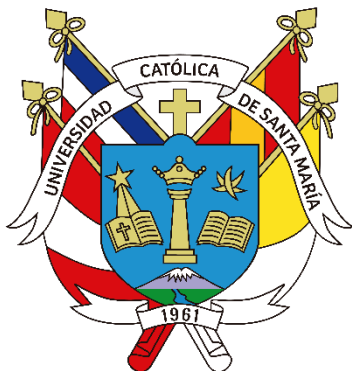


Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería de Minas



**Aplicación del software POM QM for Windows v 5.0.0 en la Unidad Minera
Tauro S.A.C. para la optimización, análisis y control de tiempos de ciclo
carguío y ciclo de transporte, Pataz - Perú 2024**

Tesis presentada por el Bachiller:

Vicente Ramos, Alexis Abel Andre

ORCID: 0009-0002-8361-7817

para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas

Asesor:

Mg. Arias Quispe, Cesar Fabian

ORCID: 0009-0001-7874-2691

Arequipa - Perú

2025

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA DE MINAS

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 21 de Octubre del 2025

Dictamen: 013745-C-EPIM-2025

Visto el borrador del expediente 013745, presentado por:

2019225801 - VICENTE RAMOS ALEXIS ABEL ANDRE

Titulado:

**APLICACIÓN DEL SOFTWARE POM QM FOR WINDOWS V 5.0.0 EN LA UNIDAD MINERA TAURO
S.A.C. PARA LA OPTIMIZACIÓN, ANÁLISIS Y CONTROL DE TIEMPOS DE CICLO CARGUÍO Y
CICLO DE TRANSPORTE, PATAZ - PERÚ 2024**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO DE MINAS

**40902304 - LINARES FLORES CASTRO ANTONIO ERICK
DICTAMINADOR**



**40656104 - LOPEZ CASAPERALTA DE DIAZ PATRICIA YANETH
DICTAMINADOR**



**40379481 - PAREDES SALAS OMAR WILLY
DICTAMINADOR**



Aplicación del software POM QM for Windows v 5.0.0 en la Unidad Minera Tauro S.A.C. para la optimización, análisis y control de tiempos de ciclo carguío y ciclo de transporte, Pataz - Perú 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%	11%	1%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uap.edu.pe	9%
	Fuente de Internet	
2	www.iiis.org	1%
	Fuente de Internet	
3	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Apagado		

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia, en especial a mis padres Jaime y Nelly, por su ayuda en los momentos buenos y malos, y por sus consejos de vida. Me han demostrado y enseñado a encarar las dificultades de la vida sin prevalecer en el primer intento y seguir adelante, toda mi integridad como persona, mis valores, mis principios y mi empeño.

Dedicar todo mi trabajo a dios que sin él no estaría donde me encuentro en estos momentos, me dio las fuerzas y las agallas para afrontar el día a día y no sentirme derrotado.

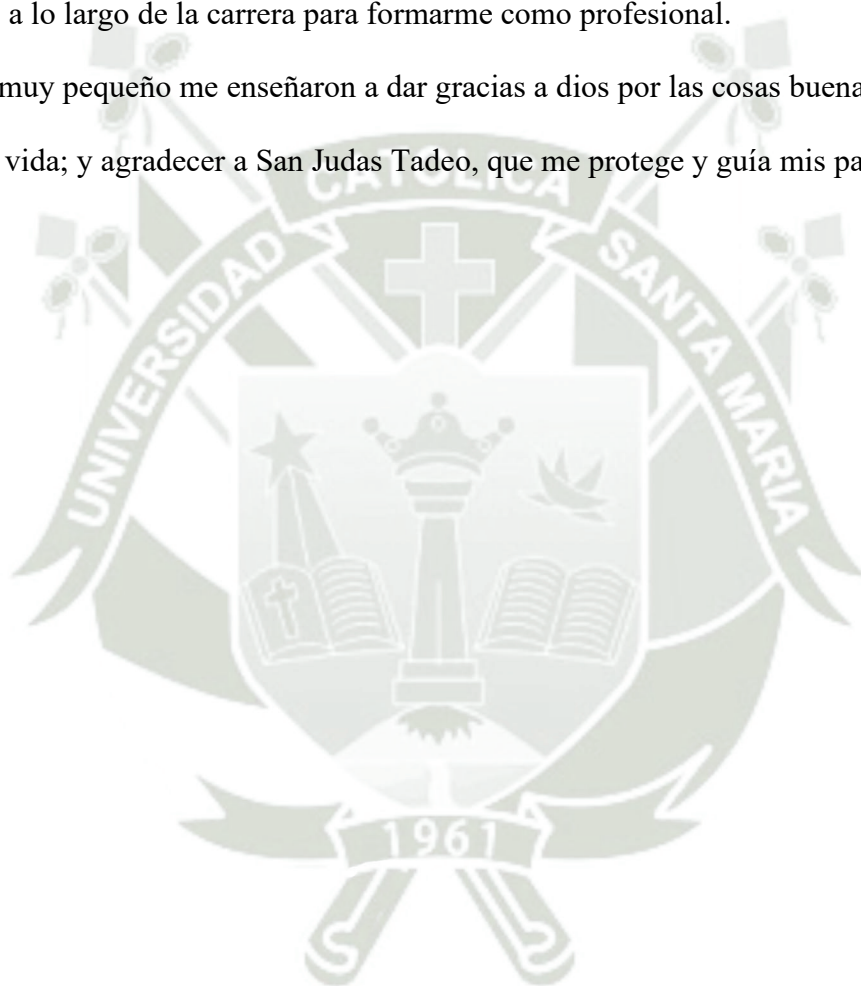


AGRADECIMIENTOS

Agradecer el apoyo de mis padres, por darme la oportunidad de conseguir mis sueños y ser el soporte de todos mis logros. Agradecer a mis hermanos que fueron mi inspiración y el ejemplo a seguir.

Así mismo agradezco a los ingenieros que compartieron sus experiencias y conocimientos a lo largo de la carrera para formarme como profesional.

Desde muy pequeño me enseñaron a dar gracias a dios por las cosas buenas y malas que suceden en mi vida; y agradecer a San Judas Tadeo, que me protege y guía mis pasos.



EPÍGRAFE



*“Y construiste tú mansión sobre las aguas,
afirmaste la tierra sobre sus cimientos:
¡No se moverán jamás!”*

Salmo 104:3-5

RESUMEN

En el sector minero se presentan constantemente retos para una mejora continua, por ende, se requiere mejorar la gestión de los equipos con respecto a los tiempos que se emplean en el ciclo de transporte. la presente tesis tiene como objetivo optimizar, analizar y tener un mejor control de tiempos, conforme a los resultados obtenidos a través del software aplicados en la unidad minera subterránea Tauro S.A.C. ubicada en la Libertad, provincia de Pataz.

La técnica empleada para la obtención de estos datos fue a través de la revisión y observación directa de los equipos realizando sus tareas designadas.

Del mismo modo, se utilizó técnicas para la elaboración y comprensión de estos datos a través del software POM QM for Windows.

A consecuencia de la filtración de datos en el software se realizará la parametrización para que de esta forma se ordenen y centren los datos en los tiempos que implica los ciclos de transporte, identificando rutas que atrasan el desempeño de los equipos y considerando el tiempo que exceden al realizar las tareas designadas, obteniendo como resultados de una elección adecuada en la designación de procesos y tareas a realizar a lo largo de la guardia, trayendo consigo beneficio para el desarrollo de la productividad de la empresa.

Palabras clave: Análisis de datos, carguío, transporte

ABSTRACT

The mining sector constantly faces challenges for continuous improvement; therefore, it is necessary to improve equipment management with regard to the time spent in the transport cycle. The objective of this thesis is to optimize, analyze, and have better control of time, according to the results obtained through the software applied in the Tauro S.A.C. underground mining unit located in La Libertad, Pataz province.

The technique used to obtain this data was through review and direct observation of the equipment performing its designated tasks.

Similarly, techniques were used to compile and understand this data using POM QM for Windows software.

As a result of the data filtering in the software, parameterization will be carried out so that the data can be sorted and focused on the times involved in the transport cycles, identifying routes that delay the performance of the equipment and considering the time they exceed when performing the designated tasks. The results of an appropriate choice in the designation of processes and tasks to be performed throughout the shift will be obtained, bringing benefits for the development of the company's productivity.

Keywords: Data analysis, loading, transport

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

EPÍGRAFE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN1

CAPÍTULO I3

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA4

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA4

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN5

1.2.1 GENERAL.....5

1.2.2 ESPECÍFICO.....5

1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN5

1.3.1 GENERAL.....5

1.3.2 ESPECIFICAS.....5

1.4. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN6

1.5 PALABRAS CLAVE6

1.6. SOLUCIÓN PROPUESTA6

1.6.1 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....6

1.6.2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN	7
CAPÍTULO II	9
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	10
2.1. ESTADO DEL ARTE	10
2.1.1 ANTECEDENTES NACIONALES	10
2.1.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	12
2.2. BASES TEÓRICAS	14
2.2.1 CICLO DE MINADO	14
2.2.2 CONTROL DE TIEMPO	15
2.2.3 OPTIMIZACIÓN	15
2.2.4 ESTRATEGIAS DE MEJORA DE PRODUCTIVIDAD EN MINERÍA	16
2.2.5 CARGUÍO Y TRANSPORTE MINERO	16
2.2.6 CICLO DE CARGUÍO	16
2.2.7 CICLO TRANSPORTE	18
2.2.8 TIEMPOS OPERATIVOS	19
2.2.9 ORDENES CRUZADAS	20
2.2.10 COSTOS EN MINA	20
2.2.11 SOFTWARE POM QM FOR WINDOWS V 5.0	21
2.2.12 PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE (PERT)	21
2.2.13 CRITICAL PATH METHOD (CPM)	22

2.2.14 RUTA CRITICA	22
2.2.15 ETIQUETAS DEL SOFTWARE	23
2.3 HIPÓTESIS	23
2.4 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE VARIABLES	24
2.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	24
2.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	24
2.4.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	24
CAPÍTULO III.....	25
3. MARCO METODOLÓGICO.....	26
3.1. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	26
3.1.1 ALCANCES	26
3.1.2 LIMITACIONES.....	26
3.2. APORTE	26
3.3. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.4. UNIDAD DE ESTUDIO	27
3.5. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	27
3.6. UBICACIÓN	28
3.6.1 UBICACIÓN POLÍTICA.....	28

3.6.2 ACCESIBILIDAD.....	28
3.7 METALOGENIA	30
3.8. CLIMA Y VEGETACIÓN.....	32
3.8.1 CLIMA	32
3.8.2 VEGETACIÓN	32
3.9. GEOLOGÍA REGIONAL	32
3.9.1 PRECÁMBRICO.....	32
3.9.2 PALEOZOICO INFERIOR.....	33
3.9.3 PALEOZOICO SUPERIOR.....	33
3.9.4 TRIÁSICO JURÁSICO.....	34
3.9.5 CRETÁCEO	34
3.10 GEOLOGÍA LOCAL.....	35
3.11 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	36
3.12 UNIDADES GEOGRÁFICAS	38
3.13 LABORES MINA	39
3.14 MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	41
3.15 EQUIPOS DE CARGUÍO Y TRANSPORTE DE TAURO S.A.C.....	43
3.15.1 MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE TAURO S.A.C.	44
3.15.2 DISPONIBILIDAD Y UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TAURO S.A.C.	46
CAPÍTULO IV.....	47

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. EVALUACIÓN DE LOS ANÁLISIS CON RELACIÓN AL TIEMPO DE CICLO	48
4.2. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS EN EL PROCESO DE CARGUÍO Y TRANSPORTE DE LA COMPAÑÍA MINERA TAURO S.A.C.	48
4.3. TIEMPOS DE CICLO DE DUMPERS.....	49
4.4. TIEMPOS DE CICLO DE SCOOPS	51
4.5 CICLOS DE GUARDIAS	54
4.6 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS PROMEDIOS MEDIANTE EL SOFTWARE ..	58
4.6.1 PROCESO EN EL SOFTWARE DE GUARDIA DIA 21-01-24	58
4.6.2 PROCESO EN EL SOFTWARE DE GUARDIA DIA 23-01-24	61
4.6.3 PROCESO EN EL SOFTWARE DE GUARDIA DIA 24-01-24	64
4.6.4 PROCESO EN EL SOFTWARE DE GUARDIA DIA 27-01-24	67
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS	77

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 Ubicación y acceso	29
Figura 2 Franja Metalogenético de mina Poderosa.....	31
Figura 3 Ubicación del distrito aurífero Pataz	36
Figura 4 Cartografía de la provincia y distrito de Pataz	39
Figura 5 Método de minado cámaras y pilares	42
Figura 6 Método de minado Corte y relleno.....	43
Figura 7 Programa semanal de mantenimiento.....	45
Figura 8 Tiempo empleado de mantenimiento	45
Figura 9 Diagrama de ruta de dumper	49
Figura 10 Proceso de datos de la guardia 21-01-24.....	58
Figura 11 Diagrama de Gantt de la guardia 21-01-24	59
Figura 12 Diagrama de Ruta Crítica de la guardia 21-01-24.....	60
Figura 13 Proceso de datos de la guardia 23-01-24.....	61
Figura 14 Diagrama de Gantt de la guardia 23-01-24	62
Figura 15 Diagrama de Ruta Crítica de la guardia 23-01-24.....	63
Figura 16 Proceso de datos de la guardia 24-01-24.....	64
Figura 17 Diagrama de Gantt de la guardia 24-01-24	65
Figura 18 Diagrama de Ruta Crítica de la guardia 24-01-24.....	66
Figura 19 Proceso de datos de la guardia 27-01-24.....	67
Figura 20 Diagrama de Gantt de la guardia 27-01-24	68
Figura 21 Diagrama de Ruta Crítica de la guardia 27-01-24.....	69

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables.....	24
Tabla 2 Coordenadas UTM.....	29
Tabla 3 Equipos de Tauro S.A.C.	44
Tabla 4 Tiempo de posicionamiento de Dumper.....	50
Tabla 5 Tiempo de carga de Dumper.....	50
Tabla 6 Tiempo de Ida de Dumper	50
Tabla 7 Tiempo de descarga de Dumper	51
Tabla 8 Tiempo de regreso de Dumper.....	51
Tabla 9 Tiempo de ataque de scoop.....	52
Tabla 10 Tiempo de retroceso de scoop	52
Tabla 11 Tiempo de ida de scoop	52
Tabla 12 Tiempo de levante de cuchara de scoop	53
Tabla 13 Tiempo de dejar carga de scoop	53
Tabla 14 Tiempo de marcha atrás de scoop.....	53
Tabla 15 Jornada de trabajo día 21-01-24.....	54
Tabla 16 Jornada de trabajo día 23-01-24.....	55
Tabla 17 Jornada de trabajo día 24-01-24.....	56
Tabla 18 Jornada de trabajo día 27-01-24.....	57

INTRODUCCIÓN

Examinando cotidianamente y se observando lo que nos rodea, se evidencia que el entorno inmediato predomina las edificaciones y sistemas relacionados con la tecnología. Sería ilógico pensar que no se obtuvo a consecuencia de la minería, ya sea desde un lápiz hasta un celular o una laptop, la minería es fundamental como materia prima y como consecuencia presenta un gran movimiento en su actividad económica que se desarrolla sin parar todos los días del año. Obteniendo materias primas a través de la minería superficial, minería subterránea y yacimientos de petróleo, a consecuencia de otras industrias secundarias que trabajan con la materia se obtienen resultados y ganancias del sector minero.

No solo en el mundo se ve beneficiado el movimiento económico de la minería, el Perú es uno de los más grandes beneficiados por contar con tanta riqueza en minerales y poder explotar estos yacimientos; esto trae consigo sin duda alguna mayor cantidad de trabajo para los peruanos y mayor crecimiento económico consigo, se vio reflejado cuando en el 2017 alcanzamos una de las mayores exportaciones con 86 692 millones, lo que significó un gran avance y crecimiento en nuestra economía. Narrea O. (2018, página 14) *“La minería como motor de desarrollo económico”*. Para crecer de manera uniforme, se debe tener una producción uniforme y que no tenga mucha variación en el proceso; interviniendo directamente en el ciclo de producción, este consiste en perforación, voladura, carguío, transporte, chancado, molienda y proceso de flotación. El carguío y el transporte tiene por objetivo retirar el material volado de un frente de avance o de producción, transportando el material volado a un punto estratégico con el fin de optimizar tiempos y procesos.

En este caso me centrare en el proceso de transporte y carguío, la cual tiene como fin transportar el mineral y desmonte a cámaras de carguío, la cual requiere de rutas en óptimas condiciones y a su vez no superponer tareas, este proceso es cambiante según lo requiera y presenta

muchos obstáculos en su desarrollo, por tanto se necesita una constante optimización, ya que esta representa en su mayoría una gran cantidad de atrasos operativos. Es uno los mayores retos en la minería a estudiar y gestionar para optimizar de manera adecuada los tiempos empleados tomando en cuenta las dificultades y retrasos en el proceso.





CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es sumamente relevante tener alta prioridad y un entorno adecuado para la ejecución de tareas en mina, en una mina subterránea los espacios de trabajo influyen, es por esta razón, que en un lugar de trabajo hay demoras por el mal estado de las vías, por falta de herramientas, experiencia de operadores, ordenes cruzadas por jefes de guardia, el mantenimiento y la disponibilidad de los equipos; conlleva a una suma de elementos para realizar un óptimo trabajo en un adecuado entorno.

Por consiguiente, si estas variables no son las óptimas se ve reducido el proceso de producción y también el tiempo efectivo trabajado de los equipos y de los operadores.

Se debe considerar que la unidad minera opera con cuatro dumpers de 12 toneladas de capacidad, con un promedio de 6 a 7 viajes por una tarea designada, tardando en promedio de 15 a 20 minutos dependiendo de las condiciones, las labores en las cuales se trabajan y las distintas circunstancias que se presenten en la guardia; cada dumper transporta por turno 316 a 336 ton/día cargando tanto mineral como desmonte y a su vez que son cargados por scoops que varían su capacidad entre 3 yd³ y 4 yd³, las cuales se estudió y analizó el tiempo que se emplea para la ejecución de la tarea designada una distancia de 631 metros entre las distintas cámaras del nivel 2910 y el nivel 3000.

La implementación del software POM QM for Windows V 5.0.0 ayudará a reducir los tiempos empleados en cada tarea designada, mediante el software se podrá codificar los tiempos empleados y los predecesores de sus tareas anteriores para luego dar como resultado la ruta crítica de la tarea y brindando un diagrama de Gantt, se aplicara tanto para los ciclos de carguío a través del scoop (ataque, retroceso, ida, levante, descarga, regreso) y los ciclos de transporte

mediante el dumper (posicionamiento, carga, ida, descarga y retorno), buscando analizar el trabajo, buscando reducir el tiempo y obtener un mayor número de viajes por guardia.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 GENERAL

Aplicar el software POM QM FOR Windows V 5.0.0 en la Unidad Minera Tauro S.A.C. para la optimización, análisis y control de tiempos de ciclo carguío y transporte.

1.2.2 ESPECÍFICO

- Analizar el proceso de carguío y transporte; y determinar los tiempos de carguío y transporte de la Unidad Minera Tauro S.A.C.
- Evaluar la disponibilidad de los equipos de la unidad minera Tauro S.A.C.
- Crear y planificar un plan de rutas automatizado en función a las condiciones de las vías y condiciones de trabajos mediante el software POM QM for Windows.
- Capacitar y aplicar sobre el nuevo proceso de rutas a los operadores y supervisores.

1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 GENERAL

¿Es posible optimizar y realizar un análisis para mejorar el tiempo de las tareas designadas a lo largo de las guardias para el proceso de carguío y transporte a través del Software POM QM for Windows V 5.0.0. y que impacto tendría en la eficiencia operativa?

1.3.2 ESPECIFICAS

- ¿Cuáles son los tiempos de ciclo de carguío y transporte en la Unidad Minera Tauro S.A.C.?
- ¿Existen diferencias significativas en el uso de los equipos de carguío y transporte antes y después de la implementación del Software POM QM for Windows V 5.0.0.?

- ¿Cómo afecta la optimización del tiempo de carguío y transporte al rendimiento global de la unidad minera Tauro S.A.C.?

1.4 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La presente tesis corresponde al área de optimización de procesos mineros, ya que se recopilaron datos del ciclo de transporte en una mina subterránea ubicada en Pataz - Perú.

1.5 PALABRAS CLAVE

Optimización, carguío, transporte, análisis de datos, eficiencia, mina subterránea, Software POM QM for Windows.

1.6 SOLUCIÓN PROPUESTA

Para realizar la optimización de tiempos primero requiere analizar los tiempos y ver el momento de las diversas tareas a lo largo de la guardia designadas se ve un retraso excedente o fuera de lo común, sea transporte de mineral, desmonte o llevar las herramientas a las diversas labores, por tanto, un análisis de tiempo adecuado será necesario para tener un panorama de la situación. Se utilizará un software para analizar estos tiempos de proceso, a través de este se verán las tareas consecutivas que se realicen a lo largo de la guardia, evitando los puntos críticos de estas tareas y viendo en que tarea se ha provocado cuellos de botella. Una vez definidos los puntos críticos se analizará en que zonas de la mina se dan las demoras, la disponibilidad de los equipos, si las labores están en condiciones adecuadas para el acceso de equipos y la disposición que dan los jefes de cada área para los operadores.

1.6.1 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Cuando se ejecuta el proceso de carguío y transporte se corre el riesgo que no se ejecute en el tiempo previsto, se le pueden atribuir a la falta de planificación y disposición de las labores

para poder acceder y ejecutar las tareas, ya que estas aun no cuentan con los estándares de sostenimiento y el desatado de roca adecuado para que el equipo acceda.

En el momento que se ejecuta la tarea, el operador en el camino se encuentra con distintos obstáculos, cuando va avanzado por las vías se encuentra con otros equipos o camionetas que cruzan o transitan por las mismas vías, la obstrucción de estas vías son un factor determinante para realizar la tarea en el tiempo previsto.

Los supervisores de operación deben de tener un plan previsto, tratar de prever todos los retrasos que puedan suceder, esto conlleva a que se repartan los equipos adecuadamente, prebando los atrasos o los posibles tiempos que usan para una tarea, los supervisores no deben de superponer tareas a un equipo en el mismo instante, ya que no culminaran la tarea adecuadamente y por tanto los planes previstos fallaran.

Por lo acotado anteriormente la aplicación del software POM QM for Windows V 5.0.0. ayuda a toda la operación en mina para planificar, trazar e identificar las rutas críticas analizando los tiempos empleados en cada tarea realizada a lo largo de la guardia, influyendo de manera positiva una vez aplicado viendo minimizando los tiempos muertos, interrupciones en los ciclos de carguío y ciclo de transporte, las rutas que se utilizan y la utilización de los equipos; por lo tanto la reducción de estas variables mejoraran el rendimiento general de la empresa y a la vez generara ahorros significativos.

1.6.2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

La presente tesis propone la implementación del software POM-QM for Windows v5.0.0 como herramienta de apoyo para la optimización, análisis y control de los tiempos de ciclo de carguío y transporte en la unidad minera Tauro S.A.C., ubicada en Pataz, Perú. Mediante la aplicación de modelos cuantitativos y técnicas de programación lineal, teoría de colas y

simulación, se busca identificar cuellos de botella, reducir tiempos improductivos y mejorar la eficiencia operativa en las actividades de transporte de mineral.

El software permite procesar datos reales de operación, generar escenarios comparativos y evaluar alternativas de mejora en la asignación de recursos, rutas de transporte y tiempos de espera. Con ello, se pretende lograr una gestión más precisa y dinámica de los ciclos operativos, contribuyendo a la toma de decisiones estratégicas que impacten positivamente en la productividad y rentabilidad de la unidad minera.





CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 ESTADO DEL ARTE

2.1.1 ANTECEDENTES NACIONALES

- Malpica, (2014). Presentaron su Tesis para obtener el grado de ingeniería de Minas, titulada: “Evaluación de Rendimientos de Equipos en las Operaciones de Movimiento de Tierras en el Minado Cerro Negro Yanacocha – Cajamarca” a la Universidad Privada del Norte, Cajamarca – Perú. El objetivo de esta tesis fue evaluar los rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado Cerro Negro Yanacocha. La metodología ha sido de tipo descriptiva; debido a que se está conociendo las diferentes características a través de una descripción exacta de las actividades que han realizado la maquinaria pesada utilizada. Se concluyó que los rendimientos reales alcanzados en la ejecución son menores a los dados por el fabricante lo cual valida la hipótesis de la investigación, para las actividades de carguío, empuje, transporte, corte y nivelación.
- Soto y Tarazona, (2016). Presentaron su Tesis para obtener el grado de Ingeniero de Minas, titulada: “Diseño, Validación e Implementación de una Aplicación de Transporte en Minería Superficial”, a la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. El objetivo de esta tesis fue diseñar, validar e implementar una aplicación para la simulación del proceso de transporte, y un método de control para mantener el ritmo de operaciones. Esta investigación fue de tipo experimental. Se concluyó que en base a las condiciones de operación se determinó un factor de corrección de 90%. La estimación del tiempo de ciclo con el simulador “FPM” haciendo uso del factor de corrección es de 0% y con el simulador “FPC” de 11%. De acuerdo con los datos obtenidos, se

demostró que se puede realizar un sacrificio de pase a partir de una carga acumulada de 90 toneladas, el cargar un tonelaje menor no sería económicamente rentable. El mejorar las condiciones de las vías permite ciclos más fluidos, velocidades óptimas, ciclos de carguío más rápidos, mayor duración de componentes del camión. El incremento de cada 1% de resistencia a la rodadura conlleva a un aumento de 7% de tiempo en el ciclo de transporte, por consiguiente, un incremento en el costo por tonelada transportada

- Arteaga, (2021). Explico en su tesis para optar por el título profesional de ingeniero Industrial, titulado: “Optimización de los tiempos del ciclo en el proceso de transporte de mineral mediante la programación lineal, en una unidad minera en la región la Libertad”, presentado a la Universidad Privada del Norte. Nos explica que el objetivo general de esta es la optimización del ciclo de transporte en minería subterránea mediante progresión lineal. El enfoque de la investigación fue cuantitativo, nivel descriptivo – explicativo, con un diseño cuasi experimental y un método deductivo. Su población engloba seis camiones mineros y un cargador frontal. La técnica de muestreo fue no probabilística. En la explicación final concluye que la aplicación de la progresión lineal trajo como resultados reducción en los ciclos de demoras, que trajo consigo resultados óptimos en la producción, por ende, se recuperaron alrededor de 4,438.39 dólares mensuales en el alquiler de los equipos. Concluyendo como recomendación aplicar el método de progresión lineal a las otras operaciones en mina.
- Deudor, (2019). Planteo en su tesis para optar por el título profesional de ingeniería de Minas, titulado: “Optimización del ciclo de minado para incrementar la productividad en la mina Socorro – U.P. Uchucchacua de la Compañía Minera Buenaventura S.A.A.”,

presentada en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, Cerro de Pasco. Se plantea como objetivo principal la optimización del ciclo de minado para aumentar la productividad. El tipo de estudio que se emplea es aplicado, con métodos de observación, inductivo, deductivo y de análisis. Como conclusiones se describe que el método de minado tajeo por subniveles largos es el mejor método para optimizar el rendimiento de los equipos y para mejorar la producción de mineral, considerando las mismas condiciones geológicas y geomecánicas.

2.1.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- Cornejo, (2019). Realizó una tesis: “Sistema de optimización de Transporte para la Mediana Minería”, ante la empresa minera Medmin, Santiago - Chile; el objetivo fue proponer medidas de optimización de tiempos y costos en el transporte minero. La investigación fue de tipo experimental, y su muestra son las empresas Vale, Rio Tinto, AMSA, BHP Billiton, Anglo American, Codelco. Se concluyó que la solución tecnológica consiste en: Un robusto Tablet PC de última generación, un servidor de gran performance a través del SOFTWARE de Mine Fleet Management desplegado en el servidor central y en cada terminal de equipo mina o apoyo.
- Merizalde, (2013). Presentó su Tesis para obtener el grado de magister en minería, titulada: “Optimización de la Seguridad en el Transporte de Mineral en la Concesión Minera de la Empresa Elipe S.A.” a la Universidad Técnica de Machala, Loja – Ecuador. El objetivo del estudio fue analizar las “causas que afectan a la seguridad en el transporte de mineral en la empresa ELIPE S.A. en el cantón Portovelo, de la provincia de El Oro”. La metodología de la investigación inició presentando la información secundaria acerca de la seguridad en relación con el transporte de mineral;

posteriormente se realizó un diagnóstico de la situación actual de riesgo a través de talleres, entrevistas y encuesta, así como la elaboración de una matriz de riesgo, resultados que demuestran que a pesar de existir normativas de seguridad, se presentan una serie de riesgos físicos asociados principalmente a la falta de procedimientos de seguridad requeridos, la falta socialización de los procedimientos existentes, así como de insuficientes herramientas tecnológicas apropiadas para el control y seguridad en el transporte de mineral; estos factores que no han sido oportunamente tomados en cuenta, determinan la necesidad de desarrollar un sistema integral de seguridad, que considere la capacitación permanente del talento humano, actualización de los procedimientos de seguridad e implementación de sistemas modernos de monitoreo inteligente, que permita dar una respuesta oportuna y eficiente a los factores críticos identificados en este análisis y con ello gestionar - mitigar los riesgos del transporte de mineral en la empresa minera.

- Uribe (2014), en su tesis titulada “Análisis de la funcionalidad y desempeño de la operación semiautónoma en equipos de carga; transporte y descarga en minería subterránea Load Haul-Dump (LHD)”, presentada en Santiago de Chile (Chile). El fundamento de su interpretación será el uso de una LHD que posee una tecnología de operación semiautomatizada, esta es maniobrada en minería subterránea sin operador a en la cabina, la cual es manejada a distancia por operadores situados en lugares seguros en mina. Se ve altamente funcional implementar esta tecnología, pero los requisitos establecidos para la División El teniente en el diseño nuevo del nivel de la mina han señalado deficiencias en rendimiento y funcionalidad.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 CICLO DE MINADO

- a) **SOSTENIMIENTO:** Es la etapa esencial para comenzar el ciclo de minado, esta se distingue por ser la etapa primordial, asegurar la zona de trabajo, para evitar accidentes y habilitar el resto de los procesos para comenzar con la etapa de perforación.
- b) **PERFORACIÓN:** La perforación es el primer proceso para obtener resultados óptimos en la voladura, ya que un adecuado espaciamiento y bürden traerán consigo una adecuada ruptura del macizo rocoso.
- c) **VOLADURA:** Este es el principal proceso para optimizar el carguío y simplificar tiempos en la carga y transporte, ya que este proceso ayuda a transportar más mineral si la granulometría es la óptima y está entre los límites del P80, de esta forma el dumper podrá transportar mayor cantidad de mineral y con el adecuado tonelaje.
- d) **VENTILACIÓN:** Proceso vital para garantizar el adecuado ambiente en las labores, asegurando el suministro adecuado de aire para los trabajadores y el funcionamiento óptimo para los equipos, reduciendo los gases, partículas suspendidas y reduciendo las temperaturas. Para asegurar una adecuada ventilación se debe de asegura un flujo de aire continuo y una adecuada presión de aire.
- e) **CARGUÍO:** Esta fase es la más importante para nuestra producción, ya que sin los equipos necesarios no podrá transportar el mineral adecuadamente, este proceso se realiza una vez culminada la voladura, en este caso se cargará el mineral mediante el scoop, posterior mente se llevará a la tolva del dumper.

- f) TRANSPORTE: Culminado el proceso de carguío, el dumper procede a transporta el mineral a cámaras de mineral o desmonte previamente seleccionadas y que estén vacías para no mezclar las leyes del mineral.

2.2.2 CONTROL DE TIEMPO

Es un elemento importante para la ejecución de un proyecto o de una tarea, ya que se ve involucrada directamente en la producción; este elemento permite analizar y controlar factores que rodean a dicha actividad en cuestión, el supervisar y controlar cada la tarea ayuda a determinar qué factores incluyen de manera negativa a la ejecución de la tarea y por tanto si existen pérdidas de tiempo en la realización de esta.

Para controlar un proyecto, una tarea o alguna actividad se debe tener en cuenta el tiempo que se emplea en cada uno de estos, a medida que se necesite menos tiempo empleado será más eficientes ya que se podrá realizar más actividades a lo largo de la jornada.

2.2.3 OPTIMIZACIÓN

La optimización en planeamiento de mina es una descripción de conjuntos de técnicas que con la ayuda de métodos matemáticos y analíticos que facilitan al planeamiento creando modelos matemáticos y el establecimiento de criterios al desarrollo de algoritmos para encontrar un conjunto de valores que nos otorguen u máximo valor bajo un criterio elegido (Calderón N. 2015). Según (Victor C. 2022) la optimización en proyectos como la determinación de tiempos precisos y los tamaños óptimos. En el ámbito de minería la optimización se enfoca en el incremento de producción, reducir los costos, maximizar la estabilidad ya que se debe lograr resultados consistentes y disminuir el impacto ambiental.

Entonces la optimización en minería es la clave para obtener rentabilidad, si un proceso no es óptimo se verá que la producción en general será bajas e incluso se tendrá perdidas por

estas, las técnicas y tecnologías que se apliquen a los procesos se reflejan en la eficiencia del trabajo y la reducción de costos o pérdidas de tiempo.

2.2.4 ESTRATEGIAS DE MEJORA DE PRODUCTIVIDAD EN MINERÍA

De acuerdo con (Victor C. 2022) define a las estrategias relacionándolas como herramientas y mecanismos para obtener una mayor productividad.

Las estrategias para una mejora en la productividad abarcan desde el personal que ayuda a la realización de estos hasta los equipos que facilitan el trabajo de este, tener una planificación, implementar sistemas de mejora continua, realizar un análisis de las situaciones y cuantificar el tiempo empleado en cada tarea ayuda al fortalecimiento de la productividad.

2.2.5 CARGUÍO Y TRANSPORTE MINERO

Como un proceso vital de productividad se requiere que el proceso sea eficiente tanto para la carga y el transporte, por consecuencia poder garantizar que la operación no decaiga en la producción. Examinar cuidadosamente el proceso, el tipo de equipos que se requiere, los métodos de cargar y transporte, las vías de acceso y la capacidad de maniobrar de los operadores a los equipos son factores influyentes en la eficacia del carguío y transporte.

2.2.6 CICLO DE CARGUÍO

“El carguío es parte del proceso de retirar el material volado del frente de trabajo hacia un equipo de transporte, para poderlo transportar adecuadamente a su lugar de destino (planta, botadero, stock). Alternativamente, estos equipos de carguío pueden depositar directamente el material removido en un punto definido” (Manuel R.C. y Estela S. 2021).

La etapa de carguío es el proceso por el cual se extrae el mineral o desmonte previamente volado, desde una frente de trabajo, sea una labor de avance o una labor de producción, se traslada el material a una zona de acopio o directamente hacia el dumper.

Este ciclo conlleva etapas para el condicionamiento de labor, previo al traslado de mineral o desmonte de la labor, se condiciona esta para la entrada del scoop y este pueda realizar el trabajo adecuado, sin ningún inconveniente. El condicionamiento de la labor incluye la limpieza del frente, instalación de las mangas de ventilación y el adecuado sostenimiento previo a la entrada del equipo y de los trabajadores en general.

Considerare los siguientes tiempos para el traslado de mineral: ataque (t6), retroceso (t7), ida (t8), levante(t9), descarga (t10), regreso (t11).

- a) ATAQUE (t1): En este espacio de tiempo considerare cuando el equipo comienza a atacar el material fragmentado y comienza a acomodar la carga en el acuchara del scoop.
- b) RETROCESO (t2): Una vez acabado la cuchara del scoop este cargada este se separa de la carga acumulada y retrocede levantando su cuchara al mismo tiempo.
- c) IDA (t3): Cuando el lugar designado para la descarga o el equipo designado este apto para recibir la carga este realiza el tiempo de ida a la zona designada.
- d) LEVANTE (t4): En este ciclo el operador del scoop levanta un poco la cuchara del scoop y este proceso da paso a la descarga en la cámara designada o en el dumper.
- e) DESCARGA (t5): El operador balancea la cuchara para el material fragmentado y depositarlo en la cámara o en la tolva del dumper.
- f) REGRESO (t6): Este tiempo es la última etapa en el ciclo de carguío, es el tiempo invertido para bajar la cuchara y posicionarse en la labor donde se encuentra la carga.

2.2.7 CICLO TRANSPORTE

“Este proceso consiste en llevar el material, mineral o desmonte, desde los frentes de avance hasta las zonas de carguío. Es decir, es el movimiento de material en una distancia corta.” (Anthony A.G. 2020).

Es el proceso mediante el cual se transporta el material fragmentado con ayuda del dumper, desde el frente de explotación hasta cámaras o puntos estratégicos seleccionados previamente.

La etapa de transporte es la más importante y es la que considerare para la optimización de tiempo en la producción, dividiré el ciclo en total en cinco tiempos: posicionamiento (t_1), carga (t_2), ida (t_3), descarga (t_4) y retorno (t_5).

- a) POSICIONAMIENTO (t_1): Se considera el tiempo en el que el dumper demora en entrar a la labor y esperar a que el scoop llegue y cargue al dumper, dependiendo sobre el equipo, el tiempo que requiere el scoop para cargar y las condiciones de la labor.
- b) CARGA (t_2): Este es el tiempo que carga el scoop al dumper, considerando el ciclo de carguío del scoop, el tiempo de carga depende de las tareas previas a realizar del mismo y el tiempo que dispone este para realizar la tarea.
- c) IDA (t_3): En este espacio de tiempo se observa el tiempo que tarda el dumper en transportar el mineral hasta la cámara que acumulación.
- d) DESCARGA (t_4): En esta fase se contabiliza el tiempo en que el equipo maniobro para poder realizar la descarga en la cámara, desde estacionarse y luego levantar la tolva.

- e) RETORNO (t_5): Se considera el tiempo que tarda en regresar desde la cámara de acumulación hasta la labor en cuestión, aquí se observa si hay demoras por tráfico en las labores o por estado de vías.

2.2.8 TIEMPOS OPERATIVOS

Cuando se habla de tiempos operativos en mina se refiere a los intervalos de tiempos en que el equipo está en actividad y operativo, estos tiempos están relacionados con las actividades en la operación minera, como la cargar el material, transportarlo, perforar y el mantenimiento de estos equipos están asociados a un mantenimiento.

- a) TIEMPO NOMINAL: Son las horas que se planea o espera tener a disponibilidad al equipo trabajando, sin interrupciones o imprevistos.
- b) TIEMPO DISPONIBLE: Es el tiempo donde el equipo se encuentra en disponibilidad inmediata de realizar una actividad para producir.
- c) TIEMPO OPERATIVO: EL tiempo que refieren al equipo está activo y en funcionamiento realizando actividades de producción. Estos tiempos son de importancia ya que de estos dependerá la producción y la eficiencia que se obtenga en mina.
- d) TIEMPO EFECTIVO: Se refiere al periodo de tiempo en el que el equipo trabajo sin contar inactividades.
- e) TIEMPOS MUERTOS: Se refieren a tiempos en los que los equipos se encuentran inactivos o no están realizando un proceso de producción. Estos equipos pueden encontrarse parados debido a distintos factores, como fallas mecánicas, esperas largas, cambios de turno o interrupciones en la labor no esperadas.

- f) **DEMORAS NO PROGRAMADAS:** Son horas en las cuales los equipos interrumpen el trabajo sin ninguna previa coordinación, implicando reasignación de equipos y por tanto poca eficacia en la realización del trabajo.
- g) **DEMORAS PROGRAMADAS:** Estas son las horas en las que el equipo se encuentra inactivo con previa coordinación; este tiempo inactivo no del todo perdido porque lo que se usa para un mejor rendimiento de este.

2.2.9 ORDENES CRUZADAS

Este es un concepto que describe demoras o perdidas en la producción, a consecuencia de una mala planificación y una mala estrategia para la adecuada selección de equipos, ya que a lo largo de la guardia los mismos equipos pueden tener desperfectos u ocurrir situaciones extras donde requieran de estos equipos en otras zonas, ya sea que ayuden a transportar materiales a labores o necesiten ayuda para colocar ventiladores o mangas de ventilación, ya que estas órdenes se las dan mientras los equipos se encuentran realizando su actividades con normalidad. Estas situaciones afectan a la productividad por las ordenes cruzadas que se les dan a los operadores sin una planificación previa.

2.2.10 COSTOS EN MINA

Se define costos como todo lo que genera alguna rentabilidad y producción, la cual encierra insumos y materiales para la producción, al igual de importante que la mano de obra que se requiere y algunos costos extra como son el recurso de agua y energía eléctrica.

Según (Eras B. 2018) relata que la actividad minera necesita una cadena de costos para llevar a cabo la producción, estos llevan el nombre de costos operacionales y los cuales los engloba en tres grupos:

- a) **MATERIALES DIRECTOS:** Estos son los explosivos, barras de perforación, brocas, pernos, mallas y entre otros; estos facilitan la productividad.
- b) **MANO DE OBRA:** En este campo de la minería consideramos a la actividad de la perforación, voladura, sostenimiento, operadores y entre otros.
- c) **COSTOS DIRECTOS:** Son todos aquellos costos que forman parte de la actividad a realizar para producir estos no pueden ser cuantificables.

2.2.11 SOFTWARE POM QM FOR WINDOWS V 5.0

Es un programa para optimización de modelos, utilizado para ámbitos de investigación, análisis y control de operaciones; ayuda a la toma de decisiones operacionales. Tiene una interfaz simple y amable para el usuario y es de acceso libre.

REQUISITOS:

- a) El software es compatible con sistemas Windows únicamente.
- b) Procesador compatible con Windows, sea Intel.
- c) Memoria ram 8 gb. Para un rendimiento optimo.
- d) Espacio de disco 1 gb para el programa y guardar los archivos creados.
- e) Sistema operativo de Windows 10 o versiones posteriores a este.

2.2.12 PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE (PERT)

Se considera una técnica para aplicarla en la rama de gestión de proyectos, empleada para planificar y controlar las actividades específicas de un proyecto. Se basa en el tiempo empleado para realizar tareas este a su vez identificar las rutas críticas del proyecto en cuestión.

- a) Definir tareas del proyecto, están abarcan desde el comienzo de la actividad hasta la culminación de esta.

- b) Estimar tiempos requeridos en cada tarea, lo adecuado son estimar tres tiempos, un tiempo optimista, un tiempo probable y un tiempo pesimista.
- c) Realizar un diagrama, el cual muestre una representación de las tareas y actividades en un diagrama de red para ser más representativo.
- d) Definir una serie de rutas la cual brinde el tiempo total empleado en todo el proyecto.

2.2.13 CRITICAL PATH METHOD (CPM)

Es una técnica de gestión de proyectos similar al PERT. Pero en esta técnica me centrare en su mayor virtud la cual es identificar la ruta crítica en el proceso de la tarea. Esta se basa más en el monitoreo y la identificación de las rutas críticas.

- a) Primero se definen las variables del proyecto, se identifica tareas necesarias para realizar el proyecto
- b) Se establecen dependencias entre actividades para determinar un orden, cuales depende de la finalización de otras para que puedan comenzar.
- c) Realizar la estimación de tiempos para cada tarea que se requiera para completarla.
- d) Realizar el diagrama de red, representando visualmente las actividades y las dependencias de cada tarea.
- e) Identificar las rutas críticas del proyecto en su totalidad, tanto las generales como las dependientes, cualquier retraso en la tarea es significado para el tiempo total.
- f) Monitorear y ajustar durante la ejecución de las tareas será necesario para un cambio significativo según sea necesario completarse el proyecto en el tiempo requerido.

2.2.14 RUTA CRÍTICA

En minería es importante tener actividades coordinadas y consecuentes, las cuales se realizan en un determinado tiempo y con un margen establecido, para poder determinar la

duración de un proyecto. La técnica de ruta crítica es relevante para la gestión de tiempos, ya que se puede identificar cuáles son las tareas que son importantes en toda la gestión y por tanto no se podrá atrasarla o demorarla porque significarían pérdidas en la jornada.

2.2.15 ETIQUETAS DEL SOFTWARE

- a) Activity time: Tiempo de actividad.
- b) Early start: Tiempo más próximo a iniciar la actividad.
- c) Early finish: Tiempo más próximo a culminar la actividad.
- d) Late start: Tiempo más tardío a iniciar la actividad.
- e) Late finish: Tiempo más tardío a culminar la actividad.
- f) Slack: tiempo de holgura para reprogramar, ajustar o redistribuir el tiempo de una actividad.
- g) Barra Roja: Ruta Crítica (Holgura = 0) estas tareas deben completarse a tiempo para evitar un retraso general del proyecto.
- h) Barra Azul: Inicio Temprano (ES) y Finalización Temprana (EF), Muestra cuándo debe ocurrir la actividad en el mejor de los casos.
- i) Barra Magenta/Rosa: Inicio Tardío (LS) y Finalización Tardía (LF), Muestra el último momento en que la actividad puede comenzar/terminar sin retrasar el proyecto.

2.3 HIPÓTESIS

Es posible que la aplicación del software POM QM FOR WINDOWS V 5.0.0 para la optimización, análisis y control de tiempos del ciclo transporte en la Unidad Minera Tauro S.A.C. mediante el proceso de automatización, se pueda, reducir tiempos muertos y de espera.

2.4 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE VARIABLES

2.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Aplicación del software POM QM for Windows V 5.0.0.

2.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Tiempos de ciclo de transporte - carguío.

2.4.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1 Operacionalización de las variables

Variables	Definición Conceptual	Indicador	Medición	Unidad
APLICACIÓN DEL SOFTWARE POM QM FOR WINDOWS V 5.0.0 (V.I.)	El software POM QM for Windows V 5.0.0 analiza y brinda información sobre posibles rutas críticas, dando un mapa de nodos y un diagrama de Gantt.	Planificación automatizada	Tiempo	Hrs.
		Equipos	Tiempo	Tn/hr
		Operadores	Tiempo	Hrs.
		Supervisores	Tiempo	Hrs.
TIEMPO DE CICLO DE CARGUÍO - TRANSPORTE (V.D)	Consiste en el tiempo que considera en realizar toda la tarea de carguío y transporte de mineral o desmonte incluyendo el tiempo de ida, descarga y retorno.	Transporte	Tiempo	Min.
		Carguío	Tiempo	Min.
		Tiempo activo	Tiempo	Hrs.
		Tiempo muerto	Tiempo	Hrs.
		Disponibilidad de equipo	Paradas	Hrs.
		Mantenimiento	Fallas	N° de fallas

Nota. Se presenta en la tabla las variables, indicadores y unidades utilizadas para evaluar la eficiencia operativa mediante software y tiempos de ciclo en minería.



CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 ALCANCES Y LIMITACIONES

3.1.1 ALCANCES

La presente investigación se realizó en la compañía minera Poderosa, siendo más específicos en la contrata Tauro S.A.C. y siendo más relevantes en los equipos Dumper y los scoops de la compañía, los cuales trabajaban 2 dumpers en zona baja y 4 scoops en esta misma zona, de la misma forma se examina las maniobras o la experiencia que tienen los operadores en las distintas situaciones de la jornada laboral en todo el proceso de carguío y transporte.

La aplicación del software POM QM for Windows planifica analizar y optimizar los tiempos del ciclo de carguío y transporte en la Unidad Minera Tauro S.A.C. ubicada Pataz – Perú reduciendo los tiempos muertos y de espera que puedan tener a lo largo de la guardia y de esta manera tener mayor eficacia al realizar los trabajos designados. Además, se identificará cuáles son los causantes de estas demoras operativas e implementar un plan estratégico para la mejora de la productividad de los equipos.

3.1.2 LIMITACIONES

La Unidad Minera Tauro S.A.C. ubicada Pataz – Perú, obtenga unidades de respaldo del software POM QM for Windows, y lo mantenga solo la Unidad de Costos. Y a su vez brinde un ejemplar a las personas que lo soliciten. A su vez es importante considerar que la aplicación del plan estratégico para la optimización dependerá directamente de la experiencia y conocimientos de los operadores de los equipos de transporte y carguío.

3.2 APORTE

Mediante la aplicación del software se analizó y optimizo los tiempos de carguío y transporte en la Unidad Minera Tauro S.A.C. ubicada Pataz – Perú

3.3 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Sustantiva – Aplicada, puesto que existen las herramientas necesarias para poder mejorar la gestión de tiempos de ciclos de carguío y transporte, contribuyendo la implementación del software a la unidad minera, impactando directamente en la toma de decisiones dentro de la unidad minera.

3.3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Descriptiva – Explicativa, debido a que la presente investigación se enfocó a detallar y caracterizar la descripción de tiempos en los ciclos de carguío y transporte, identificando las distintas variables; recolectando y organizando los datos para demostrar cómo es que se comportan los tiempos antes de la aplicación del software; de esta forma explicando y analizando las razones de las demoras o ineficiencia de los ciclos a través del software.

3.4 UNIDAD DE ESTUDIO

Comprende toda la flota de carguío y transporte que la Unidad Minera Tauro S.A.C emplea durante los procesos de carguío y transporte, que en total serán 4 camiones de 12 toneladas de capacidad cada camión, 7 scoops, 11 operadores por turno (mañana y noche), 6 jefes de guardia por turno (mañana y noche). Trabajo promedio total por camión es de 632 ton/día.

3.5 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para este problema se determina que este estudio se clasifica como un trabajo descriptivo, bajo un análisis cuantitativo y que describe el problema desde un enfoque causal. Esto a partir de un reconocimiento en los procesos de minería, pero principalmente me enfocare al ciclo de transporte y el ciclo de carguío. El procedimiento de recolección de datos de tiempos empleados

del ciclo de transporte y el ciclo de carguío se llevará a cabo mediante la observación y anotación en una tabla ficha de observación, un cronómetro y un distanciómetro; este proceso de obtención de datos tiene que ser ordenado e inteligible para su posterior evaluación con nuestro tema de interés.

3.6 UBICACIÓN

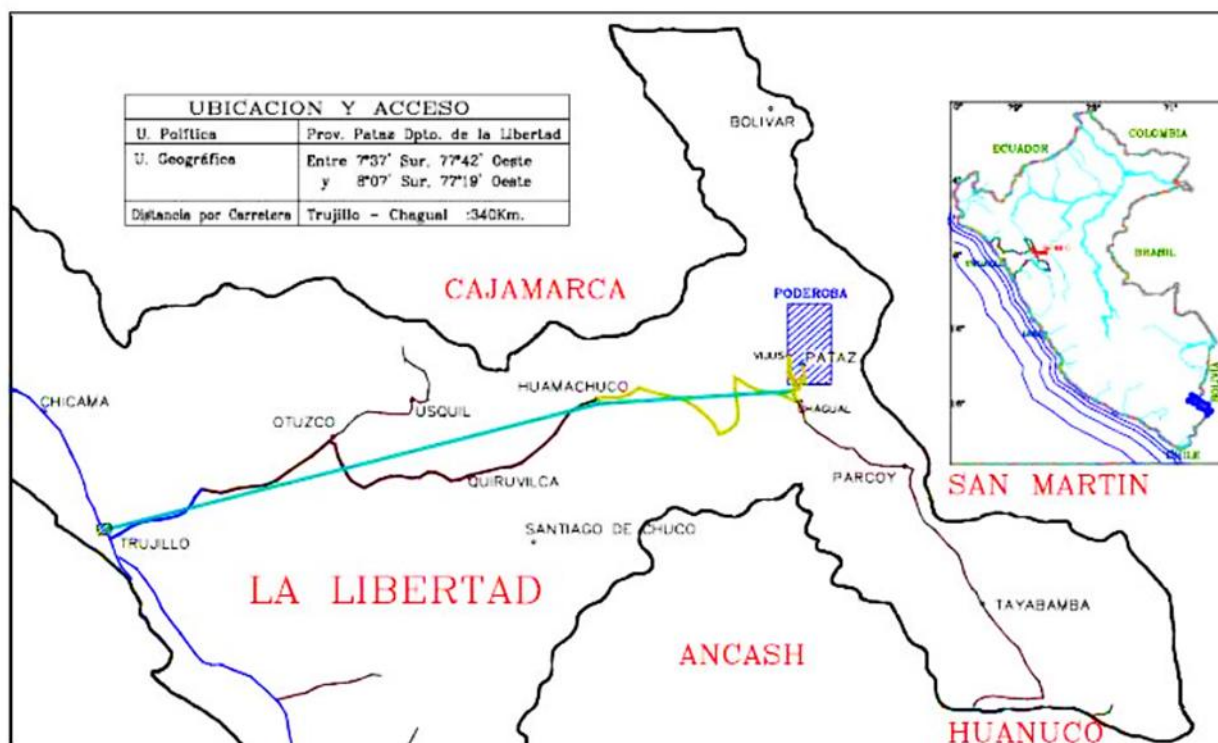
3.6.1 UBICACIÓN POLÍTICA

- a) Ubicación política: La compañía minera se encuentra ubicada en el distrito y provincia de Pataz, en la región de La Libertad, a una altura que va entre los 1 250 y 4 000 m.s.n.m. en la región La Libertad, Perú.
- b) Ubicación en coordenadas UTM: El área que cubren las operaciones mineras se encuentran en formato WGS 84, las cuales son las siguientes.
- c) Ubicación Coordenadas Geográficas: Las coordenadas geográficas serán referenciadas con la línea ecuatorial y el meridiano de Greenwich.
- d) Ubicación en la carta nacional (IGN): la concesión minera ubicada en la provincia de Pataz tiene designada como referencia la hoja 17- I, ubicada en la zona UTM 18.

3.6.2 ACCESIBILIDAD

La accesibilidad a la unidad minera subterránea se puede realizar mediante vía terrestre. A través de la vía por tierra se realizará desde la ciudad de Trujillo conectando por una ruta urbana hasta Pataz por la carretera nacional 3N, la carretera es sinuosa y de montaña, desde la ciudad de Trujillo se puede partir mediante camionetas o bus que van a la zona. El tiempo aproximado que tardan llegar varia por lo que son transportes distintos, en camioneta el tiempo aproximado es de 12 horas, en cambio en bus es un aproximado de 17 horas.

Figura 1 Ubicación y acceso



Nota. Tomado de Dpto. de Geología CMPSA.

Tabla 2 Coordenadas UTM

Coordenadas UTM			Coordenadas Geográficas		
	Este	Norte		SUR	OESTE
MIN	214837.64	9138778.68	MIN	7°47'0.14"	77°35'7.80"
MAX	215173.58	9138746.32	MAX	7°47'1.26"	77°34'56.85"

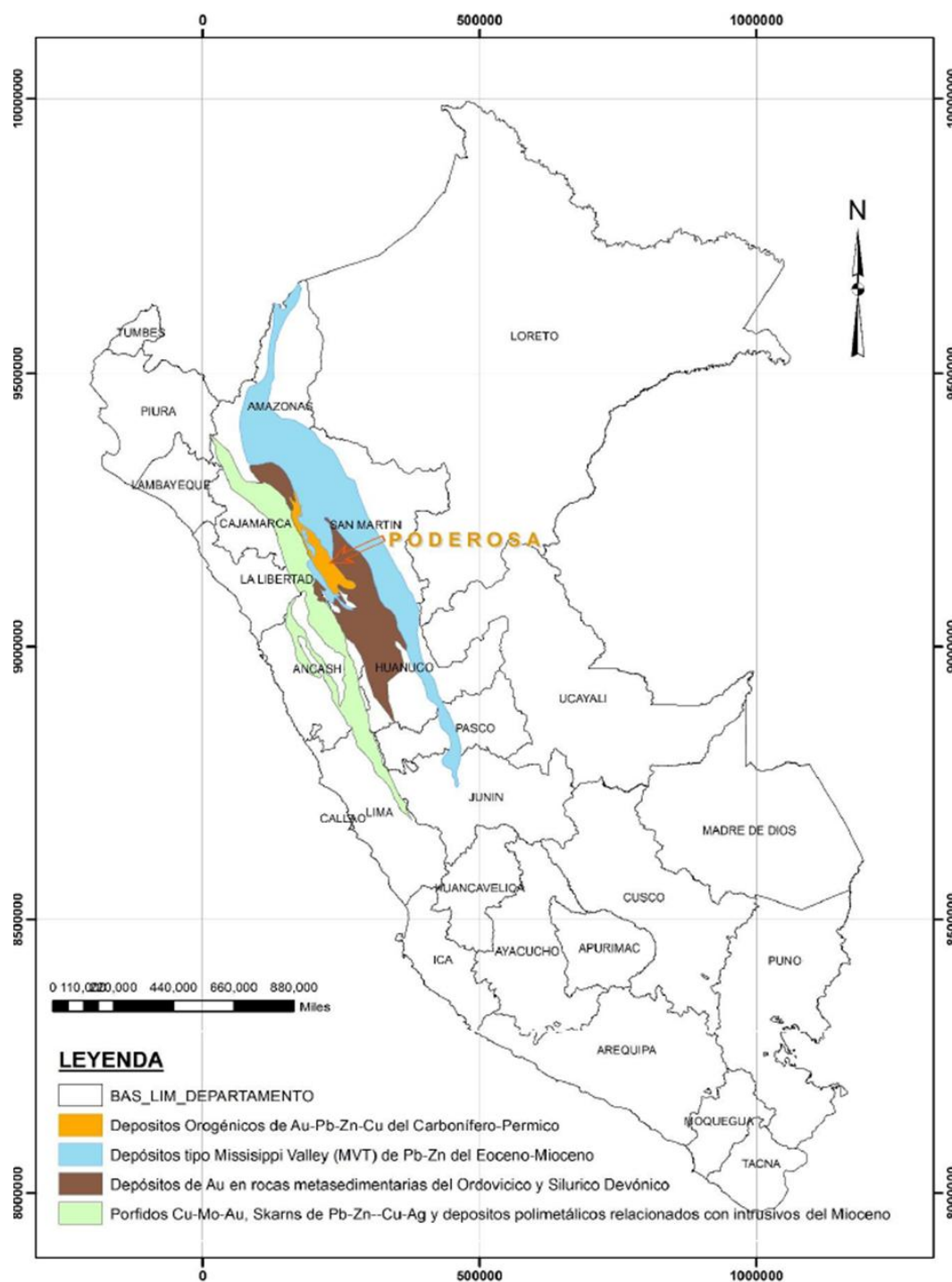
Nota. En la tabla se muestran las coordenadas tanto UTM y Geográficas de la unidad minera.

3.7 METALOGENIA

El Mapa de afloramiento de minerales de la zona de producción ha sido tomando como referencia a los dominios geológicos, geotectónicos y la información actualizada sobre los proyectos metalíferos que abarca la compañía minera. (Bacilio Q. 2017).

Se localiza en la Cordillera Oriental en el norte del Perú, la mineralización está relacionada con granitoides calco alcalinos del Carbonífero que corresponden al Batolito de Pataz, los cuales se intruyen en rocas metamórficas del Paleozoico temprano. Las estructuras mineralizadas se encuentran en áreas de desgarre NW-SE, que aparentemente se originaron a partir de la tectónica. Estas estructuras mineralizadas exhiben formas de vetas y mantos. En esta área se reconocen los depósitos de Poderosa, Horizonte, Retamas y Parcoy. Las dataciones de mineralización varían entre 315 y 286 Ma. (Bacilio Q. 2017).

Figura 2 Franja Metalogénica de mina Poderosa



Nota. Tomado de la biblioteca de INGEMET.

3.8 CLIMA Y VEGETACIÓN

3.8.1 CLIMA

El clima que presenta Pataz tiene variaciones climáticas, ya que esta zona varía en distintas altitudes, desde climas con heladas hasta climas de temperaturas elevadas, durante los meses de marzo a abril se presentan lluvias con corrientes de vientos, durante estos meses las lluvias son casi constantes y en el mes de marzo se ve una disminución de precipitaciones, las variaciones de temperaturas son de 7°C a 11°C.

3.8.2 VEGETACIÓN

La vegetación de esta zona varía según las distintas altitudes que posee, se puede encontrar en los 3200 msnm. desde plantas adaptadas a climas fríos y secos, como lo son pajonales, especies arbustivas y pastizales altos, combinados de variedad de cactus.

Entre los 2500 msnm. se encontrarán especies con mayor cantidad de humedad alrededor por la cantidad de neblina que hay en el área, especies como arboles de quina y variedad de bosques formados por arbustos y musgos de la zona adaptados por la humedad.

3.9 GEOLOGÍA REGIONAL

Pataz se encuentran zonas geográficas muy marcadas, ya que pertenece al cuadrángulo 16-h, abarcando cordillera occidental, valle del Mantaro y cordillera central.

3.9.1 PRECÁMBRICO

- a) El complejo Marañón: Ubicado por el este de la cordillera occidental que se despliega hasta el río del Mantaro, este valle es una depresión geográfica a consecuencia de movimientos tectónicos y por fuertes precipitaciones, caracterizado por la gran fertilidad de los terrenos. Se encuentra una polimetamórfica, en la que

está ubicada a lo largo de esta, una variedad de polifases con 3 unidades muy marcadas.

- Micas esquistos
- Meta volcánicos
- Filitas de naturaleza turbidita

Todo el complejo abarca un espesor de 1 km aproximadamente, los análisis sobre el complejo Maraño constituyen un “Greenstone belt” debido a la presencia de minerales como clorita, actinolita y epidota; y el gran contenido de yacimientos de minerales como oro, níquel y hierro lo que convierte en áreas clave para la minería (Mervin T. 2008).

3.9.2 PALEOZOICO INFERIOR

- a) Formación Contaya: formado en la edad Ordovícico, formado sobre el complejo Maraño de forma angular, con un espesor entre 200 a 600 metros con formación de sílice y clásticos, con contenido de cuarcitas masivas, areniscas, lutitas y calizas. La característica principal es debido por un grado bajo de metamorfismo regional (Mervin T. 2008).

3.9.3 PALEOZOICO SUPERIOR

- a) Grupo Ambo: Tiene una formación durante la distensión de fases tectónicas generado fallas de subducción para luego ser rellenadas con material clástico en ambientes fluviales y deltaicos. La litología de este grupo es formada por areniscas, lutitas y conglomerados en el periodo carboníferos inferior. Los eventos tectónicos de distensión generan grandes fallas originando así el batolito de Patáz (Mervin T. 2008)

- b) Volcánicos: En el batolito de Pataz se ve un amplia distribución y presencia del afloramiento de piroclastos y derrames volcánicos de andesita en el Carbonífero Pérmico (Mervin T. 2008)
- c) Grupo Mitu: Perteneciente al grupo superior en la cual se produce una erosión produciendo y creando el relleno de zonas negativas con formación de moladas rojas. Estos grupos son remanentes volcánicos compuestos por tufos y aglomerados riolíticos de edad Pérmicos superior (Mervin T. 2008).

3.9.4 TRIÁSICO JURÁSICO

- a) Grupo Pucara: Tiene como origen una sedimentación marina, la cual está compuesta con calizas grises y carbonosas, con presencia de nódulos de chert, calizas, lutitas, dolomitas, margas y areniscas calcáreas (Mervin T. 2008).
 - Formación Chambará
 - Formación Aramachay y Condorsinga

3.9.5 CRETÁCEO

- a) Grupo Goyllarisquiza: Comprende desde el norte y centro del territorio, el afloramiento se constituida de 4 formaciones, secuencia deposicional, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat.
- b) Formación Crisnejas: Formado por calizas, areniscas calcáreas y margas; el afloramiento se encuentra en la zona de Pampa Espino y en el cerro Piletas.
- c) Formación Chota: El afloramiento en el sector se identifican por capas rojas compuestas por conglomerados, areniscas, lutitas y limonitas de rojo intenso.
- d) Depósitos cuaternarios: Son acumulaciones que en su mayoría comprenden de depósitos eluviales y aluviales. Estos depósitos son producidos por descomposición

de rocos en el mismo lugar de depósitos en quebradas y en las faldas de los ríos

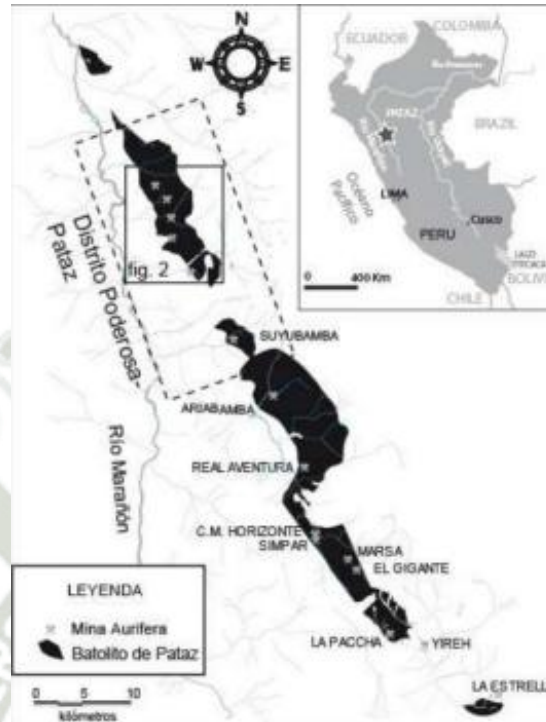
(Mervin T. 2008)

3.10 GEOLOGÍA LOCAL

El yacimiento se encuentra ubicado entre el norte de la Cordillera Oriental de los andes, esta se destaca por las numerosas vetas auríferas de cuarzo sulfurosos. Este yacimiento forma parte del cinturón aurífero que se extiende en la cordillera hercínica del paleozoico (Carlos O. 2012).

- a) Batolito de Pataz: Constituida por rocas de semejanza calco – alcalina, englobadas por granodioritas y en pequeño porcentaje por dioritas, a su vez está compuesta de esquistos verdes provenientes del precámbrico, se encontrará en su mayoría en rocas sedimentarias y volcánicas. La composición principal de las vetas que se encuentran son cuarzo, pirita, arsenopirita, galena y carbonatos. El contenido de oro esta relacionando directamente al porcentaje de sulfuros. La potencia de veta varia desde 1 m. hasta 1.8 m. (Carlos O. 2012).

Figura 3 Ubicación del distrito aurífero Pataz



Nota. Tomado de la biblioteca de INGEMET.

3.11 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La geología estructural va de la mano con la evolución estratigráfica de la cordillera Nor-Oriental, debido a que es influencia directa con el precámbrico, Hercínico y Andino. A lo largo del flanco oeste de la cordillera Oriental se forma una sucesión metasedimentaria, originada por el sistema de fallas de Pataz. Debido a esta secuencia de instrucciones y por la formación de fallas es que se originan depósitos orogénicos (Bacilio Q. 2017).

- a) Falla María: Está compuesta por dos estructuras sub paralelas, entre veta Mercedes, que a su vez se ve complementada y forman una geometría lenticular de bloques con estructuras de bloques de 150 metros de espesor (Bacilio Q. 2017).
- b) Falla Qori-Huarmi: La superficie de esta Falla abarca un total de 2 kilómetros, la potencia se ve afectada desde una fractura con apertura de 10 centímetros hasta una

apertura que supera los 10 metros, de las cuales se pueden observar una variedad de estrías seccionado, panizo gris y verdoso (Bacilio Q. 2017).

- c) Falla la Brava: Contiene una superficie de fracturas generalmente trazadas en línea recta, estas no cuentan con algún relleno en general y los que cuentan con relleno contienen en general panizo gris oscuro a verdoso, con pequeñas incrustaciones de hematita (Bacilio Q. 2017).
- d) Falla San Lucas: A lo largo de esta falla se encontrará alteraciones milimétricas de sílice y cloritas, la potencia promedio es de 17 metros, esta cuenta con una presencia de carbonatación de las plagioclasas (Bacilio Q. 2017).
- e) Falla San Marcos: Está compuesta por granito, en las cuales se pueden apreciar fragmentos de hornblendita con piritita, a su vez estarán visibles unas venillas de cuarzo (Bacilio Q. 2017).
- f) Falla Perejil: Esta formada por fracturas subparalelas con incrustaciones de sericitita-clorita. La estructura madre tiene como relleno panizo cloritizado, en conjunto con venillas de cuarzo y carbonatos como la calcita. La superficie que recorre es de 2.56 kilómetros, la cual converge con la veta Consuelo (Bacilio Q. 2017).
- g) Falla San Juan: pertenece a la misma familia de falla Perejil, tiene una estructura de ramificaciones en la parte superior de la falla, en niveles inferiores esta se consolida en una sola estructura, el relleno esta falla es de milonita cloritizada con algunas alteraciones de sericititas y carbonatos, cortadas por venillas de estos mismos con intrusiones de rocas oscuras de origen volcánico (Bacilio Q. 2017).
- h) Falla San Luis: Esta falla se originan en conjunto con la falla Perejil, el relleno de esta falla está conformada por diorita, panizo, calcita, clorita y venas de cuarzo. A lo

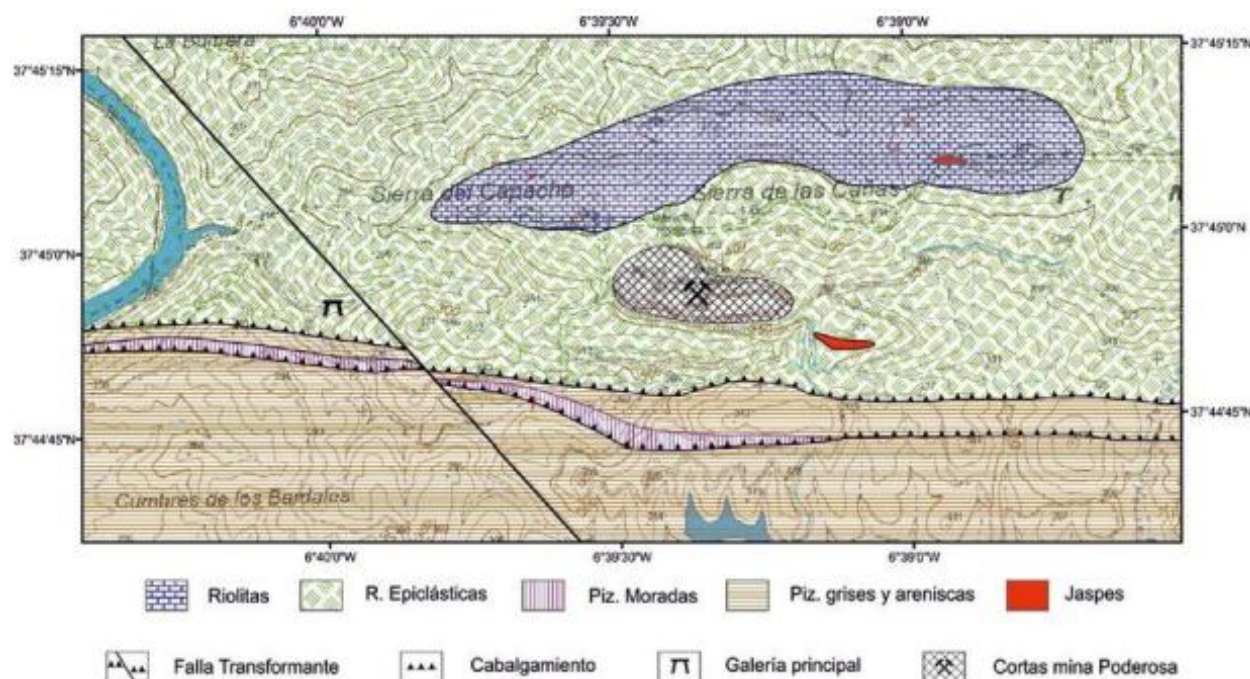
largo de la falla también se puede observar epidota, pirita diseminada tanto en la caja techo caja piso están conformadas en su mayoría de catalíticas (Bacilio Q. 2017).

- i) Falla San Teófilo: esta estructura presenta fallas por desplazamiento a cotas inferiores, la caja piso y caja techo están ligeramente sericiticas, con relleno cloritizado, blanquecino a gris con venillas de calcita (Bacilio Q. 2017).

3.12 UNIDADES GEOGRÁFICAS

- a) Cordillera Occidental: Es una cadena montañosa y de conos volcánicos formados en el Paleozoico y compuesta por rocas mesozoicas y cenozoicas, es una zona de altas cumbres, nevados, cañones y valles profundos, formados por procesos tectónicos.
- b) Valle del Mantaro: Ubicado por el este de la cordillera occidental que se despliega hasta el río del Mantaro, este valle es una depresión geográfica a consecuencia de movimientos tectónicos y por fuertes precipitaciones, caracterizado por la gran fertilidad de los terrenos.
- c) Cordillera Central: Se encuentra ubicado al este del valle del Mantaro, la cadena montañosa tiene cumbres altas y valles profundos, se relacionan por la erosión, actividad volcánica y por movimientos tectónicos.

Figura 4 Cartografía de la provincia y distrito de Pataz.



Nota. Tomado de Rafael L. “Geología y geoquímica” 2021.

3.13 LABORES MINA

En la unidad minera Tauro S.A.C. se desarrolla en el 3100 m.s.n.m. dentro de este nivel se desarrollando labores de avance y labores de explotación.

- a) Labores de avance: Es la preparación del terreno para poder aumentar la productividad y desarrollar las labores de explotación. Estas actividades son requeridas en las primeras etapas y también durante el crecimiento de la mina para llegar al yacimiento de mineral y comenzar completamente la producción. Las actividades clave para las labores de avance engloban:
 - Túneles: Este es un método de excavación para acceder yacimientos. Esto se hace creando un túnel o rampa que permitirá llegar al lugar donde se encuentra el yacimiento.

- Sostenimiento: Se instalan soportes como pernos, mallas de acero y revestimientos de concreto con fibra metálica para asegurar la estabilidad de los hastiales, caja techo y caja piso.
 - Ventilación: Estas labores también llamados chimeneas, se utilizan para proporcionar una ventilación adecuada en la mina y evitar la acumulación de gases peligrosos.
 - Desarrollo de refugios: Engloba la construcción de sistemas de refugios, caminos preparados y almacenes o salas de reuniones.
 - Sistemas de drenaje: Se desarrollan sistemas para drenar el agua que se acumula en las labores que, de menor nivel, lo que en conjunto con la bomba de agua se realiza el trabajo de recolección y evita inundaciones.
- b) Labores de explotación: Es el proceso de extracción del material mineralizado de la mina, una vez alcanzado el yacimiento mediante las labores de avance se preparan las labores y sus condiciones para la extracción, estas son las siguientes:
- Perforación: La perforación se realiza en un espacio más confinado y de menor tamaño debido a que la extracción se realizara de manera más selectiva y no de forma masiva, considerando la potencia del yacimiento.
 - Voladura: La malla que se usa para esta voladura será más controlada para evitar la dilución del mineral, también se considera la potencia del mineral.
 - Ventilación: una vez realizada la voladura se colocan las mangas de ventilación para que brinde y renueve el oxígeno dentro la labor y este lo traslade a la rampa principal para acto siguiente expulsarlo.

- Sostenimiento: El sostenimiento es importante debido a que suceden en su mayoría decesos por caídas de rocas, este paso es muy importante para evitar tragedias, primero se desata la roca de los hastiales y caja techo para luego comenzar el sostenimiento con woodpack, Jack pack, puntales, Jackpot, en conjunto con malla electrosoldada y pernos helicoidales.
- Carguío y transporte: Una vez sostenida la labor de explotación, se realizará el transporte del material volado, para que una vez más se vuelva a realizar todo para la perforación y voladura.

3.14 MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN

- a) Cámaras y pilares: Consiste en volar y extraer cámaras dentro de la roca que contiene el mineral y dejando pilares de mineral que contienen y soportan la carga litostática soportando la caja techo y dando estabilidad en la labor. El proceso de extracción se llevará a cabo a través de perforación con Jackleg y con barrenos de 2,4 y 6 pies, se realiza de esta forma debido a que si se realiza con la de 6 pies será más tardado e inclusive peligroso ya que esta puede descontrolarse, al cargar los taladros se realiza de forma manual, con emulsión encartuchada, Se realiza esta explotación en áreas o zonas de mayor concentración de mineral siendo más selectiva y no diluyendo la ley del mineral. El traslado y carguío del mineral volado se realiza con scoops de 3 y 4 yardas cúbicas.

Con respecto al sostenimiento este se realiza con Wood pack, se realiza a partir de que la roca solo tenga RMR de 40 hacia delante, se usan cuarterones de madera con medidas de 100 cm. de largo x 15 cm de alto x 18 cm. de ancho. Este sostenimiento se tiene una relación de 1:3, el mínimo de tamaño para armar el Wood pack es de un

metro y el máximo es de 3 metros de alto. El Jack pack se coloca en los últimos 3/4 de la altura total, este se infla con agua y aire a 2 bares de presión. También se coloca malla electrosoldada con cocada de 10 cm. por lado, acompañado de un perno helicoidal de 4 pies y con un Split set de 1 pie.

Figura 5 Método de minado cámaras y pilares



Nota. Gráfico donde se muestra el método de minado cámaras y pilares.

- b) Corte y relleno: Es una técnica de explotación que permite acceder al cuerpo mineralizado con buzamientos pronunciados y condiciones de acceso complejo, consiste en volar los tajos mineralizados de forma horizontal desde la base del yacimiento y avanzando hacia arriba, una vez extraído la parte baja del mineral se rellena con material estéril y se continua el tajeo hacia arriba. Se aplica en su mayoría con cuerpos mineralizados irregulares y situaciones donde se requiere alta selectividad y control para la estabilidad.

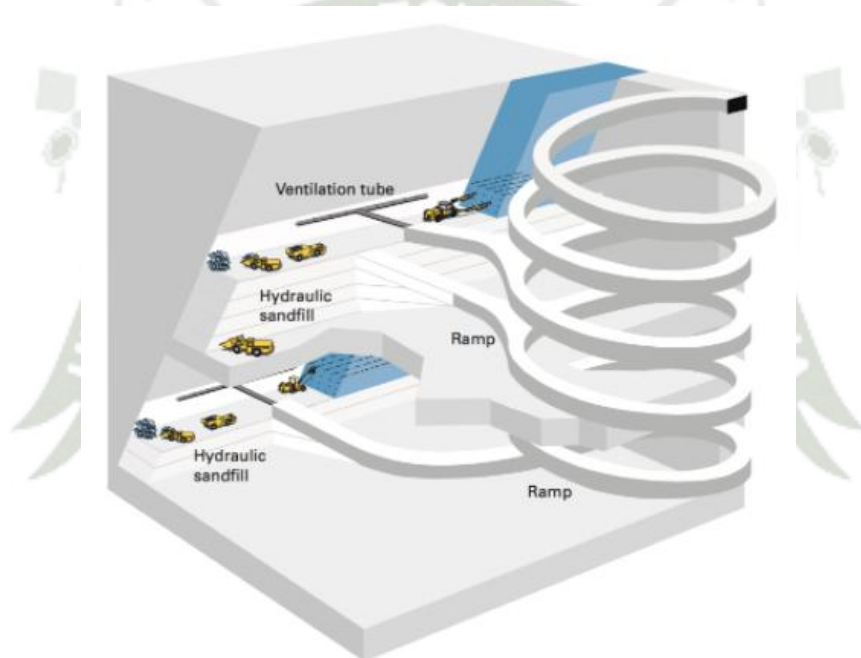
Suele tener dimensiones mayores al 1.60 metros, y se utilizan taladros largos para poder realizar la perforación y voladura, a partir de 6 pies en adelante para un mejor

sostenimiento con pernos helicoidales de 6 pies y con Split set de 2 pies.

Complementado el sostenimiento se usa malla electrosoldada de 10 cm por lado, con taladros sin carga que ayudan a aliviar la carga litostática.

Para la limpieza de los frentes con el mineral se utilizan los mismos equipos de scoops con capacidades de 2.5,3 y 4 yardas cubicas y con dumpers soportando 12 toneladas métricas.

Figura 6 Método de minado Corte y relleno



Nota. Gráfico donde se muestra el método de minado corte y relleno.

3.15 EQUIPOS DE CARGUÍO Y TRANSPORTE DE TAURO S.A.C.

En el rendimiento de carguío y transporte de desmonte o mineral la empresa cuenta con distintas variedades de equipos, estos van desde la capacidad de carga hasta el tamaño que se necesita para dar soporte en cada labor dependiendo de su sección. Por ejemplo, los scoops

varían desde 1.5 yd³ hasta 4 yd³. En cuestión de transporte estos son acompañados de los dumpers estos solo son equipos que admiten hasta 12 toneladas de carga.

En el transporte el desmonte o mineral trasladado se quedan en cámaras de acumulación para que posteriormente sean trasladados en camiones. Estas mismas cargas de mineral son descargas en cámaras cercanas a la rampa principal.

Estos son la lista de equipos que trabajan en Tauro S.A.C.

Tabla 3 Equipos de Tauro S.A.C.

Nº	EQUIPO	CÓDIGO TAURO
1	SCOOP	T025
2	SCOOP	T026
3	SCOOP	T028
4	SCOOP	T029
5	SCOOP	T033
6	SCOOP	T034
7	SCOOP	T036
8	SCOOP	T037
9	DUMPER	D002
10	DUMPER	D003
11	DUMPER	D005
12	DUMPER	D008
13	DUMPER	D009

Nota. Mediante la siguiente tabla se observa el total de los equipos de transporte y carguío en la unidad minera.

3.15.1 MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE TAURO S.A.C.

La tecnología adecuada en conjunto con la productividad se vuelve impredecible, por ellos es necesario tener una planificación adecuada para agrupar todas las necesidades para un estado optimo de los equipos mineros, ya que estos son la fuente de la productividad para la compañía minera en el área de producción mina. La importancia de tener un plan de

mantenimiento brinda un soporte para que el equipo tenga una mejor vida útil de sus piezas ya que estas están en constante mantenimiento, lo que genera mayor balance económico para evitar pérdidas de productividad y ahorrando en costosas reparaciones.

Figura 7 Programa semanal de mantenimiento

EQUIPO	CODIGO	TIPO PM	PROGRAMA SEMANAL												CANTIDAD PROGRAMADA
			SEMANA 1												
			Domingo 3-Mar	Lunes 4-Mar	Martes 5-Mar	Miercoles 6-Mar	Jueves 7-Mar	Viernes 8-Mar	Sabado 9-Mar						
SCOOP	T025	ENGRESE GENERAL		T025			T025							2	
SCOOP	T026	ENGRESE GENERAL		T026				T026						2	
SCOOP	T028	ENGRESE GENERAL			T028				T028					2	
SCOOP	T029	ENGRESE GENERAL		T029			T029					T029		3	
SCOOP	T033	ENGRESE GENERAL		T033			T033					T033		3	
SCOOP	T034	ENGRESE GENERAL		T034				T034					T034	3	
SCOOP	T036	INOPERATIVO												0	
SCOOP	T037	ENGRESE GENERAL	T037			T037				T037				3	
DUMPER	D002	ENGRESE GENERAL				D002				D002				2	
DUMPER	D003	INOPERATIVO												0	
DUMPER	D005	ENGRESE GENERAL	D005			D005				D005				3	
DUMPER	D008	ENGRESE GENERAL		D008			D008					D008		3	
DUMPER	D009	ENGRESE GENERAL		D009				D009					D009	3	

Nota. En la siguiente figura se observa el cronograma de mantenimiento programado de los equipos. Tomado de Unidad Minera Tauro S.A.C. 2024.

Figura 8 Tiempo empleado de mantenimiento

MINERA TAURO S.A.C.				PROGRAMA SEMANALA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE								
PROYECTO SANTA MARIA				SEMANA	10	DEL 3 MARZO AL 9 DE MARZO						
MANTIMINETO PROGRAMADO				ESTADO	DIA PROGRAMADO							TIEMPO
TIPO DE EQUIPO	CODIGO	CODIGO TAURO	TIPO DE MANTENIMIENTO		DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	
					3	4	5	6	7	8	9	
SCOOP	S 49	T028	M 250	OPERATIVO	P	X						5 HORAS
					E							
	S 81	T031	M 500	OPERATIVO	P		X					5 HORAS
					E							
DUMPER	D 44	D008	M 125	OPERATIVO	P			X				5 HORAS
					E							

Nota. En la figura se muestra el tiempo de mantenimiento programado de los equipos en la semana. Tomado de Unidad Minera Tauro S.A.C. 2024.

3.15.2 DISPONIBILIDAD Y UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TAURO S.A.C.

- a) Disponibilidad mecánica: Es el porcentaje que encontramos en relaciones matemáticas que van en función al tiempo previsto que el equipo estará disponible, se hallará con la siguiente formula (Kirvin T. 2024).

$$DM = \frac{HT - HR}{HT} * 100\%$$

HT: Horas totales.

HR: Horas de reparación

- b) Utilización del equipo: Son las horas en las cuales el equipo se encuentra está realizando las actividades y es aprovechado en las operaciones en condiciones óptimas para el adecuado desempeño de la actividad a realizar (Kirvin T. 2024).

$$Ut = \frac{HO + D}{HT - H.R} * 100\%$$

HO: Horas operativas

D: Demoras

HT: Horas totales

HR: Horas de reparación



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EVALUACIÓN DE LOS ANÁLISIS CON RELACIÓN AL TIEMPO DE CICLO

Se consideró los tiempos de procesos en el ciclo de carguío y transporte para su presente evaluación y análisis mediante el método de ruta crítica, con ayuda del software se interpretarán los resultados.

Por ello se necesitará de parámetros de tiempos para segmentar cada actividad realizada en las jornadas de trabajo, darles secuencias y ordenando cada una con sus correspondientes predecesoras.

Se empleo parámetro de tiempos, de esta forma obtuvo tiempos que irán desde favorables, intermedios y tiempos desfavorables.

4.2 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS EN EL PROCESO DE CARGUÍO Y TRANSPORTE DE LA COMPAÑÍA MINERA TAURO S.A.C.

Para la determinación de parámetros se concluyó y tomando en cuenta que hay tres guardias, una de estas descansa y las dos restantes ocupando el turno día y noche, con horarios de 12 horas al día de trabajo, considerando que cargaran 316 a 336 ton/día a una distancia promedio de 631- 645 metros entre tajos y cámaras de acumulación.

Con respecto al transporte realizado por dumper se consideró las siguientes zonas de trabajo:

- Rp 7830 a Rp Liza-4
- Cortada NE a Rp liza -4
- Rp 7595-3 a Rp Liza -4
- Cortada NE a Rp liza -4
- Rp 7595 a Rp Liza -4

El Carguío se realizó en los siguientes puntos:

- Rp 7595-3
- Rp 7595-8
- Cortada NE

Figura 9 Diagrama de ruta de dumper.



Nota. En la figura se muestra el ciclo de los equipos que realizan en la unidad minera.

4.3 TIEMPOS DE CICLO DE DUMPERS

La información que se presenta a continuación fue anotada a lo largo de la investigación, fue seleccionada y por la zona en la que se realiza el trabajo, los tiempos se escogieron según sean favorables, intermedios o desfavorables.

Para favorables se escogió por el menor tiempo posible en realizar el trabajo, para el tiempo de intermedio se promediaron todos los tiempos tomados en cuenta, para el desfavorable se tomó el tiempo más alto a lo largo de la jornada que se laboró.

Solo se consideró el tiempo empleado para la actividad en cada labor, aun no se consideraron tiempos de demoras por llenado de IPERC, traslado de herramientas, receso de almuerzo y abastecer combustible.

Tabla 4 Tiempo de posicionamiento de Dumper

	POSICIONAMIENTO (t1)		
	Favorable (min.)	Intermedio (min.)	Desfavorable (min.)
Rp.7830 - Rp. liza-4	1	1.29	2
Cortada NE a Rp. Liza-4	0.28	1	5.6
Rp. 7595-3 a Rp. Liza-4	0.27	0.67	0.98
RP 7595 A Rp. Liza - 4	0.65	2.37	6.17

Nota. En presente tabla se muestran los tiempos de posicionamiento realizados por el dumper.

Tabla 5 Tiempo de carga de Dumper

	CARGA (t2)		
	Favorable (min.)	Intermedio (min.)	Desfavorable (min.)
Rp.7830 - Rp. liza-4	1	1.57	2
Cortada NE a Rp. Liza-4	1.5	2.58	2.92
Rp. 7595-3 a Rp. Liza-4	1.37	3.59	8.88
RP 7595 A Rp. Liza - 4	2.27	2.47	2.85

Nota. La tabla muestra los tiempos de demora de carga realizados por el scoop al dumper.

Tabla 6 Tiempo de Ida de Dumper

	IDA (t3)		
	Favorable (min.)	Intermedio (min.)	Desfavorable (min.)
Rp.7830 - Rp. liza-4	4	8	12
Cortada NE a Rp. Liza-4	3.42	6.48	105
Rp. 7595-3 a Rp. Liza-4	3.88	7.18	10.4
RP 7595 A Rp. Liza - 4	5.98	7.49	9.73

Nota. En la siguiente tabla se puede visualizar los tiempos de ida realizados por el dumper.

Tabla 7 Tiempo de descarga de Dumper

	DESCARGA (t4)		
	Favorable (min.)	Intermedio (min.)	Desfavorable (min.)
Rp.7830 - Rp. liza-4	1	1.14	2
Cortada NE a Rp. Liza-4	0.28	0.65	1.15
Rp. 7595-3 a Rp. Liza-4	0.37	0.69	2.08
RP 7595 A Rp. Liza - 4	0.37	0.62	0.92

Nota. La siguiente tabla se visualiza el tiempo de descarga realizados por el dumper.

Tabla 8 Tiempo de regreso de Dumper

	REGRESO (t5)		
	Favorable (min.)	Intermedio (min.)	Desfavorable (min.)
Rp.7830 - Rp. Liza - 4	4	6	8
Cortada NE a Rp. Liza-4	3.13	5.65	10.77
Rp. 7595-3 a Rp. Liza-4	5.15	6.6	10.77
RP 7595 A RP. Liza - 4	5.92	9.72	25.08

Nota. En la tabla se presentan los tiempos del regreso realizados por el dumper.

4.4 TIEMPOS DE CICLO DE SCOOPS

Los tiempos fueron anotados a en los instantes que se pudo observar y analizar sobre las falencias, tanto de los equipos, las labores y de operadores. Solo se consideró el tiempo empleado para la actividad, aun no se consideraron tiempos de demoras por llenado de IPERC, traslado de herramientas, receso de almuerzo y abastecer combustible.

Para la toma de tiempos se considera un promedio de tiempos favorables, intermedios y desfavorables. Se considera que los tiempos empleados en distintos sectores de trabajo.

Tabla 9 Tiempo de ataque de scoop

	ATAQUE (t6)		
	Favorable (min.)	Intermedio (min.)	Desfavorable (min.)
Rp.7830 - Rp. Liza - 4	0.47	4.33	23.07
Cortada NE a Rp. Liza-4	0.43	2.24	12.95
Rp. 7595-3 a Rp. Liza-4	0.15	5.96	22.6
RP 7595 A Rp. Liza - 4	0.13	3.04	20.9

Nota. En la tabla se muestran los tiempos del ataque realizados por el scoop.

Tabla 10 Tiempo de retroceso de scoop

	RETROCESO (t7)		
	Favorable (min.)	Intermedio (min.)	Desfavorable (min.)
Rp.7830 - Rp. Liza - 4	0.18	0.57	2
Cortada NE a Rp. Liza-4	0.15	0.24	0.3
Rp. 7595-3 a Rp. Liza-4	0.05	0.21	0.57
RP 7595 A Rp. Liza - 4	0.1	0.26	0.83

Nota. La tabla presenta los tiempos de retroceso realizados por el scoop.

Tabla 11 Tiempo de ida de scoop

	IDA (t8)		
	Favorable (min.)	Intermedio (min.)	Desfavorable (min.)
Rp.7830 - Rp. Liza - 4	0.2	3.29	23.45
Cortada NE a Rp. Liza-4	0.37	2.85	11.95
Rp. 7595-3 a Rp. Liza-4	0.12	0.36	1.05
RP 7595 A Rp. Liza - 4	0.15	0.33	0.65

Nota. Se detallan en la tabla los tiempos de ida realizados por el scoop.

Tabla 12 Tiempo de levante de cuchara de scoop

LEVANTE DE CUCHARA (t9)			
	Favorable (min.)	Intermedio (min.)	Desfavorable (min.)
Rp.7830 - Rp. Liza - 4	0.08	0.17	0.37
Cortada NE a Rp. Liza-4	0.08	0.2	0.33
Rp. 7595-3 a Rp. Liza-4	0.13	0.21	0.47
RP 7595 A R. Liza - 4	0.08	4.05	19.18

Nota. En el siguiente cuadro se muestran los tiempos de levante de cuchara realizados por el scoop.

Tabla 13 Tiempo de dejar carga de scoop

DEJAR CARGA (t10)			
	Favorable (min.)	Intermedio (min.)	Desfavorable (min.)
Rp.7830 - Rp. Liza - 4	0.12	0.39	0.57
Cortada NE a Rp. Liza-4	0.1	0.62	4.85
Rp. 7595-3 a Rp. Liza-4	0.08	0.26	0.52
RP 7595 A Rp. Liza - 4	0.1	0.3	0.6

Nota. La información contenida en la tabla se muestra los tiempos de carga realizados por el scoop.

Tabla 14 Tiempo de marcha atrás de scoop

MARCHA ATRÁS (11)			
	Favorable (min.)	Intermedio (min.)	Desfavorable (min.)
Rp.7830 - Rp. Liza - 4	0.32	1.28	3.82
Cortada NE a Rp. Liza-4	0.53	1.76	2.83
Rp. 7595-3 a Rp. Liza-4	0.18	0.47	1.25
RP 7595 A RP Liza - 4	0.28	0.62	2.67

Nota. Se muestra en la tabla los tiempos de marcha atrás realizados por el scoop.

4.5 CICLOS DE GUARDIAS

Los ciclos anteriores se anotaron, se promediaron y se ordenaron para obtener una muestra y trabajar en base a muestras obtenidas de las guardias examinadas, cabe señalar que se añadieron para esta tabla tiempos adicionales desde su inicio de guardia.

Tabla 15 Jornada de trabajo día 21-01-24

GUARDIA DIA 21-01-24							
EQUIPO	ACTIVIDAD	ETIQUETA	TIEMPO (min.)	PRE 1	PRE 2	PRE 3	PRE 4
SCOOP	LLENADO DE CHECK LIST	A	22				
	LLEGADA A BODEGA	B	14	A			
	TRASLADO DE HERRAMIENTAS	C	25	B			
	LLEGADA A LABOR	D	16	C			
DUMPER	LLENADO DE CHECK LIST	A1	17				
	LLEGADA A BODEGA	B1	14	A1			
	TRASLADO DE HERRAMIENTAS	C1	8	B1			
	LLEGADA A LABOR	D1	11	C1			
RP 7830 A RP LIZA - 4							
DUMPER	POSICIONAMIENTO	t1	1.29	D	C	D1	C1
	ATAQUE	t6	4.33	D	C	D1	C1
	RETROCESO	t7	0.57	t6			
SCOOP	IDA	t8	3.29	t7			
	LEVANTE	t9	0.17	t8			
	DEJAR CARGA	t10	0.39	t9	t1		
DUMPER	IDA	t3	8	t10			
SCOOP	MARCHA ATRÁS	t11	1.67	t3	t10		
	DESCARGAR	t4	1.14	t3			
DUMPER	REGRESO	t5	6	t4			
ALMUERZO							
	ALMUERZO	E	59.5	t5	t11		
	ABASTECIMIENTO	F	34	E			
CORTADA NE A RP LIZA - 4							
DUMPER	POSICIONAMIENTO	t12	1.42	F			
	ATAQUE	t16	2.24	F	t12		
	RETROCESO	t17	0.24	t16			
SCOOP	IDA	t18	2.85	t17			
	LEVANTE	t19	0.2	t18			
	DEJAR CARGA	t20	0.62	t19	t12		
DUMPER	IDA	t13	20.42	t20			
SCOOP	MARCHA ATRÁS	t21	1.76	t13	t20		
	DESCARGAR	t14	0.41	t13			
DUMPER	REGRESO	t15	6.63	t14			

Nota. La tabla muestra las actividades realizadas por los equipos durante la guardia del 21-01-24

Tabla 16 Jornada de trabajo día 23-01-24

GUARDIA DÍA 23-01-24							
EQUIPO	ACTIVIDAD	ETIQUETA	TIEMPO (min.)	PRE-1	PRE-2	PRE-3	PRE-4
SCOOP	LLENADO DE CHECK LIST	A	6				
	LLEGADA A BODEGA	B	12	A			
	TRASLADO DE HERRAMIENTAS	C	70	B			
DUMPER	LLEGADA A LABOR	D	65	C			
	LLENADO DE CHECK LIST	A1	5				
	LLEGADA A BODEGA	B1	3	A1			
	TRASLADO DE HERRAMIENTAS	C1	25	B1			
	LLEGADA A LABOR	D1	150	C1			
RP 7830 A RP LIZA - 4							
DUMPER	POSICIONAMIENTO	t1	0.47	D	C	D1	C1
	ATAQUE	t6	5.96	D	C	D1	C1
	RETROCESO	t7	0.21	t6			
SCOOP	IDA	t8	0.36	t7			
	LEVANTE	t9	0.21	t8			
	DEJAR CARGA	t10	0.26	t9	t1		
DUMPER	IDA	t3	6.55	t10			
SCOOP	MARCHA ATRÁS	t11	0.47	t3	t10		
	DESCARGAR	t4	1.02	t3			
DUMPER	REGRESO	t5	6.155	t4			
ALMUERZO							
	ALMUERZO	E	50	t5	t11		
	ABASTECIMIENTO	F	74	E			
CORTADA NE A RP LIZA - 4							
DUMPER	POSICIONAMIENTO	t12	0.73	F			
	ATAQUE	t16	3.04	F	t12		
	RETROCESO	t17	0.26	t16			
SCOOP	IDA	t18	0.33	t17			
	LEVANTE	t19	4.05	t18			
	DEJAR CARGA	t20	0.3	t19	t12		
DUMPER	IDA	t13	5.95	t20			
SCOOP	MARCHA ATRÁS	t21	0.62	t13	t20		
	DESCARGAR	t14	0.78	t13			
DUMPER	REGRESO	t15	5.23	t14			

Nota. En la tabla se detallan las tareas ejecutadas por los equipos durante la jornada del 23-01-24

Tabla 17 Jornada de trabajo día 24-01-24

GUARDIA DIA 24-01-24							
EQUIPO	ACTIVIDAD	ETIQUETA	TIEMPO (min.)	PRE-1	PRE-2	PRE-3	PRE-4
SCOOP	LLENADO DE CHECK LIST	A	13				
	LLEGADA A BODEGA	B	16	A			
	TRASLADO DE HERRAMIENTAS	C	30	B			
	LLEGADA A LABOR	D	7	C			
DUMPER	LLENADO DE CHECK LIST	A1	5				
	LLEGADA A BODEGA	B1	11	A1			
	TRASLADO DE HERRAMIENTAS	C1	18	B1			
	LLEGADA A LABOR	D1	10	C1			
RP 7830 A RP LIZA - 4							
DUMPER	POSICIONAMIENTO	t1	0.66	D	C	D1	C1
	ATAQUE	t6	0.98	D	C	D1	C1
	RETROCESO	t7	0.45	t6			
SCOOP	IDA	t8	2.05	t7			
	LEVANTE	t9	0.24	t8			
	DEJAR CARGA	t10	0.36	t9	t1		
DUMPER	IDA	t3	8.18	t10			
SCOOP	MARCHA ATRÁS	t11	1.02	t3	t10		
	DESCARGAR	t4	0.61	t3			
DUMPER	REGRESO	t5	6.4325	t4			
ALMUERZO							
	ALMUERZO	E	69	t5	t11		
	ABASTECIMIENTO	F	48	E			
CORTADA NE A RP LIZA - 4							
DUMPER	POSICIONAMIENTO	t12	0.96	F			
	ATAQUE	t16	0.74	F	t12		
	RETROCESO	t17	0.26	t16			
SCOOP	IDA	t18	1.39	t17			
	LEVANTE	t19	0.21	t18			
	DEJAR CARGA	t20	0.27	t19	t12		
DUMPER	IDA	t13	6.68	t20			
SCOOP	MARCHA ATRÁS	t21	1.43	t13	t20		
	DESCARGAR	t14	0.65	t13			
DUMPER	REGRESO	t15	5.18	t14			

Nota. La información tabulada corresponde a las labores efectuadas por los equipos el 24-01-24.

Tabla 18 Jornada de trabajo día 27-01-24

GUARDIA DIA 27-01-24							
EQUIPO	ACTIVIDAD	ETIQUETA	TIEMPO (min.)	PRE-1	PRE-2	PRE-3	PRE-4
SCOOP	LLENADO DE CHECK LIST	A	9				
	LLEGADA A BODEGA	B	8	A			
	TRASLADO DE HERRAMIENTAS	C	15	B			
DUMPER	LLEGADA A LABOR	D	5	C			
	LLENADO DE CHECK LIST	A1	9				
	LLEGADA A BODEGA	B1	8	A1			
	TRASLADO DE HERRAMIENTAS	C1	15	B1			
	LLEGADA A LABOR	D1	5	C1			
RP 7830 A RP LIZA - 4							
DUMPER	POSICIONAMIENTO	t1	2.66	D	C	D1	C1
	ATAQUE	t6	0.48	D	C	D1	C1
	RETROCESO	t7	0.2	t6			
SCOOP	IDA	t8	0.27	t7			
	LEVANTE	t9	0.1	t8			
	DEJAR CARGA	t10	0.12	t9	t1		
DUMPER	IDA	t3	7.75	t10			
SCOOP	MARCHA ATRÁS	t11	10.35	t3	t10		
	DESCARGAR	t4	0.66	t3			
DUMPER	REGRESO	t5	10.355	t4			
ALMUERZO							
	ALMUERZO	E	30	t5	t11		
	ABASTECIMIENTO	F	20	E			
CORTADA NE A RP LIZA - 4							
DUMPER	POSICIONAMIENTO	t12	1	F			
	ATAQUE	t16	0.45	F	t12		
	RETROCESO	t17	0.18	t16			
SCOOP	IDA	t18	0.21	t17			
	LEVANTE	t19	0.09	t18			
	DEJAR CARGA	t20	0.12	t19	t12		
DUMPER	IDA	t13	6.45	t20			
SCOOP	MARCHA ATRÁS	t21	0.31	t13	t20		
	DESCARGAR	t14	0.69	t13			
DUMPER	REGRESO	t15	5.92	t14			

Nota. Se registran en la tabla las actividades desarrolladas por los equipos durante la guardia.

4.6 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS PROMEDIOS MEDIANTE EL SOFTWARE

4.6.1 PROCESO EN EL SOFTWARE DE GUARDIA DÍA 21-01-24

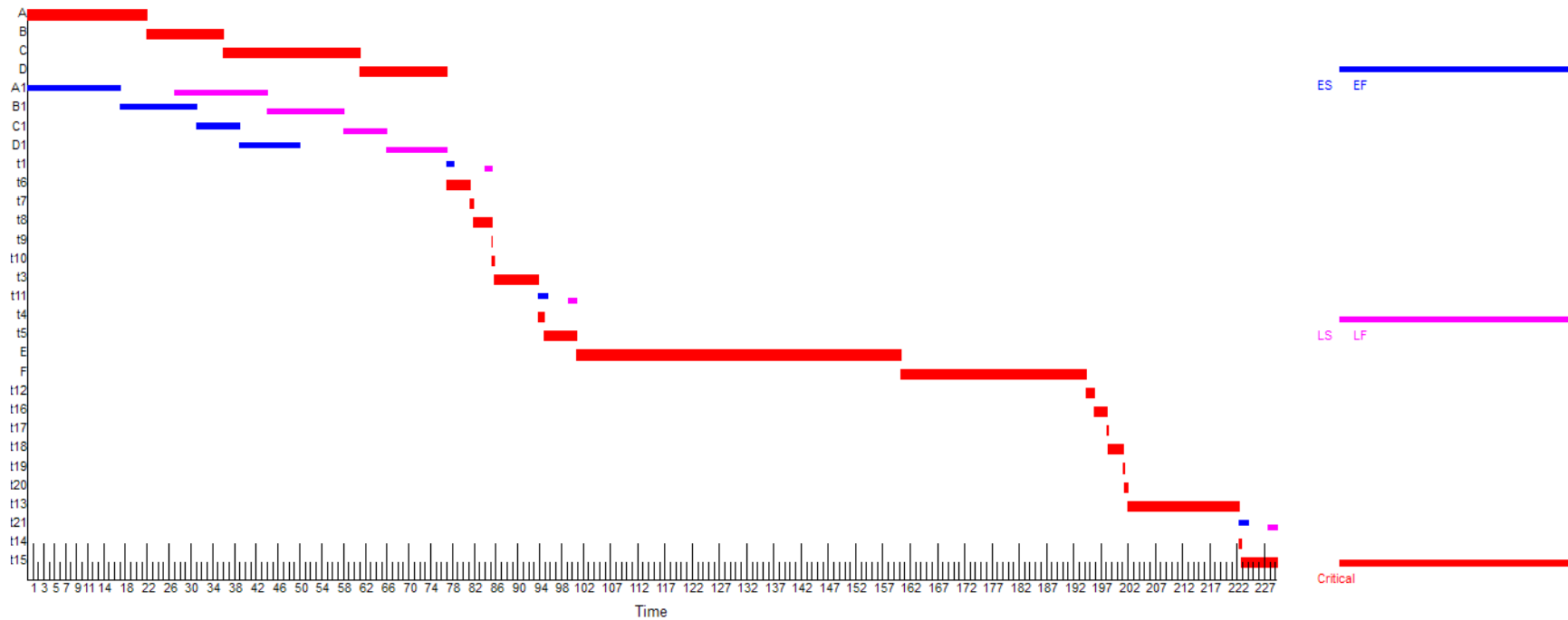
Para esta guardia se registraron en la primera parte del día 7 ciclos realizados del dumper con capacidad de tolva de 12 ton. Y con respecto al ciclo del scoop fueron 14 ciclos con capacidad de cuchara de 4 yd³. Se registraron tiempos de abastecimiento de 59.5 minutos y de almuerzo 34 minutos. Culminando la jornada el dumper realizo 7 ciclos y el scoop 12 ciclos.

Figura 10 Proceso de datos de la guardia 21-01-24

	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project	229.42					
A	22	0	22	0	22	0
B	14	22	36	22	36	0
C	25	36	61	36	61	0
D	16	61	77	61	77	0
A1	17	0	17	27	44	27
B1	14	17	31	44	58	27
C1	8	31	39	58	66	27
D1	11	39	50	66	77	27
t1	1.29	77	78.29	84.07	85.36	7.07
t6	4.33	77	81.33	77	81.33	0
t7	.57	81.33	81.9	81.33	81.9	0
t8	3.29	81.9	85.19	81.9	85.19	0
t9	.17	85.19	85.36	85.19	85.36	0
t10	.39	85.36	85.75	85.36	85.75	0
t3	8	85.75	93.75	85.75	93.75	0
t11	1.67	93.75	95.42	99.22	100.89	5.47
t4	1.14	93.75	94.89	93.75	94.89	0
t5	6	94.89	100.89	94.89	100.89	0
E	59.5	100.89	160.39	100.89	160.39	0
F	34	160.39	194.39	160.39	194.39	0
t12	1.42	194.39	195.81	194.39	195.81	0
t16	2.24	195.81	198.05	195.81	198.05	0
t17	.24	198.05	198.29	198.05	198.29	0
t18	2.85	198.29	201.14	198.29	201.14	0
t19	.2	201.14	201.34	201.14	201.34	0
t20	.62	201.34	201.96	201.34	201.96	0
t13	20.42	201.96	222.38	201.96	222.38	0
t21	1.76	222.38	224.14	227.66	229.42	5.28
t14	.41	222.38	222.79	222.38	222.79	0
t15	6.63	222.79	229.42	222.79	229.42	0

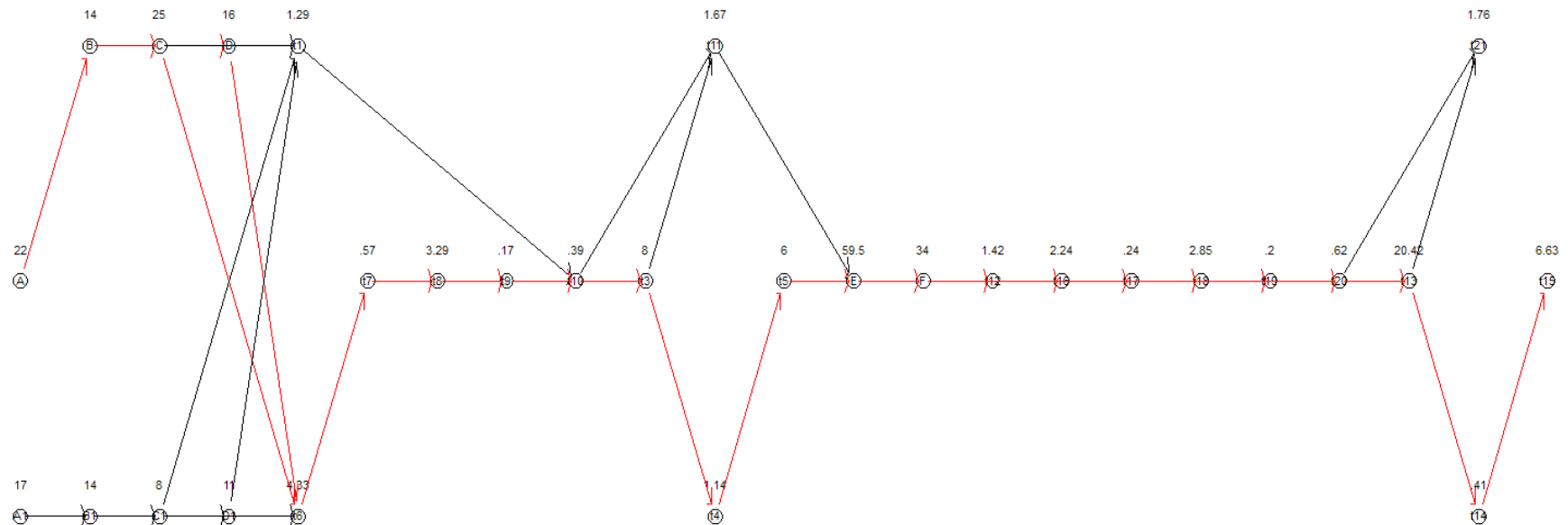
Nota. En la figura se visualizan los datos obtenidos y procesados por el software, La duración total del proyecto abarca 229.42 minutos dando como resultado el ciclo completo de carguío y traslado del mineral promediando los ciclos; resaltando en color rojo son tiempos críticos A, B, C, D, t6, t7, t8, t9, t10, t3, t4, t5, E, F, t12, t16, t17, t18, t19, t20, t13, t14 y t15, este tiempo crítico se le atribuyen demoras en el tiempo de ida de regreso del dumper debido a que se cruza con otros equipos móviles y tránsito de peatones.

Figura 11 Diagrama de Gantt de la guardia 21-01-24



Nota. Con respecto al diagrama de Gantt; A1, B1, C1, D1 son cuatro tareas del diagrama las cuales muestran una gran separación entre las barras azul (ES/EF) y magenta (LS/LF). El inicio de estas tareas podría retrasarse desde el minuto 0 hasta el minuto 27/39 sin afectar el final del proyecto. Este colchón de 27 minutos es su principal buffer de tiempo; t11 y t21, estas tareas solo tienen una pequeña línea azul/magenta visiblemente separada al final de la barra, lo que visualmente confirma que su holgura es muy pequeña alrededor de 5 minutos.

Figura 12 Diagrama de Ruta Crítica de la guardia 21-01-24



Nota. En esta jornada se presenta una rigidez crítica extrema, evidenciada por la gran cantidad de tareas con Holguras de 0 que definen la ruta crítica. La mayor flexibilidad reside en los caminos paralelos iniciales A1, B1, C1 y D1, que ofrecen una holgura significativa de 22 minutos de tiempo para la nivelación de recursos. Las holguras menores en t11 (6.02) y t13 (4.4) representan las únicas reservas de tiempo en las fases media y final del proyecto.

4.6.2 PROCESO EN EL SOFTWARE DE GUARDIA DIA 23-01-24

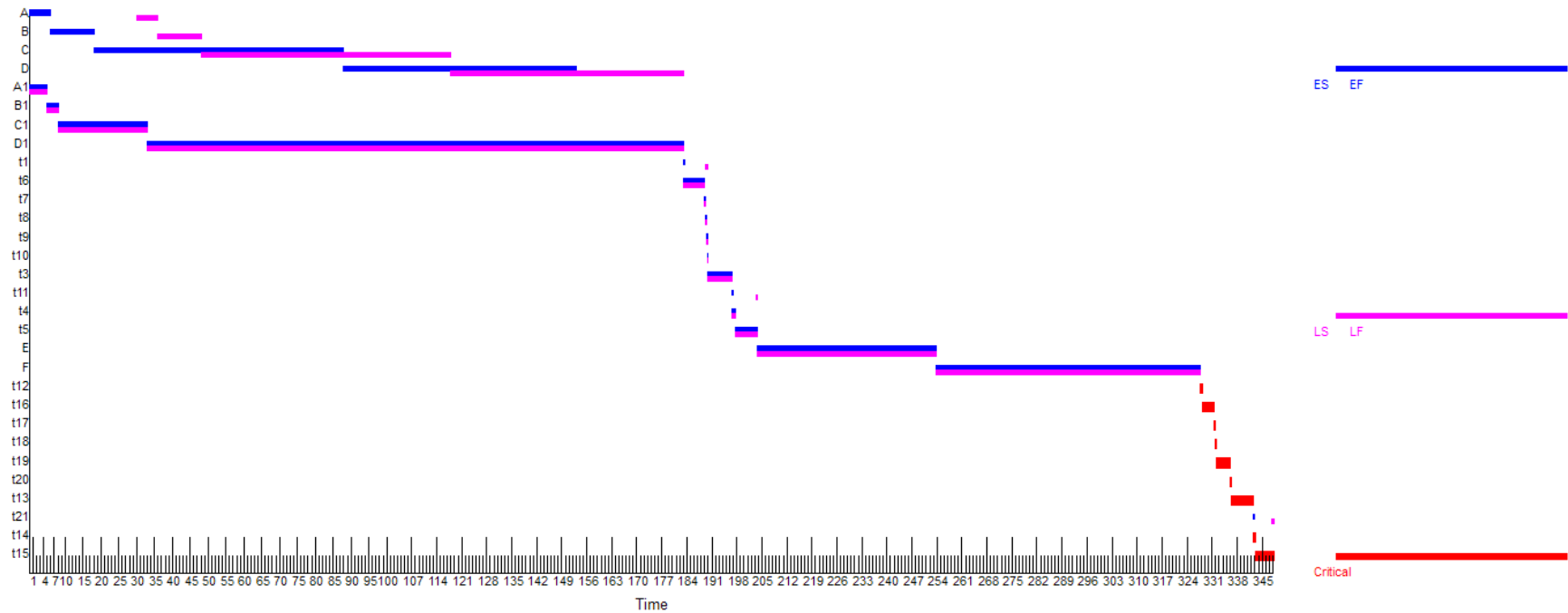
En esta guardia se registraron en la primera parte del día 6 ciclos realizados del dumper con capacidad de tolva de 12 ton. Y con respecto al ciclo del scoop fueron 12 ciclos con capacidad de cuchara de 4 yd³. Se registraron tiempos de abastecimiento 74 minutos y de almuerzo de 50 minutos. Culminando la jornada el dumper realizo 7 ciclos y el scoop 14 ciclos.

Figura 13 Proceso de datos de la guardia 23-01-24

	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project	348.4					
A	6	0	6	30	36	30
B	12	6	18	36	48	30
C	70	18	88	48	118	30
D	65	88	153	118	183	30
A1	5	0	5	0	5	0
B1	3	5	8	5	8	0
C1	25	8	33	8	33	0
D1	150	33	183	33	183	0
t1	.47	183	183.47	189.27	189.74	6.27
t6	5.96	183	188.96	183	188.96	0
t7	.21	188.96	189.17	188.96	189.17	0
t8	.36	189.17	189.53	189.17	189.53	0
t9	.21	189.53	189.74	189.53	189.74	0
t10	.26	189.74	190	189.74	190	0
t3	6.55	190	196.55	190	196.55	0
t11	.47	196.55	197.02	203.26	203.73	6.71
t4	1.02	196.55	197.57	196.55	197.57	0
t5	6.16	197.57	203.73	197.57	203.73	0
E	50	203.73	253.73	203.73	253.73	0
F	74	253.73	327.73	253.73	327.73	0
t12	.73	327.73	328.46	327.73	328.46	0
t16	3.04	328.46	331.5	328.46	331.5	0
t17	.26	331.5	331.76	331.5	331.76	0
t18	.33	331.76	332.09	331.76	332.09	0
t19	4.05	332.09	336.14	332.09	336.14	0
t20	.3	336.14	336.44	336.14	336.44	0
t13	5.95	336.44	342.39	336.44	342.39	0
t21	.62	342.39	343	347.78	348.4	5.39
t14	.78	342.39	343.17	342.39	343.17	0
t15	5.23	343.17	348.4	343.17	348.4	0

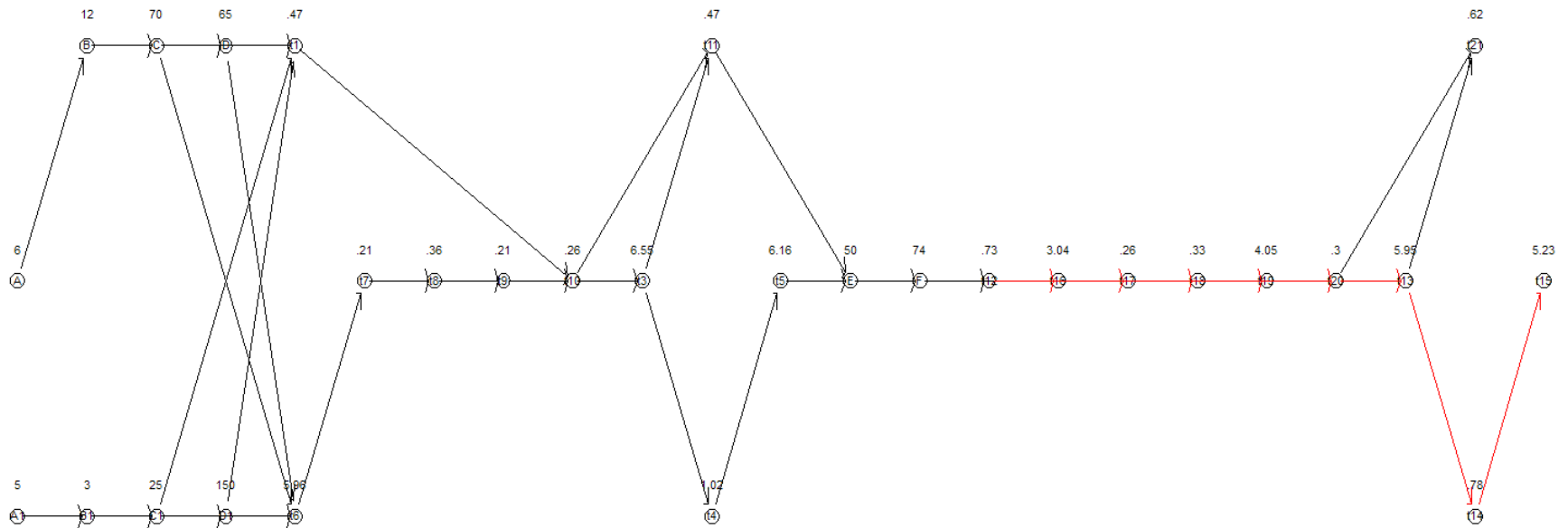
Nota. Si se observa la tarea D1 se observa que esta tiene un tiempo de 150 min, esto se debe a que ese equipo estuvo realizando una tarea extra aparte de la designada, esto es producto de una orden cruzada, ahí es donde se el tiempo de todas las tareas es de 348.4; se ve que la mayoría de las tareas están tiempos precisos y con un poco de margen para reajustarlos, con excepción de los tiempos t12, t16, t17, t18, t19, t20, t13, t14 y t15. En general fue una jornada con mucha fluidez, ya que el lugar de trabajo estuvo en óptimas condiciones para los equipos.

Figura 14 Diagrama de Gantt de la guardia 23-01-24



Nota. El uso Estratégico de la Holgura de 30 minutos en A, B, C y D debe ser gestionada activamente como un recurso. El plan de acción debe incluir la transferencia de personal o equipos de A, B, C o D a tareas críticas. Tareas como t1, t11 y t21 con holguras mínimas de 5 a 6 minutos, también requieren un estricto monitoreo debido a su cercanía a que se conviertan en actividades críticas.

Figura 15 Diagrama de Ruta Crítica de la guardia 23-01-24



Nota. El gráfico presenta una ruta crítica casi al final de la jornada, lo que resulta alta sensibilidad al retraso. La única flexibilidad significativa reside en los caminos paralelos iniciales A1-D1 y en la tarea. Se puede analizar que a lo largo de la jornada no se presentaron muchos inconvenientes y se ejecutaron las tareas en el tiempo establecido hasta el término de la primera parte del día.

4.6.3 PROCESO EN EL SOFTWARE DE GUARDIA DIA 24-01-24

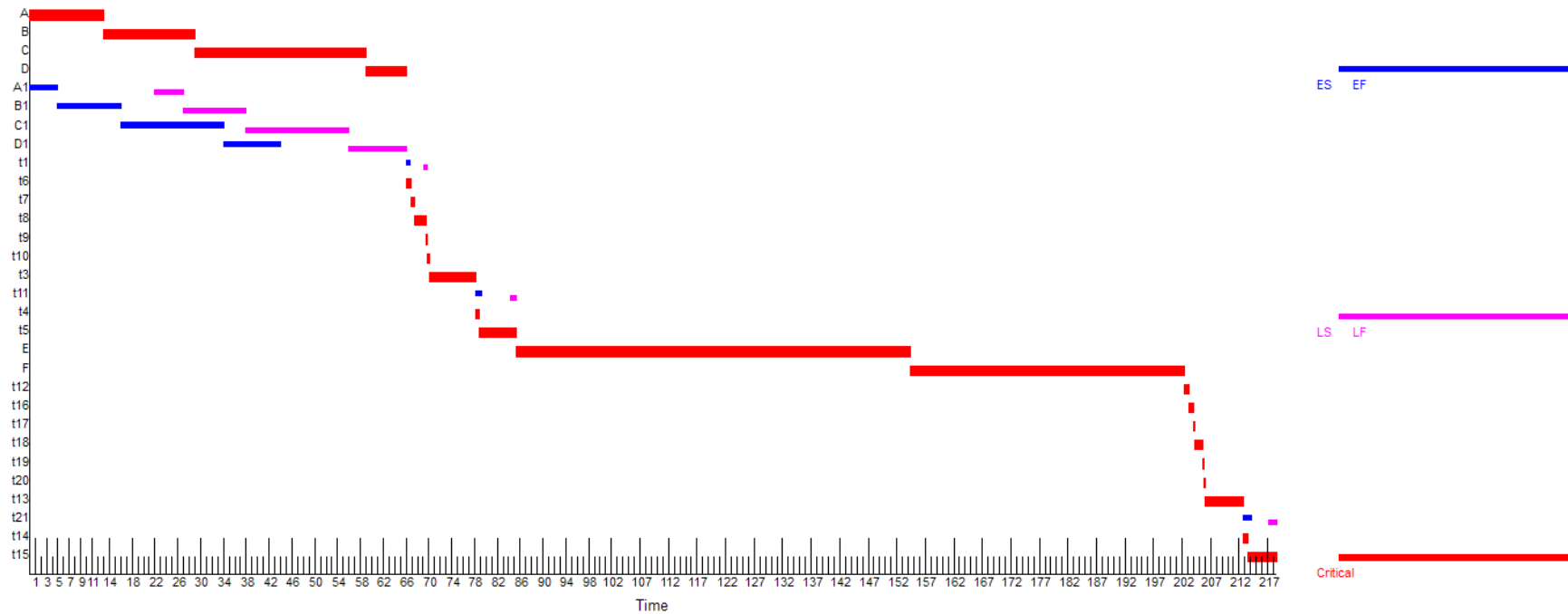
En esta guardia se registraron en la primera parte del día se observó 4 ciclos realizados del dumper con capacidad de tolva de 12 ton. Y con respecto al ciclo del scoop fueron 8 ciclos con capacidad de cuchara de 4 yd³. Se registraron tiempos de abastecimiento 69 minutos y de almuerzo de 48 minutos. Culminando la jornada el dumper realizo 13 ciclos y el scoop 18 ciclos. Siendo el tiempo total del ciclo promedio de 218.64 minutos.

Figura 16 Proceso de datos de la guardia 24-01-24

	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project	218.64					
A	13	0	13	0	13	0
B	16	13	29	13	29	0
C	30	29	59	29	59	0
D	7	59	66	59	66	0
A1	5	0	5	22	27	22
B1	11	5	16	27	38	22
C1	18	16	34	38	56	22
D1	10	34	44	56	66	22
t1	.66	66	66.66	69.06	69.72	3.06
t6	.98	66	66.98	66	66.98	0
t7	.45	66.98	67.43	66.98	67.43	0
t8	2.05	67.43	69.48	67.43	69.48	0
t9	.24	69.48	69.72	69.48	69.72	0
t10	.36	69.72	70.08	69.72	70.08	0
t3	8.18	70.08	78.26	70.08	78.26	0
t11	1.02	78.26	79.28	84.28	85.3	6.02
t4	.61	78.26	78.87	78.26	78.87	0
t5	6.43	78.87	85.3	78.87	85.3	0
E	69	85.3	154.3	85.3	154.3	0
F	48	154.3	202.3	154.3	202.3	0
t12	.96	202.3	203.26	202.3	203.26	0
t16	.74	203.26	204	203.26	204	0
t17	.26	204	204.26	204	204.26	0
t18	1.39	204.26	205.65	204.26	205.65	0
t19	.21	205.65	205.86	205.65	205.86	0
t20	.27	205.86	206.13	205.86	206.13	0
t13	6.68	206.13	212.81	206.13	212.81	0
t21	1.43	212.81	214.24	217.21	218.64	4.4
t14	.65	212.81	213.46	212.81	213.46	0
t15	5.18	213.46	218.64	213.46	218.64	0

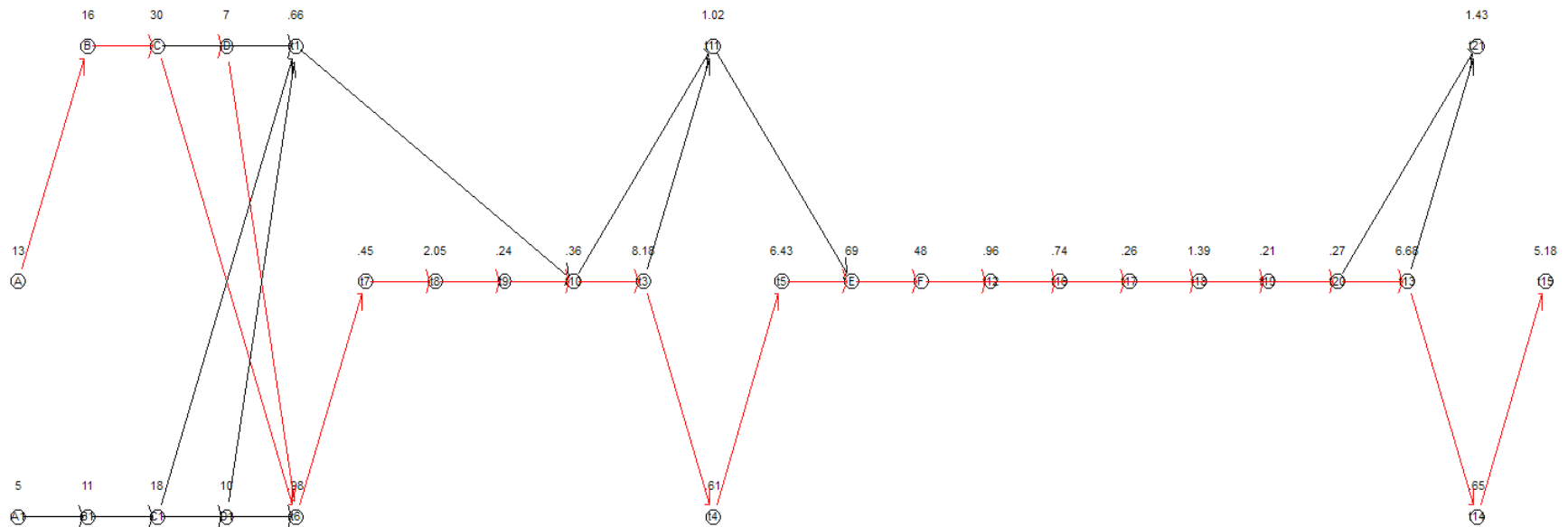
Nota. En esta Jornada se observa que los tiempos de maniobra son de holgura cero para las actividades A, B, C, D, t6, t7, t8, t9, t3, t5, E, F, t12, t16, t17, t18, t19, t20, t21 y t15, la secuencia de estas actividades define la trayectoria más larga y crítica del proyecto debido a que el equipo scoop presento una falla mecánica. A1, B1, C1, y D1 tienen la mayor holgura, con 22 minutos. Esto indica que estas cuatro actividades tienen una gran flexibilidad y que permite reajustar o designar más tiempo a otras tareas, t4 y t1.

Figura 17 Diagrama de Gantt de la guardia 24-01-24



Nota. La duración de las actividades C y E son las actividades más largas 30 min. y 69 min, respectivamente, lo que las convierte en puntos focales clave dentro de la ruta crítica, t3 también es una actividad de larga duración 8.18 min. Muchas actividades tienen duraciones muy cortas t1: 0.66, t7: 0.98, t17: 0.26, que representan transiciones en todo el ciclo, pero representan la eficiencia en la transición entre tareas.

Figura 18 Diagrama de Ruta Crítica de la guardia 24-01-24



Nota. En el diagrama final se muestra una alta sensibilidad al riesgo debido a que la Ruta Crítica es larga y continua, abarcando la mayoría de las tareas. La flexibilidad reside principalmente en los caminos paralelos iniciales A1, B1, C1, D1; esta estructura exige un monitoreo estricto de la ruta crítica, compensado por la flexibilidad en la ruta de tiempos holgados.

4.6.4 PROCESO EN EL SOFTWARE DE GUARDIA DIA 27-01-24

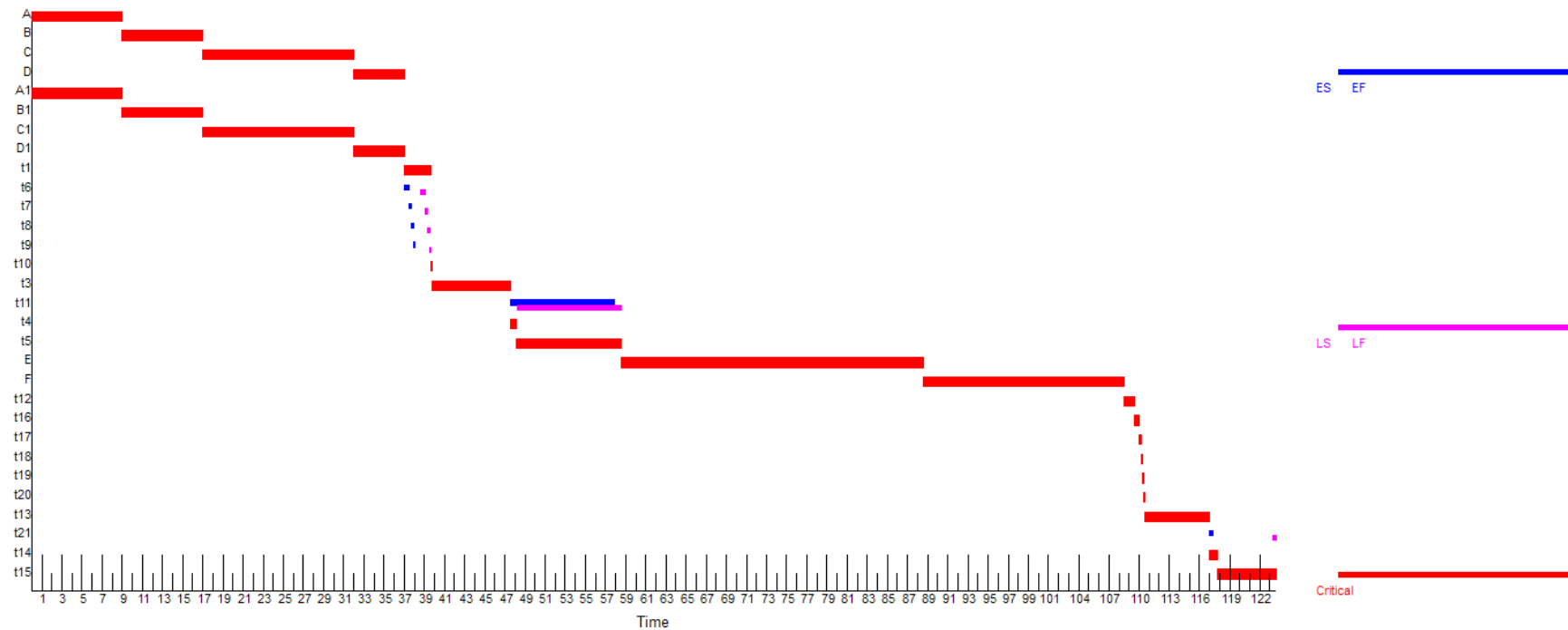
Esta guardia registro en la primera parte del día 6 ciclos realizados del dumper con capacidad de tolva de 12 ton. Y con respecto al ciclo del scoop fueron 13 ciclos con capacidad de cuchara de 4 yd³. Se registraron tiempos de abastecimiento 20 minutos y de almuerzo de 30 minutos. Culminando la jornada el dumper realizo 11 ciclos y el scoop 20 ciclos. Registrando un tiempo de 123.66 minutos.

Figura 19 Proceso de datos de la guardia 27-01-24

	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project	123.66					
A	9	0	9	0	9	0
B	8	9	17	9	17	0
C	15	17	32	17	32	0
D	5	32	37	32	37	0
A1	9	0	9	0	9	0
B1	8	9	17	9	17	0
C1	15	17	32	17	32	0
D1	5	32	37	32	37	0
t1	2.66	37	39.66	37	39.66	0
t6	.48	37	37.48	38.61	39.09	1.61
t7	.2	37.48	37.68	39.09	39.29	1.61
t8	.27	37.68	37.95	39.29	39.56	1.61
t9	.1	37.95	38.05	39.56	39.66	1.61
t10	.12	39.66	39.78	39.66	39.78	0
t3	7.75	39.78	47.53	39.78	47.53	0
t11	10.35	47.53	57.88	48.2	58.55	67
t4	.66	47.53	48.19	47.53	48.19	0
t5	10.36	48.19	58.55	48.19	58.55	0
E	30	58.55	88.55	58.55	88.55	0
F	20	88.55	108.55	88.55	108.55	0
t12	1	108.55	109.55	108.55	109.55	0
t16	.45	109.55	110	109.55	110	0
t17	.18	110	110.18	110	110.18	0
t18	.21	110.18	110.39	110.18	110.39	0
t19	.09	110.39	110.48	110.39	110.48	0
t20	.12	110.48	110.6	110.48	110.6	0
t13	6.45	110.6	117.05	110.6	117.05	0
t21	.31	117.05	117.36	123.35	123.66	6.3
t14	.69	117.05	117.74	117.05	117.74	0
t15	5.92	117.74	123.66	117.74	123.66	0

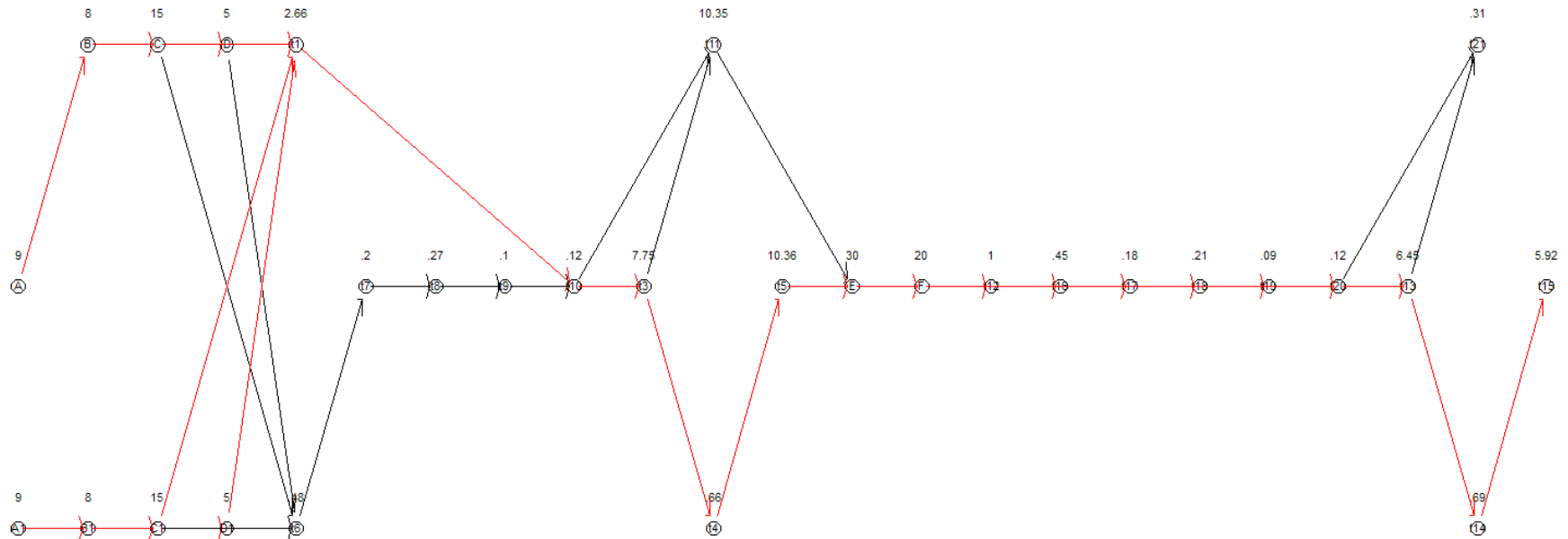
Nota. En esta jornada se evidencia en la actividad t11 un tiempo anormal en el proceso, se observó que el exceso de tiempo para esta tarea se debe a que se rasgó la manga de ventilación, por consecuencia pararon hasta reparar la manga. Las actividades A, B, C, D y A1, B1, C1, D1 siguen siendo dos caminos paralelos críticos y codependientes, un riesgo que se mantiene en caso alguno de estos se sobre pasen de sus tiempos estimados.

Figura 20 Diagrama de Gantt de la guardia 27-01-24



Nota. El diagrama muestra que casi todo el ciclo está en la ruta crítica, el proyecto requiere una ejecución atenta. la única flexibilidad sustancial está en la actividad t11 y en t13. Si esta holgura de t11 se redujo a 0.67, entonces la única flexibilidad verdadera está en t13 al final del proyecto. Este gráfico muestra que la ventana de tiempo para la mayoría de las tareas es cero y que los recursos deben asignarse y monitorearse sin fallas.

Figura 21 Diagrama de Ruta Crítica de la guardia 27-01-24



Nota. El diagrama presenta que la mayoría de las tareas con rutas críticas, incluyendo dos caminos críticos paralelos al inicio. Esto eleva el riesgo de retraso en la fase media. La única flexibilidad reside en la pequeña holgura de t6-t9. Esta estructura requiere una gestión de recursos excepcionalmente estricta para asegurar que las tareas designadas se culminen.

CONCLUSIONES

- La aplicación del software POM QM for Windows V 5.0.0. en la Unidad Minera Tauro S.A.C. permitió examinar de manera detallada los ciclos de carguío y transporte a través del análisis de ruta crítica. Con esta herramienta se consiguió definir expectativas realistas y garantizar la planificación secuencial de los frentes operativos. Teniendo un análisis amplio no solo posibilitó la creación de indicadores de eficiencia operativa, también consolido los métodos de control y toma de decisiones. Esto le dará al sistema productivo una capacidad más amplia para ajustarse a cambios en las operaciones, una asignación óptima de recursos y un control efectivo de los riesgos operacionales y un soporte más sólido para una planificación segura en las jornadas de trabajo.
- El análisis de los ciclos de proceso tanto de carguío y transporte permitió la una visualización detallada de cada fase operativa de cada proceso; posicionamiento (dumper), ataque (scoop), retroceso (scoop), ida (scoop), levante(scoop), dejar carga (scoop), ida(dumper), marcha atrás (scoop), descargar(dumper), regreso(dumper) lo que facilito la determinación precisa de los tiempos de ciclo. Los resultados de esta evaluación evidenciaron variaciones asociadas a las distintas problemáticas presentes a lo largo de las jornadas.
- La evaluación de la disponibilidad de equipos evidenció que variables como la programación del mantenimiento preventivo y correctivo, la condición de las vías y el nivel de coordinación operativas entre supervisores inciden de manera directa en la disponibilidad física y mecánica de los equipos. El análisis permitió la optimización de la gestión del equipo, la planificación estratégica de

la utilización de estos y la sincronización de actividades complementarias, contribuyendo así a la eficiencia del ciclo de transporte subterráneo.

- La creación y organización de un plan de rutas brindado por el software, considerando la condición y obstáculos de las vías. El uso del programa hace posible observar varios planes operativos, ayudando a escoger caminos óptimos que disminuye los tiempos de viaje y mejorar la efectividad operativa.
- La capacitación y la aplicación a los operadores y a supervisores sobre el nuevo método de optimización por el software brindara una gran mejora en distinguir los momentos claves del ciclo y en la eficacia de las decisiones que tomaran en el lugar. Este método de aprendizaje fortalece la disciplina en el trabajo, ayudando a que haya una sincronización entre las actividades de carguío y transporte, creando un efecto claro y bueno en los números de productividad y en cómo se mantiene estable el proceso.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación del software POM QM for Windows como herramienta de apoyo en la planificación y control de la Unidad Minera Tauro S.A.C. Su aplicación facilitara la identificación de tareas predecesoras, así como la detección temprana de rutas críticas mediante el uso de diagramas de Gantt y la metodología del Critical Path Method (CPM). La incorporación de del software fortalecerá la capacidad de respuesta operativa ante eventuales contratiempos.
- En el análisis de los distintos tipos de tareas que realizan los equipos antes de iniciar su jornada en operación, se recomienda implementar reuniones previas con los operadores para designar y gestionar sus tareas previas antes de iniciar con el ciclo de minado.
- Se recomienda la implementación de estándares mínimos de accesibilidad y sostenimiento optimo como condición previa antes de comenzar el ciclo de minado, con el fin de mitigar interrupciones operativas y evitar demoras del ciclo de transporte y carguío.
- La optimización operativa no depende únicamente de la implementación del software, sino de la interpretación adecuada de sus resultados por parte de operadores y supervisores. Por ello, se recomienda la capacitación en lectura de rutas críticas, gestión de interferencias en vía (vehículos livianos y equipos en cruce) y en la toma de decisiones autónomas en campo, con el propósito de potenciar la aplicabilidad práctica del modelo y consolidar una mayor eficiencia.

REFERENCIAS

- M. Sostenible, «El 45% de economía mundial está impulsada por el sector minero.,» 06 junio 2022. [En línea]. Available: <https://minariasostible.gal/es/economia-mundial-y-el-sectorminero/>.
- O. Narrea, «La minería como motor de desarrollo económico,» Lima, 2018. [3]E. F. L. Flores, «Implementación de la Transición de Equipos de Transporte» noviembre 2019.
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/20340/Leon_Flor es_Enzo_Analisis_Implementacion_Transicion.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- J. H. R. Mendoza, «Productividad maxima de los volquetes en transporte minero,» Puno, 2016.
- P. T. G. Arellano, «Selección del método de transporte para la explotación del yacimiento "kunza",» Santiago de chile, 2017.
- D. A. Gaimes Sivana, «Optimización del ciclo de minado para incrementar la productividad diaria,» Arequipa, 2019. (“Ciclo Minado- Minería Subterránea - Studocu”) [7]J. R. V. Avilés, «Practicas de IO con POM - QM,» Managua, 2014.
- Barreto, L. (2017). Optimización del Número de Camiones 785C CAT y Cargador Frontal 992K CAT Mediante el Match Factor en la Ruta Mineral – Stock Pile Antapaccay – Chancadora Tintaya San Martin Contratistas Generales S.A. Tesis para optar el título de ingeniero de minas. (“Optimización del número de camiones 785c Cat y cargador ... - UNSA”) Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe>.

- Berrocal, J. (2014). Análisis, Diseño e Implementación de un Sistema para el Registro y Control de Equipos de Protección Personal Asignados a los Trabajadores de una Corporación Minera. ("Descripción: Análisis, diseño e implementación de un sistema ... - gob") Tesis para optar el título de ingeniero informático. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream>.
- Checy, D. (2015). "Gestión de la Operación de Equipos de Movimiento de Tierras para Mejorar el Rendimiento de Carguío y Acarreo en la Mina Antapaccay." ("Gestión de la operacion de equipos de movimiento de tierras para ...") Tesis para optar el título de ingeniero de minas. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle>.
- Cornejo, E. (2013). Sistema de optimización de Transporte para la Mediana Minería. Exposición. Santiago, Chile: MMedmin. Recuperado de <http://www.sonami.cl/site>.
- Hernández, R. (2006). Metodología de la Investigación. 5, 257-300. México: Interamericana Editores. Recuperado de <https://www.esup.edu.pe>
- Huamán, W. (2015). Estudio Comparativo entre el Sistema Minestar Health y el Sistema Convencional en el Control de Camiones Mineros en Minera Gold Fields La Cima, Cajamarca - 2015. Tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle>.
- Huarocc, P. (2014). Optimización del Carguío y Acarreo de Mineral Mediante el Uso de Indicadores Claves de Desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C.

Tesis para optar el título de ingeniero de minas. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe>.

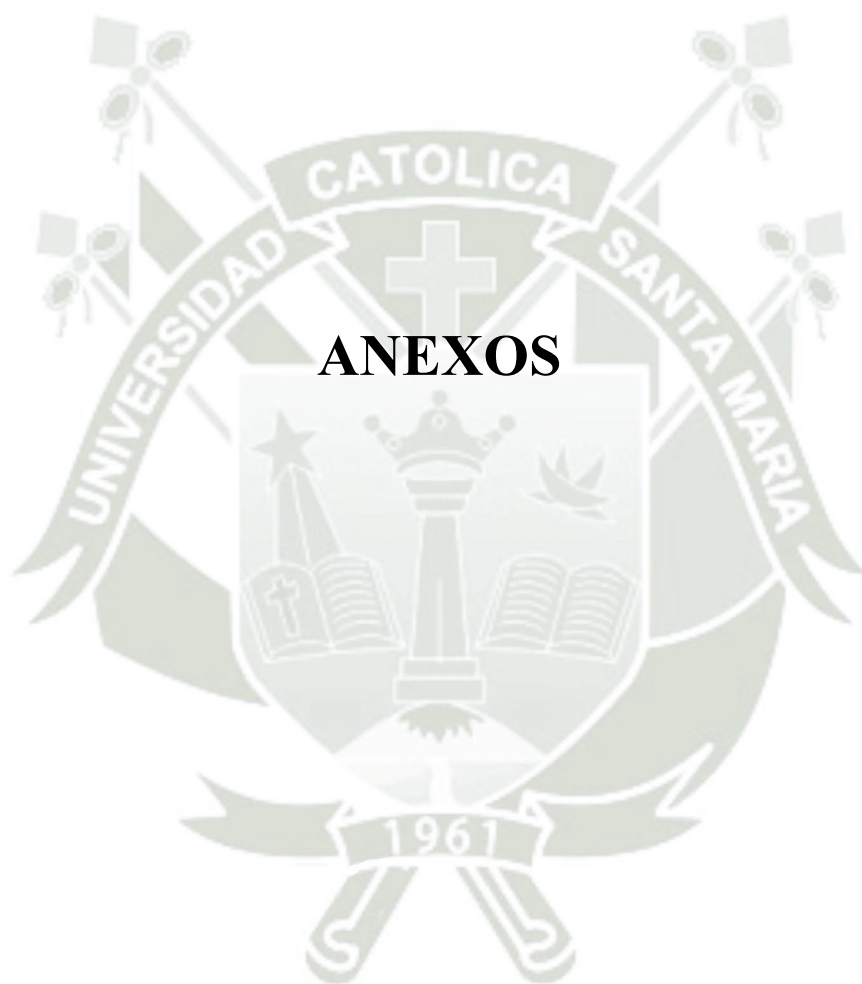
Lagos, E. (2013). Gestión Operativa del Sistema de Despacho. Tesis para optar el título de ingeniero civil de minas. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Recuperado de <http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile>.

Malpica, C. (2014). Evaluación de Rendimientos de Equipos en las Operaciones de Movimiento de Tierras en el Minado Cerro Negro Yanacocha – Cajamarca. Tesis para optar título profesional de ingeniero de minas. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe>.

Manzaneda, J. (2015). Optimización de la Flota de Carguío y Acarreo para el Incremento de producción de Material de Desbroce de 400k a 1000K Bcm - U.E.A. El Brocal Consorcio Pasco Stracon GYM. Tesis para optar el título de ingeniero de minas. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe>

Marín, C. (2015). Incremento de la Productividad en el Carguío y Acarreo en Frentes que Presentan Altos Contenidos de Arcillas al Utilizar un Diseño de Lastre Adecuado, Minera Yanacocha, Perú, 2015. Tesis para optar el título de ingeniero de minas. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream> Merizalde, W. (2013). Optimización de la Seguridad en el Transporte de Mineral en la Concesión Minera de la Empresa Elipse S.A. Tesis magistral. Loja, Ecuador: Universidad técnica de Machala. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8289>

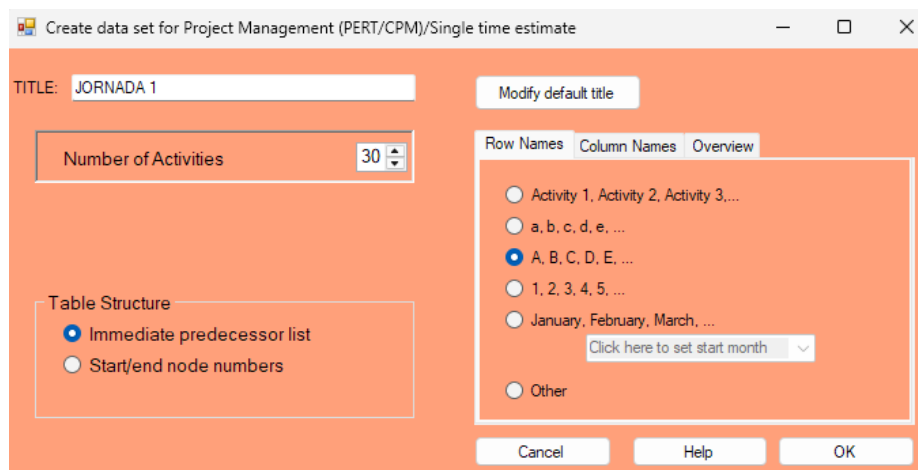
- Quiquia, G. (2015). Mejoramiento Continuo en la Gestión del Ciclo de Acarreo de Camiones en Minería a Tajo Abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay y Pucamarca. Tesis de maestría. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de cybertesis.uni.edu.pe.
- Requejo, P. (2016). Evaluación, Implementación de Sistema Dispatch: Control de Equipos en Minería a Cielo Abierto, en la Empresa Minera Coripuno S.A.C. Tesis de maestría en ingeniería. Trujillo, La Libertad, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream> Riveros, J. (2016). Cálculo de la Productividad Máxima por Hora de los Volquetes en el Transporte Minero Subterráneo en la Unidad Minera Arcata 2016. Tesis para optar el título de ingeniero de minas. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe>
- Rodríguez, D. (2013). Modelo Analítico para el Dimensionamiento de Flota de Transporte en Minería a Cielo Abierto: Análisis de Prioridades de Atención Según Rendimiento. Tesis para optar el título de profesor supervisor. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de <https://repositorio.uc.cl>
- Rodríguez, M. (2017). Evaluación de Costos de Carguío y de Emisión de Dióxido de Carbono (Co₂), al Reducir el Tiempo de Limpieza de Piso de Pala Gigante en Minera Yanacocha, 2017. Tesis para optar el título de ingeniero de minas. Cajamarca, Perú:



ANEXOS

- Se accede al módulo Project Management (PERT/CPM) y al apartado de Single Time estimate.

3. Creación de un nuevo proyecto



CREATE DATA SET FOR PROJECT MANAGEMENT (PERT/CPM)/SINGLE TIME ESTIMATE

TITLE: JORNADA 1

Modify default title

Number of Activities: 30

Table Structure:

- ☒ Immediate predecessor list
- ☐ Start/end node numbers

Row Names: ☒ A, B, C, D, E, ...

Other options: Activity 1, Activity 2, Activity 3, ...; a, b, c, d, e, ...; 1, 2, 3, 4, 5, ...; January, February, March, ...; Other.

Click here to set start month

Cancel Help OK

- Al realizar el paso 2 se abrirá una ventana nueva, en esta definiremos el nombre de la tarea en el apartado “title”, cuantas actividades tiene y que nombres le proporcionaremos; seguidamente presionaremos en ok para continuar.

4. Seguidamente aparecerá una nueva ventana con celdas en blanco

JORNADA 1								
Activity	Activity time	Predecessor 1	Predecessor 2	Predecessor 3	Predecessor 4	Predecessor 5	Predecessor 6	Predecessor 7
A	22							
B	14	A						
C	25	B						
D	16	C						
A1	17							
B1	14	A1						
C1	8	B1						
D1	11	C1						
t1	1.29	D	C	D1	C1			
t6	4.33	D	C	D1	C1			
t7	0.57	t6						
t8	3.29	t7						
t9	0.17	t8						
t10	0.39	t9	t1					
t3	8.00	t10						
t11	1.67	t3	t10					
t4	1.14	t3						
t5	6	t4						
E	59.5	t5	t11					
F	34	E						
t12	1.42	F						
t16	2.24	F	t12					
t17	0.24	t16						
t18	2.85	t17						
t19	0.20	t18						
t20	0.62	t19	t12					
t13	20.42	t20						
t21	1.76	t13	t20					
t14	0.41	t13						
t15	6.63	t14						

- En esta nueva ventana aparecerán el número de actividades, la duración de cada una y las predecesoras que necesita una actividad.

5. Una vez coloquemos los datos le daremos al botón “Solve”.

Module tree

- Assignment
- Break-even/Cost-Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
- Game Theory
- Goal Programming
- Integer & Mixed Integer Programming
- Inventory
- Linear Programming
- Markov Analysis
- Material Requirements Planning
- Networks
- Project Management (PERT/CPM)

JORNADA 1

Activity	Activity time	Predecessor 1	Predecessor 2	Predecessor 3	Predecessor 4	Predecessor 5	Predecessor 6	Predecessor 7
A	22							
B	14	A						
C	25	B						
D	16	C						
A1	17							

- A continuación nos presentará los resultados, mostrará una tabla con rutas críticas indicando el inicio y final más próximo y el inicio y el final más tardío. diagramas de Gantt y un gráfico de Red señalando las rutas críticas.

	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project	229.42					
A	22	0	22	0	22	0
B	14	22	36	22	36	0
C	25	36	61	36	61	0
D	16	61	77	61	77	0
A1	17	0	17	27	44	27
B1	14	17	31	44	58	27
C1	8	31	39	58	66	27
D1	11	39	50	66	77	27
t1	1.29	77	78.29	84.07	85.36	7.07
t6	4.33	77	81.33	77	81.33	0
t7	.57	81.33	81.9	81.33	81.9	0
t8	3.29	81.9	85.19	81.9	85.19	0
t9	.17	85.19	85.36	85.19	85.36	0
t10	.39	85.36	85.75	85.36	85.75	0
t3	8	85.75	93.75	85.75	93.75	0
t11	1.67	93.75	95.42	99.22	100.89	5.47
t4	1.14	93.75	94.89	93.75	94.89	0
t5	6	94.89	100.89	94.89	100.89	0
E	59.5	100.89	160.39	100.89	160.39	0
F	34	160.39	194.39	160.39	194.39	0
t12	1.42	194.39	195.81	194.39	195.81	0
t16	2.24	195.81	198.05	195.81	198.05	0
t17	.24	198.05	198.29	198.05	198.29	0
t18	2.85	198.29	201.14	198.29	201.14	0
t19	.2	201.14	201.34	201.14	201.34	0
t20	.62	201.34	201.96	201.34	201.96	0
t13	20.42	201.96	222.38	201.96	222.38	0
t21	1.76	222.38	224.14	227.66	229.42	5.28
t14	.41	222.38	222.79	222.38	222.79	0
t15	6.63	222.79	229.42	222.79	229.42	0

