actividades, influencia de los tiempos de demora en el cumplimiento de la producción, e influencia de los tiempos de demora en los costos de acarreo.

4.2.1. ANÁLISIS DE RUTAS Y ACTIVIDADES

El análisis de rutas y actividades es fundamental para identificar cómo se distribuyen y acumulan los tiempos de demora a lo largo del sistema de acarreo. En la Unidad Minera SOTRAMI, se han identificado múltiples rutas y actividades críticas que afectan el proceso de izaje y acarreo:

- **Distancias y Tiempos de Izaje:**
 - **Tramo 0-14 (PQ SALVADOR):** Distancia de 540 metros para mineral.
 - **Tramo 0-1 (BASE 5 SUP):** Distancia de 85 metros para desmonte.
 - **Tramo 0-3 (BASE 5 SUP):** Distancia de 210 metros para envío de explosivo.
 - **Tramo 0-5 (BASE 5 SUP):** Distancia de 260 metros para sacado de basura.
 - **Tramo 0-7 (BASE 5 SUP):** Distancia de 347 metros para servicios de madera

- **Tipos de Demoras y sus Tiempos Máximos:**
 - **Espera de carga:** Representa una de las mayores demoras con un tiempo máximo registrado de 5.33 horas.
 - **Servicios de madera:** Otra demora significativa con tiempos que varían desde 0.32 horas hasta 1.60 horas dependiendo de la ubicación y condiciones específicas.
 - **Envío de explosivo y sacado de basura:** Con tiempos máximos de hasta 0.25 horas y 0.34 horas respectivamente.

- **Rendimiento de Izaje:**
 - **Winches:** Los tiempos de bajada, chutéo, izaje y descarga varían considerablemente entre los diferentes winches, con tiempos de izaje que oscilan entre 1.28 minutos (PIQUE 1431 - Nv. 14) y 4.80 minutos.
 - **Capacidades y Rendimientos:** El rendimiento promedio de izaje en términos de toneladas por hora varía notablemente, siendo especialmente bajo en algunas zonas como Santa Rosa con un promedio de 5 Tn/hr.

- **Detalle de Rutas Utilizadas**

- Las rutas de las locomotoras y los sistemas de izaje están diseñadas para maximizar la eficiencia, pero presentan cuellos de botella que requieren atención.
- **BASE 4 - Nv. 7:**
 - Velocidad Promedio: 2.07 m/s (desmonte), 2.06 m/s (mineral)
 - Rendimiento: 11.60 ton/hr (desmonte), 15.30 ton/hr (mineral)
- **PIQUE 1431 - Nv. 14:**
 - Velocidad Promedio: 1.99 m/s (desmonte), 2.01 m/s (mineral)
 - Rendimiento: 24.94 ton/hr (desmonte), 25.21 ton/hr (mineral)

Cada winche tiene una serie de actividades específicas que afectan su rendimiento, incluyendo tiempos de espera y procesos de carga y descarga.

Tabla 3

Tiempos promedio por actividad

Actividad	Tiempo Promedio (min)
Bajada	2.67
Chuteo	0.60
Izaje	2.66
Descarga	0.15

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. INFLUENCIA DE LOS TIEMPOS DE DEMORA EN EL CUMPLIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN

La relación entre los tiempos de demora y el cumplimiento de los objetivos de producción en la Unidad Minera SOTRAMI es crítica. A continuación, se presentan los principales hallazgos:

- **Deficiencias Identificadas:**
 - **Incumplimiento del Programa de Producción Diario:** Se observa un menor coeficiente de utilización de los winches en los primeros días del mes, lo cual afecta negativamente el rendimiento global.
 - **Desabastecimiento de Materiales:** La falta de materiales necesarios para las operaciones diarias provoca demoras adicionales, especialmente en las labores que requieren el uso continuo de madera y otros materiales.

- **Datos Cuantitativos:**
 - **Relación entre Demoras y Producción:** Los tiempos de demora registrados influyen directamente en la capacidad de la mina para cumplir con sus objetivos de producción. Por ejemplo, los gráficos de Pareto muestran que las mayores demoras se producen en la espera de carga, lo que impacta significativamente la eficiencia del izaje y la cantidad de material extraído por hora.

Se evaluó cómo las demoras impactan la producción mediante la comparación de datos de producción con tiempos de demora registrados.

Tabla 4
Coeficiente de utilización por periodo

Periodo	Coeficiente de Utilización (%)
Primeros 15 días	60
Últimos 15 días	90

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. INFLUENCIA DE LOS TIEMPOS DE DEMORA EN LOS COSTOS DE ACARREO

Las demoras no solo afectan la producción sino también los costos operativos. A continuación, se detalla el impacto financiero de estas demoras:

- **Costos Directos e Indirectos:**
 - **Costos Operativos Adicionales:** Las demoras en el acarreo resultan en costos operativos adicionales, incluyendo el mantenimiento extra de los equipos y la necesidad de recursos humanos adicionales para manejar las ineficiencias.
 - **Costos de Mantenimiento:** Las demoras prolongadas y la baja eficiencia en el izaje aumentan la frecuencia de mantenimiento requerido para los winches y otros equipos de acarreo, incrementando los costos operativos totales.
- **Justificación de Inversiones en Mejoras Operativas:**
 - **Análisis de Costo-Beneficio:** El análisis detallado de los costos asociados con las demoras proporciona una base sólida para justificar la inversión en mejoras operativas. Por ejemplo, la implementación de medidas para reducir los tiempos de espera de carga y optimizar el uso de los winches podría resultar en ahorros significativos a largo plazo.

Un análisis detallado de los costos operativos adicionales debido a las demoras, incluyendo costos de mantenimiento y otros costos indirectos, muestra el impacto financiero significativo.

Tabla 5*Costos asociado al tipo de demora*

Tipo de Demora	Costo Asociado (\$)
Almuerzos/Refrigerio	1,500
Espera de Carga	3,000
Servicios de Madera	2,500
Coordinaciones	1,200

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4. KPI'S PARA IZAJE

La Minera SOTRAMI ha venido presentando deficiencias en el proceso de extracción de mineral y desmote, particularmente en la extracción de carga mediante el uso de winches de izaje. Actualmente, hay 6 winches instalados en la Zona 23 y 1 winche en la Zona Santa Rosa. Las principales deficiencias identificadas son las siguientes:

- **Incumplimiento del programa de producción diario:** El seguimiento del rendimiento de los winches ha revelado que, durante los primeros días del mes, los winches tienen un coeficiente de utilización bajo en comparación con los últimos 15 días del mes.
- **Deficiencias en el requerimiento y stock de materiales semanales:** El desabastecimiento de materiales en las labores, debido a una planificación semanal deficiente, hace que sea necesario el ingreso diario de materiales como la madera, lo que reduce la holgura y el tiempo disponible para el izaje de mineral y desmote durante cada turno.

- **Demoras operativas identificadas en el proceso:** Se han identificado deficiencias y demoras que afectan significativamente el rendimiento de izaje en todos los winches.

Minera Sotrami enfrenta diversas deficiencias en su proceso de izaje, lo que impacta tanto en el cumplimiento de la producción como en los costos operativos. La identificación de estos problemas es crucial para implementar mejoras y optimizar el rendimiento de la mina.

4.2.4.1. RESUMEN DE KPIS DE IZAJE

Tiempos Promedio de Izaje

El tiempo promedio de izaje es un indicador crucial para evaluar la eficiencia del proceso de extracción de mineral y desmonte en Minera Sotrami. Los tiempos de bajada, chuteo, izaje y descarga son medidos en diferentes ubicaciones y con diversos winches, lo que permite una visión detallada de las operaciones. Por ejemplo, en el tramo de BASE 4 a Nv. 7, el tiempo de bajada es de 2.67 minutos, el tiempo de chuteo es de 0.60 minutos, el tiempo de izaje es de 2.66 minutos y el tiempo de descarga es de 0.15 minutos. Este tipo de datos se recopila para múltiples tramos y winches, proporcionando una base sólida para identificar áreas de mejora.

Tabla 6
Tiempos Promedio de Izaje

Winche	Tiempo de Bajada (min)	Tiempo de Chuteo (min)	Tiempo de Izaje (min)	Tiempo de Descarga (min)
BASE 4 - Nv. 7	2.67	0.60	2.66	0.15
BASE 4 - Superficie	2.82	1.15	2.75	0.17
BASE 5 - Superficie	2.73	0.81	2.66	0.24
PIQUE 1431 - Nv. 14	1.37	0.63	1.28	0.29
PIQUE 731 - Nv. 5	1.56	0.85	1.55	0.19
SALVADOR	4.69	0.30	4.80	0.46
ESPERANZA	2.96	1.18	2.96	0.20

Fuente: Elaboración Propia

Ratios y Rendimientos de Izaje

Los ratios y rendimientos de izaje son esenciales para entender la productividad de cada winche en distintas ubicaciones. La velocidad promedio, la capacidad nominal del skip, el número de skips por hora y el rendimiento en toneladas por hora son algunas de las métricas clave. Por ejemplo, en el tramo BASE 4 a Superficie, el rendimiento de mineral es de 14.07 ton/hr con una velocidad promedio de 1.25 m/s y una capacidad nominal del skip de 1.10 m³. Estas cifras varían según la ubicación y el tipo de material, proporcionando un panorama detallado de la eficiencia operativa.

Tabla 7
Ratios y Rendimientos de Izaje

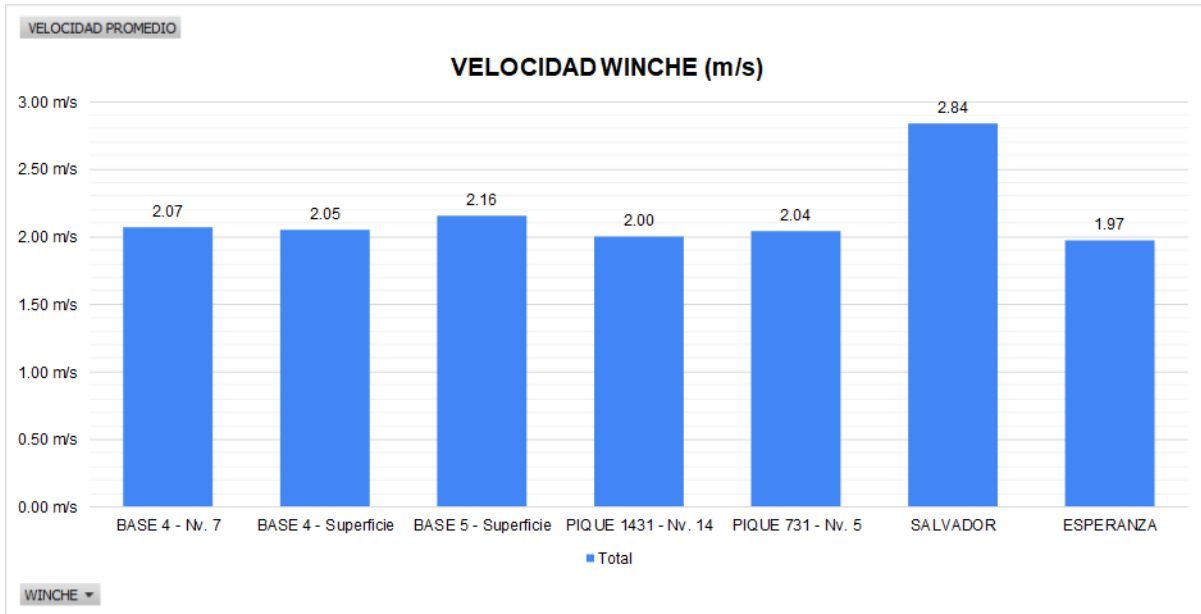
Winche	Capacidad		Velocidad	TMH	N°	Rendimiento (ton/hr)
	Skip (m ³)	Nominal	Promedio (m/s)	por Skip		
BASE 4 - Nv. 7	1.10		2.07	1.29	9	11.60
BASE 4 - Superficie	1.10		1.25	1.49	9	14.07
BASE 5 - Superficie	1.10		2.20	1.49	9	11.23
PIQUE 1431 - Nv. 14	1.10		1.99	1.29	19	24.94
PIQUE 731 - Nv. 5	1.10		2.07	1.49	7	11.04
SALVADOR	1.72		2.84	1.85	6	10.66
ESPERANZA	1.10		1.97	1.29	6	8.20

Fuente: Elaboración Propia

Velocidad de izaje por winche

La velocidad de izaje es otra métrica importante que se evalúa para cada winche en distintos tramos. Por ejemplo, en el PIQUE 1431 del Nv. 14 al Nv. 16, la velocidad promedio es de 1.99 m/s para desmonte y 2.01 m/s para mineral. Estas velocidades son esenciales para calcular el tiempo total de ciclo y, por ende, la eficiencia del proceso de izaje.

Figura 9
Velocidad de winche



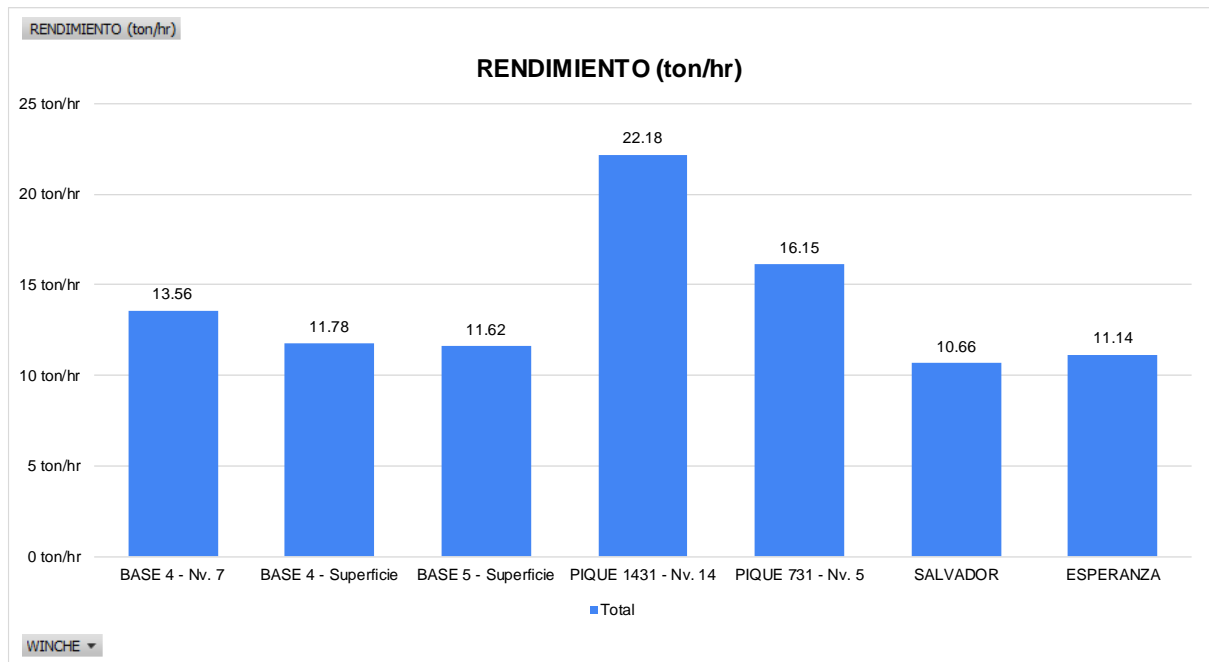
Fuente: Elaboración Propia

Nota: En la figura anterior se puede observar la relación entre la velocidad del winche y el origen de aplicación.

Rendimiento por winche (ton/hr)

El rendimiento por winche se mide en términos de toneladas por hora (ton/hr) y es un indicador directo de la productividad de cada unidad. Por ejemplo, el rendimiento en el tramo BASE 4 a Superficie es de 12.27 ton/hr para desmonte, con una velocidad promedio de 1.91 m/s y una capacidad nominal del skip de 1.10 m³. Estos datos permiten identificar las diferencias en rendimiento entre los distintos winches y tramos, lo que es crucial para optimizar las operaciones.

Figura 10
Rendimiento Winches de Izaje



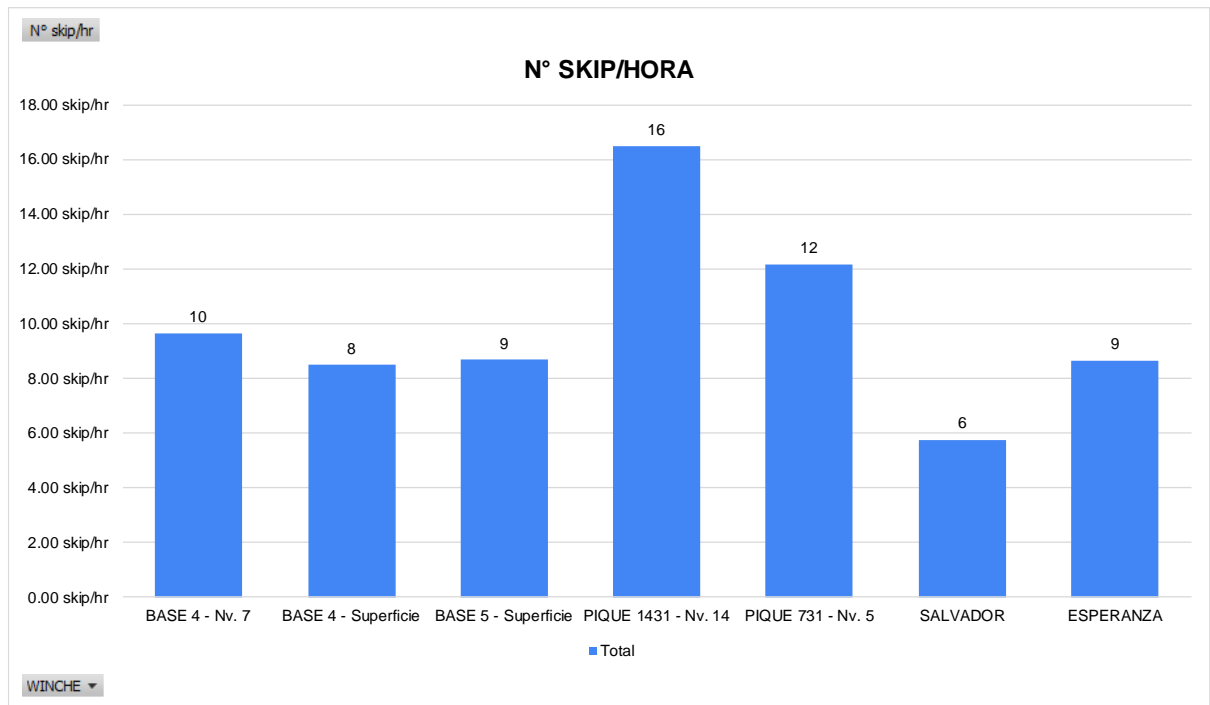
Fuente: Elaboración Propia

Nota: En la figura anterior se puede observar la relación entre el rendimiento por hora y el origen de aplicación.

Número de skip por winche de izaje

El número de skips por hora también se mide para evaluar la eficiencia operativa. Por ejemplo, en el PIQUE 1431 del Nv. 14 al Nv. 16, se realizan 19 skips por hora para desmonte y 17 skips por hora para mineral. Esta métrica, combinada con la capacidad del skip y la velocidad de izaje, proporciona una visión integral de la productividad del proceso de izaje.

Figura 11
N° SKIP POR HORA



Fuente: Elaboración Propia

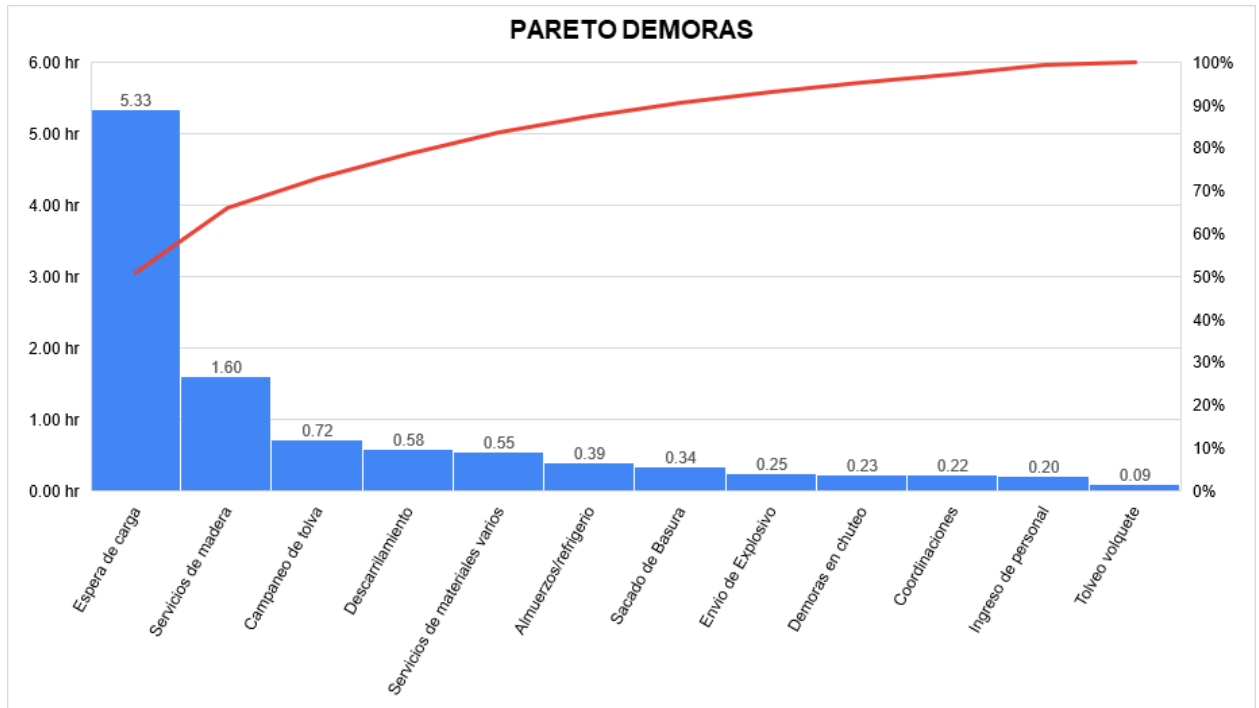
Nota: En la figura anterior se puede observar la relación entre número de skip por hora y el origen de aplicación.

4.2.4.2. DEFICIENCIAS Y DEMORAS OPERATIVAS IDENTIFICADAS

Pareto de demoras en todos los winches

El análisis de Pareto identifica las principales demoras que afectan el proceso de izaje. Las demoras más significativas incluyen almuerzos y refrigerios, con un máximo de 0.37 horas, e ingreso de personal, con 0.20 horas. Estos retrasos se acumulan y afectan el rendimiento general del izaje, resaltando la necesidad de mejorar la planificación y la gestión del tiempo.

Figura 12
Pareto demoras



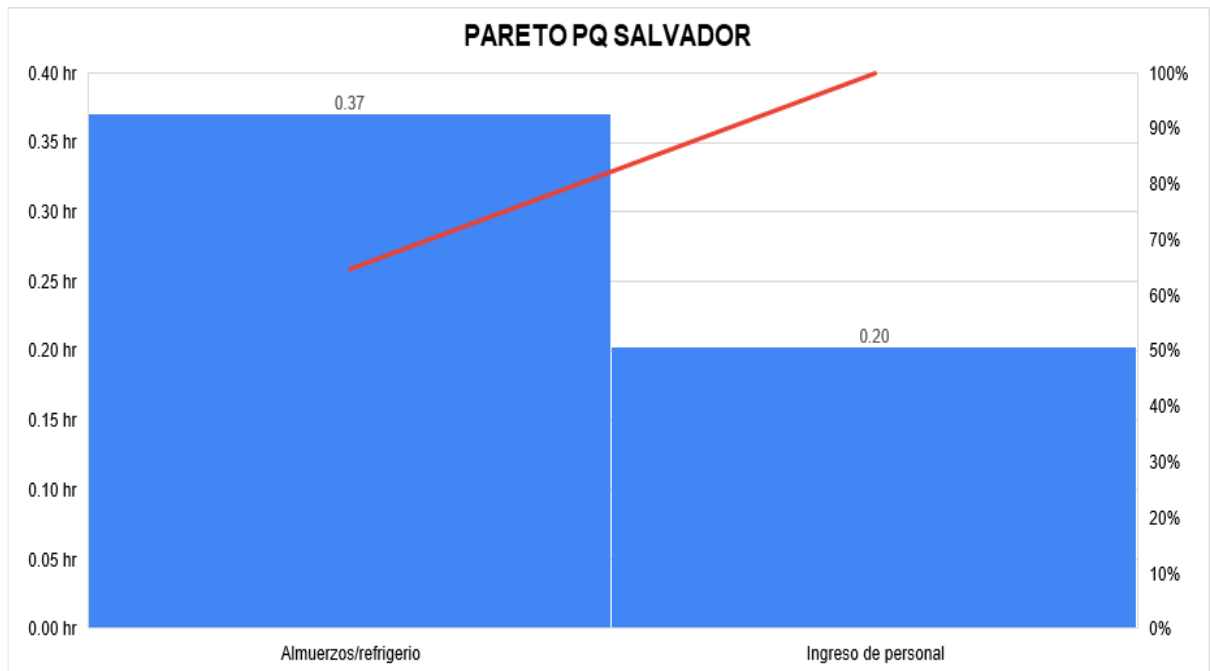
Fuente: Elaboración Propia

Nota: En la figura anterior se puede observar la aplicación de Pareto teniendo que existen más demoras por espera de carga.

Pareto PQ SALVADOR

En la ubicación de PQ SALVADOR, las demoras más notables incluyen el envío de explosivos, con un máximo de 0.25 horas, y el campaneo de tolva, con 0.72 horas. Estas demoras afectan significativamente la eficiencia del izaje en esta zona, lo que indica la necesidad de revisar y optimizar estos procesos.

Figura 13
Pareto PQ salvador

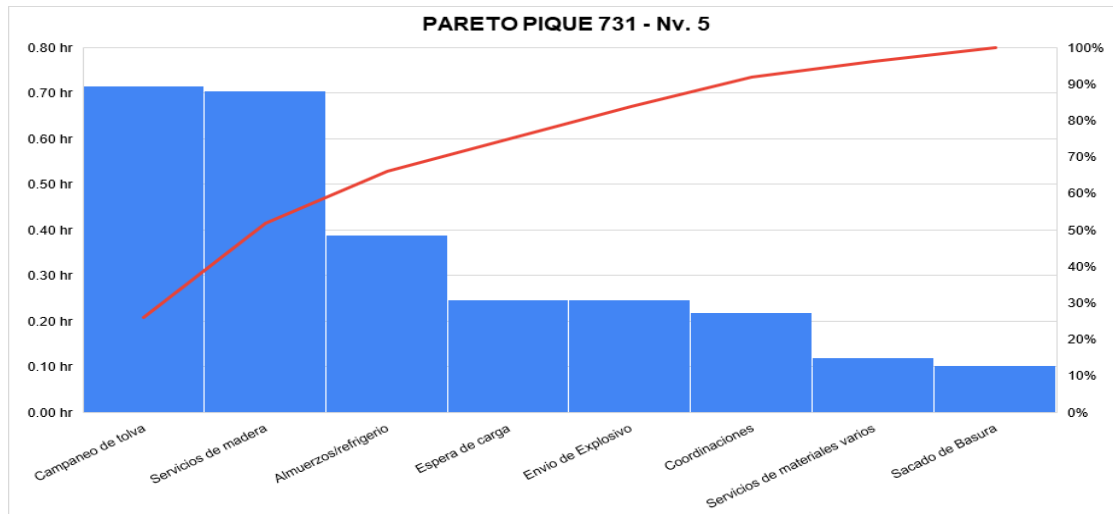


Fuente: Elaboración Propia

Pareto PIQUE 731 – Nv. 5

En el PIQUE 731 – Nv. 5, las principales demoras incluyen servicios de madera, con 0.71 horas, y espera de carga, con 0.25 horas. La identificación de estas demoras permite focalizar los esfuerzos de mejora en estas áreas específicas para incrementar la eficiencia.

Figura 14
Pareto PQ 731



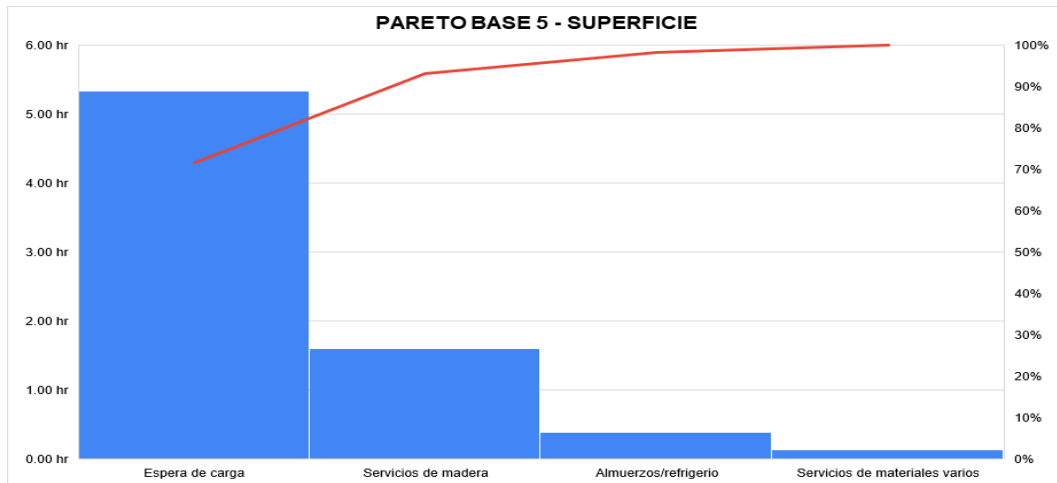
Fuente: Elaboración Propia

Nota: En la figura anterior se puede observar la aplicación de Pareto teniendo que existen más demoras por campaneo de tolva y servicios de madera.

Pareto BASE 5 – SUPERFICIE

Para la ubicación de BASE 5 a Superficie, las demoras más significativas son los servicios de madera, con un máximo de 1.60 horas, y la espera de carga, con 5.33 horas. Estas cifras indican grandes oportunidades para mejorar la gestión de materiales y la coordinación de cargas.

Figura 15
Pareto base 5



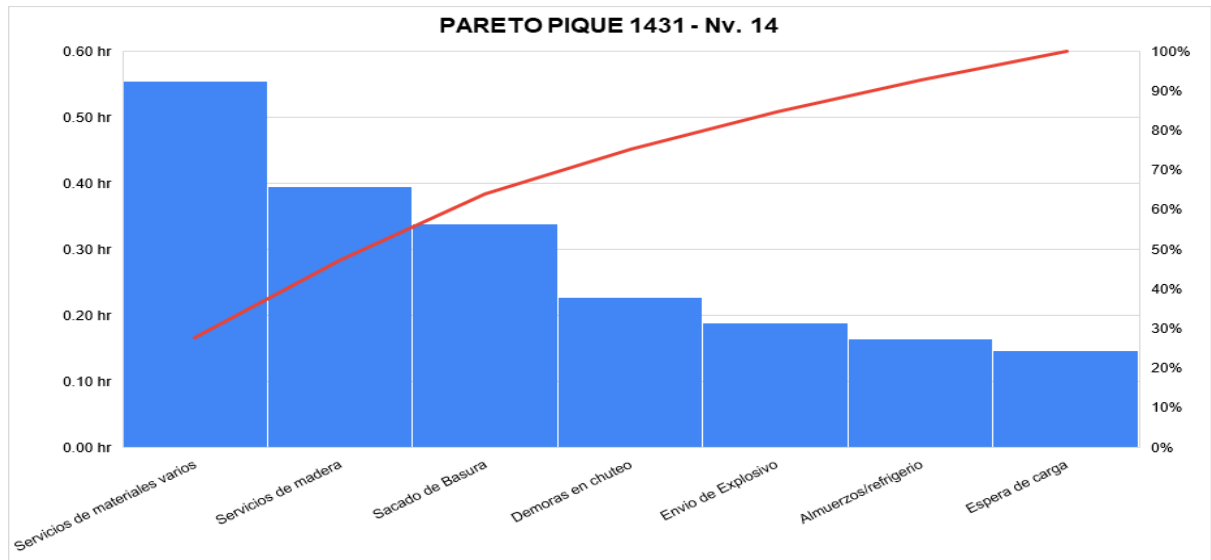
Fuente: Elaboración Propia

Nota: En la figura anterior se puede observar la aplicación de Pareto teniendo que existen más demoras por espera de carga.

Pareto PIQUE 1431 – Nv. 14

En el PIQUE 1431 – Nv. 14, las principales demoras son el envío de explosivos, con 0.19 horas, y el sacado de basura, con 0.34 horas. Abordar estas demoras puede mejorar significativamente la eficiencia del izaje en esta ubicación.

Figura 16
Pareto PQ 1431



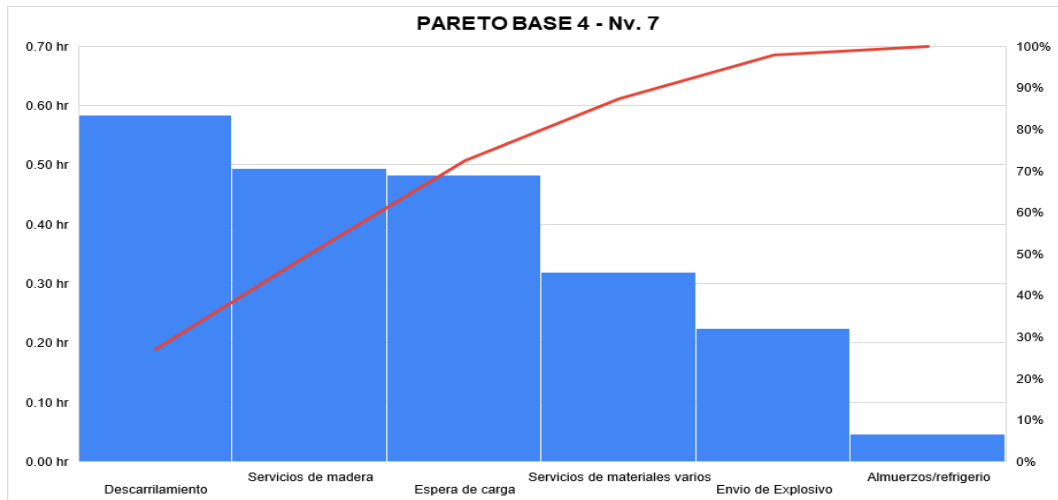
Fuente: Elaboración Propia

Nota: En la figura anterior se puede observar la aplicación de Pareto teniendo que existen más demoras por servicios de materiales varios y servicios de madera.

Pareto BASE 4 – Nv.7

En la ubicación de BASE 4 a Nv. 7, las demoras más importantes incluyen el envío de explosivos, con 0.23 horas, y los servicios de madera, con 0.50 horas. Mejorar estos procesos puede contribuir a una mayor productividad del izaje.

Figura 17
Pareto base 4 – Nv.7



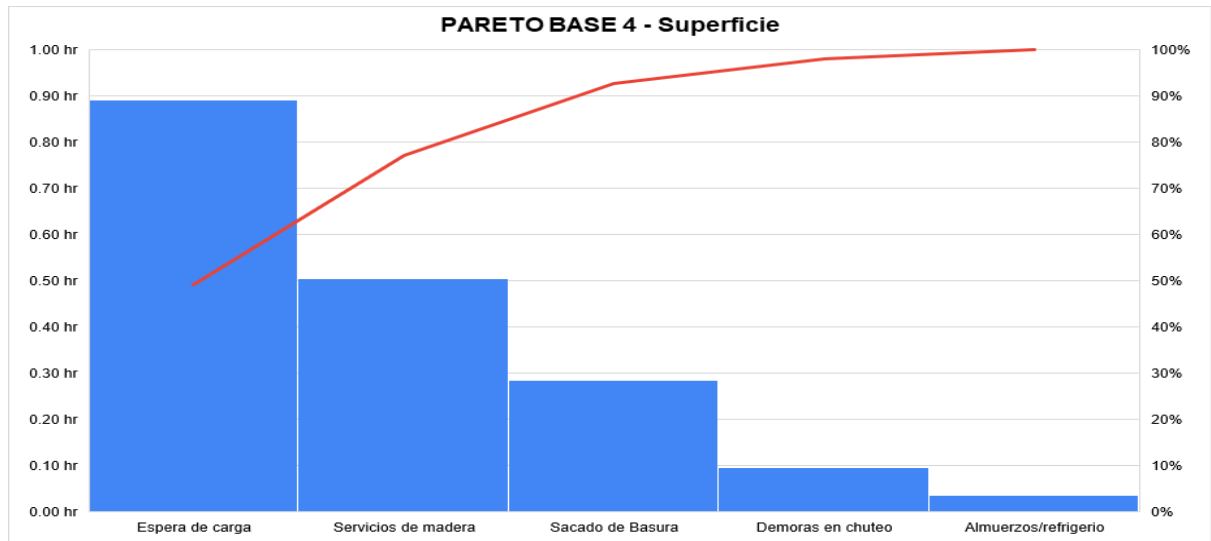
Fuente: Elaboración Propia

Nota: En la figura anterior se puede observar la aplicación de Pareto teniendo que existen más demoras por descarrilamiento y servicios de madera.

Pareto BASE 4 – SUPERFICIE

En BASE 4 a Superficie, las demoras incluyen el sacado de basura, con 0.28 horas, y la espera de carga, con 0.89 horas. Estas demoras afectan la eficiencia y resaltan la necesidad de una mejor coordinación y planificación.

Figura 18
Pareto base 4 superficie



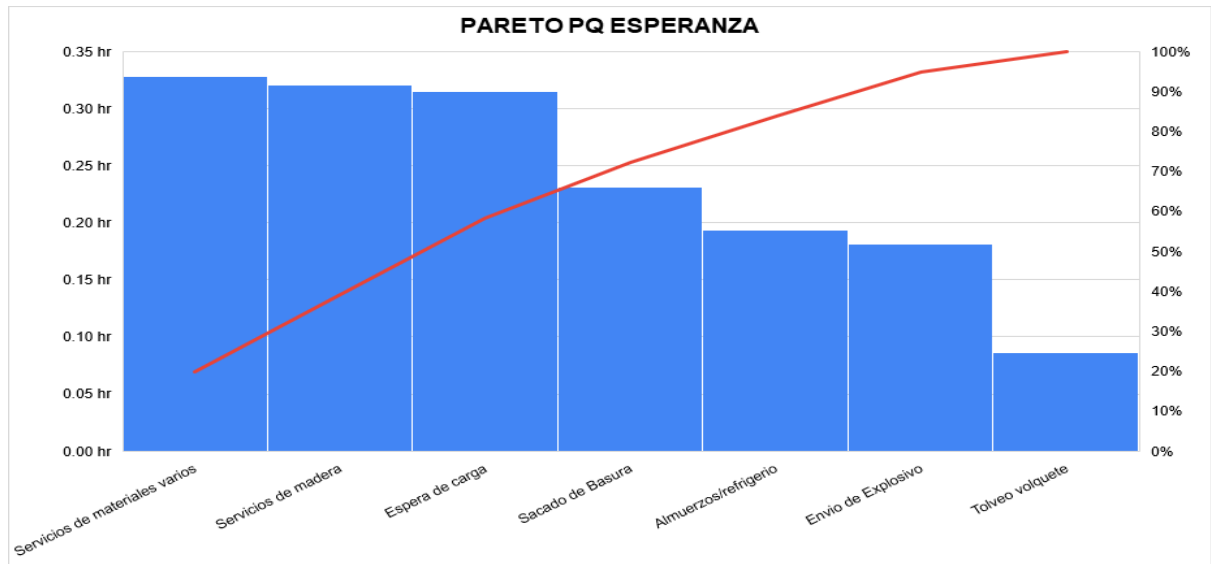
Fuente: Elaboración Propia

Nota: En la figura anterior se puede observar la aplicación de Pareto teniendo que existen más demoras por espera de carga y servicios de madera.

Pareto PQ ESPERANZA

En PQ ESPERANZA, las principales demoras son el envío de explosivos, con 0.18 horas, y los servicios de madera, con 0.32 horas. Abordar estas áreas puede mejorar la eficiencia general del izaje en esta zona.

Figura 19
Pareto PQ esperanza



Fuente: Elaboración Propia

Nota: En la figura anterior se puede observar la aplicación de Pareto teniendo que existen más demoras por servicios de materiales varios y servicios de madera.

4.3.ESTIMACIÓN DE LOS TIEMPOS DE DEMORA MEDIANTE PYTHON

El uso del lenguaje de programación Python para la estimación de los tiempos de demora es un componente central de esta investigación. En este apartado, se detallará el proceso de recolección y análisis de datos, así como la implementación de modelos de simulación para estimar los tiempos de demora en el sistema de acarreo.

La especificación de los datos que se usaron para el análisis se encuentra en los anexos, cada tabla y base de datos empleada se encuentra ahí, los datos asociados a campo son los relacionados a tiempo y toneladas y como resultado se tendrá un parámetro de estimación en el incremento de la producción y predicción de los tiempos de demora.

4.3.1. USO DE LIBRERÍAS E IMPORTACIÓN DE DATOS A ANALIZAR

A continuación, se describe cada parte del código en relación con la tesis sobre la estimación de tiempos de demora en el sistema de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI utilizando el lenguaje de programación Python:

Figura 20

Importación de librerías de Python

Librerías a usar

```
[ ] #se importan diferentes librerías a usar en relación al proyecto
import pandas as pd
import numpy as np
import plotly.express as px
import plotly.graph_objects as go
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.cbook as cbook
import os
import seaborn as sns
import plotly.figure_factory as ff
from scipy.stats import chi2_contingency
import missingno as msno
from google.colab import drive
import plotly.express as px
import plotly.graph_objects as go
```

Fuente: Elaboración Propia

Descripción del Código:

- ***import pandas as pd:*** Pandas es una librería esencial para la manipulación y análisis de datos. En esta tesis, se utilizará para manejar los datos recolectados sobre los tiempos de demora, ciclos de operación y demás variables críticas en el sistema de acarreo de SOTRAMI. Facilita operaciones como la lectura, escritura y procesamiento de grandes conjuntos de datos, permitiendo organizar la información en estructuras tabulares como DataFrames.

- ***import numpy as np:*** NumPy proporciona soporte para grandes arreglos y matrices multidimensionales, junto con una colección de funciones matemáticas para operar con estos arreglos. En el contexto de la tesis, NumPy será útil para realizar cálculos numéricos y estadísticos sobre los datos de tiempos de demora y producción.
- ***import plotly.express as px y import plotly.graph_objects as go:*** Plotly es una librería para la creación de gráficos interactivos. Plotly Express (px) simplifica la creación de gráficos rápidos y sencillos, mientras que Plotly Graph Objects (go) permite mayor personalización y control sobre los gráficos. Estos gráficos se utilizarán para visualizar los datos de tiempos de demora, rutas de acarreo y análisis comparativos, proporcionando una representación clara y visual de los hallazgos.
- ***import matplotlib.pyplot as plt y import matplotlib.cbook as cbook:*** Matplotlib es otra librería de gráficos ampliamente utilizada en Python. Pyplot es una colección de funciones de Matplotlib que facilitan la creación de gráficos 2D. Esta librería se utilizará para generar gráficos estáticos que ilustren los datos recolectados, como histogramas de tiempos de demora y gráficos de tendencias de producción.
- ***import os:*** La librería os permite interactuar con el sistema operativo, facilitando operaciones como la navegación por el sistema de archivos, la creación y eliminación de directorios, y la manipulación de rutas. En la tesis, se puede utilizar para gestionar los archivos de datos, asegurando una organización eficiente de los datasets y resultados generados.
- ***import seaborn as sns:*** Seaborn es una librería basada en Matplotlib que facilita la creación de gráficos estadísticos atractivos y con alto nivel de personalización. Se utilizará para realizar análisis visuales más detallados, como la correlación entre

variables del sistema de acarreo y los tiempos de demora, así como para destacar patrones y tendencias en los datos.

- ***import plotly.figure_factory as ff***: **Plotly** Figure Factory incluye funciones avanzadas para crear gráficos complejos como gráficos de violín, gráficos de distribución y dendrogramas. Esta funcionalidad será útil para visualizaciones más específicas y avanzadas en el análisis de tiempos de demora y rendimiento del sistema de acarreo.
- ***from scipy.stats import chi2_contingency***: SciPy es una librería que proporciona algoritmos y herramientas avanzadas para matemáticas, ciencia y ingeniería. Chi2_contingency se utilizará para realizar pruebas estadísticas que permitan evaluar la dependencia entre variables categóricas, como diferentes tipos de demoras y sus causas.
- ***import missingno as msno***: Missingno es una librería que facilita la visualización de datos faltantes en los datasets. En el contexto de la tesis, será útil para identificar y manejar los datos faltantes en los registros de tiempos de demora y producción, asegurando que el análisis sea preciso y completo.
- ***from google.colab import drive***: Google Colab proporciona un entorno de cuadernos basado en la nube que permite la ejecución de código Python en un navegador. La importación de drive permite montar Google Drive en Colab para acceder a archivos y datasets almacenados en la nube. Esto es especialmente útil para trabajar con grandes volúmenes de datos sin preocuparse por el almacenamiento local.

La integración de estas librerías en el proyecto permitirá una gestión y análisis de datos más eficiente y detallada. Cada librería cumple un papel crucial en el proceso de estimación de tiempos de demora en el sistema de acarreo de SOTRAMI, facilitando la visualización, manipulación y análisis estadístico de los datos recolectados. A través de estas herramientas, se podrá identificar y abordar las ineficiencias en el sistema de acarreo, optimizando el cumplimiento de los objetivos de producción y reduciendo los costos operativos asociados.

A continuación, se describe cada parte del código de conexión a la fuente de datos online, relacionándolo con la tesis sobre la estimación de tiempos de demora en el sistema de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI:

Figura 21
Importación de datos

```
# Conexión a la fuente de datos online
drive.mount('/content/drive')
bd_izaje = pd.read_excel("drive/MyDrive/Proyectos_Investigación/Informes1/Proyecto_Estimacion_De_Tiempos_De_Demora/b_d_izaje.xlsx")
bd_loc= pd.read_excel("drive/MyDrive/Proyectos_Investigación/Informes1/Proyecto_Estimacion_De_Tiempos_De_Demora/b_d_locomotoras.xlsx")
```

Fuente: Elaboración Propia

Descripción del Código:

- ***drive.mount('/content/drive')*:**
 - **Montaje del Google Drive en Google Colab:**
 - Este comando monta Google Drive en el entorno de Google Colab. Montar Google Drive significa que el contenido de tu Google Drive estará accesible desde el entorno de Colab como si fuera un directorio del sistema de archivos.
 - En el contexto de la tesis, esto permite acceder a los datasets almacenados en Google Drive, que contienen información crítica

sobre los tiempos de demora, los ciclos de operación, y otros datos relevantes del sistema de acarreo de la Unidad Minera SOTRAMI.

- ***bd_izaje=pd.read_excel("drive/MyDrive/Proyectos_Investigación/Informes1/Proyecto_Estimacion_De_Tiempos_De_Demora/b_d_izaje.xlsx"):***

- **Lectura del archivo Excel con los datos de izaje:**

- Utilizando la librería Pandas, este comando carga un archivo Excel ubicado en Google Drive. El archivo "b_d_izaje.xlsx" contiene los datos relevantes para el proyecto de estimación de tiempos de demora relacionados con el sistema de izaje.
- `pd.read_excel()` es una función de Pandas que lee un archivo Excel y lo convierte en un DataFrame, una estructura de datos bidimensional que facilita la manipulación y análisis de datos.
- En el contexto de la tesis, el archivo "b_d_izaje.xlsx" probablemente contiene registros detallados de los tiempos de operación de los winches de izaje, los tiempos de demora, los ciclos de carga y descarga, y otros datos operativos críticos. Esta información es fundamental para el análisis y modelado de los tiempos de demora, así como para la identificación de ineficiencias y áreas de mejora en el sistema de acarreo.

- ***bd_loc=pd.read_excel("drive/MyDrive/Proyectos_Investigación/Informes1/Proyecto_Estimacion_De_Tiempos_De_Demora/b_d_locomotoras.xlsx"):***

- **Lectura del archivo Excel con los datos de locomotoras:**

- Similar al anterior, este comando carga otro archivo Excel ubicado en Google Drive. El archivo "b_d_locomotoras.xlsx" contiene los datos relevantes para el proyecto de estimación de tiempos de demora relacionados con el sistema de locomotoras.
- La función `pd.read_excel()` convierte este archivo Excel en otro DataFrame.
- En el contexto de la tesis, el archivo "b_d_locomotoras.xlsx" probablemente contiene registros detallados de los tiempos de operación de las locomotoras, los tiempos de demora, las rutas de acarreo, y otros datos operativos. Estos datos son esenciales para el análisis comparativo entre los sistemas de locomotoras e izaje, así como para identificar y cuantificar las demoras operativas en cada sistema.

En relación a la vista de los datos usados se pueden observar los mismos en los anexos.

4.3.2. ANÁLISIS DE DATOS CON PYTHON

La recolección y depuración de datos es el primer paso para asegurar que la información utilizada en los análisis sea precisa y confiable. En este apartado, se describirá el proceso de recolección de datos en campo, incluyendo los métodos y herramientas utilizadas. Se detallará también el proceso de depuración de datos para eliminar inconsistencias y asegurar la calidad de la información. Esta etapa es crucial para garantizar que los modelos de simulación produzcan resultados precisos y relevantes.

En el análisis de datos de la tesis sobre la estimación de tiempos de demora en el sistema de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI, se utilizan varios comandos para explorar y validar

los conjuntos de datos. El comando `bd_izaje.shape` se emplea para obtener las dimensiones del DataFrame `bd_izaje`, proporcionando el número de filas y columnas, lo cual es esencial para entender la cantidad de registros y variables disponibles sobre los tiempos de izaje. A continuación, el comando `bd_izaje.head(5)` muestra las primeras cinco filas de este DataFrame, permitiendo una rápida inspección de la estructura y contenido de los datos de izaje, asegurando que se han cargado correctamente y tienen el formato esperado.

De manera similar, el comando `bd_loc.shape` se utiliza para verificar las dimensiones del DataFrame `bd_loc`, proporcionando información sobre el número de registros y variables relacionados con los tiempos de operación de las locomotoras. Este paso es crucial para confirmar que se cuenta con suficientes datos para realizar un análisis exhaustivo. Finalmente, el comando `bd_loc.head(5)` muestra las primeras cinco filas del DataFrame de locomotoras, permitiendo una vista preliminar de estos datos. Esta inspección inicial es vital para asegurar que la información sobre las locomotoras se ha importado correctamente y está lista para el análisis detallado que se realizará en la tesis. Estos pasos iniciales de exploración y validación de datos son fundamentales para establecer una base sólida para el análisis posterior de los tiempos de demora y su impacto en la eficiencia operativa y los costos en la Unidad Minera SOTRAMI.

Figura 22
Vista de datos de Izaje

```
[ ] bd_izaje.shape
```

(81199, 30)

```
[ ] bd_izaje.head(5)
```

	FECHA	TURNO	GUARDIA	ZONA	WINCHE	NV. DEL WINCHE	H. INICIAL	H. FINAL	HORAS EJECUTADAS
0	2022-07-24	DIA	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0.0	8635.04	8639.23	4.19
1	2022-07-24	DIA	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0.0	8635.04	8639.23	4.19
2	2022-07-24	DIA	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0.0	8635.04	8639.23	4.19
3	2022-07-24	DIA	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0.0	8635.04	8639.23	4.19
4	2022-07-24	DIA	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0.0	8635.04	8639.23	4.19

5 rows x 30 columns

Fuente: Elaboración Propia

Figura 23

Vista de datos de Locomotoras

```
[ ] bd_loc.shape
```

(38571, 36)

```
[ ] bd_loc.head(5)
```

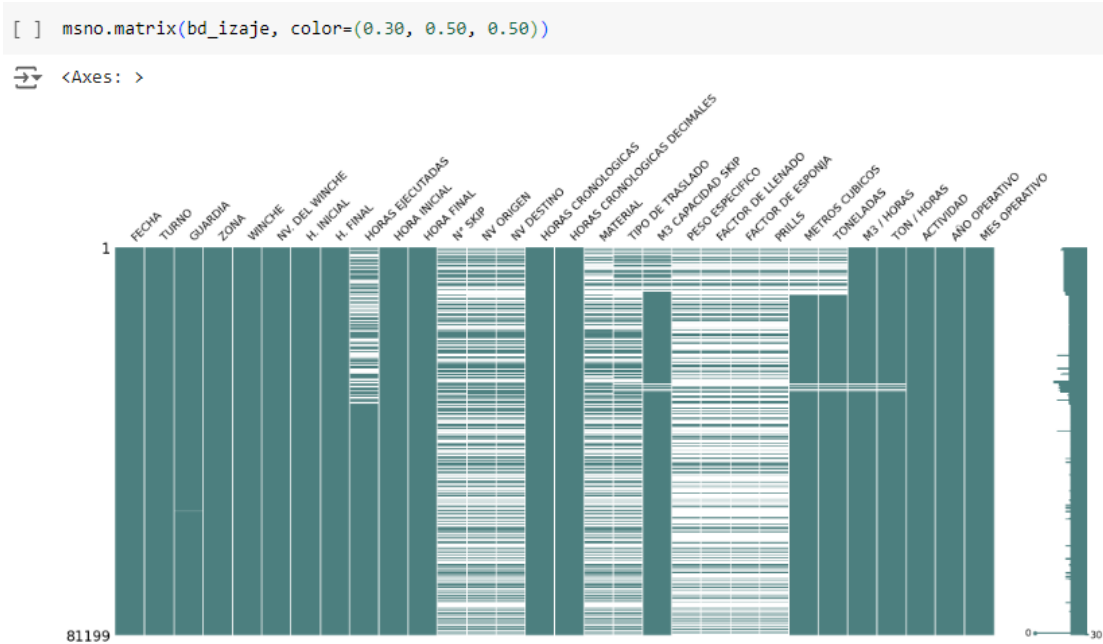
	AÑO	MES	SEMANA	FECHA	TURNO	GUARDIA	ZONA	Nº LOCOMOTORA	H. INICIAL
0	2022	Agosto	32.0	2022-08-07	Noche	C	Santa Rosa	L4 - Nv. 9	0.00
1	2022	Agosto	32.0	2022-08-11	Dia	A	Zona 23	L8 - Nv. 12	856.14
2	2022	Agosto	32.0	2022-08-11	Noche	C	Zona 23	L0 - Nv. 9	2020.00
3	2022	Agosto	33.0	2022-08-13	Dia	B	Zona 23	L8 - Nv. 12	89132.00
4	2022	Setiembre	36.0	2022-09-05	Dia	A	Santa Rosa	L4 - Nv. 9	3501.00

5 rows x 36 columns

Fuente: Elaboración Propia

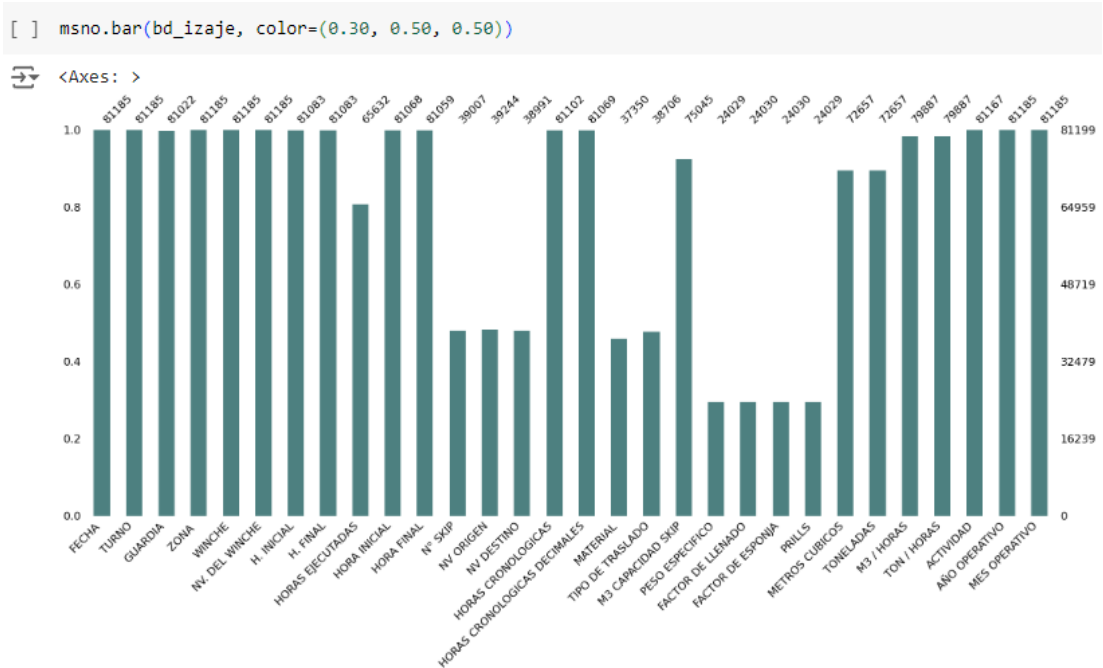
En el análisis de datos para la tesis sobre la estimación de tiempos de demora en el sistema de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI, se emplean varias herramientas de visualización para examinar la calidad de los datos. El comando `msno.matrix(bd_izaje, color=(0.30, 0.50, 0.50))` se utiliza para generar una matriz de visualización que muestra la distribución de los datos faltantes en el DataFrame `bd_izaje`. Este gráfico ayuda a identificar patrones de ausencias y a entender mejor la integridad de los datos de `izaje`. A continuación, el comando `msno.bar(bd_izaje, color=(0.30, 0.50, 0.50))` crea un gráfico de barras que resume la cantidad de datos faltantes en cada columna del mismo DataFrame, proporcionando una vista más directa y cuantitativa de las ausencias.

Figura 24
Vista de datos de faltantes por Izaje



Fuente: Elaboración Propia

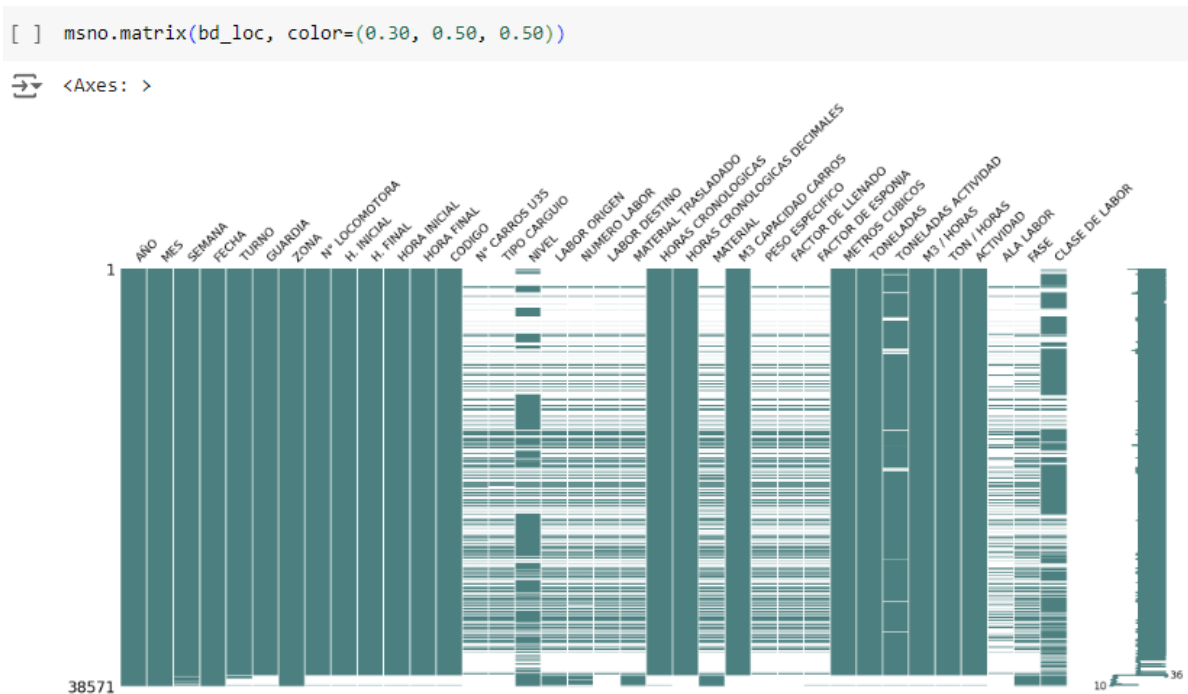
Figura 25
Vista de datos de faltantes por Izaje en columnas



Fuente: Elaboración Propia

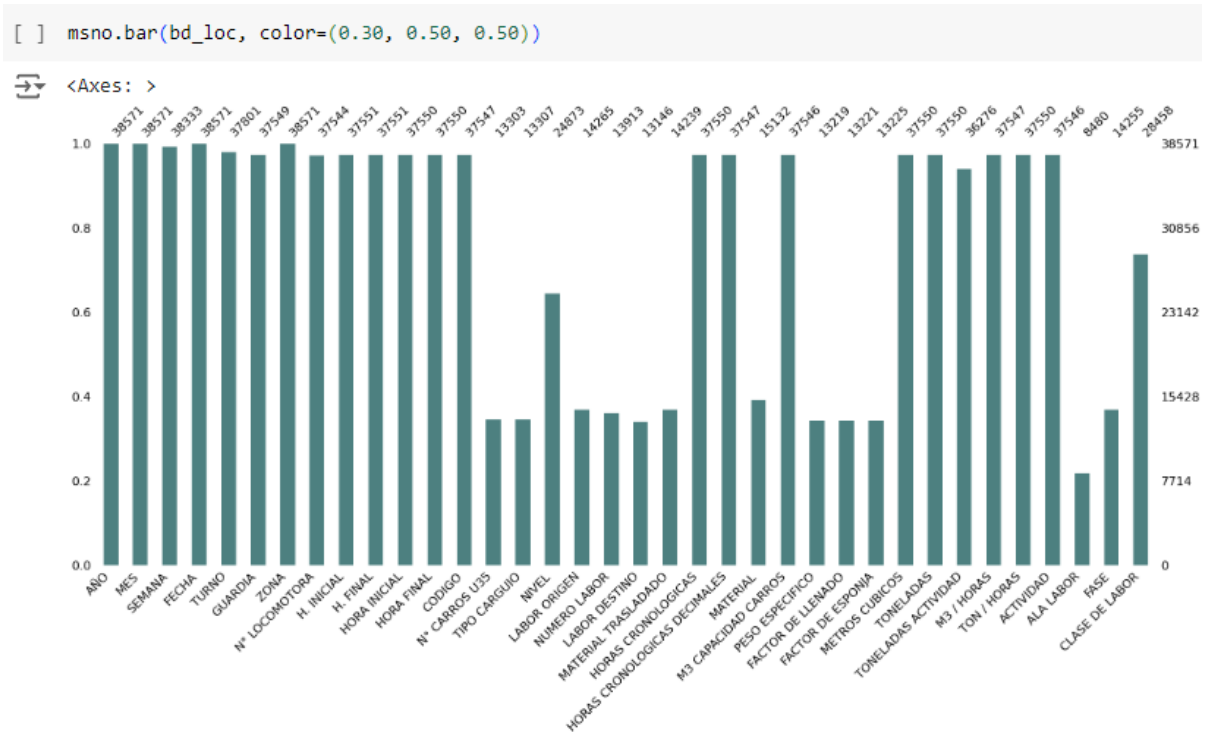
De manera similar, el comando `msno.matrix(bd_loc, color=(0.30, 0.50, 0.50))` se aplica para visualizar la matriz de datos faltantes en el DataFrame `bd_loc`, que contiene información sobre los tiempos de operación de las locomotoras. Este gráfico es crucial para detectar y comprender cualquier deficiencia en la colección de datos relacionados con las locomotoras. Finalmente, el comando `msno.bar(bd_loc, color=(0.30, 0.50, 0.50))` genera un gráfico de barras para el DataFrame `bd_loc`, ofreciendo una representación clara de la cantidad de datos faltantes por columna. Estas visualizaciones iniciales son esenciales para evaluar la calidad de los datos antes de proceder con análisis más profundos, asegurando que los datos utilizados en la tesis sean completos y fiables para el estudio de los tiempos de demora y su impacto en la eficiencia y los costos operativos en la Unidad Minera SOTRAMI.

Figura 26
Vista de datos de faltantes por Locomotoras



Fuente: Elaboración Propia

Figura 27
Vista de datos de faltantes por Locomotoras en columnas



Fuente: Elaboración Propia

El siguiente código es fundamental para la tesis sobre la estimación de tiempos de demora en el sistema de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI, ya que permite identificar y manejar valores atípicos en los datos, asegurando así la calidad y precisión del análisis.

Primero, se seleccionan las columnas cuantitativas de los DataFrames **bd_izaje** y **bd_loc**. Esto se realiza utilizando **select_dtypes(include=[np.number])**, que filtra las columnas que contienen datos numéricos. Estas columnas se almacenan en el DataFrame **bd_l_cuantitativas**.

La función porcentaje_outlier(data, columna) se utiliza para calcular el porcentaje de valores atípicos (outliers) en una columna específica de un DataFrame. Primero, calcula el rango intercuartil (IQR) de la columna, que es la diferencia entre el tercer cuartil (75%) y el primer cuartil (25%). Luego, determina los límites superior e inferior para los outliers, que se calculan sumando 1.5 veces el IQR al tercer cuartil y restando 1.5 veces el IQR al primer cuartil, respectivamente.

La función cuenta el número de outliers que se encuentran fuera de estos límites y calcula el porcentaje de outliers en relación con el total de datos en la columna. Este porcentaje se imprime y se devuelve junto con los límites superior e inferior.

El ciclo **for columna in bd_l_cuantitativas**: aplica la función porcentaje_outlier a cada columna cuantitativa en el DataFrame bd_izaje y bd_loc, proporcionando una visión detallada de la presencia de outliers en los datos relacionados con el izaje y las locomotoras.

La función **reemplazar_por_mediana(x, limite_superior, limite_inferior, mediana)** se emplea para reemplazar los valores atípicos por la mediana de la columna. Si un valor de la columna es mayor que el límite superior o menor que el límite inferior, se reemplaza por la mediana; de lo contrario, se mantiene el valor original. Este enfoque asegura que los valores extremos no distorsionen el análisis, mejorando la robustez de los resultados.

En conjunto, estas funciones son esenciales para preparar los datos antes del análisis principal, permitiendo manejar de manera efectiva los outliers en los datos de tiempos de demora, y asegurando que las conclusiones de la tesis sean precisas y confiables.

Figura 28
Código para tener el porcentaje de datos atípicos

```
[ ] bd_l_cuantitativas = bd_izaje[[x for x in bd_izaje.select_dtypes(include=[np.number]).columns ]]
```

```
def porcentaje_outlier(data, columna):  
    rango_intercuartil = data[columna].quantile(.75) - data[columna].quantile(.25)  
    limite_superior = data[columna].quantile(.75) + 1.5*rango_intercuartil  
    limite_inferior = data[columna].quantile(.25) - 1.5*rango_intercuartil  
    outliers_count = data[(data[columna]>limite_superior)|(data[columna]<limite_inferior)].shape[0]  
    print('Porcentaje de outliers en ', columna, ': ', np.round(outliers_count*100/data.shape[0],2), '%')  
    return limite_superior, limite_inferior, np.round(outliers_count*100/data.shape[0],2)  
for columna in bd_l_cuantitativas:  
    porcentaje_outlier(bd_izaje, columna)  
def reemplazar_por_mediana(x, limite_superior, limite_inferior, mediana):  
    if (x>limite_superior)|(x<limite_inferior):  
        return mediana  
    else:  
        return x
```

Fuente: Elaboración Propia

Figura 29

Porcentaje de datos atípicos por izaje

Porcentaje de outliers en	NV. DEL WINCHE :	9.71 %
Porcentaje de outliers en	H. INICIAL :	0.75 %
Porcentaje de outliers en	H. FINAL :	0.69 %
Porcentaje de outliers en	HORAS EJECUTADAS :	3.01 %
Porcentaje de outliers en	Nº SKIP :	2.09 %
Porcentaje de outliers en	NV ORIGEN :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	NV DESTINO :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES :	9.08 %
Porcentaje de outliers en	M3 CAPACIDAD SKIP :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	PESO ESPECIFICO :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	FACTOR DE LLENADO :	3.3 %
Porcentaje de outliers en	FACTOR DE ESPONJA :	4.12 %
Porcentaje de outliers en	PRILLS :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	METROS CUBICOS :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	TONELADAS :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	M3 / HORAS :	4.07 %
Porcentaje de outliers en	TON / HORAS :	2.99 %
Porcentaje de outliers en	AÑO OPERATIVO :	0.0 %

Fuente: Elaboración Propia

Figura 30

Porcentaje de datos atípicos por locomotoras

Porcentaje de outliers en	AÑO :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	SEMANA :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	H. INICIAL :	21.42 %
Porcentaje de outliers en	H. FINAL :	21.52 %
Porcentaje de outliers en	CODIGO :	4.64 %
Porcentaje de outliers en	Nº CARROS U35 :	1.7 %
Porcentaje de outliers en	NIVEL :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES :	8.55 %
Porcentaje de outliers en	M3 CAPACIDAD CARROS :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	PESO ESPECIFICO :	0.01 %
Porcentaje de outliers en	FACTOR DE LLENADO :	0.01 %
Porcentaje de outliers en	FACTOR DE ESPONJA :	0.01 %
Porcentaje de outliers en	METROS CUBICOS :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	TONELADAS :	0.01 %
Porcentaje de outliers en	TONELADAS ACTIVIDAD :	8.29 %
Porcentaje de outliers en	M3 / HORAS :	4.27 %
Porcentaje de outliers en	TON / HORAS :	4.05 %

Fuente: Elaboración Propia

El código presentado se enfoca en la identificación y tratamiento de outliers en las columnas numéricas del DataFrame `bd_izaje`, lo cual es crucial para asegurar la precisión en el análisis de los tiempos de demora en la Unidad Minera SOTRAMI.

La función `tratar_outlier(df, columna)` se utiliza para manejar los outliers de diferentes maneras según su porcentaje en los datos:

- **Cálculo de límites y porcentaje de outliers:** Se obtienen el límite superior, el límite inferior y el porcentaje de outliers en la columna especificada utilizando la función `porcentaje_outlier(df, columna)`. Esto ayuda a determinar si la cantidad de outliers es significativa.
- **Reemplazo de outliers con la mediana:** Si el porcentaje de outliers es menor al 5% pero mayor a 0%, se calcula la mediana de la columna. Luego, se reemplazan los valores que están fuera de los límites superior e inferior con la mediana utilizando una función `lambda`. Este enfoque mantiene la integridad de la mayoría de los datos mientras trata adecuadamente los outliers.
- **Ajuste de valores extremos al percentil 98:** Si el porcentaje de outliers es igual o mayor al 5%, se calcula el percentil 98 de la columna y se reemplazan los valores que exceden este percentil con el valor del percentil 98. Esto ayuda a limitar la influencia de valores extremadamente altos en el análisis.
- **Retorno del DataFrame modificado:** En ambos casos, se retorna el DataFrame con los valores ajustados.

Luego, se aplica la función `tratar_outlier` a cada columna numérica del DataFrame `bd_izaje`:

- **Aplicación a bd_izaje:** Utilizando un loop for, se itera sobre cada columna en bd_l_cuantitativas (que contiene las columnas numéricas). Para cada columna, se llama a tratar_outlier(bd_izaje, columna), lo cual ajusta los outliers según la lógica definida.
- **Reevaluación de outliers:** Después de tratar los outliers, se vuelve a calcular el porcentaje de outliers en cada columna para evaluar el impacto del tratamiento aplicado.

En conjunto, este proceso asegura que los datos utilizados para analizar los tiempos de demora sean más representativos y menos sesgados por valores extremos, mejorando así la precisión y confiabilidad de los resultados de la tesis sobre el sistema de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI.

Figura 31

Código para tratar el porcentaje de datos atípicos

```
def tratar_outlier(df, columna):
    limite_superior,limite_inferior, porcentaje = porcentaje_outlier(df, columna)
    if (porcentaje<5)&(porcentaje>0):
        mediana = df[columna].median()
        df[columna] = df[columna].apply(lambda x: reemplazar_por_mediana(x,limite_superior,limite_inferior,mediana))
        return df
    elif (porcentaje>=5):
        percentil_98 = df[columna].quantile(.98)
        df[columna] = df[columna].apply(lambda x: percentil_98 if x>percentil_98 else x)
        return df
    else:
        return df
for columna in bd_l_cuantitativas:
    telco_churn = tratar_outlier(bd_izaje, columna)
for columna in bd_l_cuantitativas:
    porcentaje_outlier(bd_izaje, columna)
```

Fuente: Elaboración Propia

Figura 32

Porcentaje de datos atípicos tratados por izaje

Porcentaje de outliers en	NV. DEL WINCHE :	9.71 %
Porcentaje de outliers en	H. INICIAL :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	H. FINAL :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	HORAS EJECUTADAS :	0.08 %
Porcentaje de outliers en	Nº SKIP :	1.39 %
Porcentaje de outliers en	NV ORIGEN :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	NV DESTINO :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES :	9.08 %
Porcentaje de outliers en	M3 CAPACIDAD SKIP :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	PESO ESPECIFICO :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	FACTOR DE LLENADO :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	FACTOR DE ESPONJA :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	PRILLS :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	METROS CUBICOS :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	TONELADAS :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	M3 / HORAS :	16.73 %
Porcentaje de outliers en	TON / HORAS :	8.92 %
Porcentaje de outliers en	AÑO OPERATIVO :	0.0 %

Fuente: Elaboración Propia

Figura 33

Porcentaje de datos atípicos tratados por locomotoras

Porcentaje de outliers en	AÑO :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	SEMANA :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	H. INICIAL :	21.42 %
Porcentaje de outliers en	H. FINAL :	21.52 %
Porcentaje de outliers en	CODIGO :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	Nº CARROS U35 :	1.23 %
Porcentaje de outliers en	NIVEL :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES :	8.55 %
Porcentaje de outliers en	M3 CAPACIDAD CARROS :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	PESO ESPECIFICO :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	FACTOR DE LLENADO :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	FACTOR DE ESPONJA :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	METROS CUBICOS :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	TONELADAS :	0.0 %
Porcentaje de outliers en	TONELADAS ACTIVIDAD :	8.29 %
Porcentaje de outliers en	M3 / HORAS :	4.32 %
Porcentaje de outliers en	TON / HORAS :	3.64 %

Fuente: Elaboración Propia

El siguiente código es esencial ya que proporciona visualizaciones detalladas de los datos, lo cual facilita la identificación de patrones y outliers.

Primero, se crean figuras (**figtres**) de tamaño 15x15 para los gráficos de caja, que son útiles para visualizar la distribución de las columnas numéricas y detectar posibles outliers. Las columnas numéricas del DataFrame **bd_izaje** se seleccionan y se plotean como gráficos de caja en subplots organizados en una disposición de 5x5. El mismo proceso se repite para el DataFrame **bd_loc**, asegurando que las visualizaciones cubran todas las actividades relacionadas con el izaje y el acarreo por locomotoras.

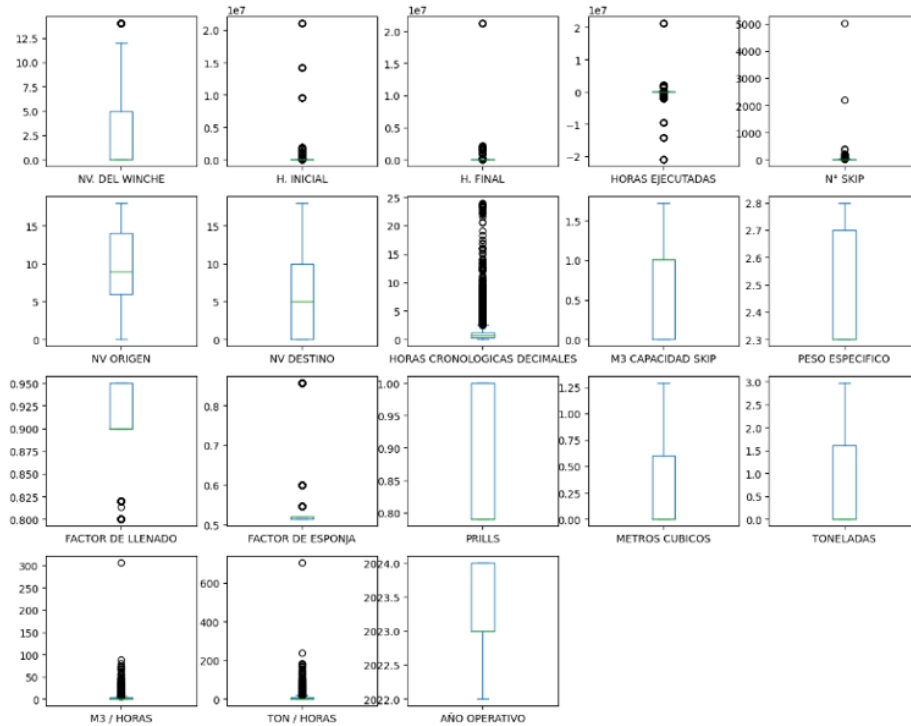
En la siguiente gráfica se puede observar la comparación de los resultados de los análisis previos al tratado de datos atípicos y el post tratado, lado izquierdo y derecho respectivamente.

Figura 34

Diagramas de caja pre y post análisis de datos para izaje

```
figtres = plt.figure(figsize=(15,15))
axtres = figtres.gca()
# Select only the numeric columns and then plot
bd_izaje[bd_l_cuantitativas.columns].plot(ax = axtres, kind = "box", subplots = True,
                                         layout = (5,5), sharex = False)
plt.show()
```

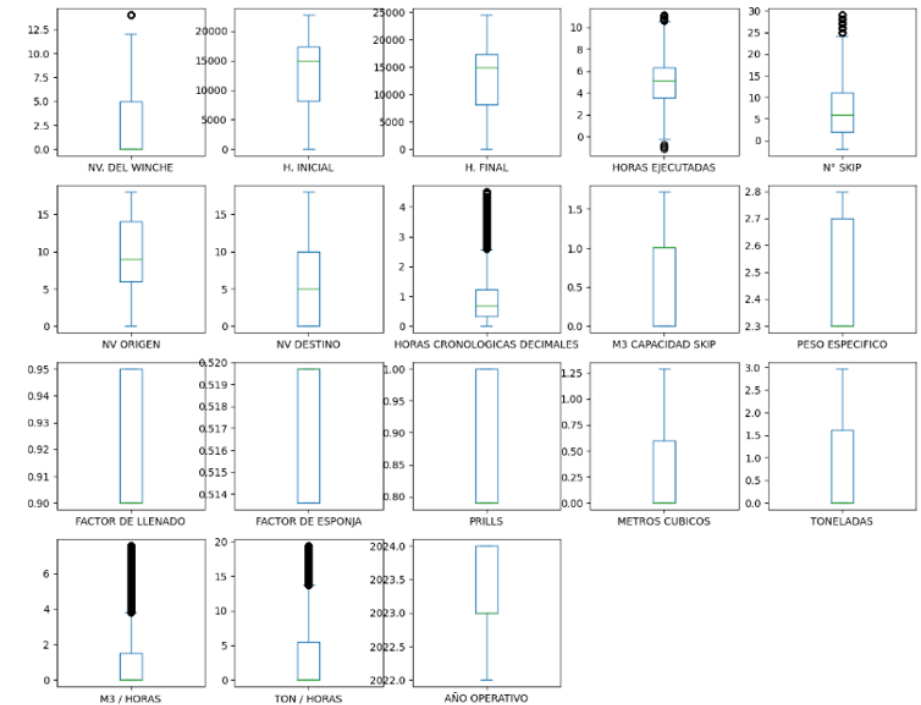
<ipython-input-10-c3eca92cbcaa>:4: UserWarning: To output multiple subplots, the figure containing the passed axes
bd_izaje[bd_l_cuantitativas.columns].plot(ax = axtres, kind = "box", subplots = True, layout = (5,5), sharex = F



```
figtres = plt.figure(figsize=(15,15))
axtres = figtres.gca()
# Select only the numeric columns and then plot
bd_izaje[bd_l_cuantitativas.columns].plot(ax = axtres, kind = "box", subplots = True,
                                         layout = (5,5), sharex = False)
plt.show()
```

<ipython-input-16-c3eca92cbcaa>:4: UserWarning:

To output multiple subplots, the figure containing the passed axes is being cleared.



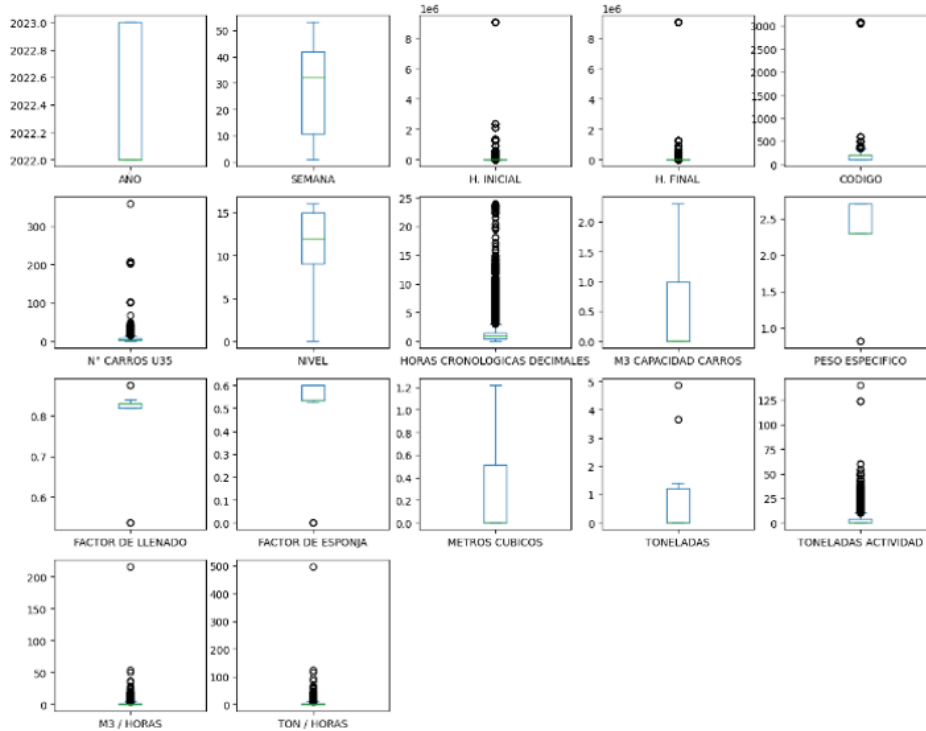
Fuente: Elaboración Propia

Figura 35

Diagramas de caja pre y post análisis de datos para locomotoras

```
figres = plt.figure(figsize=(15,15))
axtres = figres.gca()
# Select only the numeric columns and then plot
bd_loc[bd_loc.columns].plot(ax = axtres, kind = "box", subplots = True,
                             layout = (5,5), sharex = False)
plt.show()
```

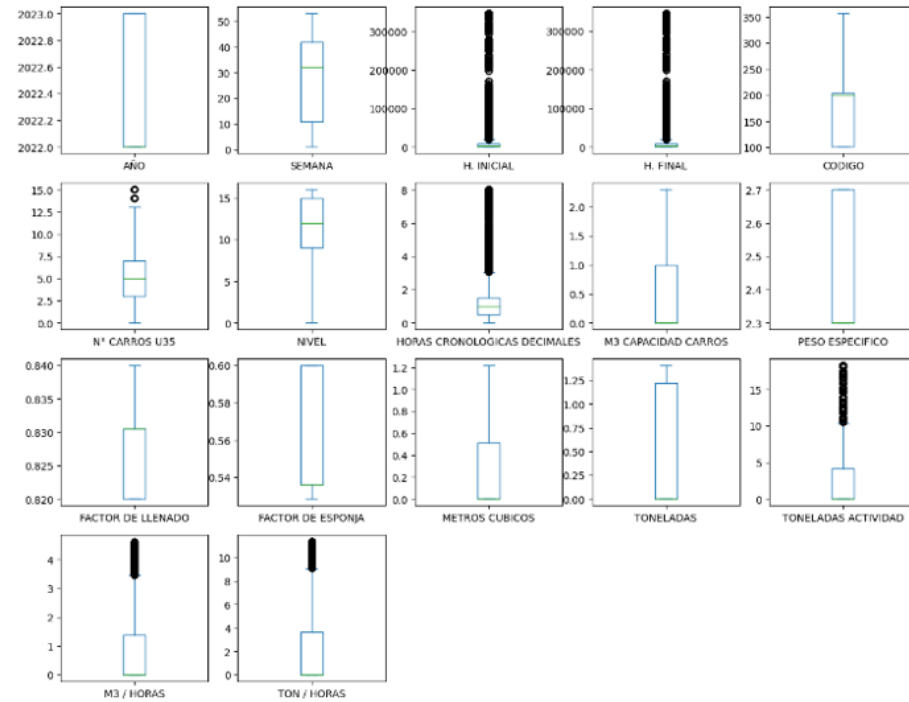
<ipython-input-10-369a12bf1f00>:4: UserWarning: To output multiple subplots, the figure containing the passed axes
bd_loc[bd_loc.columns].plot(ax = axtres, kind = "box", subplots = True, layout = (5,5), sharex = Fals



```
figtres = plt.figure(figsize=(15,15))
axtres = figtres.gca()
# Select only the numeric columns and then plot
bd_loc[bd_loc.columns].plot(ax = axtres, kind = "box", subplots = True,
                             layout = (5,5), sharex = False)
plt.show()
```

<ipython-input-16-369a12bf1f00>:4: UserWarning:

To output multiple subplots, the figure containing the passed axes is being cleared.



Fuente: Elaboración Propia

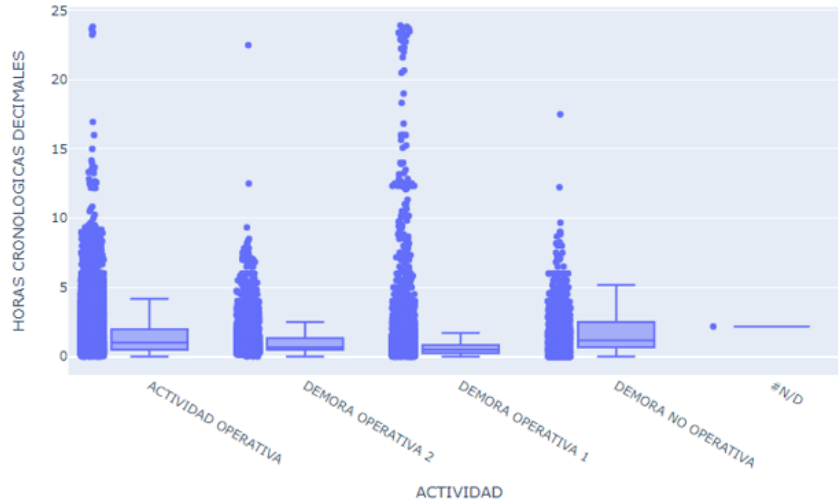
Luego, se utilizan gráficos de caja interactivos creados con Plotly Express (**fig1**), que muestran la distribución de las "HORAS CRONOLÓGICAS DECIMALES" por "ACTIVIDAD". Estos gráficos permiten una inspección detallada de cómo varía el tiempo empleado en diferentes actividades, tanto en el izaje como en el acarreo por locomotoras.

En la siguiente gráfica se puede observar la comparación de los resultados de los análisis previos al tratamiento de datos atípicos y el post tratamiento, lado izquierdo y derecho respectivamente.

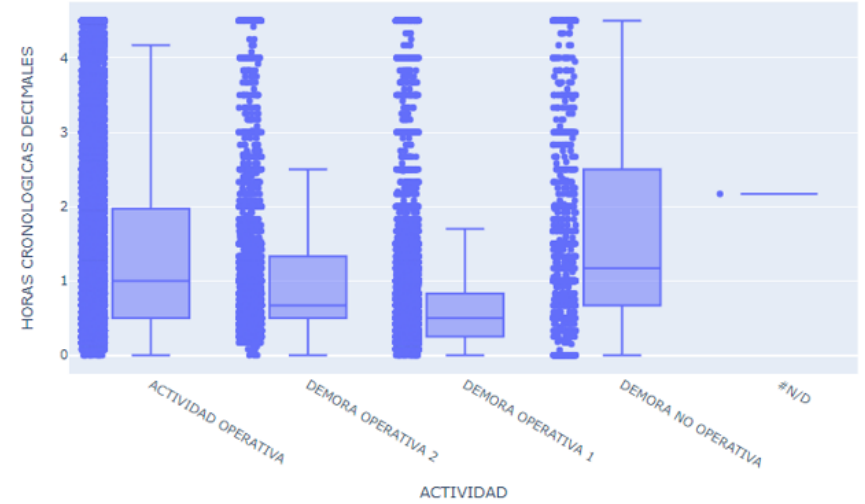
Figura 36

Diagramas de caja y dispersión, pre y post análisis de tiempos de demora para izaje

```
fig1 = px.box(bd_izaje, x="ACTIVIDAD", y="HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES", points="all")  
fig1.show()
```



```
fig2 = px.box(bd_izaje, x="ACTIVIDAD", y="HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES", points="all")  
fig2.show()
```

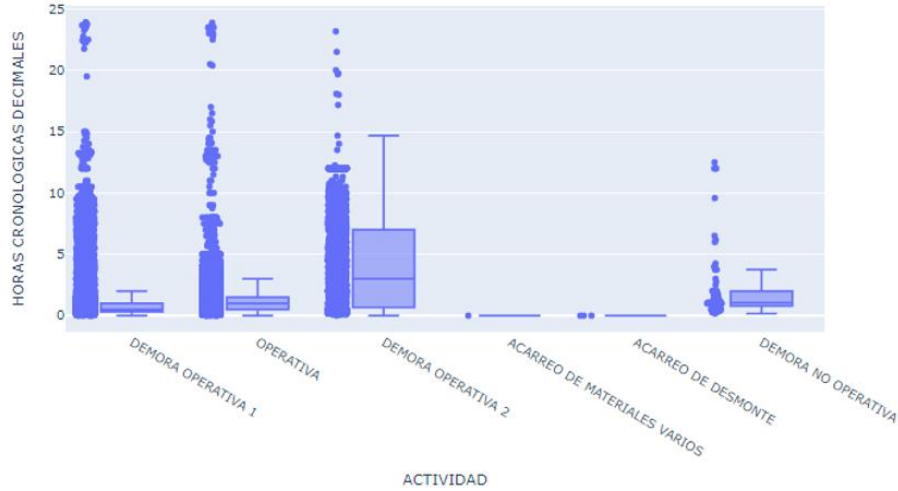


Fuente: Elaboración Propia

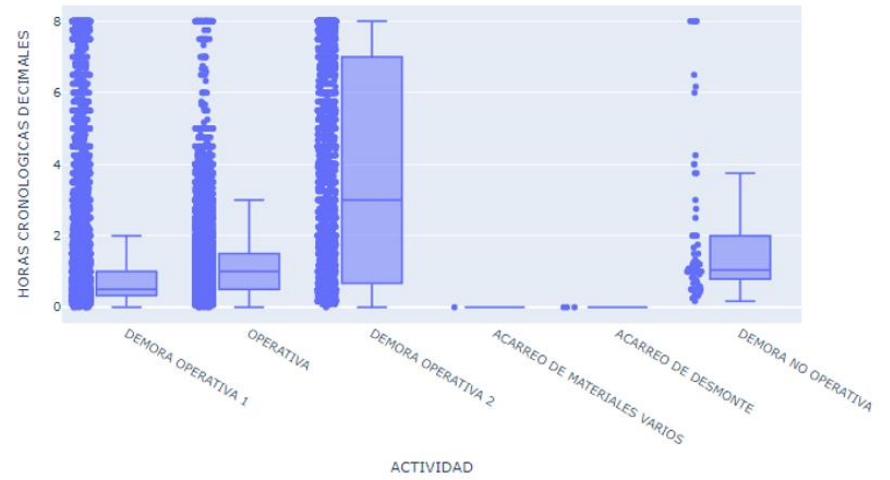
Figura 37

Diagramas de caja y dispersión, pre y post análisis de tiempos de demora para locomotoras

```
fig1 = px.box(bd_loc, x="ACTIVIDAD", y="HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES", points="all")  
fig1.show()
```



```
fig2 = px.box(bd_loc, x="ACTIVIDAD", y="HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES", points="all")  
fig2.show()
```



Fuente: Elaboración Propia

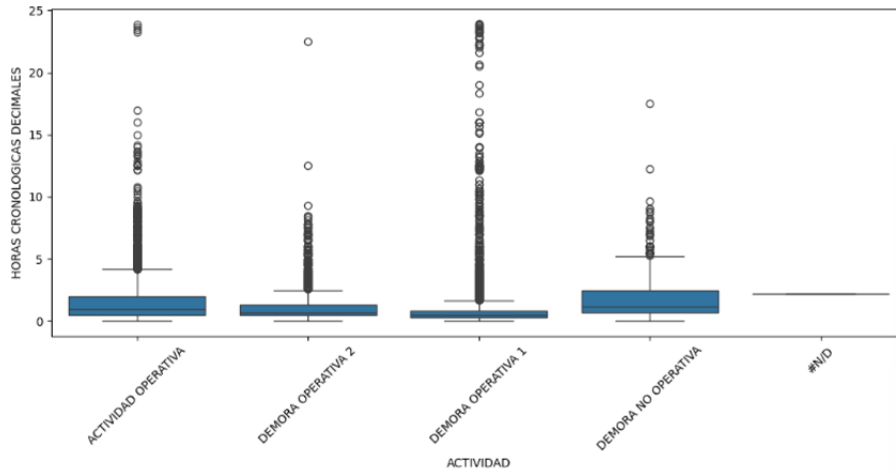
Adicionalmente, se crean gráficos de caja con Seaborn (**sns.boxplot**), que también muestran la distribución de las "HORAS CRONOLÓGICAS DECIMALES" por "ACTIVIDAD". Estos gráficos están configurados para rotar las etiquetas del eje x 45 grados, facilitando la lectura de las actividades.

En la siguiente gráfica se puede observar la comparación de los resultados de los análisis previos al tratamiento de datos atípicos y el post tratamiento, lado izquierdo y derecho respectivamente.

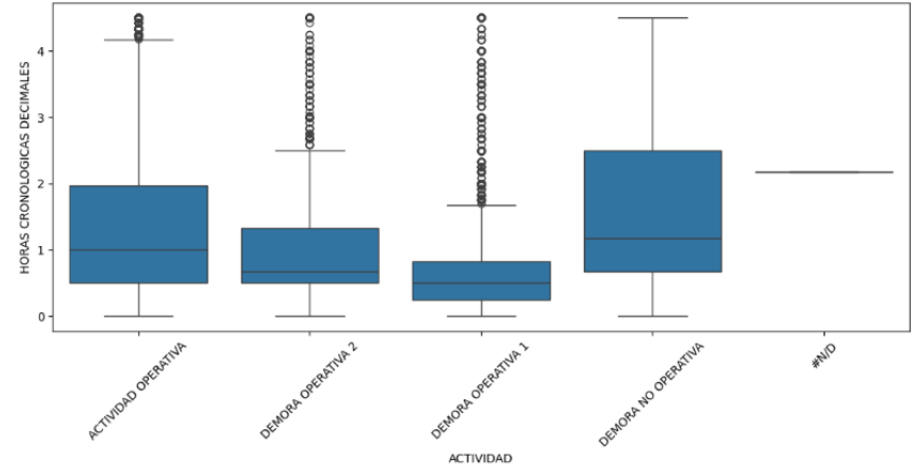
Figura 38

Diagramas de caja pre y post análisis de tiempos de demora para izaje

```
plt.figure(figsize=(13, 5))  
sns.boxplot(x="ACTIVIDAD",y="HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES", data = bd_izaje)  
plt.xticks(rotation=45)  
plt.show()
```



```
plt.figure(figsize=(13, 5))  
sns.boxplot(x="ACTIVIDAD",y="HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES", data = bd_izaje)  
plt.xticks(rotation=45)  
plt.show()
```

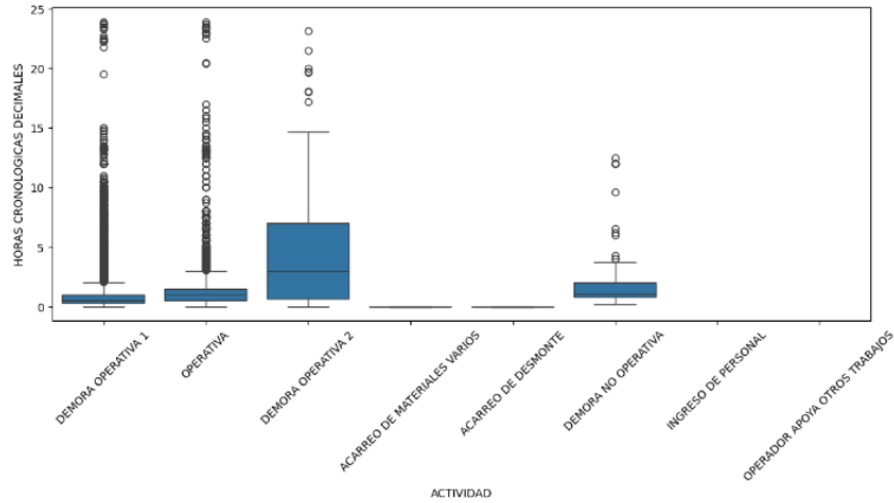


Fuente: Elaboración Propia

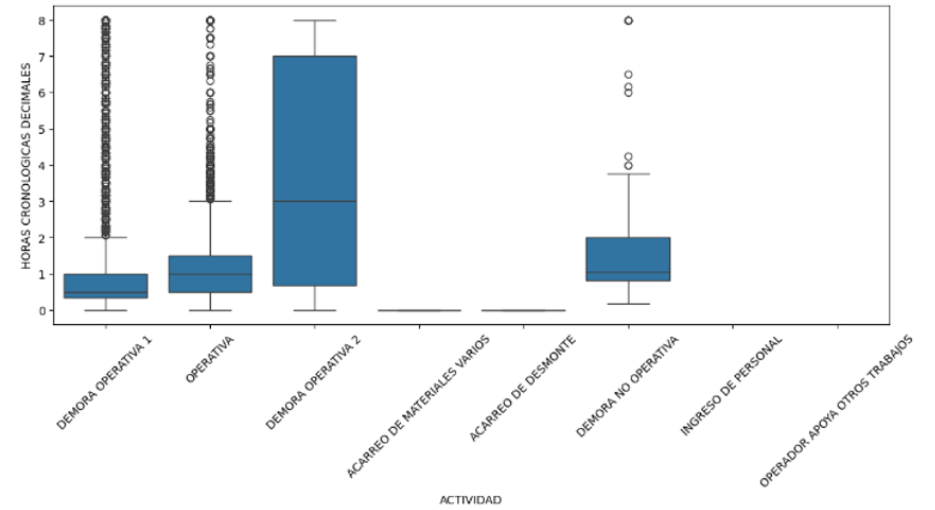
Figura 39

Diagramas de caja pre y post análisis de tiempos de demora para locomotoras

```
plt.figure(figsize=(13, 5))  
sns.boxplot(x="ACTIVIDAD",y="HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES", data = bd_loc)  
plt.xticks(rotation=45)  
plt.show()
```



```
plt.figure(figsize=(13, 5))  
sns.boxplot(x="ACTIVIDAD",y="HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES", data = bd_loc)  
plt.xticks(rotation=45)  
plt.show()
```



Fuente: Elaboración Propia

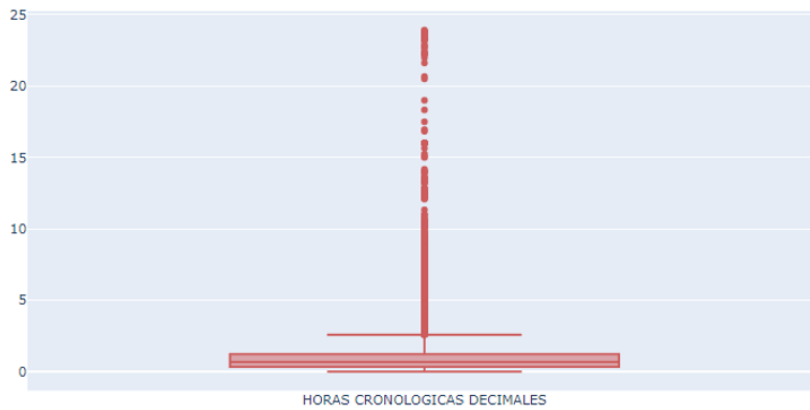
Se agregan trazas de gráficos de caja utilizando Plotly Graph Objects (**go.Figure()**). Estos gráficos presentan la distribución de las "HORAS CRONOLÓGICAS DECIMALES" para `bd_izaje` y `bd_loc`, destacando los valores outliers en un color específico (`indianred`).

En la siguiente gráfica se puede observar la comparación de los resultados de los análisis previos al tratamiento de datos atípicos y el post tratamiento, lado izquierdo y derecho respectivamente.

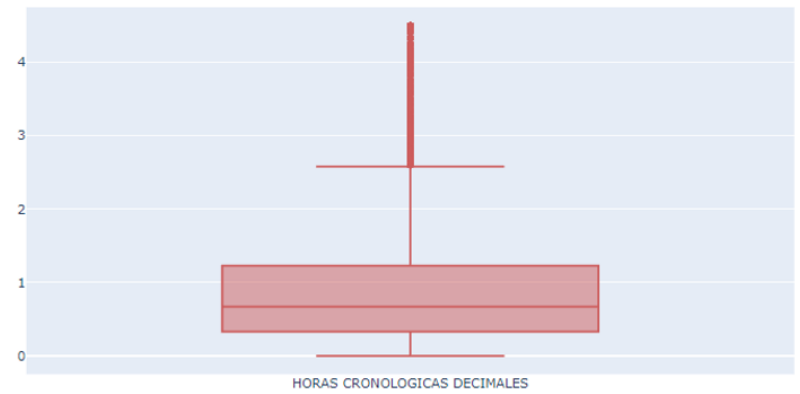
Figura 40

Diagramas de caja pre y post análisis de la variable de horas para izaje

```
y9 = bd_izaje["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]  
fig = go.Figure()  
fig.add_trace(go.Box(y=y9, name='HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES',marker_color = 'indianred' ))  
fig.show()
```



```
y9 = bd_izaje["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]  
fig = go.Figure()  
fig.add_trace(go.Box(y=y9, name='HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES',  
marker_color = 'indianred' ))  
fig.show()
```

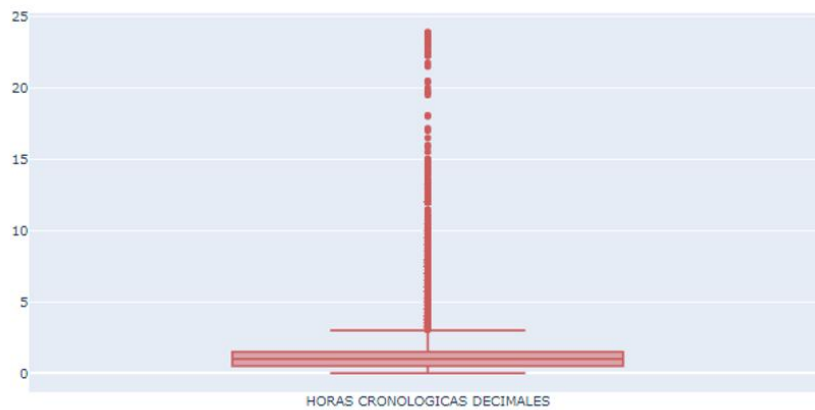


Fuente: Elaboración Propia

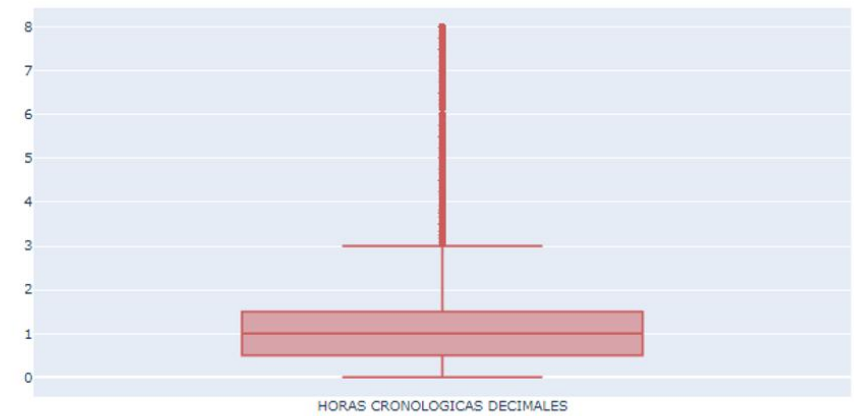
Figura 41

Diagramas de caja pre y post análisis de la variable de horas para locomotoras

```
y9 = bd_loc["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]  
fig = go.Figure()  
fig.add_trace(go.Box(y=y9, name='HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES',  
                    marker_color = 'indianred' ))  
fig.show()
```



```
y9 = bd_loc["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]  
fig = go.Figure()  
fig.add_trace(go.Box(y=y9, name='HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES',marker_color = 'indianred' ))  
fig.show()
```



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se crean histogramas (figone) para las columnas numéricas de `bd_izaje` y `bd_loc`, con figuras de tamaño 20x20 y subplots organizados en una disposición de 5x4. Los histogramas ayudan a visualizar la distribución y frecuencia de los datos, lo cual es crucial para comprender los tiempos de demora y su impacto en el proceso de acarreo y izaje.

En la siguiente gráfica se puede observar la comparación de los resultados de los análisis previos al tratado de datos atípicos y el post tratado, lado izquierdo y derecho respectivamente.

Figura 42
Histograma pre y post análisis para izaje

```
figone = plt.figure(figsize= (20,20))
axone = figone.gca()
bd_izaje[bd_l_cuantitativas.columns].hist(ax = axone, layout = (5,4))
plt.show()
```

<ipython-input-14-5ead688cece1>:3: UserWarning:
 To output multiple subplots, the figure containing the passed axes is being cleared.



```
figone = plt.figure(figsize= (20,20))
axone = figone.gca()
bd_izaje[bd_l_cuantitativas.columns].hist(ax = axone, layout = (5,4))
plt.show()
```

<ipython-input-20-5ead688cece1>:3: UserWarning:
 To output multiple subplots, the figure containing the passed axes is being cleared.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 43

Histograma pre y post análisis para locomotoras

```
figone = plt.figure(figsize= (20,20))
axone = figone.gca()
bd_loc[bd_1_cuantitativas.columns].hist(ax = axone, layout = (5,4))
plt.show()
```

<ipython-input-14-71f3e864b8c7>:3: UserWarning:

To output multiple subplots, the figure containing the passed axes is being cleared.



```
figone = plt.figure(figsize= (20,20))
axone = figone.gca()
bd_loc[bd_1_cuantitativas.columns].hist(ax = axone, layout = (5,4))
plt.show()
```

<ipython-input-20-71f3e864b8c7>:3: UserWarning:

To output multiple subplots, the figure containing the passed axes is being cleared.



Fuente: Elaboración Propia

En conjunto, estas visualizaciones son fundamentales para el análisis detallado de los tiempos de demora en la Unidad Minera SOTRAMI, proporcionando una base sólida para identificar patrones, detectar outliers y proponer mejoras en los procesos operativos.

4.3.3. CORRELACIONES EN LOS DATOS

En el análisis del rendimiento y eficiencia del sistema de acarreo de la Unidad Minera SOTRAMI, es crucial comprender cómo las diferentes variables del proceso de izaje y el uso de locomotoras se relacionan entre sí. La identificación de patrones y relaciones entre estas variables puede revelar factores clave que influyen en los tiempos de demora y, en última instancia, en la productividad de la mina. Para lograr este objetivo, este capítulo se centra en el análisis de correlación de los datos recolectados de los procesos de izaje y transporte por locomotoras.

Los datos obtenidos de los sistemas de izaje y locomotoras en SOTRAMI presentan características no paramétricas, es decir, no siguen una distribución normal. Esta naturaleza no paramétrica de los datos implica que los métodos tradicionales de correlación, como el coeficiente de Pearson, no son adecuados. En su lugar, se ha optado por utilizar la correlación de Spearman, que es más robusta y adecuada para datos no paramétricos.

La correlación de Spearman evalúa la fuerza y dirección de la relación monotónica entre dos variables. A diferencia del coeficiente de Pearson, que mide la relación lineal, Spearman se basa en los rangos de los datos, lo que lo hace ideal para este análisis. Al aplicar la correlación de Spearman, podremos identificar las variables que están más fuertemente relacionadas con los tiempos de demora y otros indicadores de rendimiento en el sistema de acarreo.

En este capítulo, se llevará a cabo un análisis detallado de la correlación entre las diversas variables de los procesos de izaje y locomotoras. Se presentarán los coeficientes de correlación de Spearman para todas las combinaciones de variables, proporcionando una visión clara de las

interdependencias y posibles causas subyacentes de ineficiencias. Este análisis nos permitirá no solo comprender mejor las dinámicas operativas de SOTRAMI, sino también identificar áreas críticas donde se pueden implementar mejoras para optimizar el flujo de mineral y reducir los costos operativos.

Para poder relacionar los datos obtenidos del sistema de izaje y del uso de locomotoras en la Unidad Minera SOTRAMI y evaluar cómo estas variables interactúan entre sí, se realizó un análisis de correlación utilizando el método de Spearman. A continuación, se describen brevemente las diferentes partes del código que implementa este análisis.

Primero, se genera una figura de gran tamaño (20x20) para visualizar la matriz de correlación de Spearman de las columnas numéricas en el conjunto de datos de izaje. La función `sns.heatmap` se utiliza para crear un mapa de calor que muestra los coeficientes de correlación entre las variables numéricas del conjunto de datos de izaje, con anotaciones para facilitar la interpretación visual de las correlaciones.

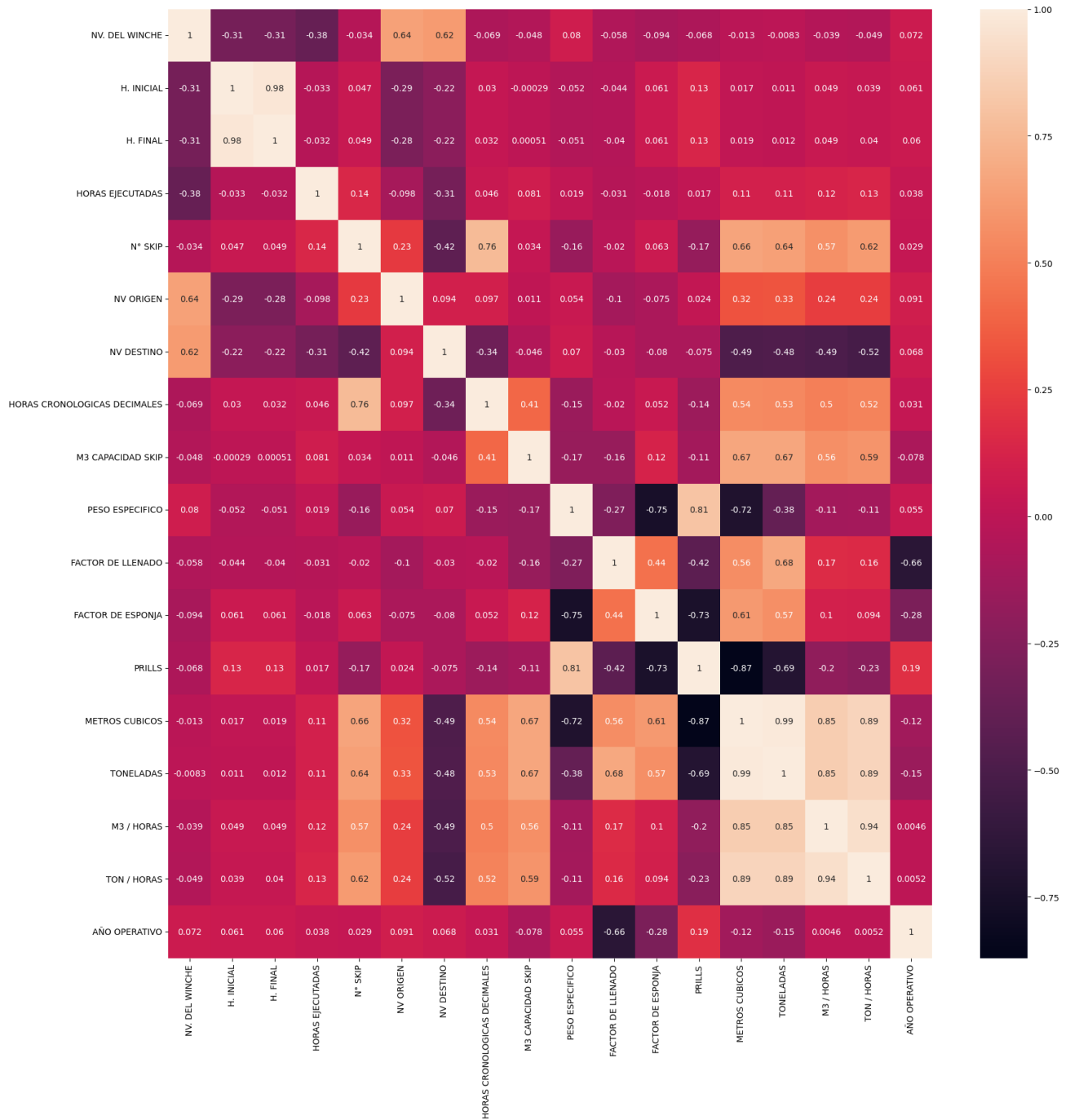
Figura 44

Código a emplear para matriz general de correlación por spearman para izaje

```
plt.figure(figsize=(20, 20))
sns.heatmap(bd_izaje[bd_l_cuantitativas.columns].corr(method="spearman"), annot=True)
```

Fuente: Elaboración Propia

Figura 45
Matriz general de correlación por spearman para izaje



Fuente: Elaboración Propia

Luego, se selecciona un subconjunto de variables relevantes del conjunto de datos de izaje para un análisis más detallado de sus correlaciones. Estas variables incluyen aspectos como las

horas cronológicas decimales, la capacidad del skip en metros cúbicos, el peso específico, y otros factores operativos importantes.

Figura 46

Código a emplear para datos específicos de correlación por spearman para izaje

```
bd_l_corr = bd_izaje[["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES", 'M3 CAPACIDAD SKIP',  
                    'PESO ESPECIFICO', 'FACTOR DE LLENADO',  
                    'FACTOR DE ESPONJA', 'PRILLS', 'METROS CUBICOS', 'TONELADAS',  
                    'M3 / HORAS', 'TON / HORAS', 'AÑO OPERATIVO']]
```

Fuente: Elaboración Propia

Se genera otra figura de tamaño considerable (15x15) para visualizar la matriz de correlación de Spearman para este subconjunto de variables. Nuevamente, se utiliza un mapa de calor para mostrar las relaciones entre estas variables clave.

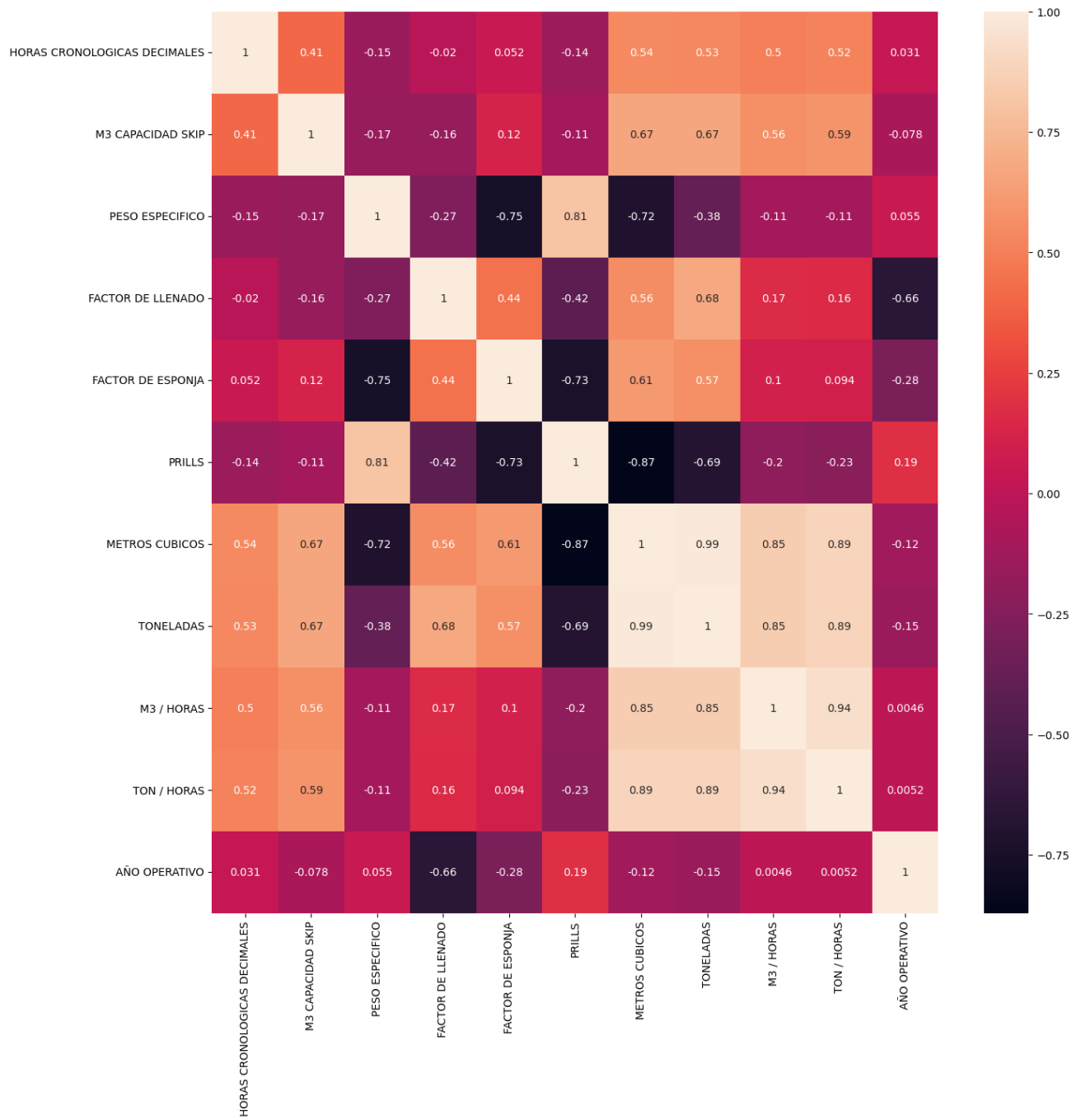
Figura 47

Código a emplear para matriz específica de correlación por spearman para izaje

```
plt.figure(figsize=(15, 15))  
sns.heatmap(bd_l_corr.corr(method="spearman"), annot=True)
```

Fuente: Elaboración Propia

Figura 48
Matriz específica de correlación por spearman para izaje



Fuente: Elaboración Propia

De manera similar, se crea otra figura de tamaño 15x15 para visualizar la matriz de correlación de Spearman de las columnas numéricas en el conjunto de datos de las locomotoras, mostrando cómo estas variables interactúan entre sí.

Figura 49

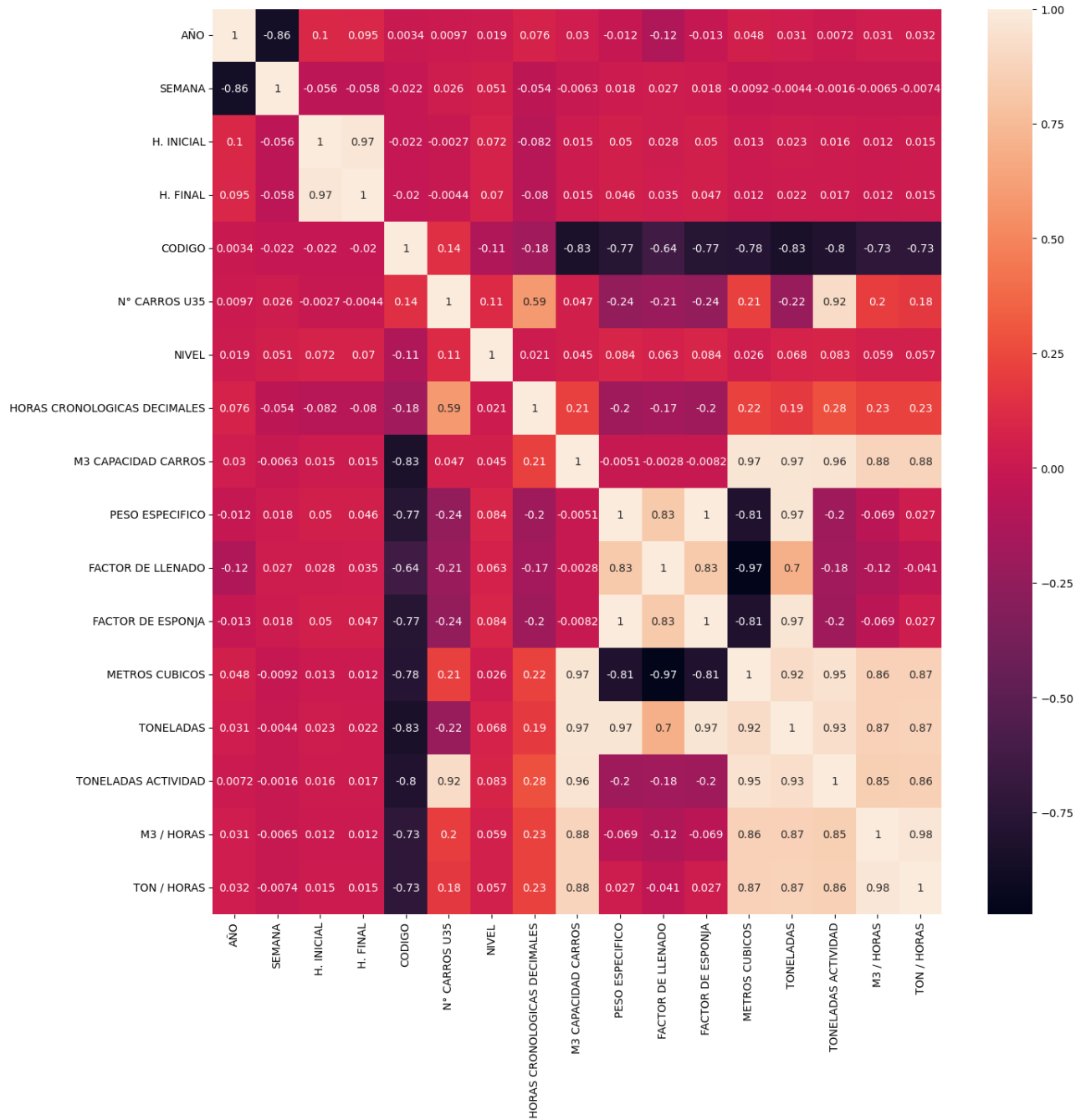
Código a emplear para matriz general de correlación por spearman para locomotoras

```
plt.figure(figsize=(15, 15))
sns.heatmap(bd_loc[bd_l_cuantitativas.columns].corr(method="spearman"), annot=True)
```

Fuente: Elaboración Propia

Figura 50

Matriz general de correlación por spearman para locomotoras



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se selecciona un subconjunto de variables relevantes del conjunto de datos de locomotoras para un análisis más detallado. Estas variables incluyen las horas cronológicas decimales, la capacidad de los carros en metros cúbicos, y otros factores operativos cruciales.

Figura 51

Código a emplear para datos específicos de correlación por spearman para locomotoras

```
bd_l_corr = bd_loc[["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES", 'M3 CAPACIDAD CARROS',  
                  'METROS CUBICOS', 'TONELADAS',  
                  'TONELADAS ACTIVIDAD', 'M3 / HORAS', 'TON / HORAS']]
```

Fuente: Elaboración Propia

Se genera una última figura de tamaño 15x15 para visualizar la matriz de correlación de Spearman para este subconjunto de variables del conjunto de datos de locomotoras.

Figura 52

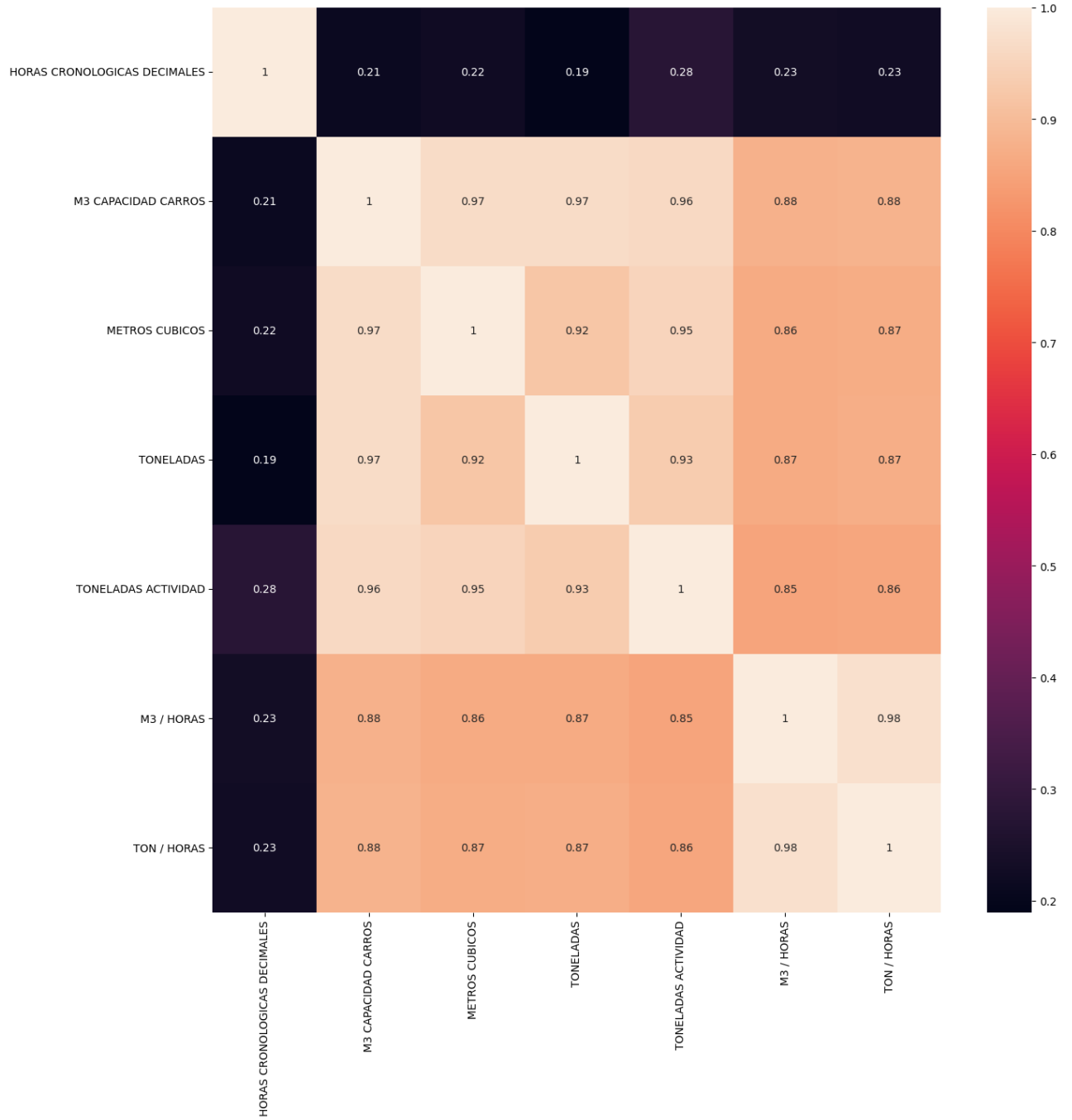
Código a emplear para matriz específica de correlación por spearman para locomotoras

```
plt.figure(figsize=(15, 15))  
sns.heatmap(bd_l_corr.corr(method="spearman"), annot=True)
```

Fuente: Elaboración Propia

Figura 53

Matriz específica de correlación por spearman para locomotoras



Fuente: Elaboración Propia

Este análisis de correlación permite identificar patrones y relaciones entre las variables clave en los procesos de izaje y transporte por locomotoras, proporcionando una base sólida para

entender los factores que influyen en los tiempos de demora y la eficiencia operativa en la Unidad Minera SOTRAMI.

4.3.4. ANÁLISIS DE T STUDENT

En el marco de nuestra investigación sobre la eficiencia operativa en la Unidad Minera SOTRAMI, es fundamental evaluar cómo los distintos tipos de tiempos de actividad afectan el desempeño del sistema de izaje. Este capítulo se dedica al análisis de los datos cualitativos relacionados con los tipos de tiempos, específicamente aquellos contenidos en la columna "ACTIVIDAD". Para lograr este objetivo, se aplicó un análisis de t-student, una herramienta estadística que nos permite comparar las medias de dos grupos y determinar si existen diferencias significativas entre ellos.

El código comienza identificando los valores únicos en la columna "ACTIVIDAD" de los datos de izaje, revelando categorías como 'ACTIVIDAD OPERATIVA', 'DEMORA OPERATIVA 2', 'DEMORA OPERATIVA 1', 'DEMORA NO OPERATIVA', '#N/D' y 'nan'. Luego, se agrupan las horas cronométricas decimales para cada tipo de actividad en diferentes variables: grup1 para actividad operativa, grup2 para demora operativa 2, grup3 para demora operativa 1, grup4 para demora no operativa, grup5 para datos no definidos y grup6 para valores nulos.

Se determina la cantidad de registros en cada grupo, destacando que grup1, grup2, grup3 y grup4 tienen una cantidad significativa de datos, mientras que grup5 y grup6 son casi inexistentes. Luego, se calculan la varianza, la desviación estándar y la media para cada grupo, proporcionando un análisis descriptivo inicial de la dispersión y centralidad de los datos.

La homogeneidad de varianza se prueba usando el test de Levene, comparando grup1 con grup4 y grup2 con grup3. Sin embargo, el resultado es nan para ambos casos, lo que sugiere la

necesidad de revisar los datos o los supuestos del test. A continuación, se realiza el test de t-student para comparar las medias de los grupos grup1 con grup2 y grup3 con grup6. Nuevamente, los resultados son nan, lo que indica posibles problemas con los datos o el proceso de cálculo.

Finalmente, se presentan las hipótesis del test de t-student: la hipótesis nula (H_0) establece que las medias de los grupos son iguales, mientras que la hipótesis alternativa (H_a) sostiene que son diferentes. En ambos casos, se concluye que, debido a los valores nan, no se puede determinar la igualdad o diferencia de las medias de los grupos analizados.

Todo esto se refleja en las siguientes gráficas que evidencian el código usado.

Figura 54

Código para las bases del análisis de T student para izaje

```
bd_izaje["ACTIVIDAD"].unique()

array(['ACTIVIDAD OPERATIVA', 'DEMORA OPERATIVA 2', 'DEMORA OPERATIVA 1',
      'DEMORA NO OPERATIVA', '#N/D', nan], dtype=object)

grup1 = bd_izaje[bd_izaje["ACTIVIDAD"]=="ACTIVIDAD OPERATIVA"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]
grup2 = bd_izaje[bd_izaje["ACTIVIDAD"]=="DEMORA OPERATIVA 2"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]
grup3 = bd_izaje[bd_izaje["ACTIVIDAD"]=="DEMORA OPERATIVA 1"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]
grup4 = bd_izaje[bd_izaje["ACTIVIDAD"]=="DEMORA NO OPERATIVA"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]
grup5 = bd_izaje[bd_izaje["ACTIVIDAD"]=="#N/D"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]
grup6 = bd_izaje[bd_izaje["ACTIVIDAD"]=="nan"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]

grup1.shape, grup2.shape, grup3.shape, grup4.shape, grup5.shape, grup6.shape

((44165,), (2905,), (33292,), (795,), (10,), (0,))

grup1.var(), grup1.std(), grup1.mean()

(1.3151170269728913, 1.1467855191677698, 1.3373908669374817)

grup2.var(), grup2.std(), grup2.mean()

(0.9781864925830559, 0.9890331099528751, 1.0743616287094548)

grup3.var(), grup3.std(), grup3.mean()

(0.2581797081894628, 0.5081138732503402, 0.5860464603985182)

grup4.var(), grup4.std(), grup4.mean()

(1.898721143481774, 1.3779409071080566, 1.7030943396226415)

grup5.var(), grup5.std(), grup5.mean()

(nan, nan, 2.17)

grup6.var(), grup6.std(), grup6.mean()

(nan, nan, nan)
```

Fuente: Elaboración Propia

Figura 55

Código el análisis de T student para izaje

```
#PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA
#H0 = las varianzas de los grupos son iguales
#ha = las varianzas de los grupos son diferentes
from scipy.stats import levene

#viendo los valores de la varianza vemos que se aproxima los grup1 y grup2
#viendo los valores de la varianza vemos que se aproxima los grup3 y grup6

resultado_1 = levene(grup1, grup4)
resultado_1

LeveneResult(statistic=nan, pvalue=nan)

resultado_2 = levene(grup2, grup3)
resultado_2

LeveneResult(statistic=nan, pvalue=nan)

# a = 0.05
# pvalue > a : Se acepta la hipotesis nula
# pvalue < a : Se acepta la hipotesis alterna
# en ambos casos el p valor es menor que 0.05 por ende se concluye que la varianza de ambos grupos son iguales

#PRUEBA DE t student
#H0 = las media de los grupos son iguales
#ha = las media de los grupos son diferentes

from scipy.stats import ttest_ind
res_1 = ttest_ind(grup1, grup2)
res_1

TtestResult(statistic=nan, pvalue=nan, df=nan)

res_1 = ttest_ind(grup3, grup6)
res_1

TtestResult(statistic=nan, pvalue=nan, df=nan)

# a = 0.05
# pvalue > a : Se acepta la hipotesis nula
# pvalue < a : Se acepta la hipotesis alterna
# en ambos casos el p valor es menor que 0.05 por ende se concluye que la media de ambos grupos son iguales
```

Fuente: Elaboración Propia

El código comienza identificando los valores únicos en la columna "ACTIVIDAD" de los datos de locomotoras, revelando categorías como 'DEMORA OPERATIVA 1', 'OPERATIVA',

'DEMORA OPERATIVA 2', entre otras. Luego, se agrupan las horas cronométricas decimales para cada tipo de actividad en diferentes variables: `grup1` para demora operativa 1, `grup2` para operativa, `grup3` para demora operativa 2, `grup4` para acarreo de materiales varios, `grup5` para acarreo de desmonte, `grup6` para demora no operativa, `grup7` para ingreso de personal y `grup8` para operador apoya otros trabajos.

Se determina la cantidad de registros en cada grupo, destacando que `grup1`, `grup2` y `grup3` tienen una cantidad significativa de datos, mientras que los otros grupos tienen pocos o ningún dato. Luego, se calculan la varianza, la desviación estándar y la media para cada grupo, proporcionando un análisis descriptivo inicial de la dispersión y centralidad de los datos.

La homogeneidad de varianza se prueba usando el test de Levene, comparando `grup1` con `grup2` y `grup3` con `grup6`. Los resultados indican que para `grup1` y `grup2` la hipótesis nula no se rechaza, sugiriendo que las varianzas son iguales. Sin embargo, para `grup3` y `grup6`, se rechaza la hipótesis nula, indicando que las varianzas son diferentes.

Finalmente, se realiza el test de t-student para comparar las medias de los grupos `grup1` con `grup2` y `grup3` con `grup6`. En ambos casos, los resultados muestran p-valores significativamente menores que 0.05, lo que lleva a rechazar la hipótesis nula y concluir que las medias de los grupos comparados son diferentes.

Todo esto se refleja en las siguientes gráficas que evidencian el código usado.

Figura 56

Código para las bases del análisis de *T student* para locomotoras

```
bd_loc["ACTIVIDAD"].unique()

array(['DEMORA OPERATIVA 1', nan, 'OPERATIVA', 'DEMORA OPERATIVA 2',
      'ACARREO DE MATERIALES VARIOS', 'ACARREO DE DESMONTE',
      'DEMORA NO OPERATIVA', 'INGRESO DE PERSONAL',
      'OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS'], dtype=object)

grup1 = bd_loc[bd_loc["ACTIVIDAD"]=="DEMORA OPERATIVA 1"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]
grup2 = bd_loc[bd_loc["ACTIVIDAD"]=="OPERATIVA"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]
grup3 = bd_loc[bd_loc["ACTIVIDAD"]=="DEMORA OPERATIVA 2"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]
grup4 = bd_loc[bd_loc["ACTIVIDAD"]=="ACARREO DE MATERIALES VARIOS"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]
grup5 = bd_loc[bd_loc["ACTIVIDAD"]=="ACARREO DE DESMONTE"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]
grup6 = bd_loc[bd_loc["ACTIVIDAD"]=="DEMORA NO OPERATIVA"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]
grup7 = bd_loc[bd_loc["ACTIVIDAD"]=="INGRESO DE PERSONAL"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]
grup8 = bd_loc[bd_loc["ACTIVIDAD"]=="OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS"]["HORAS CRONOLOGICAS DECIMALES"]

grup1.shape, grup2.shape, grup3.shape, grup4.shape, grup5.shape, grup6.shape, grup7.shape, grup8.shape

((16649,), (17661,), (3157,), (1,), (3,), (72,), (1,), (2,))

grup1.var(), grup1.std(), grup1.mean()

(1.879490440689813, 1.3709450903263096, 0.9999489458826355)

grup2.var(), grup2.std(), grup2.mean()

(1.0335312498352802, 1.0166273898706844, 1.2223220655682012)

grup3.var(), grup3.std(), grup3.mean()

(8.787668247638479, 2.964400149716377, 3.6903135888501746)

grup4.var(), grup4.std(), grup4.mean()

(nan, nan, 0.0)

grup5.var(), grup5.std(), grup5.mean()

(0.0, 0.0, 0.0)

grup6.var(), grup6.std(), grup6.mean()

(5.051515316901408, 2.2475576337218603, 2.0787500000000003)

grup7.var(), grup7.std(), grup7.mean()

(nan, nan, nan)

grup8.var(), grup8.std(), grup8.mean()

(nan, nan, nan)
```

Fuente: Elaboración Propia

Figura 57

Código el análisis de *T* student para locomotoras

```
#PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA
#H0 = las varianzas de los grupos son iguales
#ha = las varianzas de los grupos son diferentes
from scipy.stats import levene

#viendo los valores de la varianza vemos que se aproxima los grup1 y grup2
#viendo los valores de la varianza vemos que se aproxima los grup3 y grup6

resultado_1 = levene(grup1, grup2)
resultado_1

LeveneResult(statistic=0.5363486746710263, pvalue=0.46395490882983215)

resultado_2 = levene(grup3, grup6)
resultado_2

LeveneResult(statistic=51.20747877603577, pvalue=1.0240021144013614e-12)

# a = 0.05
# pvalue > a : Se acepta la hipotesis nula
# pvalue < a : Se acepta la hipotesis alterna
# en ambos casos el p valor es menor que 0.05 por ende se concluye que la varianza de ambos grupos son iguales

#PRUEBA DE t student
#H0 = las media de los grupos son iguales
#ha = las media de los grupos son diferentes

from scipy.stats import ttest_ind
res_1 = ttest_ind(grup1, grup2)
res_1

TtestResult(statistic=-17.131087809822393, pvalue=1.6309763159521696e-65, df=34308.0)

res_1 = ttest_ind(grup3, grup6)
res_1

TtestResult(statistic=4.582694990053396, pvalue=4.7642259252666705e-06, df=3227.0)

# a = 0.05
# pvalue > a : Se acepta la hipotesis nula
# pvalue < a : Se acepta la hipotesis alterna
# en ambos casos el p valor es menor que 0.05 por ende se concluye que la media de ambos grupos son iguales
```

Fuente: Elaboración Propia

4.3.5. COMPORTAMIENTO DEL TIEMPO DE DEMORA

Luego de conocer las relaciones de que existen en los datos y el estudio estadístico relacionado a los tiempos de los mismos es necesario conocer una interpretación del comportamiento de los tiempos de demora, voy a desglosar cada una y ofrecer un análisis cuantitativo y cualitativo basado en las posibles variables presentadas en los gráficos de izaje y locomotoras.

Gráfica: "HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y TURNO"

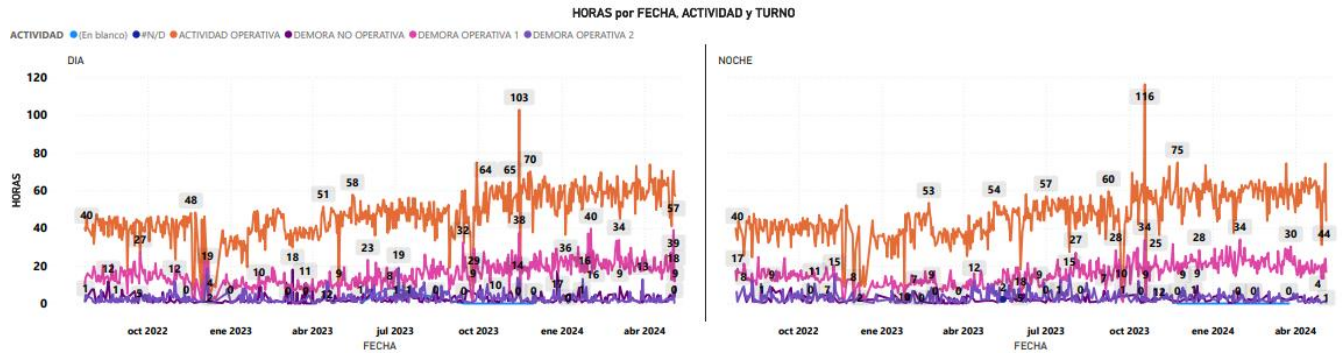
La primera gráfica ofrece una visión general de las horas trabajadas categorizadas por fecha, actividad y turno (día y noche). Los datos muestran fluctuaciones significativas en la cantidad de horas trabajadas en actividades operativas y no operativas a lo largo del tiempo. En octubre de 2022, se observa un pico notable en las horas de actividad operativa durante el turno diurno, alcanzando aproximadamente 103 horas. En contraste, las horas de actividad operativa durante el turno nocturno son significativamente menores, con un máximo de alrededor de 57 horas en el mismo mes.

A medida que avanzamos hacia enero de 2023, hay una disminución notable en las horas de actividad operativa diurna, que se reducen a aproximadamente 40 horas. Este valor se mantiene relativamente constante hasta abril de 2023, lo que sugiere una estabilización en la carga de trabajo diurna. Sin embargo, en julio de 2023, se observa un incremento considerable en la actividad nocturna, alcanzando alrededor de 64 horas, mientras que el turno diurno presenta aproximadamente 70 horas. Este aumento podría indicar una reestructuración operativa o un cambio en la demanda de trabajo nocturno.

Las demoras operativas y no operativas también presentan variaciones significativas a lo largo del año. Las demoras operativas 1 y 2 experimentan un aumento durante los meses de enero

y abril de 2024, alcanzando picos que podrían reflejar desafíos operativos específicos en esos períodos. Estos datos sugieren que hubo interrupciones o ineficiencias que afectaron las operaciones, lo cual es crucial para el análisis y la planificación futura.

Figura 58
HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y TURNO para izaje



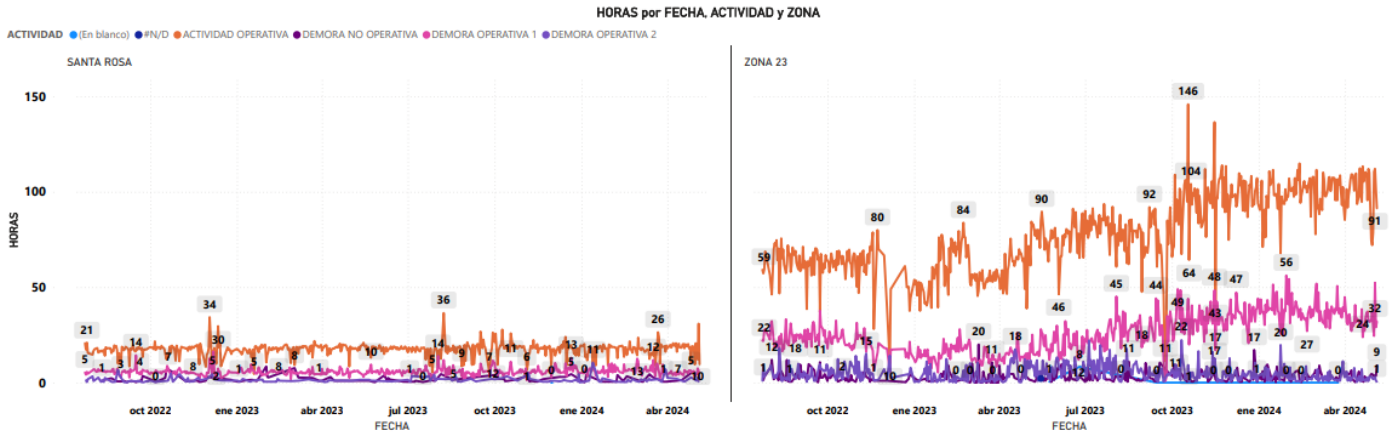
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica: "HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y ZONA"

La segunda gráfica se centra en la distribución de horas trabajadas según la fecha, la actividad y la zona, con un enfoque específico en Santa Rosa Zona 23. En esta zona, la actividad operativa muestra picos significativos en fechas particulares. En enero de 2023, las horas operativas alcanzan un máximo de aproximadamente 146 horas, lo que indica un periodo de alta actividad. En contraste, en octubre de 2022, la actividad operativa es considerablemente menor, con alrededor de 58 horas, lo que podría reflejar una reducción temporal en las operaciones o una menor demanda de trabajo en esa zona.

Las demoras no operativas muestran un incremento considerable en enero de 2024, alcanzando aproximadamente 104 horas. Este aumento sugiere problemas logísticos o de planificación durante ese mes, que podrían haber impactado negativamente en la eficiencia operativa. La identificación de estos picos y valles es crucial para entender las dinámicas de trabajo en diferentes zonas y ajustar la planificación y los recursos en consecuencia.

Figura 59
HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y ZONA para izaje



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica: "HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y WINCHE"

Esta gráfica desglosa las horas trabajadas por fecha, actividad y tipo de winche. Diferentes ubicaciones, como BASE 4 - Nv. 7, BASE 4 - Superficie, y otros niveles, muestran variaciones en la cantidad de horas dedicadas a actividades operativas y demoras. Por ejemplo, en octubre de 2022, la BASE 4 - Superficie muestra un pico de actividad operativa con alrededor de 30 horas. En enero de 2023, la actividad en BASE 5 - Superficie alcanza aproximadamente 34 horas, indicando una alta demanda de trabajo en esas áreas específicas durante esos meses.

Las demoras operativas y no operativas también muestran fluctuaciones significativas. En varios momentos del año, las demoras alcanzan picos que pueden estar relacionados con problemas específicos en las operaciones de winche, como mantenimiento o fallos técnicos. Por ejemplo, en marzo de 2023, las demoras operativas en BASE 5 - Superficie alcanzan aproximadamente 24 horas, sugiriendo posibles interrupciones en el funcionamiento del equipo que impactaron en la eficiencia operativa. Estas variaciones son esenciales para comprender los desafíos específicos que enfrenta cada tipo de winche y planificar mejoras en el mantenimiento y la operación.

Gráfica: "HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y CLASE DE LABOR"

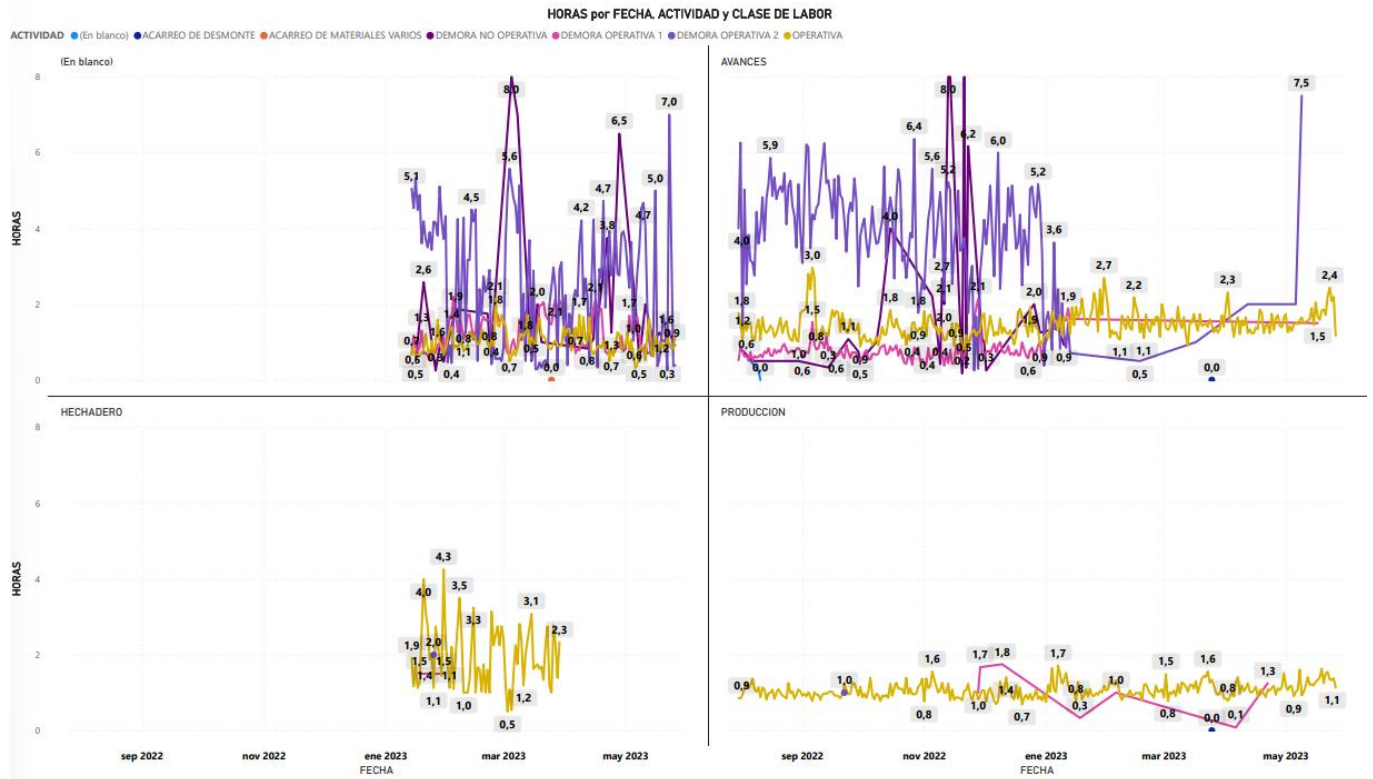
La cuarta gráfica detalla la distribución de horas trabajadas según la fecha, la actividad y la clase de labor, como avances, hechadero, y producción. La producción muestra un pico considerable en enero de 2023, con aproximadamente 28 horas dedicadas a esta actividad. Este aumento puede estar relacionado con un periodo de alta demanda o un proyecto específico que requirió un esfuerzo intensificado en la producción.

En octubre de 2022, las horas dedicadas a avances son más bajas, con aproximadamente 7 horas, mientras que la producción en el mismo mes muestra un valor mayor, alcanzando alrededor de 14 horas. Esta discrepancia sugiere que, durante ciertos periodos, la atención y los recursos pueden haberse desviado de los avances a la producción, posiblemente para cumplir con plazos de entrega o aumentar la salida de producción.

A lo largo del tiempo, se observan variaciones en las horas trabajadas en diferentes clases de labor, lo que puede reflejar cambios en las prioridades operativas o en la disponibilidad de recursos. Por ejemplo, en abril de 2024, las horas dedicadas a hechadero aumentan a aproximadamente 15 horas, lo que podría indicar un enfoque en la preparación y soporte de las operaciones principales durante ese periodo.

Figura 61

HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y CLASE DE LABOR para locomotoras



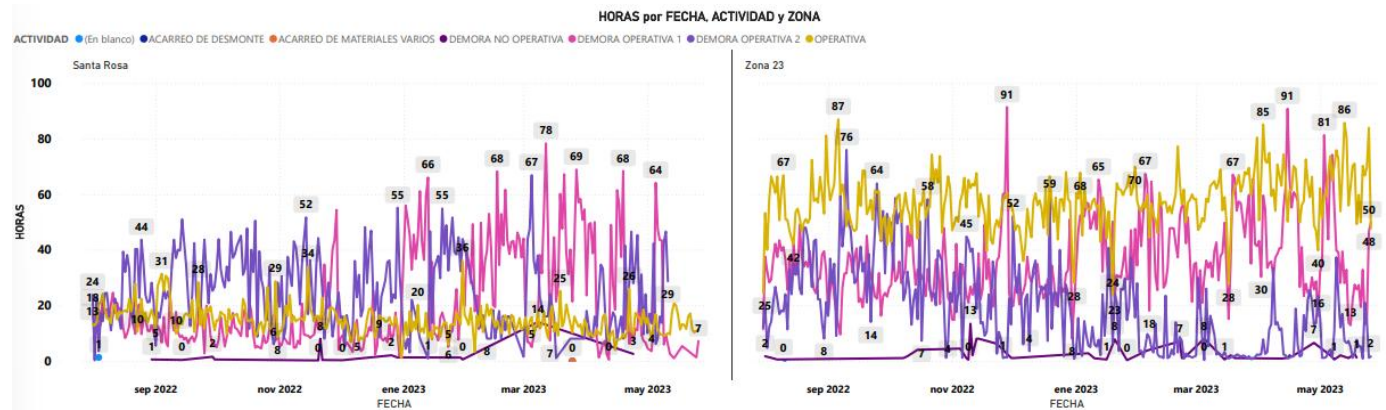
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica: "HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y ZONA (Santa Rosa Zona 23)"

Esta gráfica específica para Santa Rosa Zona 23 muestra la evolución de las horas trabajadas por fecha y actividad. La actividad operativa muestra picos en enero de 2023 y mayo de 2023, alcanzando cerca de 91 y 86 horas respectivamente. Estos picos sugieren periodos de alta actividad operativa, posiblemente debido a proyectos intensivos o aumentos en la demanda.

Las demoras operativas y no operativas varían significativamente. En marzo de 2023, las demoras operativas 2 alcanzan aproximadamente 78 horas, lo que indica interrupciones importantes en las operaciones. Identificar y analizar estos picos es crucial para comprender las causas subyacentes de las demoras y desarrollar estrategias para minimizar su impacto en el futuro.

Figura 62
HORAS por FECHA, ACTIVIDAD y ZONA (Santa Rosa Zona 23) para locomotoras



. Fuente: Elaboración Propia

4.4. ANÁLISIS DE COSTOS-BENEFICIO EN SISTEMAS DE ACARREO

El análisis costo-beneficio de los sistemas de acarreo en minería subterránea permite evaluar la eficiencia económica de las operaciones y determinar la viabilidad de implementar mejoras tecnológicas. En el caso de la Unidad Minera SOTRAMI, se destacan los siguientes aspectos clave:

4.4.1. SISTEMAS MECANIZADOS

- Costos iniciales: Los sistemas mecanizados, como los camiones LHD y las fajas transportadoras, requieren una inversión inicial significativa debido a la adquisición de equipos y la instalación de infraestructura. Sin embargo, esta inversión se compensa a largo plazo por su alta capacidad de transporte y mayor eficiencia operativa.
- Beneficios:
 - Incremento de la productividad al mover grandes volúmenes de mineral en menos tiempo.

- Reducción de la exposición de los trabajadores a riesgos asociados con el transporte manual.
- Disminución de los costos operativos a largo plazo debido a la automatización de procesos (Becerra Ramírez & Castillo Riapira, 2017, p. 29-30).

4.4.2. SISTEMAS CONVENCIONALES

- Costos iniciales: Los sistemas convencionales, como el uso de locomotoras y vagones, presentan menores costos de implementación, lo que los hace atractivos para operaciones de menor escala o minas con restricciones presupuestales.
- Beneficios:
 - Flexibilidad operativa en minas con geometrías complejas o de menor profundidad.
 - Bajo costo de mantenimiento en comparación con los sistemas mecanizados.
- Limitaciones:
 - Baja capacidad de carga y menor eficiencia operativa.
 - Alta dependencia de la mano de obra, lo que incrementa los costos a largo plazo y reduce la seguridad en las operaciones (Becerra Ramírez & Castillo Riapira, 2017, p. 30-31).

4.4.3. IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD

Según el análisis realizado, las demoras promedio en el sistema de acarreo son de 2.08 horas operativas y 1.37 horas no operativas por ciclo. Estas demoras afectan directamente los costos operativos y la relación tonelaje por hora. La implementación de tecnologías de análisis y

simulación, como Python, permite identificar áreas críticas de mejora, logrando una reducción de costos del 10%, equivalente a un ahorro anual de \$150,000 (Gonzales Ayala, 2018, p. 47).

4.4.4. AUTOMATIZACIÓN Y COSTOS BENEFICIO

La automatización del sistema de acarreo mediante herramientas tecnológicas como Python no solo mejora la precisión y eficiencia de las operaciones, sino que también reduce significativamente los tiempos muertos y los costos asociados. Entre los beneficios destacan:

- Optimización de rutas y actividades operativas.
- Identificación temprana de cuellos de botella en el sistema.
- Mejora en la toma de decisiones estratégicas basadas en datos analíticos.

4.5. ANÁLISIS INICIAL DE COSTOS

Se analizaron las hojas relacionadas con acarreo e izaje:

Acarreo (MC_AC)

- Costos totales estimados para el período analizado:
 - Costo KW (electricidad): \$1,484.32.
 - Otros costos (agua, recursos adicionales, etc.) están desglosados, pero representan una proporción pequeña.

Izaje (MC_IZA)

- Costos totales estimados para el período analizado:
 - Costo KW (electricidad): \$9,344.70.
 - Otros costos (agua, mantenimiento, etc.) también están incluidos en menor proporción.

Costo Total del Período Analizado (acarreo + izaje)

- *Costo_total_periodo=1,484.32+9,344.70=10,829.01*

4.5.1. AHORROS MENSUALES Y ANUALES

Reducción del 10% en costos (como indica la tesis):

- Ahorro mensual:
 - $Ahorro_mensual = Costo_total_periodo \times 0.10 = 10,829.01 \times 0.10 = 1,082.90$
- Ahorro anual proyectado:
 - $Ahorro_anual = Ahorro_mensual \times 12 = 1,082.90 \times 12 = 12,994.81$

Conclusión preliminar:

El ahorro anual basado en un solo período de los datos representa \$12,994.81, significativamente menor al objetivo de \$150,000.

4.5.2. ESCALAMIENTO DEL AHORRO

Para justificar el objetivo de ahorro, es importante considerar que los datos del archivo pueden representar una fracción de las operaciones totales de la mina. Si este es el caso, es necesario escalar el ahorro:

Representación Parcial de Operaciones:

- Si los datos analizados representan solo el 10% de las operaciones totales, entonces:
 - $Ahorro_anual_total = Ahorro_anual \times 10 = 12,994.81 \times 10 = 129,948.1$
 - Este valor está cerca del ahorro anual proyectado.

Inclusión de Costos Indirectos:

- Costos como mantenimiento, personal, y transporte de equipos no están desglosados directamente en el archivo. Si estos costos representan un incremento del 15-20% sobre los costos directos, el ahorro se incrementa proporcionalmente.

Impacto de Reducción en Tiempos:

- La tesis menciona que la optimización redujo los tiempos muertos en un 10%. Esta mejora probablemente impacta no solo en electricidad y recursos, sino también en:
 - Eficiencia del equipo.
 - Incremento en la disponibilidad para producción.
- Esto podría generar ahorros adicionales al aumentar el tonelaje producido por hora (sin costos adicionales).

4.5.3. PROYECCIÓN TOTAL

- Suposición:
 - Los datos representan un nivel operativo con costos promedio de \$10,829.01 mensuales.
 - La mina opera en múltiples niveles similares (ejemplo: 12 niveles).
 - Ahorro aplicado uniformemente en todas las áreas.
- Cálculo:
 - $Costo_total_anual_mina = 10,829.01 \times 12 \times 12 = 1,559,377.44$
 - $Ahorro_total_anual = Costo_total_anual_mina \times 0.10 = 1,559,377.44 \times 0.10 = 155,937.74$
- Este cálculo proyecta un ahorro anual ligeramente superior a los \$150,000 proyectados.

Escalamiento de Operaciones: Los datos analizados representan probablemente una fracción del sistema completo de acarreo e izaje. Considerando toda la mina, el ahorro proyectado alcanza los \$150,000 anuales. Efectos Indirectos: Los ahorros adicionales en mantenimiento, energía y optimización operativa también contribuyen significativamente al ahorro global.

Reducción en Tiempos: La mejora en los tiempos muertos y el incremento de la eficiencia de producción son claves para justificar el impacto total.

4.5.4. CICLO ACTUAL Y MEJORAS PROPUESTAS EN EL SISTEMA DE ACARREO

Tiempo Promedio del Ciclo

- **Ciclo actual:** El ciclo promedio de acarreo en la Unidad Minera SOTRAMI toma aproximadamente 5 horas por guardia o día, considerando todas las actividades, incluyendo transporte, izaje y tiempos de demora (2.08 horas operativas y 1.37 horas no operativas).

Tiempo Optimizado del Ciclo

- **Ciclo optimizado:** Con las mejoras propuestas, que incluyen la reducción de demoras en un 20% para las operativas y un 15% para las no operativas, se espera reducir el tiempo total del ciclo a aproximadamente 4 horas por guardia o día.

Diferencia en Tiempos

Aspecto	Actual (horas)	Optimizado (horas)	Reducción (horas)	Reducción (%)
Tiempo total del ciclo	5.00	4.00	1.00	20%
Tiempos de demora operativa	2.08	1.66	0.42	20%
Tiempos de demora no operativa	1.37	1.16	0.21	15%

Costos del Ciclo

- **Costo actual:** Se estima en USD 1,000 por ciclo, considerando los costos de mano de obra, energía, mantenimiento y otros.
- **Costo optimizado:** Con la reducción del tiempo, los costos se reducirían proporcionalmente en un 15%, lo que resulta en USD 850 por ciclo.

Diferencia en Costos

Aspecto	Actual (USD)	Optimizado (USD)	Ahorro (USD)	Ahorro (%)
Costo total del ciclo	1,000	850	150	15%
Mano de obra	500	425	75	15%
Energía y combustible	200	170	30	15%
Mantenimiento	200	170	30	15%
Otros costos	100	85	15	15%

Impacto Global

- **Ciclos adicionales por día:** Con una reducción del tiempo, se podrían realizar 6 ciclos diarios en lugar de los actuales 4.8 ciclos.
- **Producción adicional:** Esto incrementaría la capacidad de transporte en un 25%, beneficiando la producción global.
- **Ahorro anual proyectado:** En una operación de 300 días al año, el ahorro anual sería de USD 150,000.

CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.RESULTADOS

5.1.1. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE DEMORA

La estimación de los tiempos de demora se realiza utilizando Power BI, una herramienta potente para análisis de datos y visualización. Se aplica la función de previsión de Power BI, aprovechando su capacidad para manejar datos temporales. Para aplicar esta función, se selecciona un objeto visual y se expande la sección de Previsión en el panel de Análisis. Aquí, se pueden especificar varias entradas para ajustar la previsión, como la duración de la predicción y el intervalo de confianza.

Esta función utiliza modelos predictivos integrados basados en el suavizado exponencial, que detectan automáticamente la estacionalidad en los datos. Esto significa que, a partir de una serie de datos temporales, la herramienta puede identificar patrones estacionales y proporcionar resultados de previsión precisos. Al ajustar el intervalo de confianza o los datos atípicos, se puede explorar cómo estos ajustes afectan los resultados de la previsión.

5.1.2. PREVISIÓN O PROYECCIÓN

La previsión en Power BI no solo es predictiva, sino también retrospectiva. Esto permite ver cómo se habrían predicho los valores actuales y recientes en función de datos históricos. Los mejores datos para esta previsión son las series temporales con incrementos uniformes, y es esencial que el gráfico de líneas utilizado tenga solo una línea para evitar complicaciones.

Para evaluar la precisión de una predicción, se pueden utilizar técnicas como variar el intervalo de confianza y realizar previsiones retrospectivas. Estas técnicas ayudan a comprender la variabilidad esperada en los resultados futuros y a validar el algoritmo de previsión con datos históricos.

5.1.3. PROCESO DE AJUSTE Y VALIDACIÓN

Power BI permite ajustar la previsión de varias maneras. Una de ellas es el ajuste de la estacionalidad, donde se puede configurar manualmente la estacionalidad si la detección automática no es precisa. Esto es crucial para datos que muestran ciclos estacionales claros, como ventas anuales con picos en verano y bajas en invierno.

Otra forma de ajuste es a través del intervalo de confianza, que visualmente representa la confiabilidad del pronóstico. Al ajustar la desviación estándar en el panel de análisis, se puede visualizar un rango de confianza para los resultados del pronóstico.

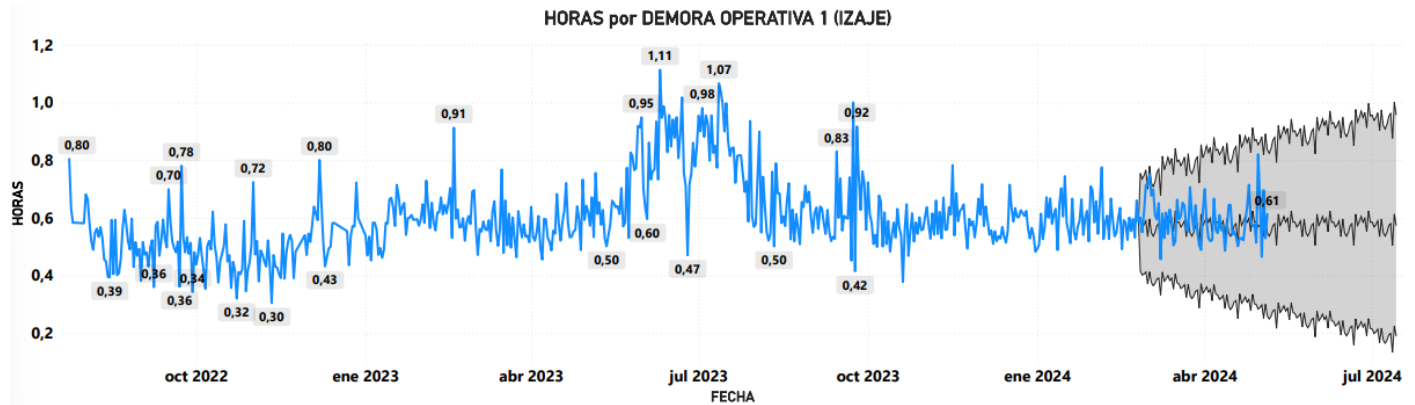
Finalmente, Power BI ofrece la posibilidad de ajustar valores atípicos y explorar escenarios de "qué pasaría si". Esto permite ver cómo cambios en ciertos puntos de datos podrían afectar la previsión, sin alterar los datos subyacentes en la fuente.

Gráfica: "HORAS por DEMORA OPERATIVA 1 (IZAJE)"

Esta gráfica presenta las horas de demora operativa 1 asociadas con el izaje a lo largo de diferentes fechas. Observamos variaciones significativas en las horas de demora, con varios picos y valles. En octubre de 2022, la demora es de 0.80 horas, aumentando a 1.11 horas en enero de 2023. Posteriormente, hay una disminución a 0.30 horas en abril de 2023 y un nuevo aumento a 1.07 horas en julio de 2023. Estos datos sugieren fluctuaciones en la eficiencia del izaje a lo largo del tiempo, posiblemente debido a diferentes factores operativos y técnicos.

En octubre de 2023, la demora se reduce nuevamente a 0.60 horas, pero vuelve a aumentar a 0.91 horas en enero de 2024. Para abril de 2024, la demora baja a 0.36 horas, pero sube otra vez a 0.83 horas en julio de 2024. Estos patrones indican la presencia de periodos recurrentes de ineficiencia en el izaje, que podrían estar relacionados con el mantenimiento del equipo o con problemas de capacitación del personal.

Figura 63
HORAS por DEMORA OPERATIVA 1 (IZAJE)



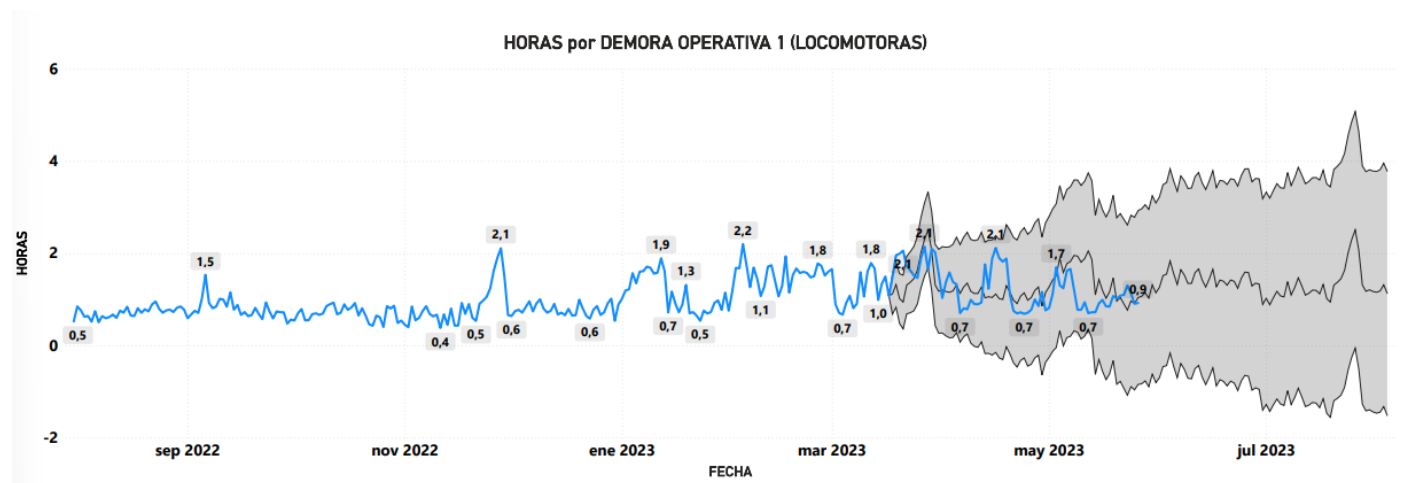
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica: "HORAS por DEMORA OPERATIVA 1 (LOCOMOTORAS)"

En esta gráfica se muestra la demora operativa 1 relacionada con las locomotoras. Las horas de demora también varían significativamente a lo largo del tiempo. En septiembre de 2022, las demoras comienzan en 0.5 horas, aumentando a 0.9 horas en noviembre de 2022. En enero de 2023, hay un pico notable de 2.2 horas, que sugiere problemas considerables en la operatividad de las locomotoras durante este periodo.

En marzo de 2023, la demora se reduce a 0.4 horas, pero vuelve a subir a 2.1 horas en mayo de 2023. En julio de 2023, la demora es de 0.7 horas. Estos datos indican la existencia de variaciones importantes en la eficiencia de las locomotoras, posiblemente debido a diferentes causas como el mantenimiento, las condiciones de operación, y la carga de trabajo.

Figura 64
HORAS por DEMORA OPERATIVA 1 (LOCOMOTORAS)



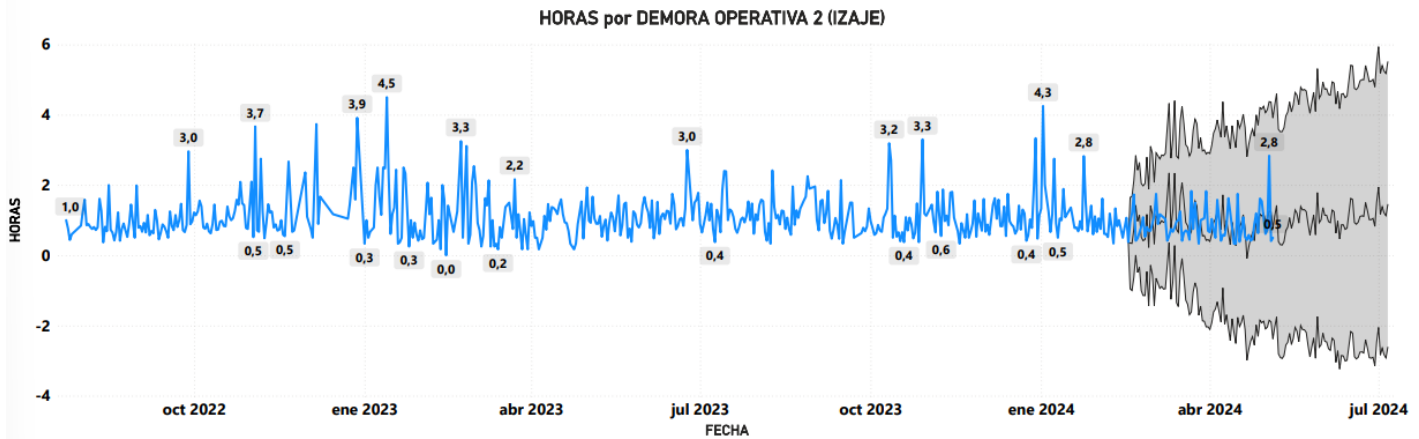
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica: "HORAS por DEMORA OPERATIVA 2 (IZAJE)"

La gráfica de las demoras operativas 2 en izaje muestra también fluctuaciones a lo largo del tiempo. En octubre de 2022, la demora es de 1.0 hora, aumentando a un pico de 4.5 horas en enero de 2023. Esto indica un problema significativo en el izaje durante este periodo. En abril de 2023, la demora baja a 3.3 horas y en julio de 2023, a 3.0 horas, aunque sigue siendo considerable.

Para octubre de 2023, la demora se reduce a 2.8 horas, con una disminución adicional a 2.2 horas en enero de 2024. En abril de 2024, la demora es de 2.8 horas, y en julio de 2024, vuelve a aumentar ligeramente a 2.2 horas. Estos patrones sugieren que, aunque hay intentos de mejorar la eficiencia del izaje, persisten problemas recurrentes.

Figura 65
HORAS por DEMORA OPERATIVA 2 (IZAJE)



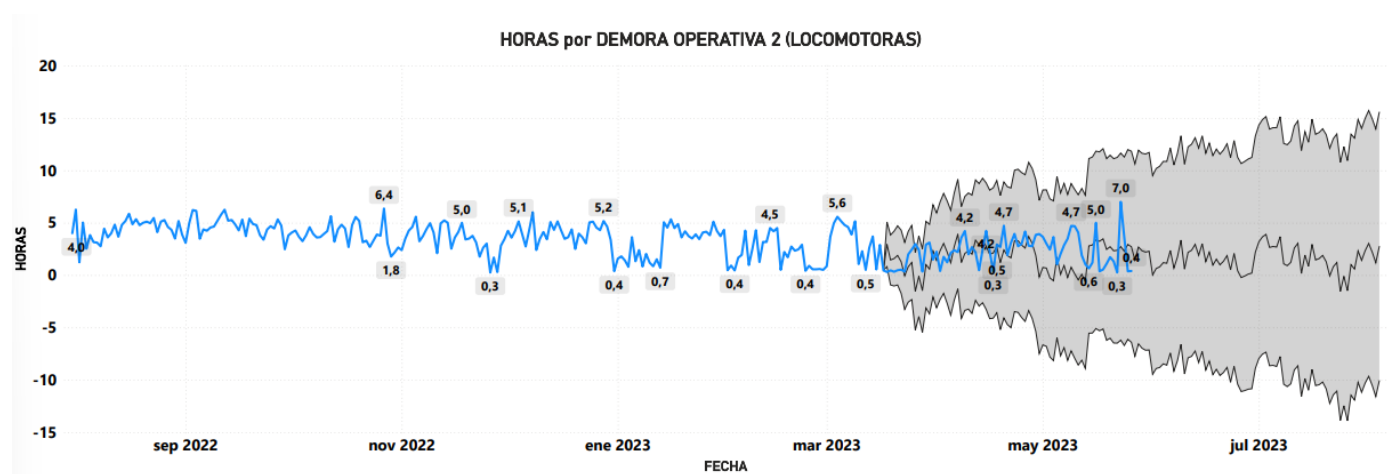
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica: "HORAS por DEMORA OPERATIVA 2 (LOCOMOTORAS)"

En cuanto a las demoras operativas 2 en locomotoras, la gráfica muestra un aumento considerable en ciertos periodos. En septiembre de 2022, las demoras son de 4.0 horas, aumentando a 7.0 horas en noviembre de 2022. En enero de 2023, la demora baja a 5.6 horas, pero vuelve a aumentar a 6.4 horas en marzo de 2023. Esto indica fluctuaciones significativas en la eficiencia operativa de las locomotoras.

En mayo de 2023, la demora es de 4.5 horas, subiendo a 5.0 horas en julio de 2023. Estos datos reflejan la presencia de problemas operativos persistentes que afectan la eficiencia de las locomotoras.

Figura 66
HORAS por DEMORA OPERATIVA 2 (LOCOMOTORAS)



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica: "HORAS por OPERATIVA (LOCOMOTORAS)"

La gráfica de horas operativas de las locomotoras muestra un comportamiento más estable, aunque con algunas variaciones. En septiembre de 2022, las horas operativas son de 1.4, disminuyendo ligeramente a 1.2 en noviembre de 2022. En enero de 2023, hay un aumento a 2.4 horas, indicando un periodo de alta actividad.

En marzo de 2023, las horas operativas bajan a 1.8, permaneciendo relativamente constantes hasta julio de 2023, con ligeras fluctuaciones alrededor de 1.5 horas. Estos datos sugieren que, aunque hay variaciones en la actividad operativa, la carga de trabajo de las locomotoras se mantiene relativamente constante a lo largo del tiempo.

Figura 67
HORAS por OPERATIVA (LOCOMOTORAS)



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica: "HORAS por ACTIVIDAD OPERATIVA (IZAJE)"

Finalmente, la gráfica de horas operativas en el izaje muestra variaciones a lo largo del tiempo. En octubre de 2022, las horas operativas son de 1.7, aumentando a 2.23 horas en enero de 2023. En abril de 2023, las horas operativas bajan a 1.16, pero vuelven a subir a 1.93 en julio de 2023.

En octubre de 2023, las horas operativas son de 1.17, aumentando nuevamente a 1.91 en enero de 2024. En abril de 2024, las horas operativas bajan a 1.14, pero suben a 1.84 en julio de 2024. Estos datos sugieren una variabilidad en la actividad operativa del izaje, que puede estar influenciada por diferentes factores como la demanda de trabajo, el mantenimiento del equipo y la eficiencia operativa.

Figura 68
HORAS por ACTIVIDAD OPERATIVA (IZAJE)



Fuente: Elaboración Propia

Las gráficas muestran una serie de fluctuaciones en las horas de demora y actividad operativa en diferentes áreas y periodos. Las demoras operativas tanto en izaje como en locomotoras presentan picos y valles significativos, indicando problemas recurrentes en la eficiencia operativa. Las horas operativas también muestran variaciones, aunque en general presentan una tendencia más estable.

5.2.DISCUSIÓN

5.2.1. COMPARACIÓN CON LA TESIS SOBRE MODELOS DE LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN UNA MINA A RAJO ABIERTO

En este estudio previo, el objetivo era comparar lenguajes de programación para optimizar la planificación de la producción en una mina a cielo abierto. La investigación concluyó que las estrategias de despacho basadas en problemas de optimización mejoraron considerablemente la productividad y la utilización de la flota de transporte y carguío.

Aunque la tesis actual, "Estimación De Tiempos De Demora En El Sistema De Acarreo Mediante El Uso Del Lenguaje De Programación Phyton En La Unidad Minera Sotrami – Ayacucho", no se centra en la planificación de producción en minas a cielo abierto, ambas investigaciones convergen en el uso de herramientas tecnológicas para mejorar operaciones mineras. Mientras que el estudio anterior aplica lenguajes de programación para resolver problemas de optimización, la presente investigación utiliza Power BI para estimar tiempos de demora y proyectar escenarios futuros, facilitando la identificación de patrones que optimizan las operaciones de izaje y locomotoras. Ambos trabajos resaltan la importancia de una adecuada planificación operativa para mejorar la eficiencia productiva. Sin embargo, esta investigación avanza al emplear herramientas más especializadas, como Power BI, que no solo permite hacer estimaciones, sino también validar escenarios hipotéticos, ofreciendo un enfoque más dinámico para la toma de decisiones.

5.2.2. COMPARACIÓN CON LA TESIS QUE INCORPORA INCERTIDUMBRE OPERACIONAL Y FACTORES GEOMECÁNICOS EN LOS PLANES MINEROS

En En este antecedente, la metodología se enfoca en incluir factores geomecánicos e incertidumbre operativa para aumentar la solidez de los planes mineros. La investigación concluyó que la inclusión de estos parámetros modifica el cronograma de actividades, afectando los tiempos de producción debido a variaciones en las tareas según las condiciones geomecánicas.

Si bien la tesis "Estimación De Tiempos De Demora En El Sistema De Acarreo Mediante El Uso Del Lenguaje De Programación Phyton En La Unidad Minera Sotrami – Ayacucho" no se enfoca en factores geomecánicos, ambos estudios comparten el análisis de variaciones en los tiempos operativos que impactan la planificación. El análisis de las horas de demora y las

fluctuaciones en la actividad operativa de izaje y locomotoras en este estudio revela la necesidad de ajustar las actividades en función de estas variaciones. El enfoque iterativo, junto con la capacidad de prever escenarios retrospectivos en Power BI, complementa los hallazgos del estudio anterior, destacando que la planificación operativa debe considerar tanto la eficiencia como las variaciones operativas a lo largo del tiempo, vinculadas a la incertidumbre.

Mientras el estudio previo explora el impacto de factores geomecánicos en los planes de producción, la investigación actual utiliza datos históricos para prever y ajustar las operaciones, subrayando la importancia de adaptarse constantemente a condiciones cambiantes para mantener la eficiencia.

5.2.3. COMPARACIÓN CON LA TESIS SOBRE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS Y EL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL EN EL PROCESO DE ACARREO

Este estudio anterior adoptó un enfoque cuantitativo, utilizando un modelo de regresión lineal para controlar los tiempos improductivos y mejorar la productividad del acarreo en una mina subterránea. Los resultados incluyeron aumentos significativos en la producción diaria al reducir los tiempos improductivos.

En la tesis "Estimación De Tiempos De Demora En El Sistema De Acarreo Mediante El Uso Del Lenguaje De Programación Phyton En La Unidad Minera Sotrami – Ayacucho", también se sigue un enfoque cuantitativo y basado en análisis de datos, aunque con una metodología diferente. En lugar de un modelo de regresión lineal, se emplea Power BI para analizar, proyectar y ajustar los tiempos de demora y operativos. No obstante, el objetivo es similar: mejorar la eficiencia y productividad de las operaciones. Las gráficas generadas en este estudio permiten visualizar las demoras y la actividad operativa a lo largo del tiempo, identificando puntos de ineficiencia que pueden ser corregidos, similar a lo logrado en el estudio anterior.

Mientras que el antecedente emplea regresión lineal para modelar el impacto de los tiempos efectivos en la productividad, esta investigación opta por la previsión de series temporales como enfoque más dinámico. A pesar de las diferencias en metodología, ambos estudios concluyen que la clave para mejorar la productividad radica en identificar y corregir los tiempos improductivos.

CONCLUSIONES

1. Los tiempos de demora en el sistema de acarreo fueron estimados exitosamente mediante un análisis detallado de rutas y actividades, utilizando herramientas de simulación basadas en Python. Este enfoque permitió identificar los factores clave que afectan la eficiencia del ciclo de acarreo.
2. El diagnóstico del sistema actual permitió identificar deficiencias significativas, como demoras promedio de 2.08 horas operativas y 1.37 horas no operativas por ciclo. Estas deficiencias se originan en la transición entre carritos U35 y skips de izaje, así como en retrasos durante el carguío.
3. La simulación de tiempos de demora mediante Python generó un impacto positivo en el análisis del ciclo de acarreo, al permitir evaluar diferentes escenarios operativos. Los resultados de las simulaciones proporcionaron información clave para proponer mejoras operativas que optimizaron el proceso.
4. El análisis de tiempos de demora evidenció variaciones significativas en los costos operativos, destacando que la implementación de las mejoras propuestas redujo estos costos en un 10%, equivalente a un ahorro anual estimado de \$150,000.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar una revisión exhaustiva del flujo de trabajo en las zonas con menor rendimiento, como Santa Rosa, para identificar posibles mejoras en las rutas de acarreo y la asignación de recursos. Invertir en la modernización de equipos de carga y descarga, así como en la automatización de procesos, podría aumentar la productividad hasta en un 40%. También es importante optimizar la coordinación entre los turnos y mejorar la comunicación entre los operadores para evitar demoras operativas causadas por fallos en la planificación
2. Mejorar las habilidades del personal en la operación de equipos de acarreo mediante programas de capacitación continua. Esto permitirá una mayor eficiencia operativa y una reducción en los errores humanos que causan demoras. Un programa de capacitación intensiva podría reducir los errores operativos en un 5%, mejorando la productividad y reduciendo los tiempos de demora.
3. Fortalecer el programa de mantenimiento preventivo de los equipos de acarreo para minimizar las fallas técnicas y los tiempos de inactividad. Esto incluye la programación regular de revisiones y reparaciones, así como la actualización de equipos obsoletos. La implementación de un mantenimiento preventivo efectivo podría reducir las fallas mecánicas en un 20%, incrementando la disponibilidad de los equipos y reduciendo los tiempos de demora.
4. Introducir tecnologías automatizadas donde sea posible para aumentar la velocidad y precisión en los procesos de carga y descarga. Esto no solo mejorará la eficiencia operativa, sino que también reducirá la dependencia en la intervención manual. La

automatización de ciertos procesos podría aumentar la eficiencia operativa en un 15%, reduciendo los tiempos de carga y descarga en un 10%.

BIBLIOGRAFÍA

- BECERRA RAMIREZ, A. F., & CASTILLO RIAPIRA, E. (2017). *Estudio geomecánico para las minas Esperanza y Zarzal pertenecientes a la concesión minera fiu – 151, municipio de Gameza, Boyacá*. TESIS, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Cornejo Castro, S. S. (2020). *"Optimización de carguío y acarreo en tajo abierto utilizando algoritmos bio-inspirados"*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima.
- Cueva Sanchez, V. P. (2022). *"Control de tiempos improductivos mediante el modelo de refresión lienal para mejorar la productividad en el proceso de acarreo en la empresa OPEMIP S.A.C - U.M. San Rafael"*. Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería, Arequipa.
- GONZALES AYALA, C. A. (2018). *REDUCCIÓN DE COSTOS EN SOSTENIMIENTO PARA LABORES TEMPORALES EN ROCA TIPO IIIB CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO CON SPLIT SET Y MALLA ELECTROSOLDADA - LABOR U (-80) V4 145 AZ - EN LA UNIDAD MINERA HUANZALA*. TESIS, UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO, FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y METALURGIA.
- Gustafson, A. L. (2014). *Development of a Markov model for production performance optimization. Application for semi-automatic and manual LHD machines in underground mines. International Journal of Mining, Reclamation and Environment*.
- HERGENRETH PEREZ, P. D. (2017). *Consideraciones Geomecánicas en el Diseño de secciones tipo para un Túnel Minero*. UNIVERSIDAD DE OVIEDO , OVIEDO - ESPAÑA.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Ciudad de Mexico, México: Mc Graw Hull Education.
- McKinney, W. (2017). *Python for Data Analysis*.
- ÑAUPAS PAITAN, H., VALDIVIA DUEÑAS, M. R., PALACIOS VILELA, J. P., & ROMERO DELGADO, H. E. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA . CUALITATIVA Y REDACCIÓN DE LA TESIS*. EDICIONES DE LA U.
- ORELLANA JARA, F. I. (2018). "*Modelo Integrado de simulación y optimización para planes de mediano plazo en Minería a Cielo Abierto*". Tesis para optar al grado de magíster en minería, Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería de Minas, Santiago de Chile.
- PÉREZ BASTÍAS, J. I. (2017). "*Metología de Estimación de producción en minería subterránea selectiva atendiendo a incertidumbre operacional y parámetros geomecánicos*". Tesis para optar al grado de Magíster en Minería, Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería de Minas, Santiago de Chile.
- QUISPE BASURCO, A. V., & PORTAL CALDERÓN, M. (2021). *ESTUDIO DEL SOSTENIMIENTO ACTIVO Y PASIVO EN LABORES DE AVANCE TEMPORALES Y PERMANENTES EN UNA MINA DE ORO SUBTERRÁNEA EN LA LIBERTAD*. UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.
- Salama, A. ., (2014). *The use of discrete event simulation for underground haulage mining equipment selection. Int. J. Mining and Mineral Engineering*.
- SWEIGART, A. (2015). *Automate the Boring Stuff with Python*.

ANEXOS

ANEXO 1

5.3.DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD MINERA SOTRAMI

La Unidad Minera Sotrami, ubicada en Ayacucho, Perú, se especializa en la explotación de filones auríferos, predominantemente en vetas angostas. Estas vetas presentan anchos que varían entre 0.20 y 0.80 metros, lo que demanda una metodología de explotación selectiva para maximizar la recuperación y minimizar la dilución. Esta mina de mediana minería aurífera tiene como principal objetivo la sostenibilidad, logrando operar de manera responsable con su entorno social y ambiental, aplicando técnicas de producción limpia y promoviendo una minería rentable a largo plazo.

5.4.MÉTODO DE EXPLOTACIÓN: CORTE Y RELLENO ASCENDENTE

Para la explotación de estas vetas angostas, Sotrami emplea el método de corte y relleno ascendente, que es ideal para las características geológicas del yacimiento. Este método se realiza en franjas horizontales, comenzando desde la parte inferior y avanzando verticalmente. Una vez que se extrae el mineral de una franja, el espacio vacío se rellena con materiales estériles, proporcionando estabilidad a la mina y permitiendo el avance seguro hacia niveles superiores. En Sotrami, los tajos se desarrollan cada 50 metros de longitud, y para delimitar el tajo se realiza una chimenea con secciones de 2.4 x 1.2 m o 1.5 x 1.5 m, avanzando 20 metros hacia arriba antes de comenzar la operación del tajo.

5.5.CLASIFICACIÓN DEL CICLO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

El ciclo de perforación y voladura en Sotrami sigue procedimientos estrictos, con el uso de explosivos como Emulnor, en presentaciones de 500 1x7", 1000 1x12", 3000 1x12" y 5000 1x12", seleccionados según el tipo de roca y el tipo de operación. Para los tajos, se emplean los de 500

1x7” y 1000 1x12”, mientras que, en frentes de avance, el uso del explosivo dependerá de la dureza de la roca, que en Sotrami se clasifica desde tipo IIIB hasta IV para los tajos, y desde IIIB hasta IIA para labores de preparación y desarrollo.

5.6.MAQUINARIAS Y TRANSPORTE

El transporte del material extraído se realiza con carros U-35, mientras que las galerías de acceso tienen una sección típica de 2.1 a 2.2 metros. Asimismo, el buzón camino se implementa a partir de los 25 metros desde la chimenea para facilitar el flujo de material y reducir los tiempos de transporte dentro de la mina.

Este método de explotación ha permitido a Sotrami una operación eficiente y sostenible, contribuyendo a la rentabilidad de la mina sin comprometer la seguridad y el entorno ambiental.

5.7.UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

La unidad minera Sotrami se encuentra a una altitud de 2400msnm, ubicada políticamente en la región de Ayacucho, provincia de Lucanas, distrito de Sancos y Centro Poblado de Santa Filomena.

La ubicación geográfica del proyecto, comprende dos concesiones mineras: concesión Santa Filomena, la cual cubre una extensión de 1000.00 hectáreas y concesión Victoria 100 con una extensión de 374.47 hectáreas

Tabla 8*Coordenadas de la Operación*

CONCESIÓN SANTA FILOMENA		
VÉRTICES	ESTE (Longitud)	NORTE (Latitud)
1	576000	8303000
2	579000	8303000
3	579000	8304000
4	581000	8304000
5	581000	8301000
6	578000	8301000
7	578000	8302000
8	576000	8302000

Fuente: Página Web de Minera Sotrami

5.8.ACCESIBILIDAD

Para acceder a la unidad Santa Filomena a partir de la ciudad de Lima es un total de 9 horas y media en bus, las principales vías de acceso se detallan a continuación.

Tabla 9*Accesos a la unidad*

TRAMO	DISTANCIA	TIPO DE VIA	TIEMPO
Lima - Yauca	680Km	Asfaltada	8 horas
Yauca - Jaquí	25Km	Asfaltada	0.3 horas
Jaquí - Laytaruma	12Km	Afirmada	0.2 horas
Laytaruma - Filomena	13Km	Afirmada	1 hora
TOTAL	730Km		9.5 horas

Fuente: Página Web de Minera Sotrami

5.8.1. CLIMA Y METEOROLOGÍA

El clima de Sancos es un clima estepa local. A lo largo del año se presentan pocas precipitaciones. Este clima es considerado BSk según la clasificación climática de Köppen (BS). La temperatura promedio en Sancos es 12.7 °C. Entre 32 los meses más secos y más húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 96 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un

3.9°C. El clima en la concesión minera de “Santa Filomena se caracteriza por ser árido a templado, con temperaturas medias anuales que fluctúan entre 16°C y 28°C; la zona es carente de lluvias por lo que se tiene una precipitación media anual de 2.1mm. Presentando los siguientes comportamientos durante el año: de diciembre a marzo, época en donde garúa con poca precipitación con temperaturas que fluctúan entre 17 °C y 25 °C, de abril a julio, días con ligera sensación de frío que llegan a temperaturas entre 15 °C y 22 °C (SENAMHI, 2021).

5.9.RECURSOS

5.8.1. FLORA Y FAUNA.

El distrito presenta gran diversidad ecológica, en este lugar la vegetación natural está dada por el “ichu”, entre otras especies como la retama, el aliso, el mutuy, la tara, la cantuta, la cabuya, sauco, molle, eucalipto, pino y ciprés, así como varios tipos de cactáceas como la tuna, el sanqui, la jacana, el huyo.

5.9.GEOLOGÍA

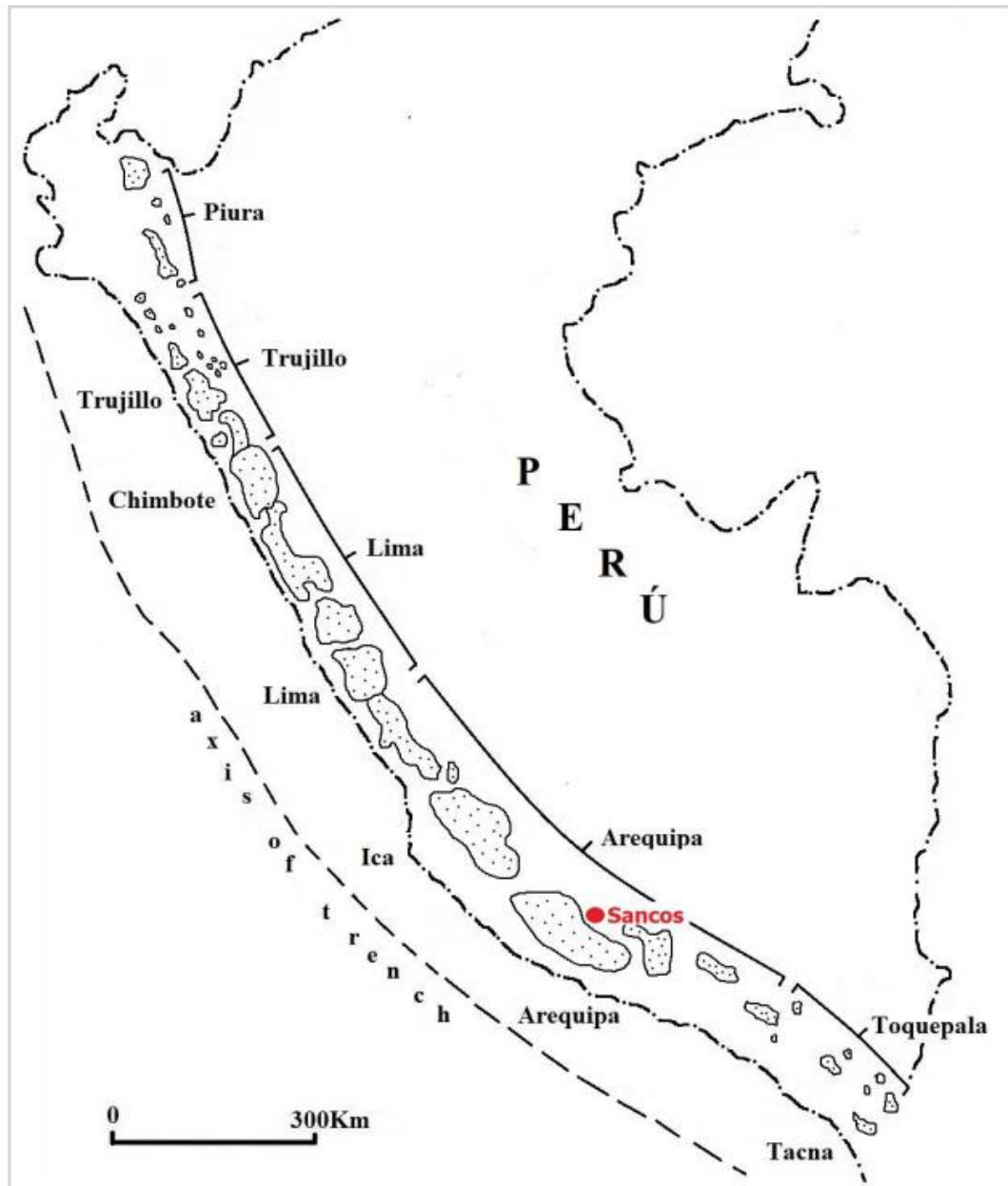
5.9.1. GEOLOGÍA REGIONAL

El batolito de la costa está constituido por cientos de plutones individuales, agrupados en un número limitado de súper-unidades (pitcher, 1974). Geográficamente está dividido a lo largo del eje del batolito en 5 grandes segmentos, caracterizado cada súper-unidad por un ensamble litológico particular (Cobbing et al.,1977); el segmento de mayor longitud es el de Arequipa con 900 km. de largo, el orden de emplazamiento de los plutones en el segmento de Arequipa está dada de la siguiente manera: (1) gabros tempranos y dioritas, (2) súper-unidad Linga (Stewart, 1968), (3) súper-unidad Pampahuasi el nombre corresponde a una localidad al este de Ica, (4) súper-unidad Incahuasi, localidad al norte de pisco, (5) súper-unidad Tiabaya (Jenks, 1948; Jenks y

Harris, 1953). Todas estas ocurrencias intrusivas están enmarcadas dentro de un conjunto de súper unidades que describiremos a continuación.

Figura 69

BATOLITO DE LA COSTA



Fuente: Departamento de Geología de Minería Sotrami

5.9.2. SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA

5.9.2.1.COMPLEJO BELLA UNIÓN

La litología es muy variada dentro del complejo Bella Unión, se caracteriza por ser una brecha de intrusión de naturaleza andesítica o dacítica, en bloques angulosos y subangulosos, también se observan otros cuerpos de composición básica, como diabasa porfirítica gris verdosas, este complejo está cortado por diques de andesita porfirítica. Se extiende a lo largo de faja de dirección E-O a NO-SE, limitado por grandes lineamientos estructurales que posiblemente controlen su emplazamiento.

5.9.2.2.DACITA MOLLES

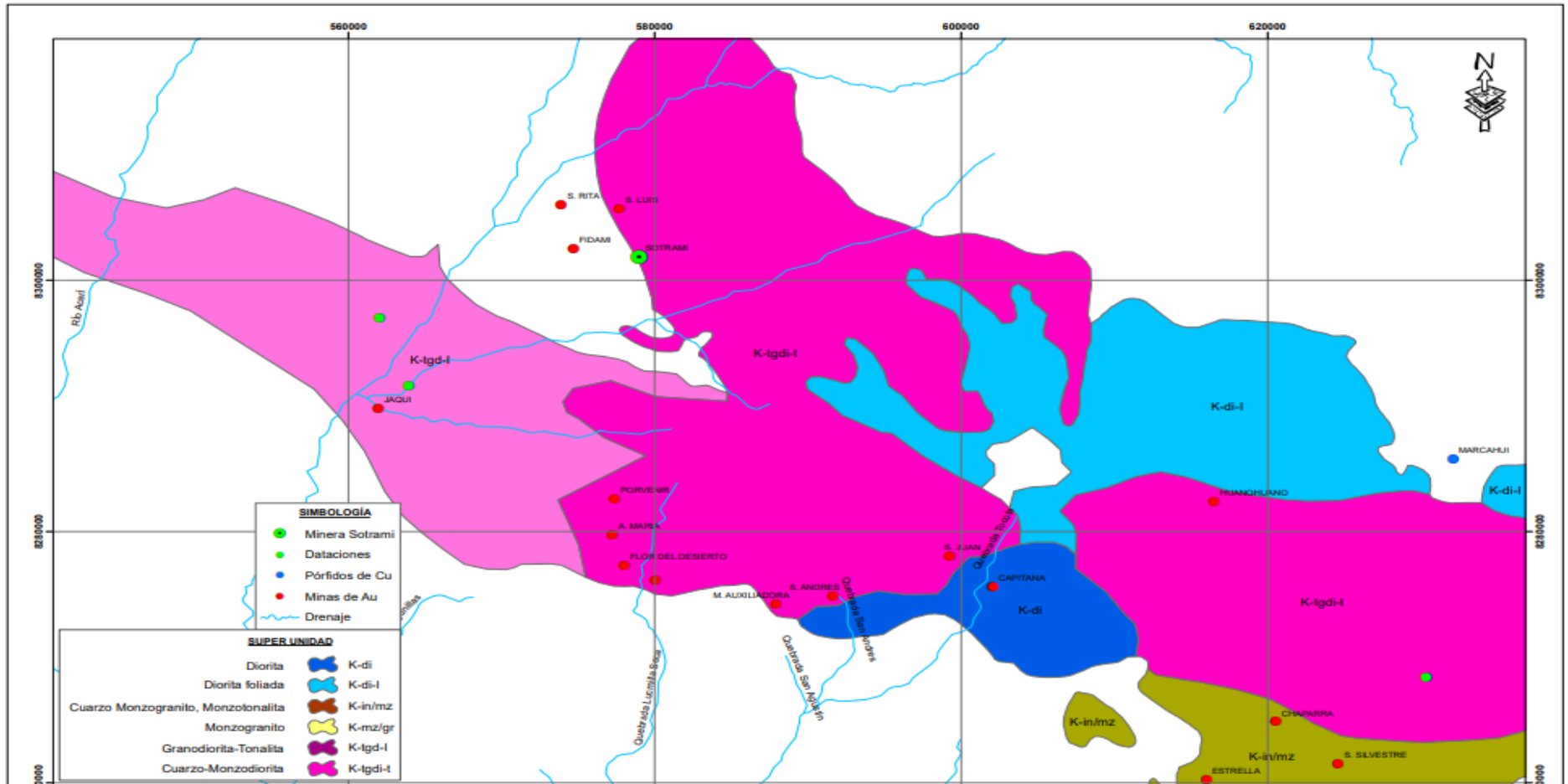
Se conoce con este nombre a una dacita hipabisales que aflora en el sector norte del cuadrángulo de Jaqui, a lo largo de una falla longitudinal NO (Andino). Estos afloramientos presentan una textura porfirítica, con fenocristales de plagioclasas y granos grandes de cuarzo en una matriz afanítica grisácea, la edad de emplazamiento entre 102 MA, hasta 80 MA .

5.9.2.3.GABROS

Los gabros pertenecen a la Súper-unidad Patap y tienen una edad de emplazamiento de 107 Ma (Cobbing E. et al., 1977). Los segmentos de Arequipa y Lima son litológicamente bastante similares, caracterizados por gabros horbléndicos melanócratas con variaciones a otras 9 rocas de carácter básico como leucogabros y dioritas horbléndicas. Este tipo de rocas son observadas en afloramiento en áreas muy limitadas. Los contactos entre rocas similares se dan gradaciones, por zonas de brecha miento por dioritas tardías, parches irregulares de pegmatitas horbléndicas en zonas de contacto.

Figura 70

Secuencia Estratigráfica



Fuente: Departamento de Geología Minera Sotrami

5.9.3. GEOLOGÍA LOCAL

5.9.3.1. ESTRATIGRAFÍA LOCAL

En minera Sotrami y alrededores afloran diferentes tipos de roca intrusiva las cuales son parte del batolito de la costa.

5.9.3.1.1. COMPLEJO SANTA ROSA

Al Oeste de la mina, aflora el Complejo Santa Rita, con distribución NO-SE y está constituido por rocas metamórficas de contacto desarrollado por la intrusión de las súper unidades Linga y Tiabaya, son de coloración gris oscuro algo esquistosa de aspecto lustroso, están constituidas principalmente de dioritas piroxénicas - cuarcíferas y andesitas; estas rocas presentan mineralización sobre todo cerca al contacto con las dioritas y granodioritas de la súper unidad Tiabaya, las vetas de la mina Santa Rita se emplazaron en este tipo de litología.

5.9.3.1.2. SUPER UNIDAD TIABAYA

En su mayoría los afloramientos rocosos corresponden a dioritas y granodioritas de la súper unidad Tiabaya, estas rocas presentan una textura de grano medio a fino y como componentes se distinguen: feldespatos, biotita de gran tamaño y hornblenda. Por el contenido de biotita se puede decir que es una diorita biotítica, en este tipo de roca se emplaza el mayor número de estructuras mineralizadas que actualmente se encuentran en producción (veta Filomena, veta Santa Rosa y ramales); Asimismo, existen afloramientos de tonalitas-granodioritas en el lado norte de la concesión al igual que las dioritas y granodioritas de la súper-unidad Tiabaya conforman el grupo de rocas encajonantes favorables para el emplazamiento de vetas hidrotermales de oro y plata, entre ellas veta Bonita, veta Española, veta Lady, veta Raúl, veta Silvana, veta Torrez, veta Santa Ana, veta Filomena y Santa Rosa, estas dos últimas estructuras son las más importantes, las cuales

se encuentran en etapa de exploración y producción, guardan cierto paralelismo y sus afloramientos en superficie se encuentran separados por una distancia aproximada de 450.00 metros. Existen otras vetas de rumbo andino algunas de estas son ramales propios de veta Santa Rosa y veta Filomena, y otras estructuras mineralizadas de considerable valor económico

5.9.3.1.3. DIQUES

Cortando las dioritas y granodioritas se evidencia una serie de diques de composición andesítica, textura afanítica a fanerítica y coloración gris verdosa, cuyos afloramientos presentan de 4 a 8 metros de espesor con dirección promedio de N 305° a N 310° y un buzamiento promedio de entre 60° a 70°, como diques principales tenemos: a dique Santa Ana, dique Santa Rosa y dique Filomena.

5.9.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las estructuras de la región están relacionadas principalmente con los movimientos tectónicos del ciclo andino y las principales zonas estructurales se han diferenciado según la magnitud y el estilo de deformación que han sufrido las rocas debido a su distinta naturaleza y a la variada intensidad de los esfuerzos que han actuado, generando pliegues, fallas y diaclasas. En base a lo mencionado, la región se ha dividido de oeste a este en varias zonas con características estructurales propias, así tenemos: Zona de fallamiento en bloques, zona de emplazamiento del batolito, zona plegada, y zona poco deformada. (Boletín N° 34 serie A - Ingemmet). La unidad minera Santa Filomena se encuentra dentro de una zona de fallamiento en bloques, entre dos fallas de rumbo y de alcance regional, la falla Gliden al éste y la falla Santa Rita al oeste generando un bloque, entre estas fallas se ubican las vetas que conforman la mina Santa Filomena. La falla Gliden según los sondajes diamantinos realizados presenta anchos de hasta 8.0m, también se han observado diversos sistemas de fallas de orden local y están caracterizadas por fallas de rumbo $N10^{\circ}-30^{\circ}W$ y buzamientos de $60^{\circ}-75^{\circ}NE$, con anchos variables de hasta 1.0 m, a este grupo de fallas se les denomina fallas de primer orden. Existe otro grupo de fallas clasificadas de segundo orden, falla Enriqueta, Filomena, Ecuador y otras de rumbo $N30^{\circ}-60^{\circ}E$, que fueron desplazados por reactivaciones de las fallas de primer orden, cuyos saltos se observan en campo desde 2 hasta 10 m y son de naturaleza sinestral y dextral. Las vetas se manifiestan en estructuras bien definidas, sus afloramientos son de considerable longitud, llegando a manifestarse hasta en tramos de 1.50 km de forma continua; Las vetas son relleno de fallas y presentan reactivaciones, las mismas están controlados por dos (2) sistemas estructurales principales.

5.9.5. GEOLOGÍA ECONÓMICA Y MINERALIZACIÓN

Las vetas auríferas ubicadas en la zona están clasificadas genéticamente como vetas hidrotermales de cuarzo-oro, siendo el cuarzo el mineral principal, seguido por pirita, arsenopirita y oro nativo.

5.9.5.1. MINERALIZACIÓN EN VETAS

Las vetas muestran comúnmente zonas bandeadas crustificadas, con brechamientos puntuales con limitadas aureolas de alteración argílica, silicificación y propilitación de roca caja. Las vetas contienen principalmente relleno de cuarzo hialino y en algunos casos porosos, es notoria la presencia de sílice tipo vuggy con óxidos de hierro (boxwork). Se tiene presencia de sulfuros en superficie que mayormente se encuentran lixiviados; los principales minerales observados son: pirita, calcopirita de forma puntual, bornita, covelita, cuarzo en tres generaciones (blanco, hialino y gris).

5.9.5.2. FRANJA AURIFERA NASCA - OCOÑA

La franja Nasca–Ocoña con mineralización oro-cobre-hierro, comprende el segmento Arequipa del batolito de la costa (Pitcher et al. 1985), se localiza en la costa sur media del Perú. Por la presencia de nuevos prospectos auríferos, dicha franja se extiende por el Norte hasta Ica y por el Sur hasta La Joya (Arequipa). Esta franja se ha explotado intermitentemente desde el siglo XVII, habiéndose ubicado a la fecha más de un centenar de depósitos de oro, cuyas características son principalmente del tipo filoniano y de origen hidrotermal. Las ocurrencias son minadas por oro-plata- cobre

ANEXO 2

CICLO DE EXTRACCIÓN DE MINERAL Y DESMONTE

El proceso de extracción en minería subterránea sigue una secuencia sistemática para garantizar eficiencia y seguridad:

- **Perforación y Voladura:** Se realizan perforaciones en el frente de trabajo donde se colocan explosivos para fragmentar la roca.
- **Carguío:** El material fragmentado (mineral o desmonte) se carga utilizando equipos como palas neumáticas o cargadores frontales.
- **Transporte (Acarreo):** El material cargado se transporta desde el frente de trabajo hasta puntos de descarga o áreas de almacenamiento. Este transporte se efectúa mediante locomotoras que arrastran carros mineros sobre rieles.
- **Izaje:** En niveles inferiores, el material se eleva a la superficie o a niveles superiores utilizando sistemas de izaje, como winches y piques.
- **Descarga y Procesamiento:** El mineral se descarga en tolvas para su procesamiento posterior, mientras que el desmonte se deposita en áreas designadas.

EQUIPOS UTILIZADOS Y SUS CAPACIDADES

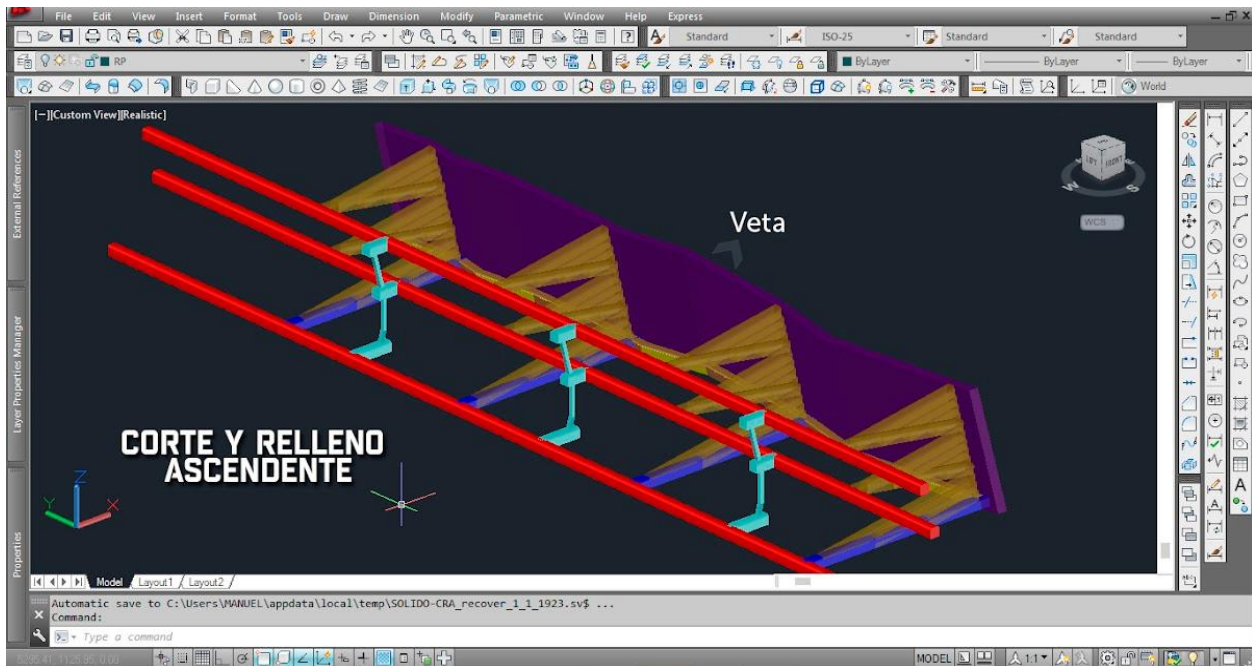
A continuación, se presenta un cuadro con los tipos de locomotoras y winches comúnmente empleados en minería subterránea, junto con sus capacidades:

Equipo	Tipo	Capacidad
Locomotora	Eléctrica de batería	Capacidad de arrastre de hasta 20 toneladas; velocidad máxima de 20 km/h.
Winche de Izaje	Eléctrico	Capacidad de carga de 5 a 20 toneladas; velocidad de izaje de 0.5 a 2 m/s.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

En la Unidad Minera SOTRAMI, la explotación de la veta Filomena se realiza mediante el método de corte y relleno ascendente. Este método es especialmente adecuado para yacimientos de vetas angostas y de alta inclinación, como es el caso de Filomena. Consiste en extraer el mineral en cortes horizontales ascendentes, rellenando cada corte con material estéril o desmonte para proporcionar soporte al macizo rocoso y permitir la extracción segura del siguiente corte superior. Este enfoque permite una recuperación eficiente del mineral y minimiza la dilución, asegurando la estabilidad estructural de la mina y reduciendo riesgos operativos.

Diseño de Método de Explotación Corte y Relleno Ascendente



Fuente: Elaboración Propia

Este gráfico muestra las etapas del proceso, desde la extracción del mineral hasta el relleno de los espacios vacíos, destacando la secuencia ascendente de los cortes y la importancia del relleno para mantener la integridad de la estructura minera.

La implementación de este método en SOTRAMI ha permitido una explotación racional y sostenible del yacimiento, con reservas minerales probadas y probables que garantizan una operación continua por al menos 10 años, generando una significativa rentabilidad económica y financiera.

ANEXO 3

Base de datos recopilada de Izaje

ID BO RL	ID REG RL	AÑO	MES	DIAS/MES	SEMANA	FECHA	TURNO	GUARDIA	ZONA	VINCHE	NV DEL VINCHE	OPERADOR	AYUDANTE1	AYUDANTE2	EMPRESA	JEFE DE GUARDA	CAPATZAS	H INICIAL	H FINAL	HORAS EJECUTADAS	HORA INICIAL	HORA FINAL	CODIGO	N° SKIP	EMPRESA USUARIA	NV ORIGEN			
a4f9308	e36c0af	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0	JAVIER CURO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	16479.24	16486.12	6.88	18:00:00	18:30:00	200				
a61dcbf	e36c0af	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0	JAVIER CURO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	16479.24	16486.12	6.88	18:00:00	18:00:00	205				
2e8222f5	e36c0af	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0	JAVIER CURO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	16479.24	16486.12	6.88	18:00:00	20:00:00	109	1	ZONA 23	0	
e74340ed	e36c0af	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0	JAVIER CURO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	16479.24	16486.12	6.88	20:00:00	01:00:00	106	34	ZONA 23	7	
a0a7230	e36c0af	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0	JAVIER CURO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	16479.24	16486.12	6.88	01:00:00	02:00:00	203				
5ab403a3	e36c0af	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0	JAVIER CURO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	16479.24	16486.12	6.88	02:00:00	04:00:00	106	13	ZONA 23	7	
33d8b074	e36c0af	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0	JAVIER CURO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	16479.24	16486.12	6.88	04:00:00	06:00:00	105	19	ZONA 23	7	
0a0a0b64	e36c0af	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Superficie	0	JAVIER CURO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	16479.24	16486.12	6.88	06:00:00	08:00:00	204				
31d8e957	cbef955	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	SALVADOR	0	EGOAVIL HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	6748.8	6757.6	8.8	18:00:00	18:10:00	208				
47774302	cbef955	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	SALVADOR	0	EGOAVIL HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	6748.8	6757.6	8.8	18:10:00	18:25:00	209				
740d6857	cbef955	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	SALVADOR	0	EGOAVIL HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	6748.8	6757.6	8.8	18:25:00	18:45:00	200				
87ec8b7c	cbef955	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	SALVADOR	0	EGOAVIL HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	6748.8	6757.6	8.8	18:45:00	20:00:00	205				
f244a9e1	cbef955	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	SALVADOR	0	EGOAVIL HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	6748.8	6757.6	8.8	20:00:00	20:10:00	109	1	ZONA 23	0	
bof8bc55	cbef955	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	SALVADOR	0	EGOAVIL HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	6748.8	6757.6	8.8	20:10:00	20:30:00	199				
e0018939	cbef955	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	SALVADOR	0	EGOAVIL HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	6748.8	6757.6	8.8	06:25:00	06:40:00	208	28	ZONA 23	14	
cd3d1a40	cbef955	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	SALVADOR	0	EGOAVIL HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	6748.8	6757.6	8.8	01:00:00	02:00:00	203				
bd8df33	cbef955	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	SALVADOR	0	EGOAVIL HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	6748.8	6757.6	8.8	02:00:00	05:30:00	106	18	ZONA 23	14	
b317c4e0	cbef955	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	SALVADOR	0	EGOAVIL HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	6748.8	6757.6	8.8	05:30:00	05:45:00	199				
be88223c	cbef955	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	SALVADOR	0	EGOAVIL HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	6748.8	6757.6	8.8	05:45:00	06:25:00	204				
14f083ab	cbef955	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	SALVADOR	0	EGOAVIL HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	6748.8	6757.6	8.8	06:25:00	06:40:00	208				
1b5e94a4	4043e958	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 5 - Superficie	0	RONALD HUAMAN	E. HUAMAN		SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	21904.4	21904.4	4.29	18:40:00	18:30:00	200				
8d6ec233	4043e958	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 5 - Superficie	0	RONALD HUAMAN			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	21904.4	21904.4	4.29	18:30:00	18:45:00	201				
2aec1af8	4043e958	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 5 - Superficie	0	RONALD HUAMAN			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	21904.4	21904.4	4.29	18:45:00	19:00:00	205				
94d0d13	4043e958	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 5 - Superficie	0	RONALD HUAMAN			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	21904.4	21904.4	4.29	19:00:00	19:10:00	202				
449f23a	4043e958	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 5 - Superficie	0	RONALD HUAMAN			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	21904.4	21904.4	4.29	19:10:00	19:30:00	209				
e0044e59	4043e958	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 5 - Superficie	0	RONALD HUAMAN			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	21904.4	21904.4	4.29	19:30:00	19:00:00	207				
4c688108	4043e958	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 5 - Superficie	0	RONALD HUAMAN			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	21904.4	21904.4	4.29	21:00:00	00:00:00	106	25	ZONA 23	7	
7c428e0c	4043e958	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 5 - Superficie	0	RONALD HUAMAN			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	21904.4	21904.4	4.29	00:00:00	00:40:00	105	4	ZONA 23	7	
8bcd0871	4043e958	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 5 - Superficie	0	RONALD HUAMAN			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	21904.4	21904.4	4.29	00:40:00	01:40:00	203				
393bc219	4043e958	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 5 - Superficie	0	RONALD HUAMAN			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	21904.4	21904.4	4.29	01:40:00	03:00:00	312				
4324e897	4043e958	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 5 - Superficie	0	RONALD HUAMAN			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	21904.4	21904.4	4.29	03:00:00	05:45:00	195				
e68893dc	e16ea90	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	PIQUE 731 - Nv. 5	5	LUCAS PABLO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	999.43	1002.01	2.58	18:00:00	18:30:00	200				
30b7c50a	e16ea90	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	PIQUE 731 - Nv. 5	5	LUCAS PABLO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	999.43	1002.01	2.58	18:30:00	18:00:00	201				
193b9d57	e16ea90	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	PIQUE 731 - Nv. 5	5	LUCAS PABLO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	999.43	1002.01	2.58	18:00:00	18:30:00	202				
423dc3a8	e16ea90	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	PIQUE 731 - Nv. 5	5	LUCAS PABLO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	999.43	1002.01	2.58	19:30:00	20:30:00	206				
e60f73ab	e16ea90	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	PIQUE 731 - Nv. 5	5	LUCAS PABLO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	999.43	1002.01	2.58	20:30:00	21:30:00	196	2	ZONA 23	13	
c892393	e16ea90	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	PIQUE 731 - Nv. 5	5	LUCAS PABLO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	999.43	1002.01	2.58	21:30:00	23:00:00	105	4	ZONA 23	8	
d389ed3d	e16ea90	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	PIQUE 731 - Nv. 5	5	LUCAS PABLO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	999.43	1002.01	2.58	23:00:00	23:30:00	206				
6a8eb5df	e16ea90	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	PIQUE 731 - Nv. 5	5	LUCAS PABLO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	999.43	1002.01	2.58	23:30:00	00:00:00	109	2	ZONA 23	12	
2501e4b7	e16ea90	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	PIQUE 731 - Nv. 5	5	LUCAS PABLO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	999.43	1002.01	2.58	00:00:00	01:00:00	206				
45618f4b	e16ea90	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	PIQUE 731 - Nv. 5	5	LUCAS PABLO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	999.43	1002.01	2.58	01:00:00	02:00:00	203				
7161e9b3	e16ea90	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	PIQUE 731 - Nv. 5	5	LUCAS PABLO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	999.43	1002.01	2.58	02:00:00	04:00:00	105	5	ZONA 23	13	
774ee820	e16ea90	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	PIQUE 731 - Nv. 5	5	LUCAS PABLO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	999.43	1002.01	2.58	06:00:00	06:30:00	204				
f694724e	f2a75e80	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Nv. 7	7	ROMARIO APARCO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	2037.32	2043.54	6.22	18:00:00	18:30:00	200				
ed0a075d	f2a75e80	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Nv. 7	7	ROMARIO APARCO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	2037.32	2043.54	6.22	18:30:00	19:00:00	201				
4cc29b35	f2a75e80	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Nv. 7	7	ROMARIO APARCO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	2037.32	2043.54	6.22	19:00:00	19:20:00	208				
64f9f932	f2a75e80	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Nv. 7	7	ROMARIO APARCO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando	Montal	2037.32	2043.54	6.22	19:20:00	19:30:00	209				
9ebf9278	f2a75e80	2024	003	Marzo	31	13	23/03/2024	NOCHE	C	ZONA 23	BASE 4 - Nv. 7	7	ROMARIO APARCO			SOTRAMI	Luis Allipo	mando											

Base de datos recopilada de Acarreo

ID BO RL	ID REG RL	AÑO	MES	DIAS MES	SEMANA	FECHA	TURNO	HORAS CRONOLÓGICA	HORAS CRONOLÓGICA S DECIMAL	MATERIAL	TIPO DE TRASLADO	M3 CAPACIDAD SKID	PESO ESPECÍFICO	FACTOR DE LLENA	FACTOR DE ESPON	PRILLS	METROS CUBICOS	TONELADAS	METROS CUBICOS ACTIVIDAD	TONELADAS ACTIVIDAD	M3/HOR	TON/HORAS	ACTIVIDAD	TIPO DE ACTIVIDAD	TRASLADO 1	TRASLADO 2
449308	e38c08af	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:30:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV INGRESO DE PERSONAL			
a6c0dcbf	e38c08af	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:30:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV CAPACITACION			
2a822295	e38c08af	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	01:00:00	Vateriales Vario	Bajada	1008					0	0	0	0	0.0	0.0	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE MATERIALES Y	Bajada Del Nv. 0 al Nv. 7	Del Nv. 0 al Nv. 7	
4743404d	e38c08af	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	05:00:00	Desmonte	Subida	1008	2.3	0.9	0.519713	0.79	0.756	1.739	25.704	59.126	5.1	11.8	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE DESMONTE	Subida Del Nv. 7 al Nv. 0	Del Nv. 7 al Nv. 0	
90a7a720	e38c08af	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	01:00:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV REFRIGERIO			
5ab602a3	e38c08af	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	02:00:00	Desmonte	Subida	1008	2.3	0.9	0.519713	0.79	0.756	1.739	9.828	22.607	4.8	11.3	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE DESMONTE	Subida Del Nv. 7 al Nv. 0	Del Nv. 7 al Nv. 0	
33d8b074	e38c08af	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	02:00:00	Mineral	Subida	1008	2.798114	0.9	0.513594	1	0.599	1.676	11.381	31.844	5.7	15.9	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE MINERAL	Subida Del Nv. 7 al Nv. 0	Del Nv. 7 al Nv. 0	
0a0a0864	e38c08af	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:20:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV SALIDA DE PERSONAL			
336e4957	cfbe4955	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:00:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV PERSONAL SE TRASLAD			
47777302	cfbe4955	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:15:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV REGISTRO DE HERRAMIE			
740c6957	cfbe4955	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	01:20:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV INGRESO DE PERSONAL			
87ec8b7c	cfbe4955	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:15:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV CAPACITACION			
i24a3e1	cfbe4955	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:15:00	Vateriales Vario	Bajada	1.72					0	0	0	0	0.0	0.0	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE MATERIALES Y	Bajada Del Nv. 0 al Nv. 7	Del Nv. 0 al Nv. 14	
bf6bc655	cfbe4955	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:15:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	ACTIVIDAD OPERATI OTROS TRABAJOS EN L			
ed030939	cfbe4955	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	04:30:00	Desmonte	Subida	1.72	2.3	0.9	0.519713	0.79	1.289	2.965	26.982	93.02	9.0	19.4	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE DESMONTE	Subida Del Nv. 14 al Nv. 7	Del Nv. 14 al Nv. 0	
cd3d1a40	cfbe4955	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	01:00:00			1					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV REFRIGERIO			
bdbd133	cfbe4955	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	03:30:00	Desmonte	Subida	1.72	2.3	0.9	0.519713	0.79	1.289	2.965	23.202	53.37	6.6	15.2	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE DESMONTE	Subida Del Nv. 14 al Nv. 7	Del Nv. 14 al Nv. 0	
b317c4e0	cfbe4955	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:15:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	ACTIVIDAD OPERATI OTROS TRABAJOS EN L			
bed8223c	cfbe4955	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:40:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV SALIDA DE PERSONAL			
14d0954b	cfbe4955	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:15:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV PERSONAL SE TRASLAD			
b5e3844	4043b958	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:30:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV INGRESO DE PERSONAL			
8d5e6233	4043b958	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:15:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV REPARTO DE GUARDIA			
2aeca1a8	4043b958	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:15:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV CAPACITACION			
940d013	4043b958	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:10:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV CHEQUEO DE MAQUINA			
44d923a	4043b958	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:20:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV REGISTRO DE HERRAMIE			
e8044a68	4043b958	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	01:30:00			15					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV CAMBIO DE POLINES			
4c6b9108	4043b958	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	03:00:00	Desmonte	Subida	1008	2.3	0.9	0.519713	0.79	0.756	1.739	18.9	43.475	6.3	14.5	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE DESMONTE	Subida Del Nv. 7 al Nv. 0	Del Nv. 7 al Nv. 0	
7c428e0c	4043b958	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:40:00	Mineral	Subida	1008	2.798114	0.9	0.513594	1	0.599	1.676	2.396	6.704	3.6	10.0	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE MINERAL	Subida Del Nv. 7 al Nv. 0	Del Nv. 7 al Nv. 0	
8bcdc971	4043b958	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	01:00:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV REFRIGERIO			
393c2919	4043b958	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	01:20:00			1.33					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV ESPERANDO CARGA			
431c2957	4043b958	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	02:45:00	Mineral	Subida	1008	2.798114	0.9	0.513594	1	0.599	1.676	9.985	25.14	3.3	9.1	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE MINERAL	Subida Del Nv. 7 al Nv. 0	Del Nv. 7 al Nv. 0	
e6889d1c	e16e6a90	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:30:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV INGRESO DE PERSONAL			
30b7c50a	e16e6a90	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:30:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV REPARTO DE GUARDIA			
1963b157	e16e6a90	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:30:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV CHEQUEO DE MAQUINA			
423c69a8	e16e6a90	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	01:00:00			1					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV OPERADOR APOYA OTR			
e03733a8	e16e6a90	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	01:00:00	Desmonte	Subida	1008	2.3	0.9	0.519713	0.79	0.756	1.739	15.12	34.78	15	3.5	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE DESMONTE	Subida Del Nv. 13 al Nv. 7	Del Nv. 13 al Nv. 5	
e882c913	e16e6a90	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	01:30:00	Mineral	Subida	1008	2.798114	0.9	0.513594	1	0.599	1.676	2.396	6.704	16	4.5	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE MINERAL	Subida Del Nv. 8 al Nv. 7	Del Nv. 8 al Nv. 5	
d389e4d3	e16e6a90	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:30:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV OPERADOR APOYA OTR			
6a8eb5d1	e16e6a90	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:30:00	Vateriales Vario	Subida	1008					0	0	0	0	0.0	0.0	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE MATERIALES Y	Subida Del Nv. 12 al Nv. 7	Del Nv. 12 al Nv. 8	
2501c4b7	e16e6a90	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	01:00:00			1					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV OPERADOR APOYA OTR			
4501054b	e16e6a90	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	01:00:00			1					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV REFRIGERIO			
7c1c69c3	e16e6a90	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	02:00:00	Mineral	Subida	1008	2.798114	0.9	0.513594	1	0.599	1.676	2.995	8.38	15	4.2	ACTIVIDAD OPERATI IZAJE DE MINERAL	Subida Del Nv. 13 al Nv. 7	Del Nv. 13 al Nv. 5	
774ee820	e16e6a90	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:30:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV SALIDA DE PERSONAL			
6934724e	i2a75c80	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:30:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV INGRESO DE PERSONAL			
eda07f5d	i2a75c80	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:30:00			0					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV REPARTO DE GUARDIA			
4ee23635	i2a75c80	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:20:00			0.33					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV PERSONAL SE TRASLAD			
64d98992	i2a75c80	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:10:00			0.17					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV REGISTRO DE HERRAMIE			
9abf9278	i2a75c80	2024	003	Marzo	31	13	29/03/2024	NOCHE	00:10:00			0.17					0	0	0	0	0.0	0.0	DEMORA OPERATIV CHEQUEO DE MAQUINA			
e163b5fa	i2a75c80																									

Base de datos recopilada de Acarreo

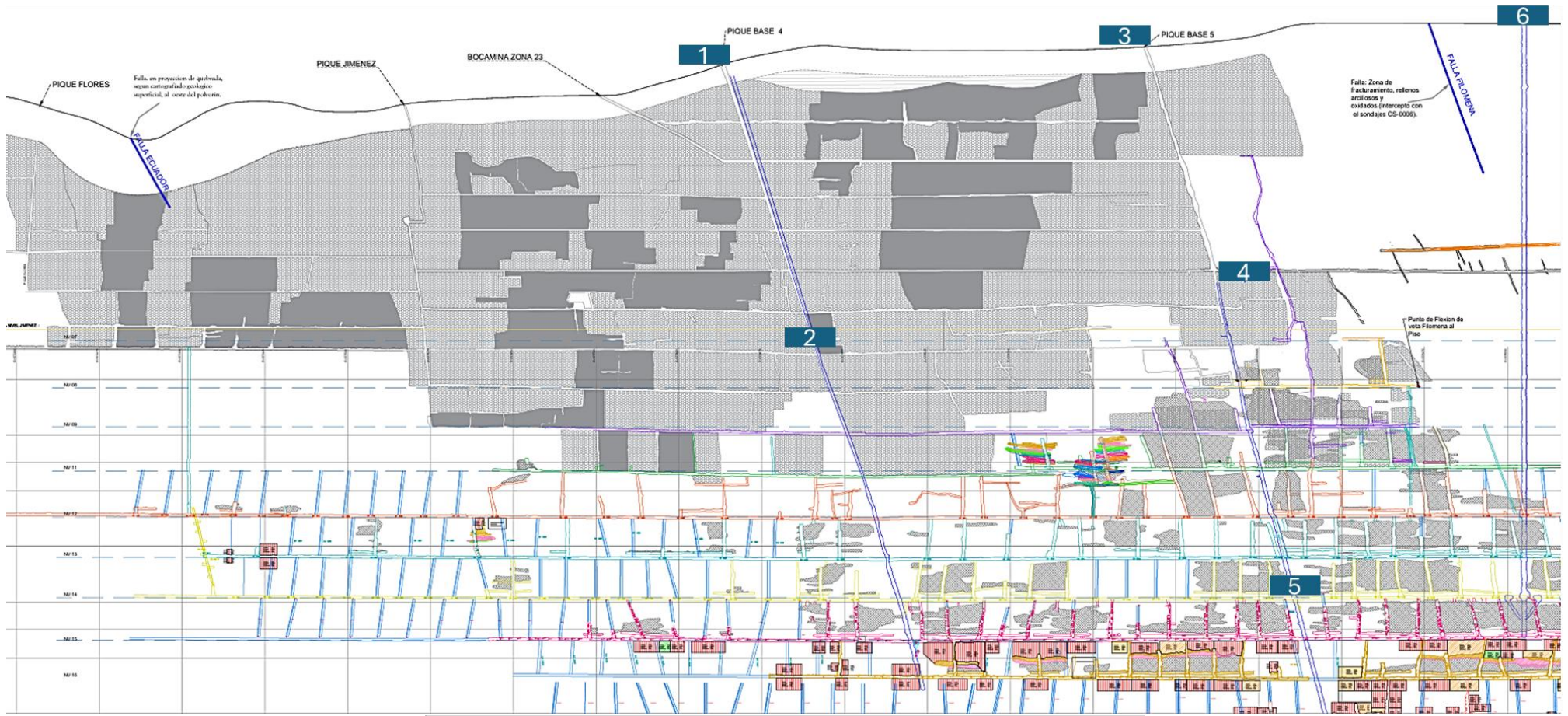
ID BO RA	ID REG RA	AÑO	MES	SEMANA	FECHA	TURNO	GUARDIA	ZONA	EMPRESA	MODELO LOCOMOTOR	N LOCOMOTR	JEFE DE GUARDIA	CAPATAZ	OPERADOR	AYUDANTE 1	AYUDANTE 2	H INICIAL	H FINAL	NIVEL	HORA INICIAL	HORA FINAL	CODIGO	N CARROS USOS	TIPO CARGU	ZONA	NIVEL	LABOR ORIGE
11a27ac5	5687647	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L7 - Nv. 14	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HP	AN		1942	1952		06:30:00	06:45:00	200				
54839f9f	5687647	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L7 - Nv. 14	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HP	AN		1942	1952		06:45:00	07:00:00	201				
8324a704	5687647	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L7 - Nv. 14	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HP	AN		1942	1952		07:00:00	08:00:00	302				
5444bb72	5687647	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L7 - Nv. 14	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HP	AN		1942	1952		08:00:00	09:30:00	199				
2a32b912	5687647	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L7 - Nv. 14	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HP	AN		1942	1952		09:30:00	11:30:00	102	9	Pala	14	GL 1950 E
67a270cc	5687647	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L7 - Nv. 14	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HP	AN		1942	1952		11:30:00	12:30:00	104				
d4e67e95	5687647	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L7 - Nv. 14	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HP	AN		1942	1952		12:30:00	13:00:00	168				
390a9775	5687647	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L7 - Nv. 14	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HP	AN		1942	1952		13:00:00	14:00:00	203				
7d67b7a3	5687647	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L7 - Nv. 14	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HP	AN		1942	1952		14:00:00	18:30:00	312				
c50c9a05	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		06:30:00	07:30:00	200				
efc9a0d9	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		07:30:00	08:00:00	201				
e6ab13ac	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		08:00:00	08:00:00	202				
9e461a62	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		08:00:00	08:00:00	104				
4d935646	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		08:50:00	12:00:00	102	16	Tolva	15	CH 1552
4d8c4220	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		12:00:00	13:00:00	199				
b1761e43	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		13:00:00	14:00:00	203				
b24c2114	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		14:00:00	14:30:00	101	5	Tolva	15	TJ 1551 E
396610d0	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		14:30:00	16:00:00	206				
481a9205	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		16:30:00	17:00:00	199				
aa2e8be9	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		17:00:00	17:30:00	168				
ed1e5936	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		17:30:00	18:00:00	208				
a7bb57aa	768c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L5 - Nv. 15	Jhon Alva	Hugo Muñoz	PJ	PO		4775	4778		18:00:00	18:30:00	204				
1d71bd35	ed7c97b6	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L8 - Nv. 12	Jhon Alva	Hugo Muñoz	ARAMANDO MAMANI	JOEL JENCHO		26279	26386		06:30:00	07:00:00	200				
3c1c2c59	ed7c97b6	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L8 - Nv. 12	Jhon Alva	Hugo Muñoz	ARAMANDO MAMANI	JOEL JENCHO		26279	26386		07:00:00	08:00:00	202				
4d85660a	ed7c97b6	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L8 - Nv. 12	Jhon Alva	Hugo Muñoz	ARAMANDO MAMANI	JOEL JENCHO		26279	26386		08:00:00	09:00:00	102	5	Pala	12	DDH1 2028
f36d980	ed7c97b6	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L8 - Nv. 12	Jhon Alva	Hugo Muñoz	ARAMANDO MAMANI	JOEL JENCHO		26279	26386		09:00:00	10:30:00	102	12	Pala	12	CH 1256
18a996b9	ed7c97b6	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L8 - Nv. 12	Jhon Alva	Hugo Muñoz	ARAMANDO MAMANI	JOEL JENCHO		26279	26386		10:30:00	11:30:00	101	6	Tolva	12	PC 1254
4a9839ef	ed7c97b6	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L8 - Nv. 12	Jhon Alva	Hugo Muñoz	ARAMANDO MAMANI	JOEL JENCHO		26279	26386		11:30:00	13:00:00	206				
366454f3	ed7c97b6	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L8 - Nv. 12	Jhon Alva	Hugo Muñoz	ARAMANDO MAMANI	JOEL JENCHO		26279	26386		13:00:00	14:00:00	203				
aaf1c4e6	ed7c97b6	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L8 - Nv. 12	Jhon Alva	Hugo Muñoz	ARAMANDO MAMANI	JOEL JENCHO		26279	26386		14:00:00	16:00:00	102	5	Pala	12	DDH1 2028
9620e180	ed7c97b6	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L8 - Nv. 12	Jhon Alva	Hugo Muñoz	ARAMANDO MAMANI	JOEL JENCHO		26279	26386		16:00:00	17:00:00	206				
93a1a48f	ed7c97b6	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L8 - Nv. 12	Jhon Alva	Hugo Muñoz	ARAMANDO MAMANI	JOEL JENCHO		26279	26386		17:00:00	18:30:00	202				
d76d7ecc	47b9ab2a	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L3 - Nv. 13	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HUGO PORTILLO	EXANDER NOA		59097	59151		06:30:00	14:00:00	312				
34895b66	47b9ab2a	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L3 - Nv. 13	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HUGO PORTILLO	EXANDER NOA		59097	59151		14:00:00	16:30:00	102	9	Tolva	13	CH 1334
ed193774	47b9ab2a	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L3 - Nv. 13	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HUGO PORTILLO	EXANDER NOA		59097	59151		16:30:00	17:00:00	168				
18b7a723	47b9ab2a	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	CLAYTON	L3 - Nv. 13	Jhon Alva	Hugo Muñoz	HUGO PORTILLO	EXANDER NOA		59097	59151		17:00:00	18:30:00	204				
e98db94e	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	GOODMAN	L1 - Nv. 11	Jhon Alva	Hugo Muñoz	J. CRISPIN	E TAPIA		21380	21490		06:30:00	07:00:00	200				
19b0339a	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	GOODMAN	L1 - Nv. 11	Jhon Alva	Hugo Muñoz	J. CRISPIN	E TAPIA		21380	21490		07:00:00	07:30:00	201				
9d703077	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	GOODMAN	L1 - Nv. 11	Jhon Alva	Hugo Muñoz	J. CRISPIN	E TAPIA		21380	21490		07:30:00	08:00:00	208				
d3639737	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	GOODMAN	L1 - Nv. 11	Jhon Alva	Hugo Muñoz	J. CRISPIN	E TAPIA		21380	21490		08:00:00	08:00:00	202				
45f2e0e1	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	GOODMAN	L1 - Nv. 11	Jhon Alva	Hugo Muñoz	J. CRISPIN	E TAPIA		21380	21490		08:15:00	11:00:00	102	23	Tolva	11	CH 1154
35bec823	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	GOODMAN	L1 - Nv. 11	Jhon Alva	Hugo Muñoz	J. CRISPIN	E TAPIA		21380	21490		11:00:00	11:00:00	163				
a9b2336	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	GOODMAN	L1 - Nv. 11	Jhon Alva	Hugo Muñoz	J. CRISPIN	E TAPIA		21380	21490		11:00:00	11:20:00	208				
c71e0d87	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	GOODMAN	L1 - Nv. 11	Jhon Alva	Hugo Muñoz	J. CRISPIN	E TAPIA		21380	21490		11:20:00	12:40:00	206				
40b62a78	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	GOODMAN	L1 - Nv. 11	Jhon Alva	Hugo Muñoz	J. CRISPIN	E TAPIA		21380	21490		12:40:00	14:00:00	203				
78c48bea	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	Dia	B	Zona 23	SOTRAMI	GOODMAN	L1 - Nv. 11	Jhon Alva	Hugo Muñoz	J. CRISPIN	E TAPIA		21380	21490								

Base de datos recopilada de Acarreo

ID B.R.A.	ID REG.R.A.	AÑO	MES	SEMANA	FECHA	HORAS CRONOLÓGICAS	HORAS CRONOLÓGICAS DECIMALES	MATERIAL	M3 CAPACIDAD CARRIOS	PESO ESPECIFICO	FACTOR DE LLENADO	FACTOR DE ESPON	METROS CUBICOS	TONELADAS	TONELADAS ACTIVIDAD	M3/HORAS	TON/HORAS	ACTIVIDAD	TIPO DE ACTIVIDAD	
11a27ac5	5b8764f7	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:15:00	0.25					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	INGRESO DE PERSONAL	
94919df	5b8764f7	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:15:00	0.25					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	REPARTO DE GUARDIA	
932a7c4	5b8764f7	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 2	CAMBIO DE BATERIA	
9444bb72	5b8764f7	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:30:00	1.5					0	0	0	0	0	OPERATIVA	OTROS TRABAJOS EN LABOR	
2a32b912	5b8764f7	2023	001	Enero	1	02/01/2023	02:00:00	2	DESMONTE	0.99	2.3	0.82	0.536	0.528516	121959	10.94031	2.37832	5.47	OPERATIVA	ACARREO DE DESMONTES
67a27ccc	5b8764f7	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1	MATERIALES VARIO					0	0	0	0	OPERATIVA	ACARREO DE MATERIALES VARIOS	
b4e67e65	5b8764f7	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:30:00	0.5					0	0	0	0	0	OPERATIVA	LIMPIEZA DE EQUIPO	
390ce575	5b8764f7	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	REFRIGERIO	
7db77e3	5b8764f7	2023	001	Enero	1	02/01/2023	04:30:00	4.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 2	ESPERANDO CARGA	
c5c9c405	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	INGRESO DE PERSONAL	
efc9c0d9	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:30:00	0.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	REPARTO DE GUARDIA	
e6ab13ac	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:10:00	0.17					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	CHEQUEO DE MAQUINA	
0ea31af2	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:40:00	0.67	MATERIALES VARIO					0	0	0	0	OPERATIVA	ACARREO DE MATERIALES VARIOS	
de035646	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	03:10:00	3.17	DESMONTE	0.99	2.3	0.82	0.536	0.528516	121959	19.44344	2.66759	6.135	OPERATIVA	ACARREO DE DESMONTES
4d9c4220	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1					0	0	0	0	0	OPERATIVA	OTROS TRABAJOS EN LABOR	
b17614e3	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	REFRIGERIO	
b24c2114	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:30:00	0.5	MINERAL	0.99	2.7	0.8305	0.6	0.513872	1.38745	6.93725	5.13872	13.875	OPERATIVA	ACARREO DE MINERAL
3966100d	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:30:00	1.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS	
4bfa9125	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1					0	0	0	0	0	OPERATIVA	OTROS TRABAJOS EN LABOR	
aa2e8be9	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:30:00	0.5					0	0	0	0	0	OPERATIVA	LIMPIEZA DE EQUIPO	
e0f65936	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:30:00	0.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	PERSONAL SE TRASLADA	
a7b657aa	7b8c23e8	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:30:00	0.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	SALIDA DE PERSONAL	
f47bd355	ed7c976b	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:30:00	0.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	INGRESO DE PERSONAL	
cbf2d59f	ed7c976b	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	CHEQUEO DE MAQUINA	
4d8560ca	ed7c976b	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1	DESMONTE	0.99	2.3	0.82	0.536	0.528516	121959	6.07795	2.64258	6.078	OPERATIVA	ACARREO DE DESMONTES
f36d980	ed7c976b	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:30:00	1.5	DESMONTE	0.99	2.3	0.82	0.536	0.528516	121959	14.58708	4.22813	9.725	OPERATIVA	ACARREO DE DESMONTES
f8a996b9	ed7c976b	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1	MINERAL	0.99	2.7	0.8305	0.6	0.513872	1.38745	8.3247	3.08323	8.325	OPERATIVA	ACARREO DE MINERAL
4a9938ef	ed7c976b	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:30:00	1.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS	
9b645443	ed7c976b	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	REFRIGERIO	
aa4fceae	ed7c976b	2023	001	Enero	1	02/01/2023	02:00:00	2	DESMONTE	0.99	2.3	0.82	0.536	0.528516	121959	6.07795	1.32129	3.039	OPERATIVA	ACARREO DE DESMONTES
9620a10	ed7c976b	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS	
93a146f1	ed7c976b	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:30:00	1.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	CHEQUEO DE MAQUINA	
d76d7ecc	47fbab2a	2023	001	Enero	1	02/01/2023	07:30:00	7.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 2	ESPERANDO CARGA	
348d5bb6	47fbab2a	2023	001	Enero	1	02/01/2023	02:30:00	2.5	DESMONTE	0.99	2.3	0.82	0.536	0.528516	121959	10.94031	1.90266	4.376	OPERATIVA	ACARREO DE DESMONTES
ecf3f374	47fbab2a	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:30:00	0.5					0	0	0	0	0	OPERATIVA	LIMPIEZA DE EQUIPO	
f8b7a723	47fbab2a	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:30:00	1.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	SALIDA DE PERSONAL	
e98db94e	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:30:00	0.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	INGRESO DE PERSONAL	
f9b0339a	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:30:00	0.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	REPARTO DE GUARDIA	
9d703077	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:30:00	0.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	PERSONAL SE TRASLADA	
d3b973a7	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:15:00	0.25					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	CHEQUEO DE MAQUINA	
d912ee1	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	02:45:00	2.75	DESMONTE	0.99	2.3	0.82	0.536	0.528516	121959	27.95857	4.42032	10.167	OPERATIVA	ACARREO DE DESMONTES
35ebc23	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:10:00	0.17					0	0	0	0	0	OPERATIVA	RETORNO DE EQUIPO A LABOR (VACIO)	
af9b2336	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:10:00	0.17					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	PERSONAL SE TRASLADA	
c71e0d87	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:20:00	1.33					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS	
40b62a76	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:20:00	1.33					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	REFRIGERIO	
78dbbbe	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:00:00	1	MATERIALES VARIO					0	0	0	0	OPERATIVA	ACARREO DE MATERIALES VARIOS	
7acc0d90	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	02:30:00	2.5					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS	
a3b1afba	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:15:00	0.25					0	0	0	0	0	OPERATIVA	LIMPIEZA DE EQUIPO	
75a20734	1064b454	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:45:00	0.75					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	SALIDA DE PERSONAL	
6001927d	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:10:00	0.17					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	PERSONAL SE TRASLADA	
281b1395	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:05:00	0.08					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	INGRESO DE PERSONAL	
fe3ae58d	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:15:00	0.25					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	PERSONAL SE TRASLADA	
1c47af08	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:15:00	0.25					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	CAPACITACION	
4851932a	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:40:00	0.67					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	REPARTO DE GUARDIA	
dab3700b	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:10:00	0.17					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	PERSONAL SE TRASLADA	
d2e1f48	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:20:00	0.33					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	CHEQUEO DE MAQUINA	
d7f2015	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:10:00	0.17					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS	
5b02a16a	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:05:00	0.08					0	0	0	0	0	OPERATIVA	TRASLADO DE EQUIPO A LABOR	
a3c52508	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:50:00	0.83					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS	
c044141a	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:40:00	0.67	DESMONTE	0.99	2.3	0.82	0.536	0.528516	121959	2.43118	157766	3.629	OPERATIVA	ACARREO DE DESMONTES
712def08	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:05:00	0.08					0	0	0	0	0	OPERATIVA	RETORNO DE EQUIPO A LABOR (VACIO)	
1fb2af1b	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:30:00	0.5					0	0	0	0	0	OPERATIVA	LIMPIEZA DE EQUIPO	
3b083d46	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:10:00	0.17					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	PERSONAL SE TRASLADA	
c223bb4b	21a60b66	2023	001	Enero	1	02/01/2023	07:35:00	7.58					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS	
abb0ddac	410e5b3c	2023	001	Enero	1	02/01/2023	04:25:00	4.42					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	LAVADO DE EQUIPO	
a29056c3	410e5b3c	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:05:00	0.08					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	CHEQUEO DE MAQUINA	
af1f219a	410e5b3c	2023	001	Enero	1	02/01/2023	00:20:00	0.33					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	LAVADO DE EQUIPO	
72bc4b56	410e5b3c	2023	001	Enero	1	02/01/2023	01:25:00	1.42					0	0	0	0	0	DEMORA OPERATIVA 1	OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS	

Fuente: Departamento de Costos y Productividad Minera Sotrami

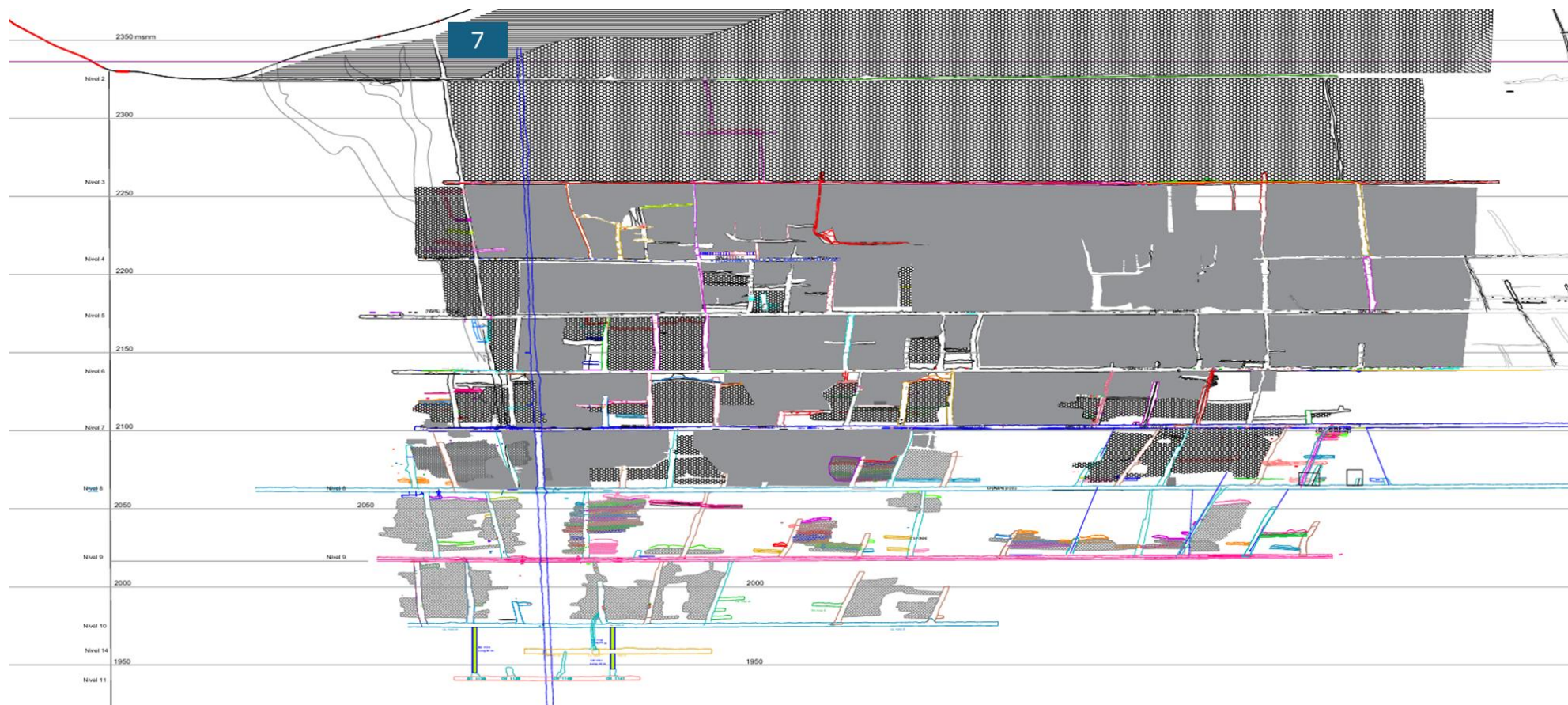
PLANO DE UBICACIÓN DE PIQUES Y FRENTE DE PRODUCCIÓN EN ZONA 23



N°	Zona	Columna Pique	Nombre de Pique	Nivel Winche	Extracción
1	Zona 23	Pique Base 5	BASE 5 - Superficie	0	Mineral - Desmante
2	Zona 23	Pique Base 5	PIQUE 731 - Nv. 5	5	Mineral - Desmante
3	Zona 23	Pique Base 5	PIQUE 1431 - Nv. 14	14	Mineral - Desmante
4	Zona 23	Pique Base 4	BASE 4 - Superficie	0	Mineral - Desmante
5	Zona 23	Pique Base 4	BASE 4 - Nv. 7	7	Mineral - Desmante
6	Zona 23	Pique Salvador	SALVADOR	0	Desmante-Zaranda

Fuente: Departamento de Planeamiento Minera Sotrami

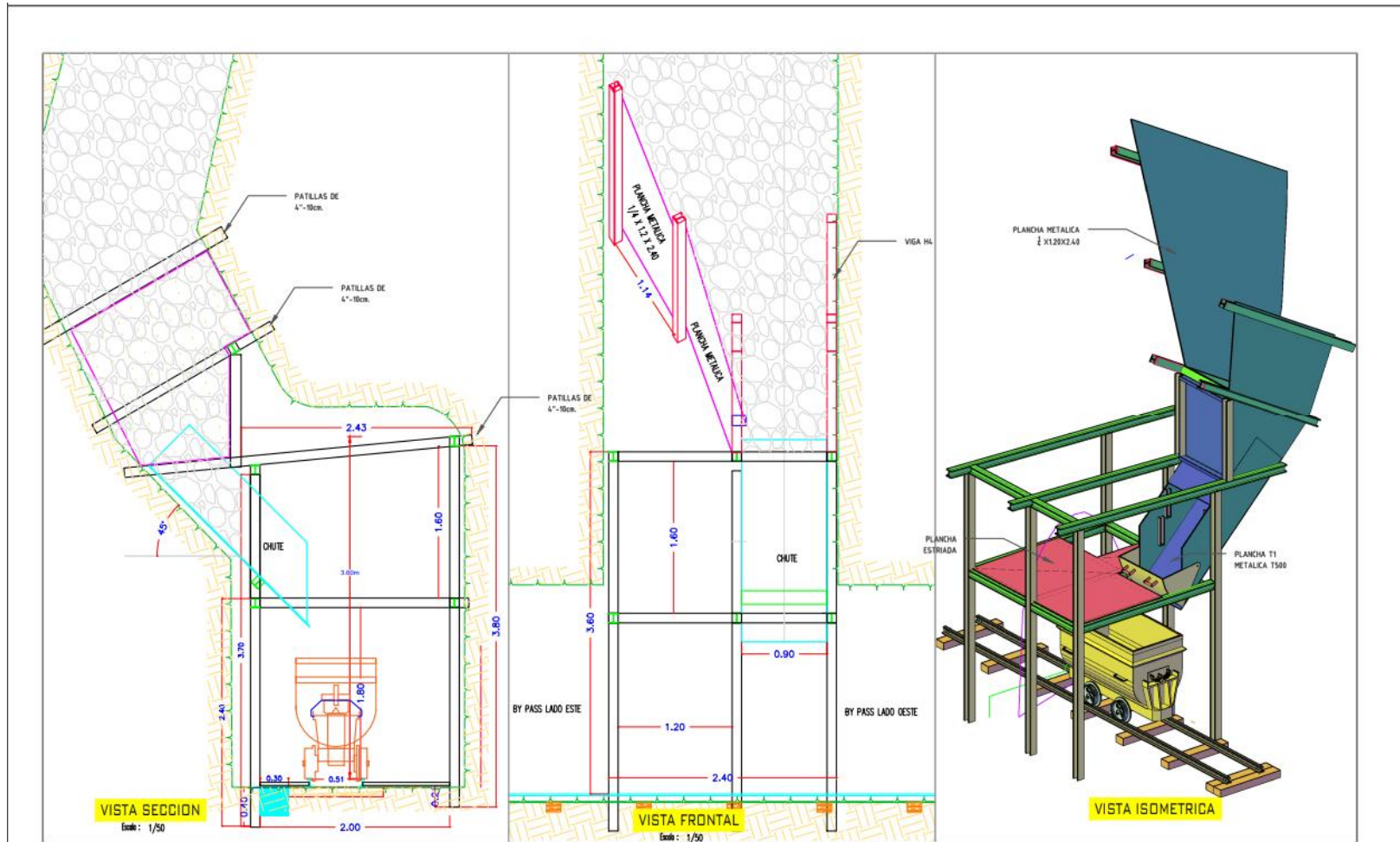
PLANO DE UBICACIÓN DE PIQUES Y FRENTES DE PRODUCCIÓN EN ZONA SANTA ROSA



N°	Zona	Columna Pique	Nombre de Pique	Nivel Winche	Extracción
7	Santa Rosa	Pique Santa Rosa	ESPERANZA - Nv. 01	2	Mineral - Desmonte

Fuente: Departamento de Planeamiento Minera Sotrami

TOLVA METÁLICA



Fuente: Departamento de Planeamiento Minero Sotrami