

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS PROFESIONAL
PROPUESTA DE MINIMIZACIÓN DE TIEMPOS
IMPRODUCTIVOS PARA UNA MAYOR PRODUCCIÓN EN
CARGUÍO Y ACARREO EN CIA. MINERA COIMOLACHE S.A.

Para optar el título profesional de:
INGENIERO DE MINAS

PRESETADO POR:
Bach. Freddy Calua Infante

ASESOR:
Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique

Cajamarca - Perú

2019

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis quiero darle gracias a Dios quien me ha dado la vida y me ha permitido estudiar esta gran carrera; por su apoyo y provisiones en mi vida, por darme las fuerzas para seguir adelante cada día, y poder culminar esta gran etapa de vida.

A la Universidad Nacional de Cajamarca por haberme dado cobijo y por brindar conocimientos que aprendí en ella.

Agradezco por la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres, que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quien debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica, doy gracias a Dios por ellos.

Al Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique, asesor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

EL AUTOR

DEDICATORIA

A DIOS, fuente de toda sabiduría, por brindarme salud, fortaleza, guiarme hasta ahora y cumplir los objetivos en mi vida

A MIS PADRES, por enseñarme a perseverar en la vida, por apoyarme durante la etapa de estudios y vida, por orientarme y confiar en mí en todo momento para alcanzar mis metas.

A MIS HERMANOS, por estar conmigo en los momentos difíciles y alegres, por brindarme su ayuda y apoyo incondicional en todo momento.

FREDDY CALUA I.

RESUMEN

En la presente investigación se analizó y desarrolló una propuesta de minimización de tiempos improductivos con el fin de obtener mayor producción y tiempo operativo para las actividades de carguío y acarreo en las operaciones de Cia. Minera Coimolache S.A en la región de Cajamarca. Pudiéndose confirmar que hay ciertos espacios durante la operación que generan las demoras y en consecuencia un bajo rendimiento en la producción, los cuales se han alineado a los estándares que se tienen dentro de las actividades mineras (tiempo límite de demora menor a 3 min.). La propuesta de minimización de los tiempos improductivos se definió como parámetro principal, la evaluación en la guardia de día (7 am – 7 pm), centrándose principalmente en los ejes deficientes de los KPI operativos, que ayudaron a determinar los puntos con alta frecuencia en las demoras tanto en carguío como en acarreo. En el apartado de discusión y resultados se analizaron los factores principales que generan las demoras en carguío y acarreo, así como que porcentaje representan estos del total de horas operativas, posibles correcciones y/o recomendaciones, análisis de posibles soluciones. Todo esto definitivamente han facilitado a concretar los objetivos planteados inicialmente y sobre todo a definir y plantear la propuesta para la reducción de tiempos improductivos, lo cual no solo permitirán mejorar la producción diaria, sino que también en los planes mensuales y sobre todo generando un ahorro económico de \$ 174.24 por día en los equipos de carguío y acarreo y S/. 14.61 por día en el pago a un operador.

Palabras claves: Carguío y acarreo, tiempos improductivos, KPI, producción.

ABSTRACT

In the present investigation a proposal of minimization of unproductive times was analyzed and developed in order to obtain greater production and operative time for the loading and hauling activities in the operations of Cia. Minera Coimolache S.A in the Cajamarca region. Being able to confirm that there are certain spaces during the operation that generate the delays and consequently a low yield in the production, which have been aligned to the standards that are held within the mining activities (delay time less than 3 min.).The proposal of minimization of unproductive times was defined as the main parameter, the evaluation in the day guard (7 am - 7 pm), focusing mainly on the deficient axes of the operational KPI, which helped to determine the points with high frequency in delays both in loading and in finishing. In the discussion and results section, the main factors that generate delays in loading and hauling were analyzed, as well as what percentage these represent of the total operating hours, possible corrections and / or recommendations, analysis of possible solutions. All this has definitely facilitated the concretion of the initially proposed objectives and, above all, to defining and proposing the proposal for the reduction of unproductive times, which will not only improve daily production, but also in the monthly plans and, above all, generating savings \$ 174.24 per day in the loading and hauling equipment and S /. 14.61 per day in the payment to an operator.

Keywords: Carrying and carrying, unproductive times, KPI, production.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
CONTENIDO	vi
ABREVIATURAS	xi
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS	3
2.1.1 Internacional	3
2.1.2 Nacional	3
2.1.3 Local	4
2.2 BASES TEÓRICAS	4
2.2.1 Minimización de Tiempos	4
2.2.2 Tiempo Productivo	5
2.2.3 Tiempo Improductivo	5
2.2.4 Horas de Parada	5
2.2.5 Factores que generan demoras en la operación	5
2.2.6 Descripción de la Mina	6
2.2.7 Carguío	8
2.2.8 Acarreo	11
2.2.9 Indicadores de Productividad Operativa	15
2.2.10 Teoría de Colas	16

	Pág.
2.2.11 Estimado de Flota para Tajo Abierto.....	17
2.2.12 Principales indicadores en carguío y acarreo.....	18
2.2.13 Práctica operativa durante la carga.....	19
2.2.14 Prácticas operativas durante el transporte.....	24
2.2.15 Prácticas operativas durante el retorno	25
2.2.16 Prácticas operativas durante las maniobras.	26
2.2.17 Productividad en la industria minera.	26
2.2.18 Selección de KPI Carguío y Transporte	30
2.2.19 Congestión en la mina	31
2.2.20 Capacitación de Operadores Mina.....	32
2.2.21 Organización y Tiempos de Producción.....	34
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.	37
CAPÍTULO III.	38
MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	38
3.1.1 Accesibilidad.....	38
3.1.2 Geología.....	40
3.1.3 Geología Regional.....	40
3.1.4 Estratigrafía.....	41
3.1.5 Estructural	44
3.1.6 Proceso de Minado.....	46
3.1.7 Cash Cost.	46
3.1.8 Topografía, Fisiografía y Geomorfología	47
3.1.9 Descripción del Proyecto	47
3.2 CLASIFICACIÓN DE TIEMPOS/DEMORAS IMPRODUCTIVAS.	50
3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	50

	Pág.
3.3.1 Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación.	51
3.3.2 Población de Estudio.....	52
3.3.3 Muestra.....	52
3.3.4 Unidad de Análisis.....	52
3.3.5 Procesamiento y técnicas de recolección de datos.....	52
3.3.6 Descripción del equipo e instrumentación de medición.	53
3.3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	53
CAPÍTULO IV	55
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
4.1 ANÁLISIS DE LOS INDICADORES EN CARGUÍO Y ACARREO.....	55
4.1.1.INDICADORES DE LA EXCAVADORA 374 DL - CAT	56
4.1.2.INDICADORES DE LA EXCAVADORA 390 DL - CAT	59
4.1.3.INDICADORES EN ACARREO	63
4.2 DISCUSIÓN	66
4.3 PROPUESTA.....	69
4.4 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	72
CAPÍTULO V	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1 CONCLUSIONES	73
5.2 RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS.....	77
PLANOS.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Proveedores de entrada y salida durante el carguío y acarreo.	7
Figura 2. Influencia del giro de una excavadora sobre el rendimiento de carga.	20
Figura 3. Carga con excavadora a un lado.....	21
Figura 4. Carga de volquete de 360 t con excavadora hidráulica frontal (a) y retro(b). 23	
Figura 5. Volquetes cagados desplazándose por una pista anterior.	24
Figura 6. Área de circulación restringida en las proximidades de tajos de carga.....	26
Figura 7. Parámetros de control.....	27
Figura 8. Distribución volquetes – excavadoras.....	27
Figura 9. Sistema de producción volquetes – excavadoras.	29
Figura 10. Panorama general de demoras en carguío y acarreo.	30
Figura 11. Rangos de un sistema óptimo en carguío y acarreo.	31
Figura 12. Efecto de congestión carguío – acarreo.	32
Figura 13. Ubicación de Cia. Minera Coimolache S.A.	39
Figura 14. Columna estratigráfica de la geología regional.....	44
Figura 15. Geología Regional Cia. Minera Coimolache S.A.	45
Figura 16. Producción de mineral y ley de cabeza.....	46
Figura 17. Evolución del cash cost durante los años 2013 – 2017.....	47
Figura 18. Vista aérea del Plan de Minado THY 2.....	49
Figura 19. Distribución de tiempos improductivos.	50
Figura 20. Esquema de la metodología de trabajo.....	51
Figura 21. Cuadro de flujo de productividad EXC. – 374 DL.....	57
Figura 22. Tiempos de Actividades EXC. – 374 DL.....	57
Figura 23. Acumulado del Flujo de Trabajo EXC. – 374 DL.....	58
Figura 24. Target de la Excavadora 374 DL.....	59
Figura 25. Cuadro de flujo de productividad Exc – 390 DL.....	60
Figura 26. Tiempos de Actividades Exc – 390 DL.....	61
Figura 27. Acumulado del Flujo de Trabajo Exc – 390 DL.....	61
Figura 28. Target de la Excavadora 390 DL.....	62
Figura 29. Distribución de las demoras operativas durante el carguío.....	63
Figura 30. Rendimiento de flota de acarreo.....	65
Figura 31. Distribución de las demoras operativas durante el carguío.....	66

Figura 32. Comparación de indicadores en carguío	68
--	----

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Campamento Cia. Coimolache.....	83
Foto 2. Proceso de Carguío (Excavadoras)	83
Foto 3. Proceso de Transporte de Acarreo (Volquetes).....	84
Foto 4. Pad de Lixiviación de Cia. Minera Coimolache	84
Foto 5. Panorámico del Tajo Tantahuatay 2 – (Vista Norte).....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ciclo de Carguío.....	9
Tabla 2. Especificaciones Técnicas de Excavadora Caterpillar 374 DL.....	10
Tabla 3. Capacidad de cuchara de excavadoras.	11
Tabla 4. Factor de eficiencia de excavadoras en llenado de camiones.....	11
Tabla 5. Factor de llenado del cucharón de excavadoras CAT.	11
Tabla 6. Ciclo de Acarreo.....	12
Tabla 7. Especificaciones Técnicas de Camión Mercedes – Benz 4144 K.....	13
Tabla 8. Factor de rendimiento de acarreo	14
Tabla 9. Condiciones de obra.	14
Tabla 10. Determinación de la eficiencia general.	14
Tabla 11. Características principales de minado tajo THY-2.....	48
Tabla 12. Clasificación de las demoras operativas durante el carguío.	63
Tabla 13. Tiempos operativos de Acarreo.....	63
Tabla 14. Clasificación de las demoras operativas durante el carguío.	65
Tabla 15. Resumen de principales indicadores en carguío y acarreo.	66
Tabla 16. Evaluación económica de los equipos de carguío y acarreo.	70
Tabla 17. Clasificación de los tiempos de Espera/Demora	70
Tabla 18. Variación de rendimiento de equipos de carguío y acarreo.	71
Tabla 19. Evaluación de ahorro económico.	71
Tabla 20. Evaluación económica del factor humano.....	71

ABREVIATURAS

A	: Anterior
Ag	: Plata
Au	: Oro
CAT	: Caterpillar
Cia.	: Compañía
CMC	: Compañía Minera Coimolache
DL	: Demolición de Chasis Largo
DMO	: Depósito de Material Orgánico
DO	: Demoras Operativas
E	: Este
EXC. / Exc.	: Excavadora
g	: Gramos
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
(°)	: Grados
Ha	: Hectáreas
HD	: Horas Disponibles
Hr	: Hora
Hrs	: Horas
KPI	: Key Performance Indicator / Indicador Clave de Rendimiento
Kg	: Kilogramos
Km/h	: Kilómetros por hora
kN	: Kilo Newtons
M	: Máquina
Mt	: Millones de toneladas
m.	: Metros
m ³	: Metros cúbicos
mm	: Milímetros
min	: Minutos
N	: Norte
P	: Personal
PAD	: Polietileno de Alta Densidad

%	: Porcentaje
R	: Radio
S	: Sur
Sg	: Siguiete
THY	: Tantauatay
T.	: Tiempo
t	: Toneladas
TM	: Tonelada Métrica
TM/h	: Toneladas Métricas por hora
U.P.	: Unidad de Producción
U	: Utilización
Viaj.	: Viaje
Volq.	: Volquete
W	: Oeste

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Dentro del sector minero la explotación por el método superficial se caracteriza por ser una de las industrias que usa en sus operaciones equipos intensivos y de gran capacidad, puesto que el costo de carguío y transporte en minería superficial, es del 50 – 60% del costo operativo, es por ello se necesita realizar una evaluación de los factores y actividades que consumen el tiempo operativo total en estas actividades.

La presente investigación resuelve a la siguiente interrogante. ¿Cómo reducir los tiempos improductivos en el proceso de carguío y acarreo para tener una mayor producción en Cia. Minera Coimolache S.A? planteándose como hipótesis que, a través de la aplicación de la propuesta como alternativa en la minimización de los tiempos improductivos, se tendrá un ahorro en este tiempo operativo, el cual sumará al tiempo de producción en carguío y acarreo de Cia. Minera Coimolache S.A.

En tan sentido en esta investigación se tiene en cuenta este reto de generar un continuo trabajo en las operaciones unitarias de carguío y acarreo de la Mina Coimolache – U.P. Tantahuatay, ya que son estas actividades donde intervienen los equipos pesados, y viendo algunas deficiencias y espacios de oportunidad de mejora es que buscamos propuestas que permitan a la operación obtener los mejores beneficios en sus operaciones.

El objetivo general es Realizar una propuesta de minimización de los tiempos improductivos que hay en el proceso de carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache. Teniendo como objetivos específicos determinar cuánto es la reducción de los tiempos improductivos durante el proceso de carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache; determinar el aumento de uso, como consecuencia de la reducción de los tiempos improductivos en carguío y acarreo.

La distribución de los capítulos en la estructura de la investigación es la siguiente: Capítulo II. marco teórico: Contiene los antecedentes teóricos de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos. Capítulo III. materiales y métodos: Comprende los resultados de la información obtenida como materiales y métodos, tipo de investigación, técnicas de la investigación, unidad de análisis, universo y muestra, tipo y descripción del diseño de investigación, descripción de equipo de medición, técnicas de análisis y procesamiento de datos, control de calidad de los datos, equipos y materiales, además de las generalidades del tema de investigación. Capítulo IV. análisis y discusión de resultados: Se analiza y discute los resultados siguiendo la secuencia de los objetivos planteados. Análisis estadístico, propuesta planteada y contrastación de la hipótesis. Capítulo V. conclusiones y recomendaciones: se establecen las conclusiones para cada objetivo planteado. Adicionalmente se dan las recomendaciones finales para las investigaciones posteriores. Finalmente se muestra las referencias bibliográficas consultadas, y Anexos tales como: formato/data de control de tiempos en carguío y acarreo, horario de operaciones CMC, costos y equipos de carguío y acarreo, plano de operaciones Cia. Minera Coimolache.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS.

2.1.1 Internacional

Barrientos (2014), en su estudio Análisis de factores operacionales en detenciones y productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto, tiene como objetivo encontrar el escenario que disminuya en mayor medida las detenciones operacionales correspondientes a cambios de turno y colaciones, y, en consecuencia, aumente la productividad del sistema de carguío y transporte hasta la planta de chancado. Donde determina el tiempo de ciclo total posee una alta correlación negativa con una estimación de productividad para cada ciclo, el resultado es esperado y sigue la lógica de la teoría, dado que la estimación de productividad se realiza sobre la división entre el tamaño de tolva y el tiempo que tomó en realizar el ciclo.

Gonzáles (2017), en el estudio titulado Selección y asignación óptima de equipos de carguío para el cumplimiento de un plan de producción en minería a cielo abierto, se plantea desarrollar un plan de asignación de equipos de carguío y cumplir con un plan de producción; en el cual construye un modelo de optimización con el que busca un mejor resultado; concluyendo así que el ahorro de tiempo y recursos son los principales factores para un buen desarrollo durante las operaciones y la producción.

2.1.2 Nacional

Mauricio (2015), en un estudio de 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; proponiendo optimizar y reducir el tiempo de espera de camiones de acarreo en zona de carguío y descarga en mina a tajo abierto. Finalizando de la misma que estos tiempos de espera constituyen los KPI primarios de Dispatch, reflejándose en una mejora porcentual en el tiempo del ciclo, redundando que este mismo porcentaje se refleja en la productividad efectiva de los camiones.

Castillo (2016), en su estudio de Optimización de la producción en carguío y acarreo mediante la utilización del sistema Jigsaw – Leica en minera Toquepala S.R.L. Él se propone hacer una optimización en la producción de carguío y acarreo en mina, iniciando la recopilación de información de los tiempos de los ciclos de carguío y acarreo de la mina a través de reportes e informes, los que contrasta antes y después de aplicar el Sistema Jigsaw – Leica. Indica finalmente que las diferencias acumuladas a largos periodos de tiempo improductivos implican altos costos que consecuentemente justifican la inversión de un plan de mejoramiento continuo a fin de llevar a una mejor producción.

2.1.3 Local

Apaza (2017), en su estudio de Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C. busca alternativas para una mejor producción, el estudio lo desarrolló con datos de la operación actual, con técnicas y herramientas estadísticas que le permitieron conocer la utilización y disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo; concluyendo con un logro en la disminución de horas improductivas en las operaciones unitarias de carguío y acarreo.

2.2 BASES TEÓRICAS.

2.2.1 Minimización de Tiempos

Según Summers (2006) la minimización de tiempos improductivos son procesos lentos, costosos que se deben mover, contar, almacenar o recuperar. La minimización de estos tiempos en un proceso reduce los costos de operación. Minimizar los tiempos improductivos de un proceso y la variación presente en el tiempo que toma completar un proceso es tan importante como mejorar la calidad de un producto o un servicio.

Según la página Emprendedor XXI Argentina (2011) definen la minimización de tiempos improductivos, como el tiempo en el que no se realiza un trabajo útil. Así mismo manifiestan que es muy importante, por ejemplo, en el caso de tareas que no pueden empezarse hasta que se terminan otras. Los recursos humanos o materiales están inactivos hasta que finalizan las tareas precedentes. Esto supone un coste y una ineficacia del proceso productivo.

2.2.2 Tiempo Productivo

Es el período de aquellas actividades de los equipos, que contribuyen al progreso de una actividad (carguío y acarreo) de acuerdo a lo planificado. (Zapata, 2011)

2.2.3 Tiempo Improductivo

Son los tiempos ocasionales o tiempos de demora mayores a 10 min. que interrumpen el ciclo de Trabajo o donde los equipos dejan de producir. Dado que en la utilización de los equipos lo que más influye son las demoras durante todo el proceso, sin embargo, dichas demoras tienen varias causas/orígenes los cuales se describe en el desarrollo de esta investigación. (Zapata, 2011)

2.2.4 Horas de Parada

Incluye todo tipo de paradas de cualquier duración. Es decir, son la suma de todos los momentos de parada que se produce durante las horas de presencia (en operación). Para poder calcular hay que apreciar el minuto, como mínimo.

Estos casos se dan en las minas cuando existen controladores que aprecian el minuto o se hacen estudios de cronometraje, etc. Se incluirán aquí también los tiempos dedicados a “trabajos impropios” o sin relación con el objetivo de la maquina; por ejemplo, pala cargadora transportando una pieza, etc. (López, 2014)

2.2.5 Factores que generan demoras en la operación.

Las unidades de trabajo o de obra más comúnmente empleadas en un movimiento de tierras son el metro cúbico (m³) o en toneladas (t). La unidad de tiempo más empleada es la hora, aunque a veces la producción se expresa por día. (Zapata, 2011)

Demoras de rutina

- ✓ Demoras inevitables.
- ✓ Abastecimiento de combustible y lubricante.
- ✓ Pequeños mantenimientos de rutina.
- ✓ Factor humano: cansancio, necesidades.

Restricciones en la operación óptima

- ✓ Ángulo de giro.
- ✓ Altura o profundidad de corte.
- ✓ Pendientes de ataque.
- ✓ Coeficiente de rodamiento.

Condiciones del sitio

- ✓ Condiciones Físicas: topografía, geología, humedad del terreno, altura sobre el nivel del mar.
- ✓ Condiciones Climáticas: temperatura, lluvias en épocas del año.

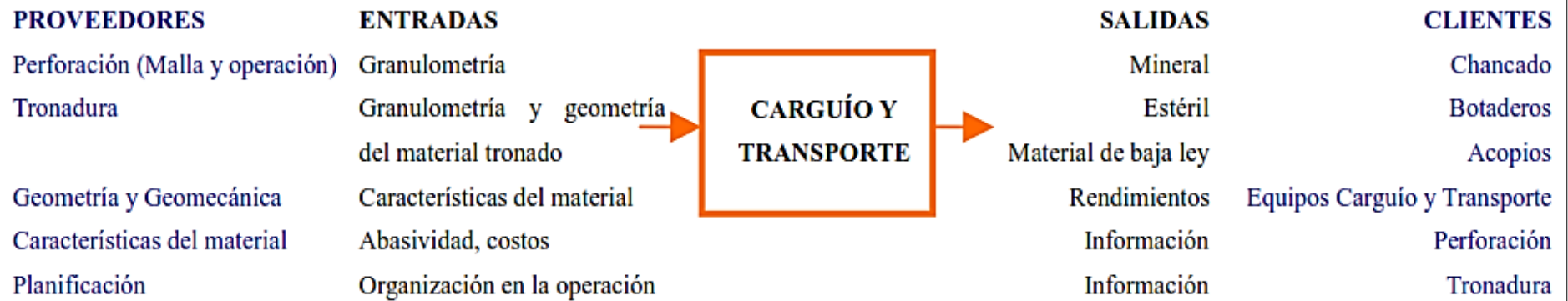
Por la actuación del contratante

- ✓ Oportunidad en el suministro de planos, especificaciones y datos de campo.
- ✓ Por el tipo de ingeniero residente y/o supervisor para dirigir a su personal, aclarar, explicar y complementar los planos y especificaciones.

2.2.6 Descripción de la Mina

Dentro de los procesos productivos de mayor costo se encuentra el carguío y transporte de material, debido a que es el proceso con mayor cantidad de equipos involucrados (flota), alto grado de mecanización, menor rendimiento productivo por equipo y constituye un proceso de operación prácticamente continuo y lento.

Esquema Particular Proveedores - Entradas - Carguío y Transporte - Salidas - Clientes.



Algunas relaciones específicas entre proveedores y clientes para el proceso productivo de Carguío y Transporte.

Figura 1. Proveedores de entrada y salida durante el carguío y acarreo. (Gonzales, 2017)

El minado se realiza en Cia. Minera Coimolache S.A, específicamente en el tajo Tantauatay 2 es desde el frente de carguío de los diferentes niveles de los bancos de producción las cuales son desplazadas hacia el pad de lixiviación y depósito de material estéril; siendo para este caso de Tantauatay 2 de 2.4 km y 0.7 km. El carguío de material se realiza a través de excavadoras de 3.68 m³ y el transporte con camiones de 20 m³ de capacidad.

2.2.7 Carguío

Consiste en la carga de material (Mineral o estéril) del material fragmentado del yacimiento (tajo) para conducirlo en los posibles destinos, ya sea al PAD, a la Chancadora, pilas de mineral o botaderos de estéril.

La operación de carguío involucra el desarrollo de una serie de funciones que aseguran que el proceso se lleve a cabo con normalidad y eficiencia. Esta etapa del proceso de explotación minera se ocupa de definir los sectores de carga, las direcciones de carguío (A frentes de carga, posición de equipos de carguío y nivel de pisos) y el destino de los materiales de acuerdo con las leyes de clasificación y tonelaje definidos previamente.

Para esta actividad se cuenta con equipos de carguío de mediana productividad, con excavadoras hidráulicas que ejecutan el carguío del material ya sea en un carril o en ambos carriles, dependiendo las condiciones que exija la operación. Asimismo, se busca el máximo provecho en cuanto al uso de los equipos y a las horas de trabajo que estos realizan.

El tiempo en el ciclo de carguío con una excavadora está compuesto de cuatro segmentos que son los siguientes:

Tabla 1. Ciclo de Carguío.

CICLO DE CARGUÍO			
IMAGEN	CICLO	ACCIÓN	DESCRIPCIÓN
	CARGA DE CUCHARÓN	Llenado de material para descargar en el volquete	Inicia cuando empieza el llenado del cucharón con el material a cargar.
	ROTACIÓN CON CARGA	Giro para la descarga del material	Inicia cuando el brazo se levanta y empieza a girar con el cucharón cargado de material.
	DESCARGA DE CUCHARÓN	Cargando el volquete	Inicia cuando empieza a descargar el material en la tolva del camión.
	ROTACIÓN SIN CARGA	Retorno a cargar material	Inicia cuando el brazo empieza a girar con el cucharón sin material.

El tiempo de ciclo total de la excavadora depende del tamaño de la máquina (las máquinas pequeñas pueden realizar tiempos más rápidos que las máquinas grandes) y las condiciones del trabajo. Cuando hay condiciones de trabajo excelentes, la excavadora tiene ciclos más rápidos. A medida que las condiciones del trabajo se van dificultando (excavaciones más exigentes, zanjas más profundas y con más obstáculos), la excavadora va disminuyendo la velocidad.

Cuando el material a cargar se vuelve más difícil de excavar, demora más tiempo rellenar el cucharón. Al profundizar la carga y aumentar la pila de material, el cucharón tiene que desplazarse más rápidamente y la estructura superior debe rotar más lejos en cada ciclo de excavación. Asimismo, el tiempo de ciclo en carguío también se ve afectado por la ubicación del camión o la pila de desperdicios.

Tabla 2. Especificaciones Técnicas de Excavadora Caterpillar 374 DL

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Peso Operativo	73.5 t
Fabricante del Motor	Caterpillar
Dimensiones del Equipo largo/alto/ancho	13.23x3.5x4.95m
Capacidad de Balde	3.68 m ³
Anchura de la Zapata	650 mm
Alcance Horizontal	11.044 m
Profundidad de Dragado	9.66 m
Fuerza de Desgarre	227.1 kN
Ancho de Balde	1.9 m

✓ **Equipo de carguío esperando camiones**

Es el tiempo en el cual el equipo de carguío no tiene camiones, transcurrido desde que salió el último camión del equipo de carguío, hasta que le marca auto-llegada al próximo camión. Para que marque auto-llegada el camión debe tener velocidad GPS cero y estar a menos de 60 m de la pala.

$$\text{Tiempo de Espera – EXC. (min)} = \frac{\text{Esperando}}{\text{n}^\circ \text{cargas}}$$

✓ **Tiempo de cuadrado**

Es el tiempo transcurrido desde que se despacha a un camión en un equipo de carguío hasta que se inicia el carguío en el siguiente, sin considerar la espera de camiones por el equipo de carguío.

En término ideales este tiempo debe ser:

- ✓ En palas menor que 50 segundos.
- ✓ En cargadores menor que 1 min

A. RENDIMIENTO DE EXCAVADORA

$$\text{Rendimiento de EXC} = \frac{3600 * C.C. * F.E * F.LI.C}{T.c}$$

- ✓ **C.C:** Capacidad de Cuchara (m3)
- ✓ **F.E:** Factor de Eficiencia de la Pala
- ✓ **F.LI.C:** Factor de Llenado de Cuchara
- ✓ **T.c:** Tiempo de Ciclo de carguío (seg.)

$$T.c = T \text{ de espera} + (N^{\circ} \text{ pases} - 1) * T_{\text{prom. x pase}}$$

Tabla 3. Capacidad de cuchara de excavadoras.

CAPACIDAD DE CUCHARA		
EX 374	3.68	m3
EX 390	5.02	m3

Fuente: (Fuentes, 2016)

Tabla 4. Factor de eficiencia de excavadoras en llenado de camiones.

FACTOR DE EFICIENCIA DE LA EXCAVADORA			
	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Promedio
Descarga simple	0.8	0.9	0.85
Llenar en camiones	0.55	0.9	0.73

Fuente: (Fuentes, 2016)

Tabla 5. Factor de llenado del cucharón de excavadoras CAT.

FACTOR DE LLENADO DEL CUCHARON CATERPILLAR			
MATERIAL	(% de la capacidad colmada del cucharón k)		Factor Promedio
Marga mojada o arcilla arenosa	1	1.1	1.1
Arena y grava	0.95	1.15	1.1
Arcilla dura y compactada	0.9	1	1.0
Roca bien fragmentada por voladura	0.9	1.5	1.2
Roca mal fragmentada por voladura	0.4	0.5	0.5

Fuente: (Fuentes, 2016)

2.2.8 Acarreo

Uno de los principales problemas para el planeamiento de operaciones mineras a cielo abierto, se circunscribe a una selección óptima en la combinación de volquetes (pala-

camión) para así minimizar el costo y tiempo de transportar cantidades de material desde las labores de la mina hacia su destino.

Las distancias desde los diferentes puntos, el avance en la mina, así como políticas de secuenciación y las especificaciones son parámetros que pueden variar en la vida real de una mina.

El acarreo consiste en el traslado de material mineralizado y/o estéril desde el yacimiento hacia los posibles destinos ya sea al PAD, pilas de mineral o botaderos de estéril.

Tabla 6. Ciclo de Acarreo

CICLO DE VIAJES EN OPERACIONES MINA			
IMAGEN	CICLO	ACCIÓN	DESCRIPCIÓN
	VIAJANDO VACIO	Viajando vacío a la excavadora	Comienza cuando el camión va hacia la excavadora como resultado de su asignación
	ESPERANDO	Esperando en la excavadora	Inicia cuando el camión se detiene en el área de carga
	CUADRANDO	Cuadrando en la excavadora	Inicia cuando el camión retrocede dentro del área de carga
	CARGANDO	Cargando en la excavadora	Inicia después del primer pase o cuando la velocidad es 0 km/hr dentro del radio de la excavadora
	ACARREANDO	Acarreando desde la excavadora hacia la descarga	Inicia cuando la excavadora da la señal de fin de carga o el volquete sale del área de carga
	COLA	Cola en la descarga	Inicia cuando el camión se detiene al inicio del área de descarga
	RETROCEDIENDO	Retrocediendo en la descarga	Inicia cuando el camión retrocede dentro del área de descarga
	DESCARGANDO	Descargando en la descarga	Inicia una vez detenido después de haber retrocedido dentro del área de descarga y levantar la tolva

Tabla 7. Especificaciones Técnicas de Camión Mercedes – Benz 4144 K

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Capacidad de Tolva (m3)	20
Dimensiones de Perfil	270mm x 70mm/ Espesor: 9.5mm
Neumáticos	12 R x 24
Tipo de Cabina	Frontal - Simple - Techo Normal
Carga Util Máxima Técnica (Kg)	36 514
Velocidad Máxima (Km/h)	110
Pendiente Máximo (movimiento/arranque): con 33.000 Kg (%)	30.8

✓ **Tiempo de carguío**

Es el tiempo transcurrido desde que se inicia el carguío de un camión hasta que éste es despachado

✓ **Tiempo de cola**

Es el tiempo en el cual los camiones en el frente de carguío están esperando en cola para ser cargados. Se mide como el porcentaje de tiempo respecto al tiempo operativo del resto de la flota. Un camión en cola es considerado a partir del primer camión en espera, en el radio de 60m de la excavadora.

El tiempo de cola ideal es 8%

$$\text{Tiempo de Cola}(\%) = \frac{\text{tiempo de camiones en cola}}{\text{tiempo operativo}}$$

B. RENDIMIENTO DE VOLQUETES

$$\text{Rexc} = \frac{\left(\frac{J}{T} * Q\right) * \frac{E}{1 + F.H}}{H.T}$$

✓ **J:** jornada laboral teórico en minutos (12 Hrs)

- ✓ **T:** tiempo de ciclo de acarreo (min)
- ✓ **E:** factor de rendimiento (condiciones de trabajo 0.84)

Tabla 8. Factor de rendimiento de acarreo

FACTOR DE RENDIMIENTO	
CONDICIONES DE LA OBRA	EFICIENCIA GENERAL
BUENA	0.84

Fuente: (Siervo, 2017)

La determinación de la eficiencia general en el rendimiento de acarreo, se logra determinar debido a la evaluación de las condiciones de la obra o del trabajo desarrollado; para ello se toman en cuenta las siguientes consideraciones, las mismas que se describen en la siguiente tabla de acuerdo al desarrollo de las operaciones.

Tabla 9. Condiciones de obra.

Condición de la Obra	Descripción de condiciones
Excelente	Si la dirección y la supervisión son continuas y excelentes, con buenos talleres y programas de mantenimiento preventivo adecuado, pérdida de tiempos mínimos en el transporte, alta disponibilidad, tiempo efectivo de producción.
Buena	Una dirección y supervisión poco continua en las operaciones reducirán parcialmente el tiempo real de producción y la capacidad de los equipos deberán ser incrementada para conseguir las producciones requeridas.
Regular	Deficiencias en la dirección y supervisión de las operaciones, en las condiciones de trabajo, ambiente de operaciones con poco mantenimiento, clima cambiante, pérdidas de tiempo en el transporte, tiempos efectivos de producción.
Mala	Si se trata de un clima extremado, en ambiente polvoriento, con materiales densos y abrasivos, la calidad de la operación será deficiente y los equipos se verán afectadas de forma adversa debido a las malas condiciones de trabajo.

Fuente (López et al, 2014)

Tabla 10. Determinación de la eficiencia general.

CONDICIONES DE LA OBRA/TRABAJO		EFICIENCIA GENERAL						
		BULLDOZER	DESGARRADORA	COMPACTADOR	C. FRONTAL	MOTONIVEL.	VOLQUETE	CISTERNA
EXCELENTE	1.00	0.84	0.85	0.81	0.85	0.87	0.87	0.81
BUENA	0.95	0.76	0.74	0.71	0.79	0.71	0.84	0.70
REGULAR	0.85	0.69	0.65	0.65	0.68	0.63	0.74	0.65
MALA	0.75	0.62	0.57	0.52	0.56	0.52	0.63	0.54

Fuente: (Siervo, 2017).

- ✓ **F.H:** factor de altura

$$F. H = \frac{m. s. n. m - 1000}{10000}$$

- ✓ **H.T:** horas de trabajo netas (Hr)

Tiempo del ciclo de Acarreo (T)

$$T = T_c + T_a + T_{cu} + T_d + T_v + T_p + T_{d.c}$$

- ✓ **Tc:** Tiempo de Carguío (min)
- ✓ **Ta:** Tiempo de Acarreo (min)
- ✓ **Tcu:** Tiempo de Cuadre (min)
- ✓ **Td:** Tiempo de Descarga (min)
- ✓ **Tv:** Tiempo de Viaje vacío (min)
- ✓ **Tp:** Tiempo de Posicionamiento (min)
- ✓ **Td.c:** Tiempo de Demoras y/o colas (min)

2.2.9 Indicadores de Productividad Operativa

- ✓ **Productividad Instantánea (TM/h)**

Es aquella producción máxima (u óptima), en el cual no son considerados los tiempos de espera y demoras.

$$\text{Product. Instantánea (TM/h)} = \frac{\text{Toneladas cargadas}}{\text{Tiempo cargando}}$$

- ✓ **Productividad Efectiva (TM/h)**

Es la producción en donde se incluyen los tiempos de espera que se consideran normal, pero no el que se pierde en demoras.

$$\text{Product. Efectiva (TM/h)} = \frac{\text{Toneladas cargadas}}{\text{Tiemp. Cargando} + \text{Tiemp. Acomodo}}$$

- ✓ **Productividad Operativa (TM/h)**

Esta productividad incluye todos los tiempos de espera y demoras.

$$\text{Product. Operativa (TM/h)} = \frac{\text{Toneladas cargadas}}{\text{T. Cargando} + \text{T. Acomodo} + \text{T. Espera}}$$

✓ **Tiempo de Espera.**

$$\text{Tiempo espera (min)} = \frac{\text{Esperando}}{\text{n}^\circ \text{cargas}}$$

2.2.10 Teoría de Colas

Las demoras asociadas a cualquier tipo de servicio (oferta) son inevitables en caso de que estos respondan a demandas no predecibles. Adicionalmente, tanto los procesos de llegada de aquellas entidades que requieren de servicio, como el proceso de atención del sistema al cual pertenecen están gobernados por leyes probabilísticas que pueden ser conocidas o desconocidas.

Dado el carácter estocástico del sistema, el costo de proveer la suficiente capacidad para evitar todo tipo de demoras es infinito. Por lo tanto, el desafío está en diseñar un sistema de servicio tal, que logre el balance requerido entre los costos operacionales y las demoras sufridas por los demandantes del servicio.

La Teoría de Colas, o teoría de la congestión, es la rama de la investigación de operaciones que estudia las relaciones entre las demandas asociadas a un determinado sistema y las demoras asociadas a los usuarios de este mismo (Larson y Odoni, 1983). Su origen se basa en las investigaciones del científico danés Agner Krarup Erlang en el año 1909, cuyo fin era analizar la demanda de servicio telefónico en la ciudad de Copenhague, Dinamarca.

Entre los años 1950 y 1980 se desarrollaron los mayores aportes en la investigación de la teoría de colas. Según Larson y Odoni (1983) el estado del arte se resume en los siguientes cuatro puntos:

- ✓ La mayoría de los importantes resultados existentes en la teoría de colas se han obtenido para condiciones de equilibrio del sistema o comúnmente llamado estado estacionario o de régimen.
- ✓ Es usual que el investigador se deba enfrentar a la decisión de escoger entre modelos matemáticos realistas para los cuales en la mayoría de los casos no es posible obtener

resultados, o la utilización de modelos simplificados cuya validez de los resultados es cuestionable.

- ✓ Los resultados más exactos se obtienen cuando los tiempos entre llegadas o los tiempos de atención, o ambos tiempos, distribuyen exponencial negativa.
- ✓ La modelación de teoría de colas es precisa en estimar el valor esperado de los tiempos de espera o el número de usuarios de un determinado sistema, pero sus resultados no son lo suficientemente acertados al momento de calcular las distribuciones de probabilidad.

Es importante mencionar que los estudios de teoría de colas se basan en modelos matemáticos que buscan representar un determinado sistema del mundo real a través de simplificaciones y aproximaciones de las diferentes variables que lo conforman. Los resultados del análisis deben ser considerados como referencia para la toma de decisiones sobre el sistema real. (Larson, 1983).

2.2.11 Estimado de Flota para Tajo Abierto

Trataremos en este tema lo concerniente a la selección de las excavadoras y camiones solamente por ser en las flotas operativas los equipos más costosos e importantes de los ciclos de excavación y transporte. Por esta razón se debe tener mucho cuidado anticipado para la selección del equipo a fin de utilizar la menor cantidad de capital posible asegurando el adecuado número de unidades de producción en las flotas al menor costo.

Factores que Influencian la Selección del Equipo.

Los factores que influyen la selección de equipo pueden resumirse en lo siguiente:

1. Conocimiento previo del tonelaje de mineral estéril y otros.
2. Consideraciones relativas a topografía y límites de propiedad.
3. Necesidades de control de ley de mineral y ganga.
4. Características físicas del mineral, estéril y otros

5. Consideraciones climáticas y de altitud.
6. Características de las vías de acarreo.
7. Condiciones de carguío.
8. Condiciones de volteo o descarte del material
9. Garantía de que el equipo sea probadamente adecuado para el tipo de trabajo.
10. Objetivo final, obtener la mayor producción al menor costo de manera segura.

2.2.12 Principales indicadores en carguío y acarreo

Durante el desarrollo de las operaciones mineras los indicadores de gestión son las principales herramientas que nos ayudan a tener un mejor control y rendimiento en cuanto a la producción general, en este caso a continuación presentamos los principales indicadores que se han visto en carguío y acarreo.

A. Indicadores de Gestión en Carguío

- ✓ **Tonelaje cargado.**
- ✓ **Cargas realizadas por la pala.** Referido a la cantidad de volquetes cargados por la pala.
- ✓ **Tiempo de cuadrado de volquetes en la pala.**
- ✓ **Tiempo de excavación de la pala.** Tiempo empleado por la pala en cargar un volquete.

B. Indicadores de Gestión en Acarreo

- ✓ **Tonelaje transportado.**
- ✓ **Ciclos realizados.**
- ✓ **Distancia recorrida.**
- ✓ **Tiempo promedio de cuadrado en pala.** Nos muestra el grado de dificultad al cuadrar, así como también evaluar nuevos operadores en la tarea de cuadrado en pala.
- ✓ **Tiempo de espera en palas.** Valor importante que evalúa la distribución de los volquetes en la mina.

2.2.13 Práctica operativa durante la carga

Si las unidades de transporte están bien dimensionadas, se debe conseguir la carga de estas con máquinas cíclicas con un número de cazos comprendidos entre 3 y 5. A efecto del dimensionamiento se aconseja seguir la siguiente regla.

7 tn de capacidad de volquetes por cada m³ de capacidad de cazo de excavadora

De esta manera se puede decir que el equipo está equilibrado. Al no tratarse de una regla rígida, se puede admitir un intervalo en el valor propuesto de +/- 25%.

A. CARGA A LOS DOS LADOS

Sin duda es el que mejor aprovecha las características operativas de la excavadora. Esta ataca el tajo con sus orugas perpendiculares a él, cargando alternativamente a los volquetes que se van situando a ambos lados, de forma que el tiempo de carga de un volquete, que sería tiempo de espera para el siguiente, es aprovechado por este último para situarse adecuadamente en su posición de carga. De esta manera la excavadora está saturada y se obtiene su máximo rendimiento, pero este requerirá de una flota de transporte adecuado.

Por otra parte, los ángulos de giro de carga, que empiezan teniendo un valor máximo de 90°, se reducen a la mitad una vez que el área ocupada por el primer módulo desalojado sea utilizada por los volquetes, con lo que el ciclo es menor.

Esta es una forma de trabajar que se ajusta bien a cualquier tipo de explotación que tenga bancos amplios y suficientemente altos, para que la excavadora no tenga que hacer continuas maniobras de posicionamiento.

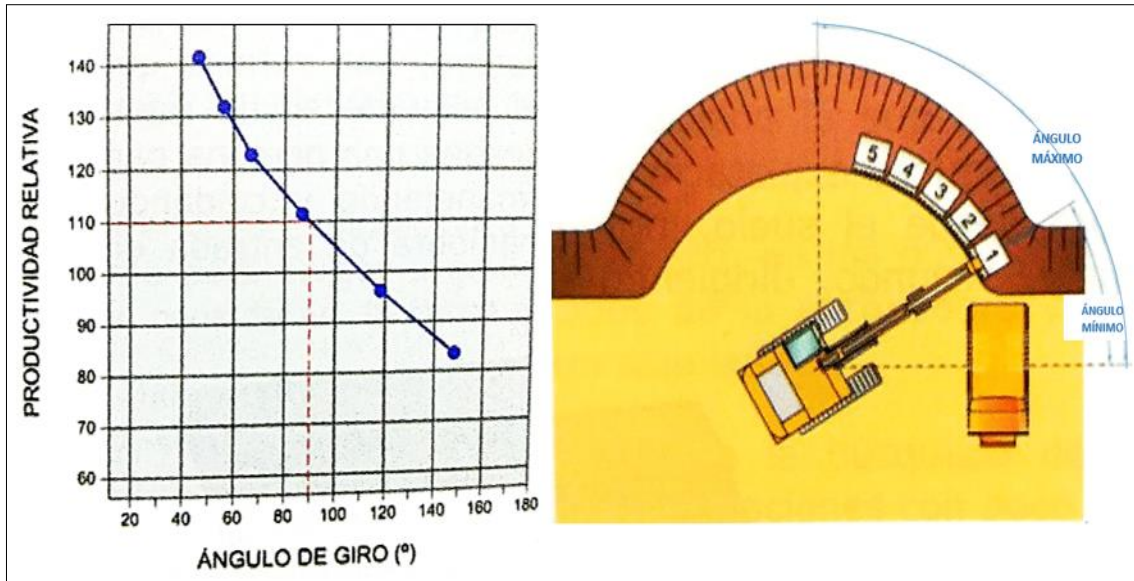


Figura 2. Influencia del giro de una excavadora sobre el rendimiento de carga. (López et al, 2014, p.161)

B. CARGA A UN SOLO LADO

Hay consideraciones de una explotación a cielo abierto en las que no se disponen de espacios suficientes para cargar a ambos lados de la excavadora y también hay diseños que solo consideran la carga por un solo lado. La excavación del acceso a un nuevo banco, o la búsqueda de mineral de determinada ley, son, entre otros, ejemplos de situaciones con poco espacio para maniobras. Otras consideraciones pueden ser las relativas a producción necesaria con respecto a la capacidad y tamaño de la flota de transporte.

Esta es una forma de trabajo de menor rendimiento que la vista anteriormente, pues, además, de que el ciclo de carga se alarga al ser mayores los ángulos de giro, la excavadora siempre tiene que esperar que el siguiente volquete entre en carga; en el caso de una flota de transporte amplia, los volquetes también tienen que esperar y más tiempo que antes, pues hasta que el volquete anterior no ha salido de la zona de carga, no se puede empezar a realizar la maniobra de aproximación y posicionamiento del siguiente.

Otros inconvenientes del método son: la necesidad del proceso para limpiar los derrames en la zona de carga de los volquetes, necesidad de bancos altos para reducir las maniobras de posicionamiento a lo largo de toda la fase de excavación y dificultad en mantener el nivel del piso.

La ventaja principal del método es que se acomoda a cualquier situación, sobre todo si hay falta de espacio. Como otras ventajas adicionales se pueden considerar las inherentes al dominio visual del área por el operador: más seguridad, mejor posicionamiento de los volquetes.



Figura 3. Carga con excavadora a un lado. (López et al, 2014, p.163)

C. EXCAVADORAS HIDRÁULICAS

Las excavadoras hidráulicas, durante las tres últimas décadas, han experimentado una evolución tecnológica que las ha permitido ir quitando terreno a las excavadoras de cable en las explotaciones mineras con elevado ritmo de producción. En lo relativo a la forma de operar las excavadoras hidráulicas, en la Figura 3. se muestra el modo de empleo, los perfiles de excavación de una unidad frontal y otra retro, cargando en ambos casos un volumen de **360 t** de capacidad.

El sistema de carga con retroexcavadoras se puede decir que es el más flexible. Ya que puede trabajarse con este equipo en el mismo nivel que el volquete situado por encima de él. En cualquiera de los casos el volquete se debe situar siguiendo las recomendaciones siguientes:

- ✓ Colocar el volquete con su eje alineado con el centro de la retroexcavadora, ya que de esta forma se facilita la colocación del material sobre la caja del volquete, lo cual lleva a cabo la excavación abriendo el balancín y la cuchara.

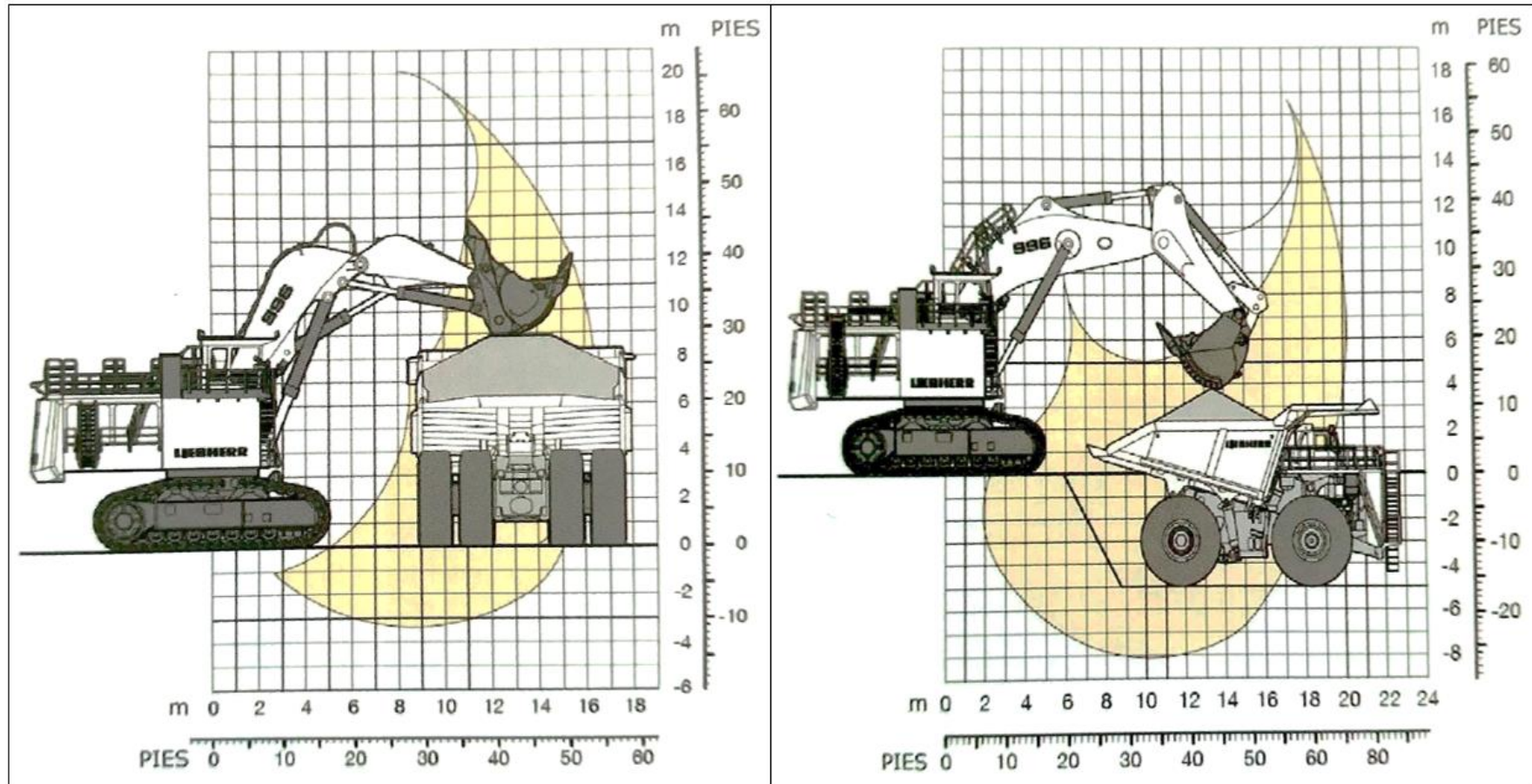
- ✓ Dejar suficiente espacio para el giro de la torreta o superestructura de la excavadora. Este aspecto es especialmente importante cuando ambas máquinas están en el mismo nivel, para evitar que el cazo de la retro pueda golpear a la caja del volquete.
- ✓ Evitar que las ruedas traseras del volquete contacten con piedras sueltas. Las rocas sueltas recién arrancadas del frente suelen tener aristas cortantes, pudiendo llegar a producir cortes en los neumáticos que pueden desembocar en riesgo de reventones. Este consejo debe cumplirse, pues existe una tendencia natural de los conductores de los volquetes a aproximarse en exceso a los tajos de carga para facilitar el trabajo de los operadores de las retroexcavadoras.
- ✓ Mantener al conductor de los volquetes en sus puestos de trabajo dentro de las cabinas.

El equipo retro solo realiza la excavación por encima de su nivel de la preparación del tajo de carga. Normalmente la unidad excava siempre por debajo del nivel de orugas, pudiendo situarse el volquete en el nivel inferior o en el mismo que la excavadora.

Siempre que sea posible es preferible el primer sistema, que proporciona ciclos de carga más cortos, siendo el segundo obligado cuando el nivel inferior es impracticable debido a materiales blandos, presencia de agua y otros.

El tiempo de ciclo más pequeño y, por tanto, el máximo rendimiento, se consigue cuando el ángulo de giro y la elevación es mínima, situación que se produce estando el volquete en un nivel inferior de la excavadora, además el rápido posicionamiento del volquete reduce los tiempos muertos de la excavadora.

Un método para aumentar la productividad de un equipo de carga, reduciendo los tiempos de espera de este, consiste en el empleo de dos volquetes por excavadora pudiendo situarse a ambos lados o uno en el nivel superior y otro en el inferior.



a).Excavadora Hidráulica Frontal

b). Excavadora Hidráulica Retro

Figura 4. Carga de volquete de 360 t con excavadora hidráulica frontal (a) y retro(b). (López et al, 2014, p.167)

2.2.14 Prácticas operativas durante el transporte

El transporte es la operación donde los volquetes alcanzan las mayores velocidades, teniendo que circular por unas pistas con unas condiciones que pueden cambiar en un plazo de tiempo relativamente corto, por lo que el conductor debe estar atento no solo al tráfico de vehículos sino incluso a los mencionados cambios de condiciones.

Es difícil establecer unas zonas rígidas a la hora de conducir un volquete, ya que son muchas las variables que intervienen. Circular a velocidades moderadas, entendiendo por tales a aquellas que estén por debajo del límite establecido y, además, que permitan controlar dicho equipo y detenerlo si fuera necesario, dentro de las distancias visibles.

Dejar un espacio razonable con el volquete que precede al nuestro para prever una posible maniobra evasiva en caso necesario. Es frecuente que por la misma pista circulen varios volquetes, incluso de diferentes dimensiones o tipos, que pueden desplazarse a diferentes velocidades y estando prohibido efectuar adelantamientos.

Utilizar el sistema de frenos más adecuado al perfil de la pista, sobre todo, al estado de la misma. Es lógico pensar que no es lo mismo circular por una pista seca que por una húmeda, aunque se trate de un tramo horizontal.



Figura 5. Volquetes cagados desplazándose por una pista anterior. (López et al, 2014, p.177)

Aunque de la presencia de obstáculos en las pistas, por ejemplo, piedras caídas o vehículos auxiliares averiados, o cualquier otra circunstancia que pueda desembocar en

una situación de riesgo y se tenga que reducir la velocidad. Cumplir con las normas interiores que rigen en la explotación y, salvo caso contrario, cede el paso de los volquetes cargados.

A continuación, se escribe una de las situaciones más frecuentes que se pueden dar en el trabajo con volquetes, como es el descenso de pendientes cargados. Es el escenario más desfavorable pues por efecto de la gravedad el volquete tiende a acelerarse incrementándose su velocidad de desplazamiento, siendo más difícil controlar el quipo y constituir un peligro para el resto de vehículos que circulan por la misma pista. La dificultad de controlar un volquete, trabajando en esas circunstancias es función de la inclinación del tramo a descender y su longitud, del estado de la pista, de los neumáticos, por lo que es aconsejable que estos desplazamientos se lleven a cabo a velocidad constante. Para ello se recomienda combinar la marcha seleccionada en la transmisión con el uso correcto de los frenos y, en particular, del retardador. Se debe intentar que el motor no se pase de revoluciones y que se produzcan desplazamientos laterales.

2.2.15 Prácticas operativas durante el retorno

El retorno es la fase en la que los volquetes, una vez depositadas las cargas que acarrear, regresan a los tajos asignados para volver a ser cargados. En las pequeñas obras y explotaciones mineras, muy frecuentemente vuelven a cargar a la misma zona anterior, pero en las grandes explotaciones a cielo abierto es más habitual que se dirijan a otros frentes de trabajo, habiendo recibido previamente una consignación, ya que las flotas de volquetes pueden estar constituidas por varias docenas de unidades.

En el primer caso, el volquete vacío hará el mismo recorrido en sentido inverso, descendiendo sin carga los tramos en pendiente que antes remontaba cargado o, al contrario, subiendo tramos en vacío que en el trayecto de ida descendía cargado. Las recomendaciones en este caso son las mismas que las aportadas para el trayecto de ida cargado, pero ahora poniendo aún más énfasis en que se debe controlar la velocidad, pues el equipo está vacío y circula con un peso menor.

Como los volquetes van más ligeros y responden mejor a los frenos, el riesgo más grande que se corre es el exceso de confianza del conductor llegue a traducirse en una menor

atención y, por tanto, en la debida capacidad de reacción frente a posibles imprevistos.

2.2.16 Prácticas operativas durante las maniobras.

Tal como se indicó anteriormente, las maniobras son necesarias para colocar el volquete en las proximidades del equipo de carga y, también, para efectuar la descarga, ya sea en una escombrera o en una tolva de alimentación.

En las zonas de carga es habitual que se encuentren otras máquinas, como son otros volquetes que estén cargándose aún, equipos auxiliares para el mantenimiento de los tajos y pistas, tractores de oruga y motoniveladoras, camiones de engrase, camiones cisternas para el riego de las pistas de escombro o vehículos de todo terreno del personal de supervisión.

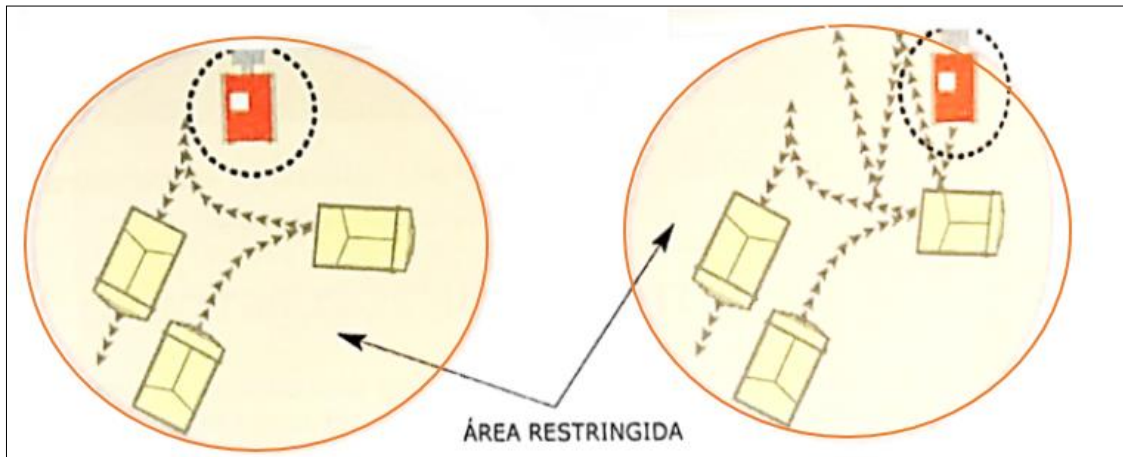


Figura 6. Área de circulación restringida en las proximidades de tajos de carga. (López et al, 2014, p.184)

Se debe tener siempre presente que los volquetes poseen unas zonas muertas en cuanto a visibilidad, tanto lateralmente como, sobre todo, en la parte posterior. Por tal motivo, las maniobras se deben efectuar tomando todas las precauciones posibles y, muy especialmente, las de marcha atrás. En estas maniobras es cuando estadísticamente se producen más accidentes.

2.2.17 Productividad en la industria minera.

La productividad es un tema contingente en la actualidad de la industria minera de nivel mundial. Esto debido al alza de costos de producción por el aumento de los precios de

insumos, como por ejemplo la electricidad, mano de obra y escasez de agua. Lo anterior sumado a un descenso en las leyes de minerales y a la situación económica global actual, ha provocado la necesidad de atacar y maximizar la productividad minera.

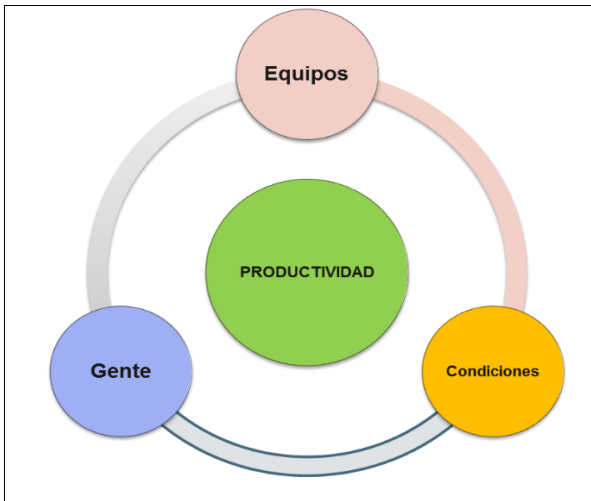


Figura 7. Parámetros de control.

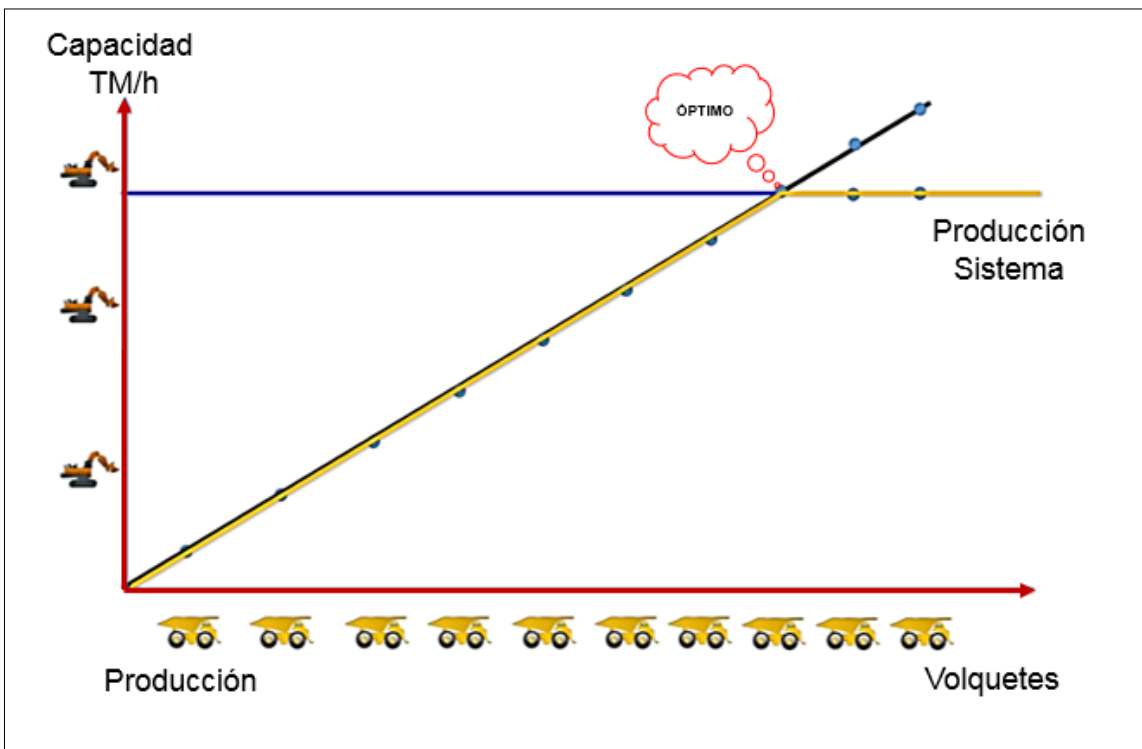


Figura 8. Distribución volquetes – excavadoras. (Paredes, 2017)

El concepto de productividad corresponde a una relación entre la cantidad de insumos y recursos que se utilizan para la obtención de un producto determinado. Bajo este punto de vista, en la industria minera se podría homologar como los factores productivos claves (capital físico, dotación de personal, consumo energético/agua, ley de mineral y razón

estéril mineral) necesarios para la obtención del producto minero final.

Bajo esta última definición, este trabajo de título busca la medición de rendimiento de operadores mina, lo que está claramente incluido en el rendimiento de los equipos (capital físico), con el objetivo de mejorar los indicadores más importantes mediante el entrenamiento y tener un control periódico para permitir la gestión sobre estos factores, con lo que finalmente impactará positivamente en la producción.

Cabe destacar que esto no busca una reducción del personal, sino que un aumento en la productividad del personal, es decir, con el mismo capital humano obtener una mayor producción final.

Una selección apropiada de KPI es importante para el control y gestión de la operación. Por ende, es imperante saber cuáles son los KPI que más influyen dentro de las distintas actividades de las operaciones mineras, ya que estos indicadores entregarán una visión sobre cómo se desarrollan los procesos que están inmersos y confluyen dentro de la organización de la operación, permitiendo controlar y verificar si se están cumpliendo los objetivos previamente establecidos, con el propósito de tomar acciones dependiendo del comportamiento en ese instante del indicador en cuestión.

Se enfatiza la necesidad de una descripción detallada y previa del proceso antes de definir los KPI. Esta descripción del sistema y actividades estandarizadas permitirá una adecuada medición de rendimientos. Además, un sistema de medición continuo proveerá una sólida base para el mejoramiento continuo de la organización, uno de los principios más importantes de la gestión.

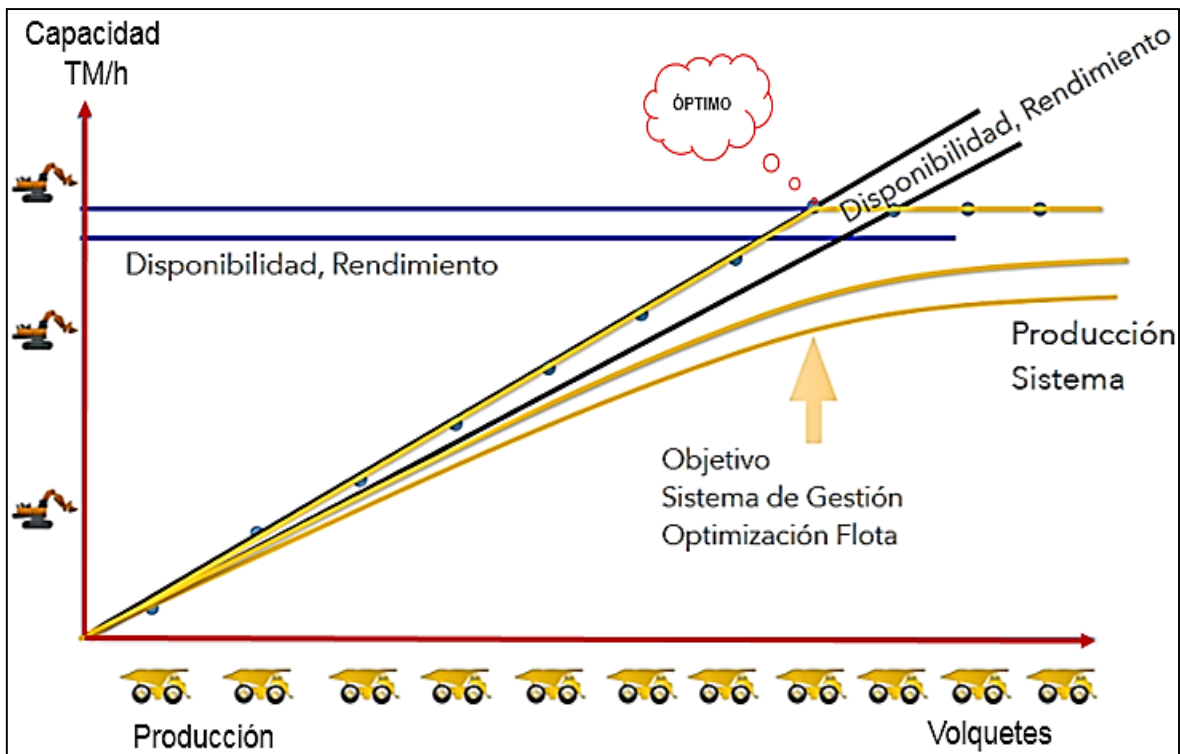


Figura 9. Sistema de producción volquetes – excavadoras. (Paredes, 2017)

Un control efectivo de KPI no se podrá llevar a cabo si es que no se provee de la suficiente información de los procesos, productos o servicios. Sin información no se podrán controlar los procesos, por lo que una operación minera efectiva deberá contar con un sistema de control e información de datos base.

El objetivo del reporte de KPI es encontrar la mejor manera de representar la cadena productiva completa del negocio; la función del control de indicadores tiene dos propósitos principales:

- ✓ Desarrollar y guiar; ya que se presenta una base (KPI reportados) para la formulación e implementación de futuras estrategias organizacionales.
- ✓ Motivación; la correcta gestión induce a los equipos, a todas las partes interesadas del negocio, a cumplir los objetivos e incluso superarlos.

Estos dos últimos puntos son de vital importancia para el desarrollo de la presente investigación, ya que nos permitirá en cierta manera a brindar un soporte a los operadores quienes finalmente sepan cuáles actividades de alta importancia para el negocio y, por lo

tanto, podrán empoderarse de los indicadores asociados a dichas actividades.

El impacto de los operadores de equipos de carguío y transporte en la minería es uno de los factores claves.

2.2.18 Selección de KPI Carguío y Transporte

Para el desarrollo de la presente investigación, la correcta selección de los índices más preponderantes en la operación fue de vital importancia, ya que nos permitió establecer un seguimiento en cuanto al control de los tiempos improductivos que se generan durante las operaciones unitarias de carguío y acarreo.

Para lo anterior, se estudió el ciclo de estas actividades, todos los tiempos que lo constituyen y, además, todos los KPI que se desprenden para el control de esta operación unitaria.

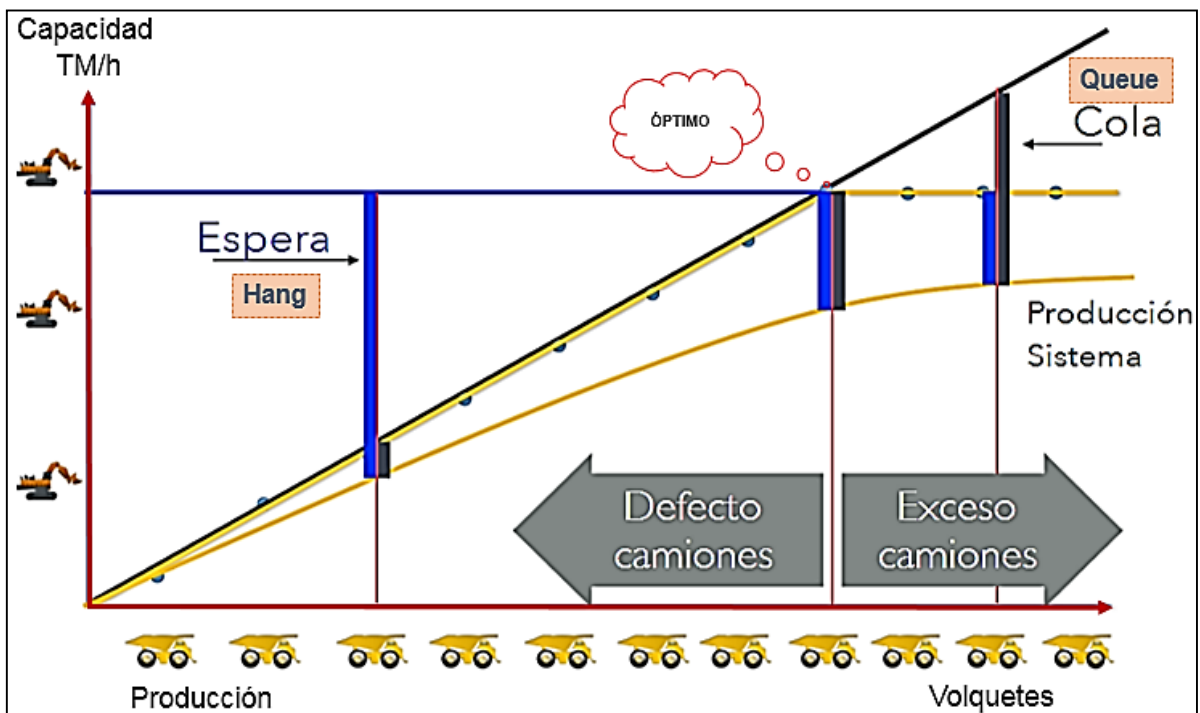


Figura 10. Panorama general de demoras en carguío y acarreo. (Paredes, 2017)

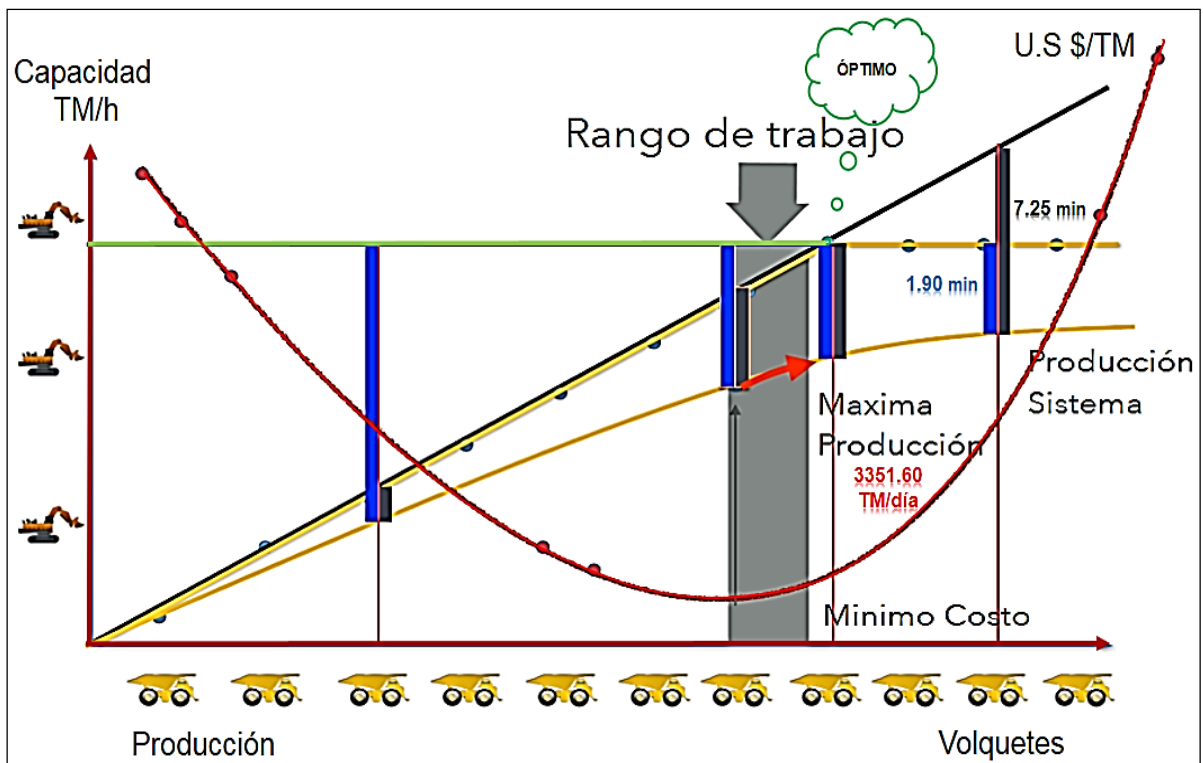


Figura 11. Rangos de un sistema óptimo en carguío y acarreo. (Paredes, 2017)

2.2.19 Congestión en la mina

La congestión es un fenómeno que ocurre cuando el sistema de acarreo de la mina no puede soportar la cantidad de camiones y esto se debe a diferentes motivos como, por ejemplo:

- ✓ Intersecciones en Y ó X que ocasionan paradas constantes de los camiones.
- ✓ Intersecciones virtuales: Denominamos así a las intersecciones que se crean cuando las motoniveladoras hacen limpieza en las rampas de acarreo y originan que un carril de la rampa se cierre temporalmente. Esto ocurre normalmente en minas ubicadas en zonas de mucha lluvia.
- ✓ Capacidad limitada de las rampas de acarreo por condiciones de lluvia y mantenimiento. Por ejemplo, se han hecho algunas estimaciones con modelos de simulación en algunas partes del Perú como en la Sierra Central, en donde la capacidad de una rampa de acarreo es de 98 Mt anuales para camiones 930 con un mínimo de 92 Mt. debido a las condiciones de lluvia y mantenimiento de vías. En zonas donde no

Ilueve la capacidad solo depende de la cantidad de intersecciones y podría llegar a 124 000 t anuales.

Estos eventos originan que la producción disminuya debida a las pérdidas operacionales y sin duda el costo aumente. ¿Qué hacer ante ello? Es necesario analizar el asiento estructural de la mina, como las fases y el sistema de rampas.

A continuación, vemos una gráfica donde apreciamos el efecto posible que ocasiona la congestión durante las colas generadas en carguío y acarreo, también el comportamiento de la producción y congestión de este último que se podría dar.

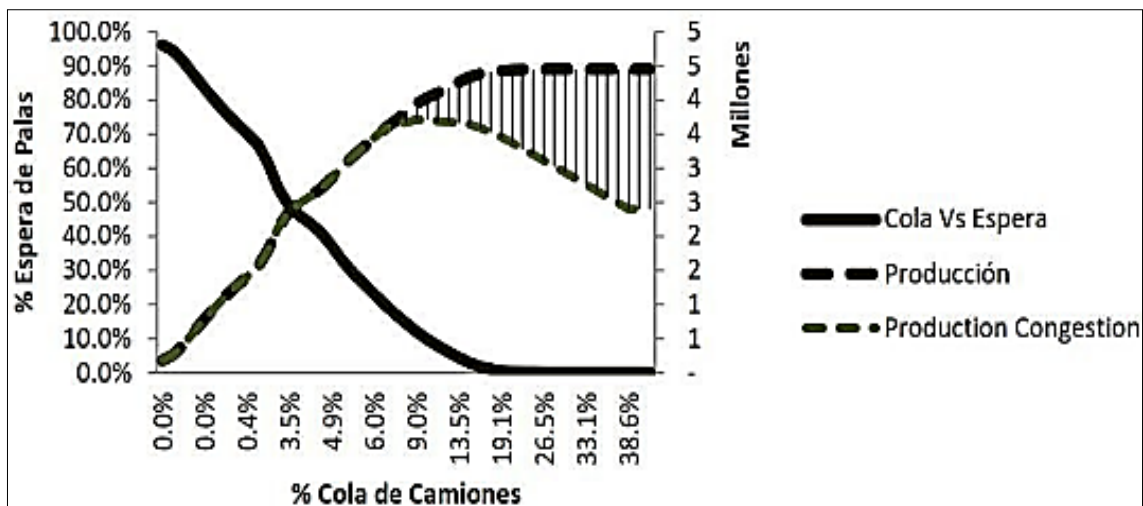


Figura 12. Efecto de congestión carguío – acarreo. (López et al, 2014, p.187)

2.2.20 Capacitación de Operadores Mina

A. Definición de Capacitación

Según Alfonso Silíceo, en su libro *Capacitación y Desarrollo del Personal* (2004), la capacitación se define como una actividad planeada y basada en necesidades reales de una empresa u organización, y orientada hacia un cambio en los conocimientos, habilidades y actitudes del colaborador.

B. Objetivo de la Capacitación

El objetivo de la Capacitación se puede entender de la siguiente manera: para que el

objetivo general de una empresa se logre plenamente, es necesaria la función de capacitación que colabora aportando a la empresa un personal debidamente entrenado, capacitado y desarrollado para que desempeñe bien sus funciones, habiendo previamente descubierto las necesidades de la empresa u organización.

La capacitación es la función educativa de una empresa u organización por la cual se satisfacen necesidades presentes y se prevén necesidades futuras respecto de la preparación y habilidad de los colaboradores.

C. Capacitación en Minería

En la industria minera, la importancia de los operadores es obvia, ellos son los encargados de llevar a la realidad lo establecido por ingeniería y planificación. El éxito del negocio minero depende de la calidad de sus operadores. Un operador con excelencia es capaz de mover mayor cantidad de material, operando de manera segura y en un menor tiempo, además cuidando la maquinaria del desgaste innecesario.

Es por lo anterior que la capacitación de operadores en minería es de vital importancia, puesto que con un control y entrenamiento periódico sobre la calidad de sus operadores se puede mejorar la productividad general del negocio minero.

D. Capacitación en Cia. Minera Coimolache.

En Cia. Minera Coimolache. se considera a todos sus trabajadores como el recurso más valioso, por lo cual les proporciona oportunidades para mejorar sus competencias, invirtiendo en ellos y convirtiéndolos en trabajadores más proactivos, productivos y seguros.

A través de la implementación de las capacitaciones que es el proceso de entrenar a una persona para realizar una tarea de excelencia, con el objetivo de promover, fomentar aptitudes y facilitar el desarrollo de habilidades y conocimientos, tanto en lo personal como en el trabajo en equipo, se pretende mejorar el desempeño de sus labores.

Todo lo anterior con el fin de permitir mejores oportunidades y mejoras en las condiciones

de calidad de vida y en el ámbito profesional, además de lograr una operación segura y lograr el objetivo del Cero daños y accidentes durante el desarrollo de las operaciones. La necesidad de implementar las capacitaciones en Cia. Minera Coimolache nace con el objetivo de cumplir diversos factores como son:

- ✓ Mejorar la productividad de operaciones mina.
- ✓ Trabajadores/Operadores transferidos o promovidos.
- ✓ Implementación y/o modificación de métodos y procesos de trabajo.
- ✓ Actualización continua de tecnologías en equipos e instalaciones.
- ✓ Condiciones de operación variables por planes de expansión e invierno.

2.2.21 Organización y Tiempos de Producción

A la hora de determinar el paquete de maquinaria que se precisa para obtener una determinada producción en un periodo de tiempo dado, intervienen diferentes factores, fundamentalmente del tipo organizativo, que es necesario tener en cuenta.

No existen unos criterios normalizados, por lo que se exponen a continuación algunas pautas que tienen una amplia aceptación en el sector extractivo y que pueden permitir una estandarización de los procedimientos de cálculo.

Clasificación de las Horas De Parada

Pueden clasificarse atendiendo a dos criterios diferentes: duración límite de las paradas apreciadas y causa de la parada correspondiente. La clasificación según duración apreciada de las paradas.

Las horas de parada desde este punto de vista se clasifican en:

- ✓ **Paradas mayores:** son la suma de todas las paradas que se produzcan en el trabajo y tengan una duración superior a los 15min.
- ✓ **Paradas menores:** son la suma de todas las paradas de duración menor o igual a 15 min. (ajustes de mecanismos de regulación, pinchazos)

Como es lógico, la suma de paradas mayores y menores de las horas de parada.

Clasificación según causa de la parada correspondiente.

- a) **Parada por averías:** corresponde desde que se estropea la maquina hasta que, una vez reparada la avería, la maquina está de nuevo presente en el tajo dispuesto a reanudar el trabajo. Es decir, se incluye el tiempo de espera o reparación y los posibles traslados al y desde el taller.

- b) **Parada por mal clima:** son debidas a condiciones climáticas críticas para el trabajo o la máquina. Por ejemplo, lluvias que impiden el transporte con volquetes o inundan la explotación. Varían mucho con el emplazamiento de la mina.

- c) **Paradas diversas:** se agrupan aquí las demás horas paradas. A continuación, se definen individualmente cada una de las diferentes clases:
 - ✓ **Horas de presencia:** son las totales del turno o jornada. Se comienza a contar a partir de del momento en que el trabajador debe presentarse en la explotación y se termina en el momento que debe salir de ella, se incluirán las horas extraordinarias de presencia real del trabajador. La precisión puede ser del orden del minuto.

Horas de trabajo pueden ser:

- ✓ **Horas Brutas:** se calcula de la diferencia entre las horas de presencia y las paradas mayores (de duración superior a 15 min). Son los que se obtienen de los partes de mina donde no se apuntan las paradas inferiores a 15 min, dichas paradas se aprecian de media en media hora.

- ✓ **Horas Netas:** se calcula como diferencia entre las horas de presencia y las horas de parada.

- ✓ **Horas de parada:** incluye todo tipo de paradas de cualquier duración. Es decir, son la suma de todos los momentos de parada que se produce durante las horas de presencia. Para poder calcular hay que apreciar el minuto, como mínimo.

Estos casos se dan en las minas cuando existen controladores que aprecian el minuto o se hacen estudios de cronometraje, etc. Se incluirán aquí también los tiempos dedicados a trabajos impropios o sin relación con el objetivo de la maquina; por ejemplo, excavadora transportando una pieza.

Una clasificación de estas paradas por su causa es la siguiente:

- ✓ **Interferencia (A, Sg)**, debidas a interferencias entre los tajos o equipos de trabajo que operan en cadena. Por ejemplo, si hay una avería en la excavadora, paran por interferencia A los volquetes.
- ✓ **Falta de Tajo:** generalmente debido a limitaciones o deficiencias de programación.
- ✓ **Falta de Material:** se trata generalmente de materiales necesarios dentro del proceso de producción; mineral acopiado.
- ✓ **Falta de Combustible:** falta de abastecimiento de combustible a los equipos principales de operación.
- ✓ **Mantenimiento:** el mantenimiento debe hacerse generalmente fuera de las horas de presencia (operativas/efectivas). Caso de no hacerse así, se presentará la parada correspondiente.
- ✓ **Traslado (P, M).** El traslado del personal es cuando el puesto de trabajo se encuentra alejado del sitio de entrada y salida (parada de autobuses) de los trabajadores de la mina. El traslado de máquinas cuando se cambia su emplazamiento.
- ✓ **Pista en mal estado/mantenimiento.** Es aplicable a los volquetes; el mal estado del camino no es debido al mal tiempo, sino la exigencia de algún blandón u obstáculo

que impide el paso; también debido a la falta de cisterna de riego, necesaria para evitar el polvo, que hace las pistas peligrosas e intransitables.

✓ **Parada Técnicas.** Es la espera para el disparo de las voladuras (interdiario).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Carguío de material. Por carguío se entiende la recogida de la roca arrancada del suelo, y su traslado hasta un medio de transporte. Así, por ejemplo, una pala excavadora que se usa para arrancar y cargar material. (Ortiz, 2010)

Acarreo o Transporte. El transporte consiste en el accionamiento, mecanismos y disposiciones necesarias para desplazar la roca arrancada desde un punto de carga hasta su lugar de descarga o su destino final. (Ortiz, 2010)

Producción. Volumen o peso total de material que debe manejarse en una operación específica. (Apaza, 2017)

Productividad. La producción real por unidad de tiempo, cuando todas las consideraciones de eficiencia y administración han sido consideradas. (Apaza, 2017)

Uso. Es el porcentaje del tiempo en el que el equipo está produciendo, respecto al total del tiempo en que esta con el motor encendido. Este parámetro involucra directamente a las demoras operativas. (Saldaña, 2013)

Actividades no productivas. Son eventos durante los cuales el equipo de carga permanece parado apagado o encendido. (Apaza, 2017)

CAPÍTULO III.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto Tantahuatay perteneciente a la Compañía Minera Coimolache S.A., está ubicado en la Comunidad Campesina El Tingo, distrito de Hualgayoc, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, aproximadamente a 85 kilómetros al noroeste de la ciudad de Cajamarca.

El área del proyecto, está a una altitud que varía entre los 3 750 m.s.n.m y 4 050 m.s.n.m. y comprende las zonas altas de las quebradas Puente de la Hierba y Tres amigos, las que drenan sus aguas hacia el río Tingo, tributario del río Llaucano, el que pertenece a vertiente del Atlántico.

3.1.1 Accesibilidad.

La principal vía de acceso a la zona es terrestre, por la carretera Panamericana Norte que parte desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Cajamarca, 858 kilómetros aproximadamente, seguido de una vía asfaltada hasta el kilómetro 24 de la carretera Cajamarca - Bambamarca y continuando por carretera afirmada que conduce a la ciudad de Hualgayoc, la cual se bifurca en otra carretera afirmada, que llega hasta el proyecto Tantahuatay.



Figura 13. Ubicación de Cia. Minera Coimolache S.A.

3.1.2 Geología

Está conformado por un complejo de domos de composición andesítica y la ocurrencia de brechas hidrotermales emplazadas como diatremas o cuellos volcánicos dentro de una secuencia predominantemente volcano-magmática.

El Yacimiento Tantahuatay es de Oro diseminado, de filiación epitermal de alta sulfuración (Au-Ag) se tiene cuerpos someros relacionados a óxidos, sílice y brechas hidrotermales con dimensión de 500 m x 300 m y una profundidad de 60 m a 120 m.

El área está enmarcada dentro del flanco oriental del batolito de la costa donde ocurren intrusivos dioríticos paleoceno, afectando rocas sedimentarias del Cretácico y rocas volcánicas micénicas. Las rocas del área de estudio pertenecen al Grupo Calipuy (Volcánico Llama) y localmente reciben el nombre de Volcánico Tantahuatay, Además, estas rocas han sido cortadas por cuerpos subvolcánicos de composición andesítica y por brechas hidrotermales (Pérez, 2008, p. 48).

3.1.3 Geología Regional

En el Perú hay un límite convergente, un margen activo del tipo continental, donde la placa de Nazca se introduce en una zona de subducción bajo la placa Sudamericana. La subducción lleva a las rocas y sedimentos a profundidades de la corteza terrestre donde la temperatura y presión producen la fundición de la roca. El magma origina rocas plutónicas y volcánicas de composición intermedia a ácida (por ejemplo, granitos, andesitas, riolitas). Este material fundido tiene una baja densidad si se compara con las rocas circundantes y por lo tanto tiende a ascender, empezando un proceso de intrusión, a fin de conseguir un balance físicoquímico.

El producto geomorfológico de este proceso es un arco volcánico. Durante la fase del ascenso del magma, este es enfriado y se liberan fluidos, reaccionando y lavando las rocas circundantes. El enfriamiento y la interacción de estos fluidos con las rocas cercanas a la superficie (1-2 km de profundidad) es el proceso de formación de los depósitos de oro en Tantahuatay (Pérez, 2008, p. 34).

La estratigrafía regional está conformada por el substrato del Arco Volcánico Cenozoico constituido por unidades estratigráficas cretácicas de origen marino y continental que corresponden al relleno de la cuenca mesozoica Cajamarca. Las secuencias sedimentarias están constituidas por los sedimentos marinos pelíticos carbonatados del Cretácico medio a superior representada por las formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo, Pulluicana, y Chota y la columna regional estratigráfica del área del proyecto está conformada por formaciones sedimentarias del Cretáceo-Terciario, volcánicas del Terciario y sedimentos del Cuaternario.

La posterior actividad del arco volcánico cenozoico ha originado que se depositen en discordancia angular sobre el substrato cretácico las secuencias volcánicas continentales del Grupo Calipuy diferenciada localmente como formación Llama. Sobre el Calipuy yace en discordancia la secuencia piroclástica el Volcánico Huambos (Rosas y Calizaya) (BISA, 2006, p. 29).

3.1.4 Estratigrafía

A. Mesozoico

✓ Formación Inca (Km-i)

Esta formación presenta +/- 50 metros de espesor y consiste de niveles delgados y laminares de areniscas, lutitas ferruginosas de color pardo oscuro y en la base esporádicos niveles de calizas arenosas. Regionalmente, los fósiles reconocidos de esta formación corresponden a amonites (Parahoplites) que pertenecen al Albiano Inferior (Roncal, L., 2013, p. 28). Las características físicas de los sedimentos indican depositación en un mar poco profundo (INGEMMET Bol.38, 1984, p. 45).

✓ Formación Chúlec (Km-ch)

Esta formación presenta pequeños afloramientos en la zona norte y sur; y consiste de +/- 300 metros de calizas nodulares y margas de color marrón crema intercalados con niveles delgados de lutitas calcáreas. Los sedimentos de esta formación son altamente blandos y forman topografía de pendiente suave (Roncal, 2013, p. 29).

La formación Chúlec presenta abundante contenido de fósiles (Knemiceras,

Parengoceras) y el ambiente de sedimentación representa una segunda etapa de la transgresión marina del Albiano (INGEMMET Bol.38, 1984, p. 46).

✓ **Formación Pariatambo (Km-pa)**

La formación Pariatambo aflora principalmente al lado este del cerro Tantauatay. Está formada por unos 150 m a 250 m de calizas bituminosas gris oscuras con niveles de lutitas, densas y macizas, ricamente fosilíferas, en concreciones discoidales de ammonites; también gasterópodos y pelecípodos. Tipifica a esta formación las escamas de pescados y el olor fétido y bituminoso (Knight Piésold Consultores, 2007, p. 14).

✓ **Grupo Pulluicana (Km-p)**

Esta formación yace sobre la Formación Pariatambo y aflora hacia el lado norte y sur del área regional. Litológicamente, está compuesta por +/- 800 metros de calizas cristalinas, calizas nodulares, margas y escasos niveles de lutitas y margas nodulares, de estratificación ondulada y con colores grises claros a parduscos y grises oscuros, con fósiles como exogyras e inoceramus. Superficialmente, su color es gris claro blanquecino por efecto de la meteorización química. (Knight Piésold Consultores, 2007, p. 14).

✓ **Formación Cajamarca (Km-c)**

La formación Cajamarca se caracteriza por presentar una estratificación regular y uniforme que consiste de una caliza pura y fina, color marrón claro que intemperiza a tonos blanquecinos o gris claros. La caliza está bien estratificada en capas delgadas a medianas. La unidad es bastante fosilífera con una buena fauna de amonites, gasterópodos y foraminíferos (INGEMMET Bol.38, 1984, p. 53).

B. Cenozoico

✓ **Grupo Calipuy**

El grupo Calipuy está subdividida en los Volcánico Llama y Porculla. El Volcánico Llama es la unidad inferior que consiste mayormente en andesitas con algunas intercalaciones dacíticas. La unidad del Volcánico Porculla es el superior y cubre discordantemente al Volcánico Llama, está compuesto por dacitas y andesitas (INGEMMET Bol.38, 1984, p. 57).

✓ **Volcánico Llama (Ti -vII)**

Sobreyaciendo, en discordancia erosiva a las rocas calcáreas del cretáceo, se tiene una amplia distribución de rocas volcánicas terciarias del volcánico Llama, el cual está evidenciado por una secuencia de domos sub aéreos y tobas piroclásticas que afloran entre los cerros Tantahuatay y alrededores.

Esta unidad, está constituida por capas andesíticas porfiríticas y hornbléndicas, andesitas basálticas afaníticas; lavas andesíticas; tufos andesíticos y riódacíticos; domos riódacíticos y andesíticos de edad miocénico medio a miocénico superior, que han sido afectados por stocks dioríticos y monzo-dioríticos del Terciario Medio al Terciario Superior (Knight Piésold Consultores, 2007, p. 15).

✓ **Volcánico Huambos (Ts – vh)**

Esta unidad se encuentra sobreyaciendo en discordancia angular a los volcánicos del Grupo Calipuy y comprende tobas aglomerádicas e ignimbríticas piroclásticas, riolíticas y riódacíticas; en la mayoría de los casos, los piroclastos del Huambos están bien estratificados en capas medianas y gruesas, parcialmente compactadas con escaso nivel de tobas soldadas o ignimbríticas constituidas en general por tufos y por aglomerados de variados colores con predominio del blanco amarillento (Knight Piésold Consultores, 2007, p. 15).

✓ **Depósitos Cuaternarios Recientes (Qr)**

Los depósitos recientes están conformados por materiales fluvioglaciares, lagunares, aluviales, fluvial aluviales y escasos depósitos eólicos, producto de la erosión de los depósitos sedimentarios, ígneos y volcánicos del área. Están constituidos por fragmentos subangulares a subredondeados de poco transporte en matriz arcillo - arenosa.

En el área de interés los depósitos fluvial aluviales se hallan expuestos a lo largo de cauces de ríos y tributarios, en los últimos en menor proporción. También en las desembocaduras de quebradas, algunas terrazas y en áreas planas; los depósitos fluvioglaciares están representados por morrenas glaciares antiguas en forma de terrazas erosionadas compuestas por material de composición heterogénea, de mala clasificación, cantos subangulosos, de permeabilidad variable (Knight Piésold Consultores, 2007, p. 17).

ERA	SISTEMA		UNIDAD LITOLÓGICA	ESPESES (m)	LITOLÓGÍA	DESCRIPCIÓN
	CUAT	REC				
CENOZOICO	PALEÓGENO	SUP.	DEP. CUATER. REC.			Depósitos fluviales y aluviales.
		INFERIOR	VOLCÁNICO HUAMBOS	100		Tobas aglomerádicas e ignimbriticas piroclásticas, riolíticas y nodacíticas; en capas medianas y gruesas
MESOZOICO	CRETÁCEO		MEDIO	GRUPO CALIPUY	800	
		FORMACIÓN CAJAMARCA		200		Caliza de color marrón claro, intemperiza a tonos blanquecinos o gris claros y es bastante fosilífera.
		GRUPO PULLUICANA		800		Calizas cristalinas nodulares, margas y escasos niveles de lutitas, de estratificación ondulada y con colores grises claros a parduscos y grises oscuros.
		FORMACIÓN PARIATAMBO		175		Calizas bituminosas gris oscuras con niveles de lutitas, densas y macizas, ricamente fosilíferas.
		FORMACIÓN CHÚLEC		300		Calizas nodulares y margas de color marrón crema intercalados con niveles delgados de lutitas calcáreas. Abundante restos fósil.
			FORMACIÓN INCA	50		Areniscas y lutitas ferruginosas de color pardo oscuro, abundantes fósiles mal conservados.

Figura 14. Columna estratigráfica de la geología regional. (Pérez, 2008)

3.1.5 Estructural

El depósito de Tantahuatay se encuentra dentro de un corredor estructural regional que sigue la dirección andino NW-SE. Se tiene 4 sistemas principales, N30°- 60°W (coincidente al sistema andino), N25°-50° E (sistema trasandino), N5°E-NS y N80°-90°E (casi EW).

Estos alineamientos estructurales son estructuras de fallas de tensión normal de bajo a mediano ángulo. Son estructuras tensionales que ha favorecido y controlado el emplazamiento de la mineralización del Oro y Plata en el tajo de Tantahuatay 2. (Pérez, J., 2008, p. 48).

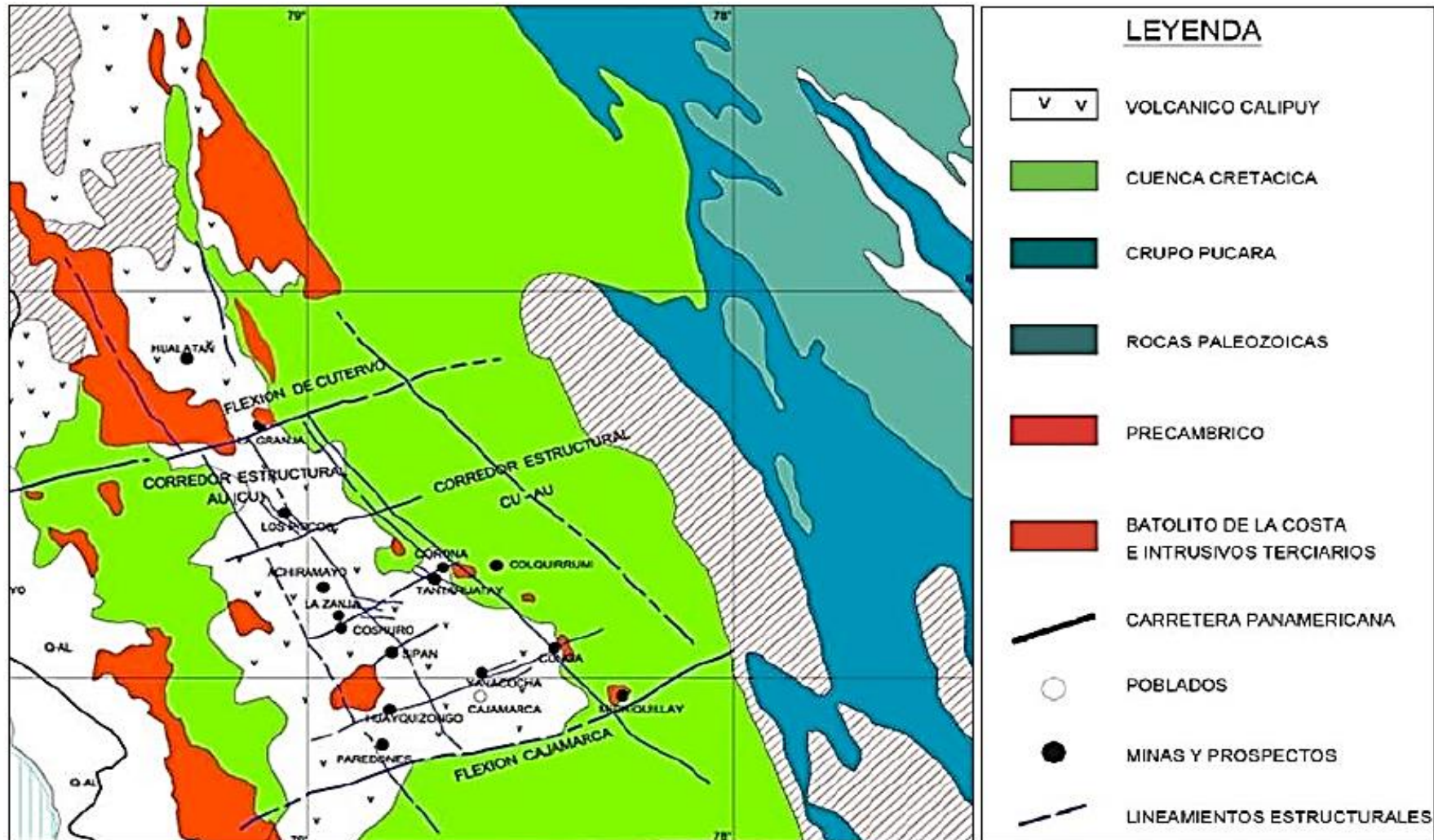


Figura 15. Geología Regional Cia. Minera Coimolache S.A. (Vélez, 2016, p. 16)

3.1.6 Proceso de Minado

El minado se realiza en dos tajos en explotación: Tantahuatay 2 y Ciénaga Norte. Las distancias de acarreo hacia el pad de lixiviación y depósito de material estéril en el caso de Tantahuatay 2 son de 2.4 km y 0.7 km, y en el caso de Ciénaga Norte son de 9 km y 0.7 km, respectivamente. El carguío de material se realiza a través de excavadoras de 3.68 m³ y el transporte con camiones de 20 m³ de capacidad.

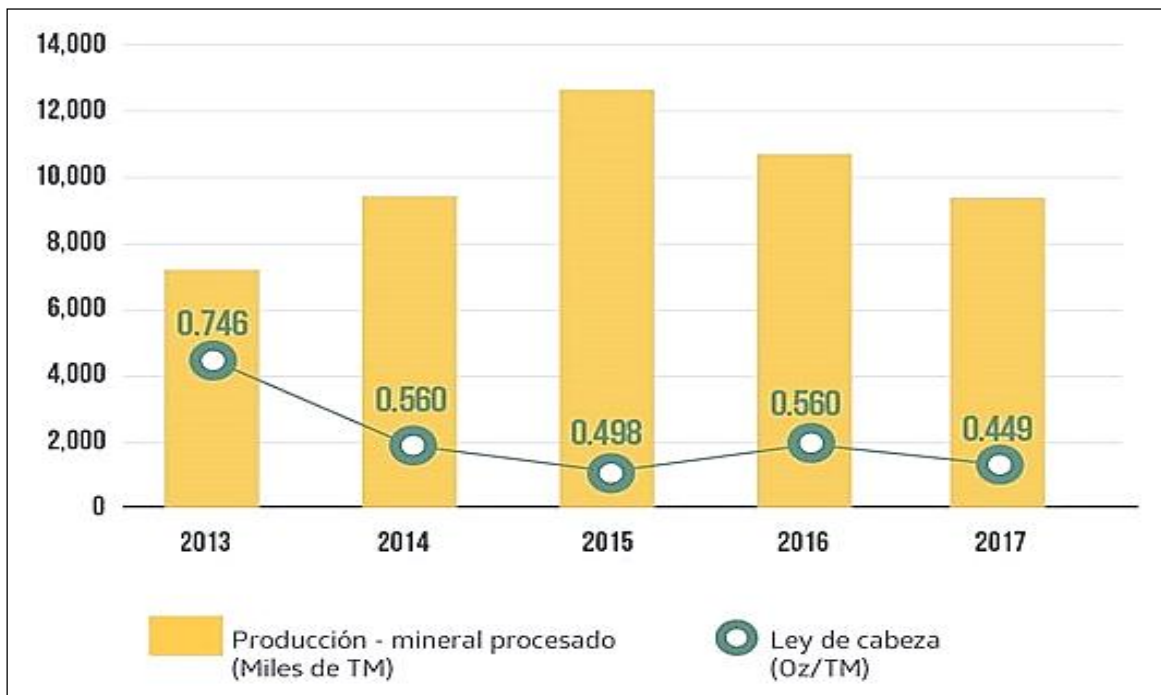


Figura 16. Producción de mineral y ley de cabeza. (Uceda, 2018)

3.1.7 Cash Cost.

La evolución del indicador en cuanto a la producción en Cia. Minera Coimolache se ha venido desarrollando de la siguiente manera:

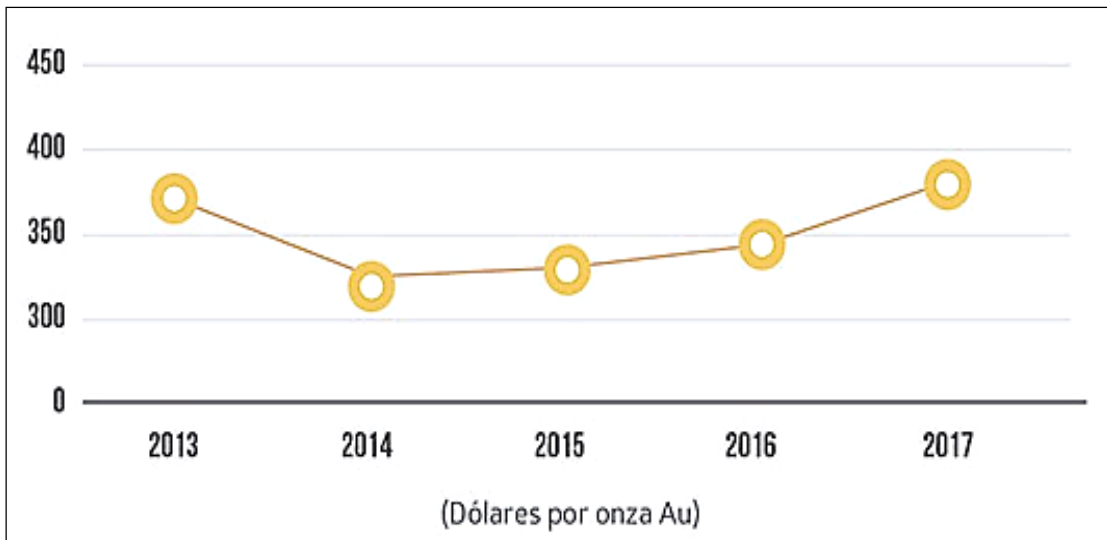


Figura 17. Evolución del cash cost durante los años 2013 – 2017. (Uceda, 2018)

3.1.8 Topografía, Fisiografía y Geomorfología

En términos generales, la topografía del área del proyecto es accidentada en la zona donde se ubica el tajo Tantahuatay 2, la fisiografía se caracteriza por presentar cadenas montañosas de la divisoria continental de aguas de las cuencas del pacífico y del atlántico de los andes del norte del Perú. En oposición a las cadenas montañosas, ocurren valles de origen glaciario sinclinales. En la parte intermedia de ambas geformas se presentan algunas colinas o cerros de poca elevación, lagunas glaciares colgadas de circos glaciares.

La geomorfología de la zona de estudio del proyecto Tantahuatay, está constituida por cuatro unidades principales (montañoso, colinas, laderas y valles glaciares - aluviales). Actualmente el drenaje de la región es el producto de la actividad progresiva de la erosión pluvial y glacial controlado por la orientación de las fallas regionales y locales durante el levantamiento andino. (Knight Piésold Consultores, 2008, p. 9).

3.1.9 Descripción del Proyecto

Tantahuatay, es explotado por el sistema de tajo abierto. Se estima que los recursos minables en el depósito son aproximadamente de 10 462 127 TM, siendo la ley promedio de oro 0,658 g/TM; ley promedio de plata 7,429 g/TM; la relación de desbroce (desmonte/mineral) 0,61/1.

El mineral es lixiviado y la solución rica es procesada en una planta por el sistema de precipitación con polvo de zinc o proceso Merrill & Crowe, para finalmente obtener el Doré (Plata y Oro).

El área del proyecto comprende aproximadamente 337 ha y dentro de ellas se encuentran ubicadas las instalaciones de la mina.

Tabla 11. Características principales de minado tajo THY-2

CARACTERÍSTICAS DE MINADO - TAJO THY 2				
PARAMETROS DE DISEÑO	THY 2 CONO \$1250 Proyecto 14.51.04.02, Revisión 0		THY 2 EXTENSIÓN NOROESTE Proyecto 14.51.04.04, Revisión 0	
	BANCO DOBLE	BANCO SIMPLE	BANCO DOBLE	BANCO SIMPLE
Altura de banco (m)	16	8	16	8
Ángulo de Cara Inicial de banco inicial (°)	70	70	70	70
Ángulo Inter-Rampa (°)	46.9 - 49	40.1 - 43.2	46.9 - 49	40.1 - 43.2
Ángulo de Cara Final con pérdida de cresta (°)	63.7 - 66.6	60.6 - 66.3	63.7 - 66.6	60.6 - 66.3
Ancho Mínimo de Banqueta de Seguridad (m)	7	5	7	5
Ancho de Banco Adicional para Bancos Dobles (m)	0.5	-	5	-
FACTORES DE SEGURIDAD				
Condiciones Estáticas	1.2	1.2	1.2	1.2
Condiciones Pseudo-Estáticas	1	1	1	1
Coefficiente Sísmico	0.15	0.15	0.15	0.15

Fuente: (Marín, 2016)



Figura 18. Vista aérea del Plan de Minado THY 2. (Briones, 2018)

3.2 CLASIFICACIÓN DE TIEMPOS/DEMORAS IMPRODUCTIVAS.

Para el desarrollo en el presente trabajo de investigación se ha considerado la siguiente clasificación en cuanto a los Tiempos Improductivos, estos son tomados tanto para las operaciones de carguío y acarreo.

A continuación, se presenta un esquema en donde se muestra las consideraciones de los tiempos/ demoras improductivas; ya sean para las causas o la duración límite que estas causen.

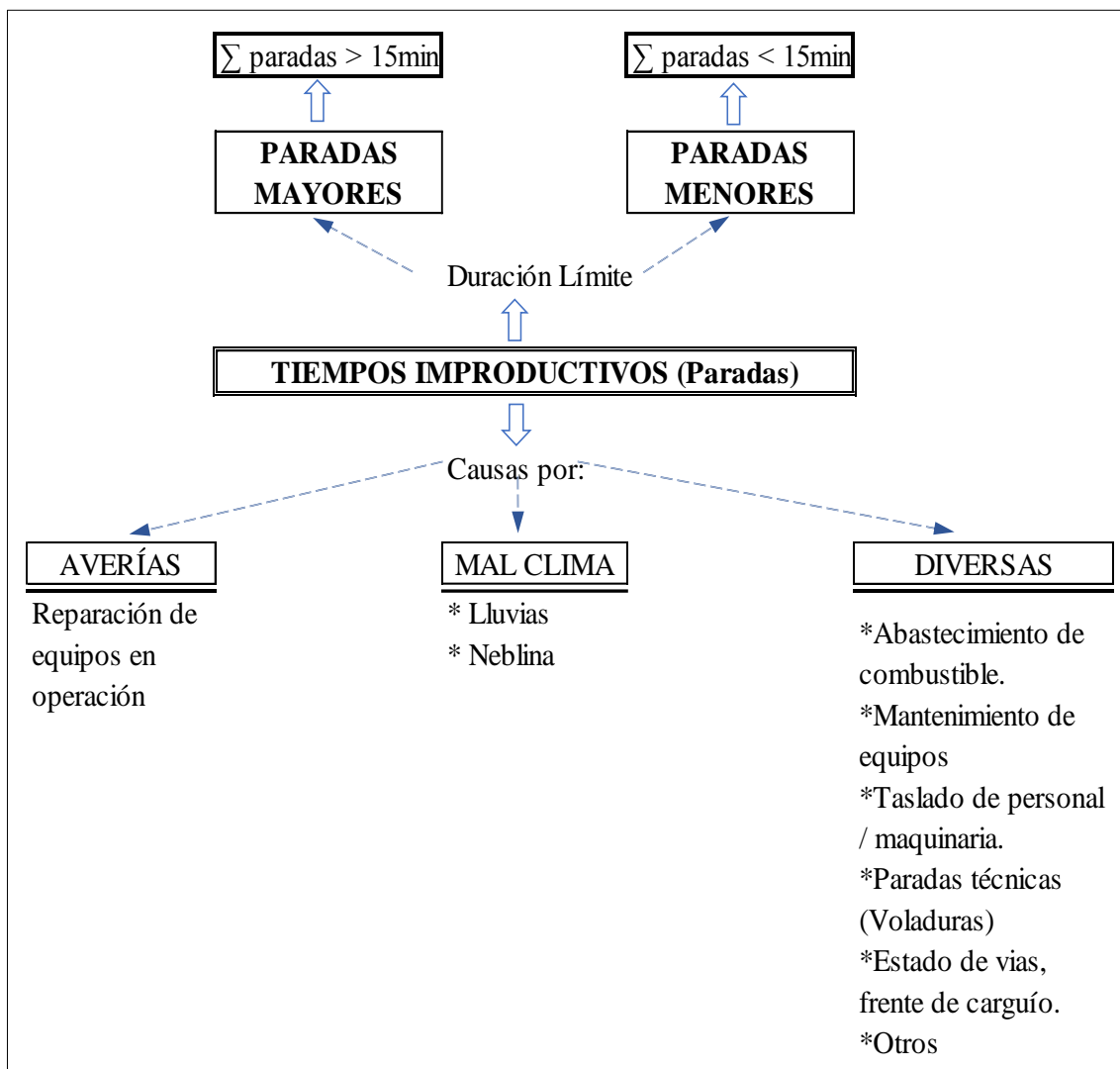


Figura 19. Distribución de tiempos improductivos.

3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El siguiente esquema muestra la secuencia general desde el inicio hasta el final del

desarrollo del presente trabajo de investigación. Tomando en cuenta la metodología académica.

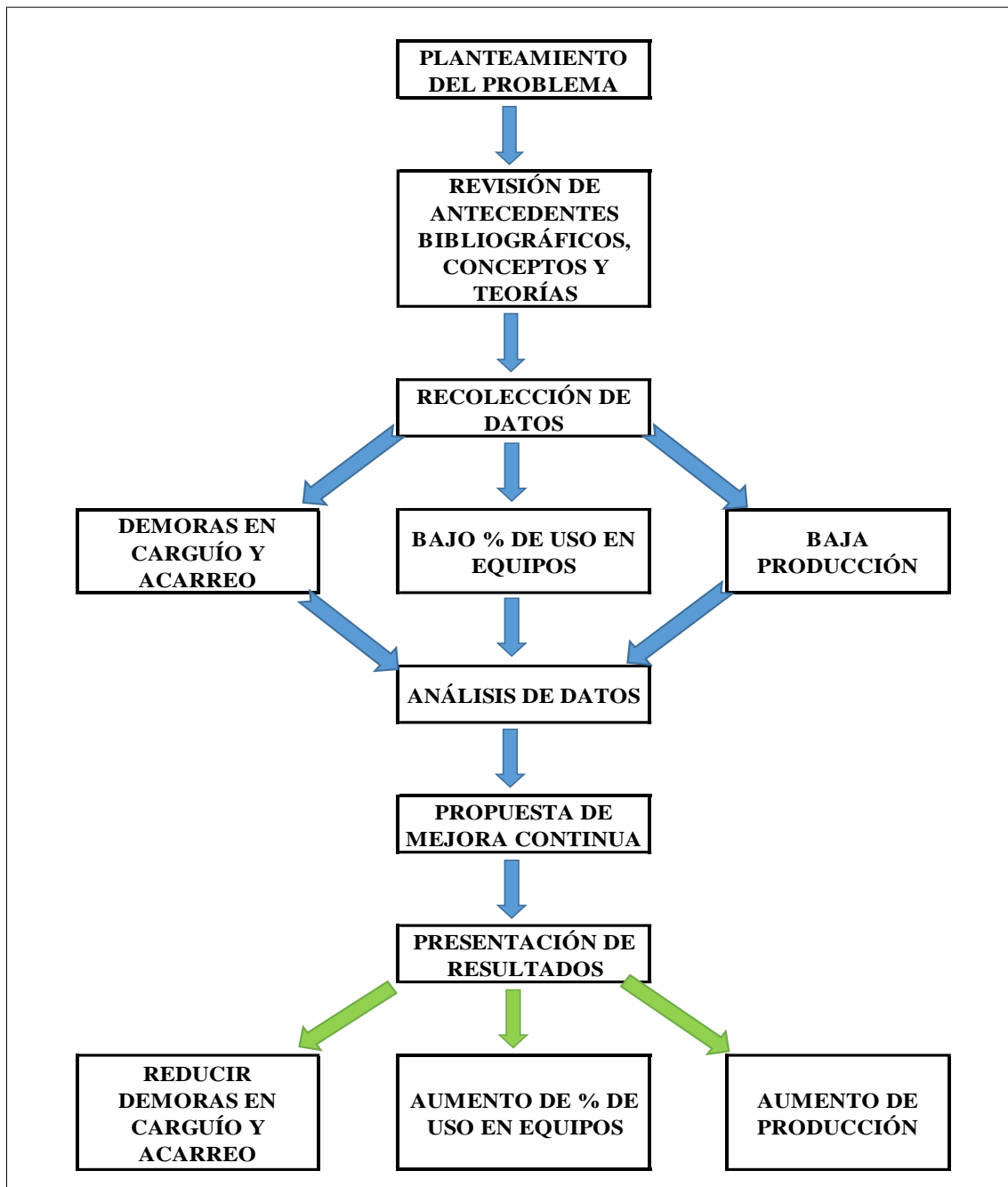


Figura 20. Esquema de la metodología de trabajo.

3.3.1 Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación.

- ✓ **Tipo de investigación.** El tipo de investigación es Básica de tipo Descriptiva,
- ✓ **Nivel de investigación.** El nivel de investigación es cuantitativo y explicativo.
- ✓ **Diseño de investigación.** El diseño aplicado es descriptivo con Temporalidad Transversal.

✓ **Método de investigación.** El método de investigación se ha agrupado en dos categorías, los métodos lógicos (deducción, análisis, sistémico) y los métodos empíricos (observación, experimentación) (Cuesta, 2003)

3.3.2 Población de Estudio.

La población de estudio está determinada por las operaciones donde se desarrolla el carguío y acarreo de Cia. Mina Coimolache S.A.

3.3.3 Muestra.

Unidades de carguío (Excavadora) y acarreo (Camiones) de Cia. Mina Coimolache S.A.

3.3.4 Unidad de Análisis.

Tiempos totales de disponibilidad y demoras durante el carguío y acarreo.

3.3.5 Procesamiento y técnicas de recolección de datos

En esta etapa realizaremos observaciones directas y el recojo de dato se basó en obtener directamente la información de las operaciones de carguío acarreo en campo como analizar las demoras o tiempos improductivos que se presentan en cada una de estas operaciones.

La recolección de datos se inició con los estudios básicos como: Identificación y reducción de tiempos improductivos en actividad de carguío y acarreo. Se recopiló datos de la operación, mediante técnicas y herramientas estadísticas que nos permitieron conocer la utilización y disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo.

Se realizó el análisis del comportamiento del porcentaje de utilización en relación a la mejora continua de productividad.

Instrumentos, materiales y equipos.

- ✓ Fotocopias, hojas bond A4.
- ✓ Cámara Fotográfica 12 Mega Pixels
- ✓ Formatos de recolección de datos

- ✓ Libreta de campo
- ✓ Plano de minado
- ✓ Plano de descarga
- ✓ Equipo de Protección Personal Básico.
- ✓ Lapiceros
- ✓ Tablero

3.3.6 Descripción del equipo e instrumentación de medición.

A. Instrumentos y Materiales

- ✓ Planos de Mina: Para el reconocimiento del desplazamiento de los equipos de carguío y acarreo.
- ✓ Radio: para la constante comunicación entre operadores y supervisión.
- ✓ Lápices / lapiceros: Utilizados para anotaciones.
- ✓ Cámara digital Canon: Instrumento utilizado para el registro fotográfico.
- ✓ Laptop Toshiba: Instrumento utilizado para el procesamiento de los datos y redacción de los informes.

B. Softwares.

- ✓ AutoCAD y AutoCAD CIVIL 3D v2016: Utilizados para la actualización de los frentes de carguío.
- ✓ Minesight v 9.5: Para el planeamiento.
- ✓ Microsoft Office v2016: Para el desarrollo de textos y creación de gráficas y tablas.

3.3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La metodología seguida, ha constado de tres etapas principales los cuales a su vez tienen ítems secundarios que ayudaron a cumplir los diferentes procesos de la investigación, la misma que podemos apreciar gráficamente en la gráfica N°20.

✓ Etapa de Gabinete I

En esta primera etapa se recopiló información en base al problema planteado, se recogió información precedentes y actuales, se elaboró un programa de ejecución y recojo de

datos ya sean cualitativos como cualitativos, asimismo se definieron las etapas y puntos de recolección de información específica de campo (carguío y acarreo).

✓ **Etapas de Campo**

Se recopiló la información necesaria y específica de las operaciones de carguío y acarreo (principalmente los tiempos de las actividades en operación). Por medio del trabajo de campo se efectuó un reconocimiento de algunos puntos de cuellos de botella que se podrían mejorar y/o reajustar.

✓ **Etapas II. Realización del Informe Final**

Todos los datos recopilados en campo han sido trasladados a una base de datos y trabajados con softwares destinados al procesamiento de datos estadísticos (Excel).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS INDICADORES EN CARGUÍO Y ACARREO.

Para la determinación de los tiempos improductivos en carguío y acarreo se utilizó un periodo cotidiano de días normales de operaciones en el Tajo Tantahuatay 2, en el cual tomamos como muestra la guardia de día, el mismo que se desarrolla entre las horas de 7:00 a.m. hasta 7:00 p.m., otros datos complementarios se colocarán en anexos para su lectura.

Asimismo, para el análisis y la elaboración del presente trabajo de investigación se tomaron en cuenta los datos recopilados insitu y además de las experiencias de trabajadores y operadores en carguío y acarreo, respectivamente.

Durante la toma de datos y el análisis de los mismos, se han considerado las siguientes condiciones:

Durante las actividades de **carguío**, se ha realizado la evaluación en 2 equipos (Excavadoras CAT: 374 DL y 390 DL), de los cuales se han tomado datos en días específicos.

En el desarrollo de **acarreo**, de la flota total se ha considerado y evaluado a cierta parte de 9 volquetes, los cuales han sido destinados en los días de muestras. Los mismos que han sido tomados aleatoriamente.

A continuación, presentamos los indicadores a analizar de carguío y acarreo. Asimismo, luego del procesamiento de los datos tomados insitu, mostramos los resultados de estos:

4.1.1. INDICADORES DE LA EXCAVADORA 374 DL - CAT

✓ **Tiempo de Espera.**

$$\text{Tiempo de Espera/h} = \frac{36.83 \text{ min/h}}{25 \text{ viaj./h}}$$

$$\text{Tiempo de Espera} - \text{Exc. 374} = 1.47 \frac{\text{min}}{\text{viaj.}}$$

* **PRODUCTIVIDAD.** Se realiza una evaluación de los tiempos para la productividad instantánea, efectiva y operativa con una capacidad de 100 TM.

✓ **Productividad Instantánea (TM/h)**

$$\text{Product. Instantánea (TM/h)} = \frac{100 \text{ TM}}{0.38 \text{ h}}$$

$$\text{Product. Instantánea} = 263.16 \text{ TM/h}$$

✓ **Productividad Efectiva (TM/h)**

$$\text{Product. Efectiva (TM/h)} = \frac{100 \text{ TM}}{(0.38 \text{ h} + 0.01\text{h})}$$

$$\text{Product. Efectiva (TM/h)} = \frac{100 \text{ TM}}{0.39 \text{ h}}$$

$$\text{Product. Efectiva} = 256.41 \text{ TM/h}$$

✓ **Productividad Operativa (TM/h)**

$$\text{Product. Operativa (TM/h)} = \frac{100 \text{ TM}}{(0.38 \text{ h} + 0.01 \text{ h} + 0.025 \text{ h})}$$

$$\text{Product. Operativa (TM/h)} = \frac{100 \text{ TM}}{0.415\text{h}}$$

$$\text{Product. Operativa} = 240.96 \text{ TM/h}$$

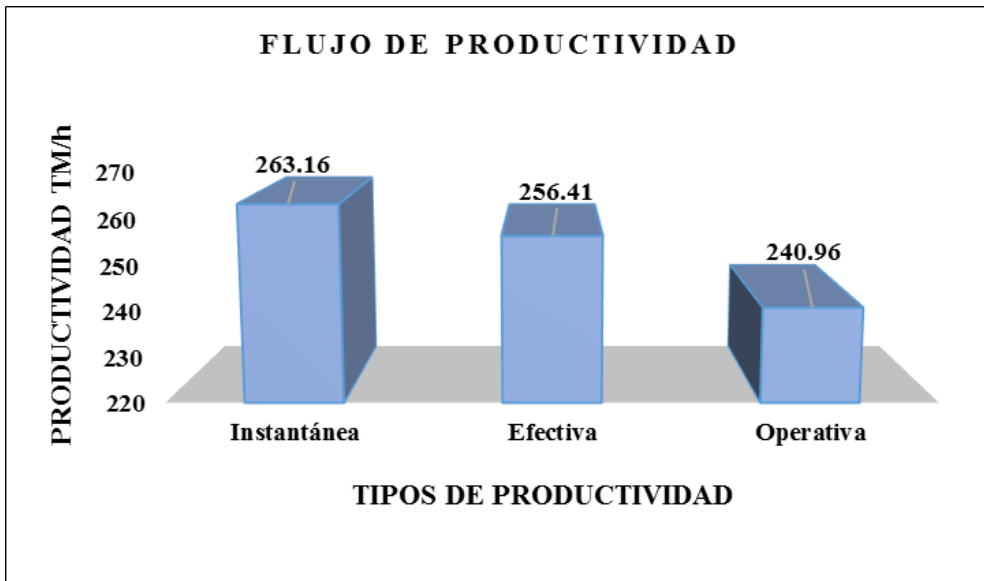


Figura 21. Cuadro de flujo de productividad EXC. – 374 DL

En la figura 21 podemos apreciar las diferencias considerables que hay entre la productividad instantánea y la operativa, esto se presenta debido a que los tiempos de ciclo son muy altos o un poco fuera de los normal.

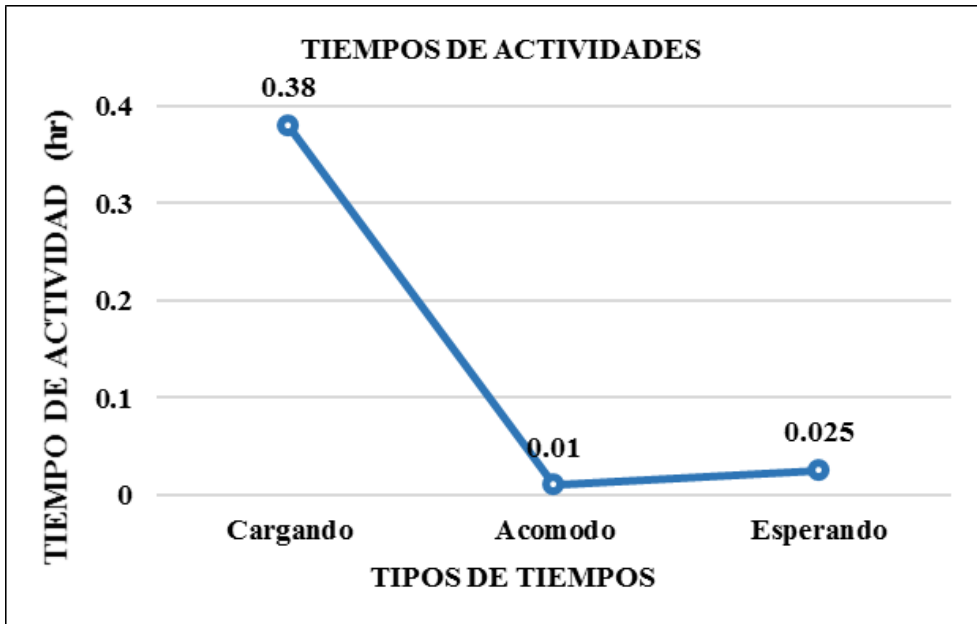


Figura 22. Tiempos de Actividades EXC. – 374 DL

La figura 22 nos muestra las variaciones en la duración de los diferentes tipos de tiempos en el desarrollo de carguío con la EXC. 374 DL

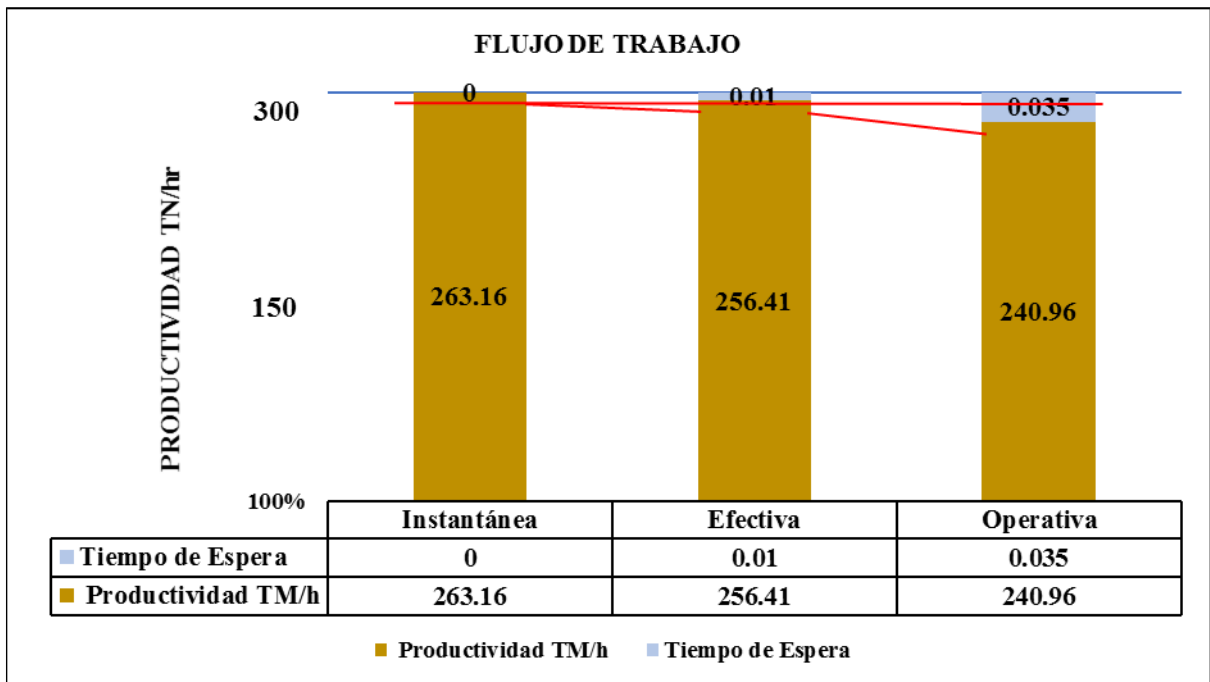


Figura 23. Acumulado del Flujo de Trabajo EXC. – 374 DL

En la figura 23 vemos cuanto es la productividad que genera la EXC. – 374 DL, así también los tiempos de demora que genera durante su operación.

✓ **% de Utilización (% U - Excavadoras).**

$$\%U = \frac{HD - DO}{HD} * 100$$

HD: Horas Disponibles

DO: Demoras Operativas

$$\%U \text{ inicial} = \frac{11 \text{ Hr} - 2.22 \text{ Hr}}{11 \text{ Hr}} * 100$$

$$\mathbf{U \text{ inicial} - EXC 374 = 79.8 \%}$$

El uso final de la Exc. 374 DL luego de aplicar los cambios respectivos tomando en consideración los parámetros de nuestra propuesta.

$$\%U \text{ final} = \frac{11 \text{ Hr} - 1.982 \text{ Hr}}{11 \text{ Hr}} * 100$$

$$\mathbf{U \text{ final} - EXC 374 DL = 82 \%}$$

✓ **Target de Excavadora 374 DL**

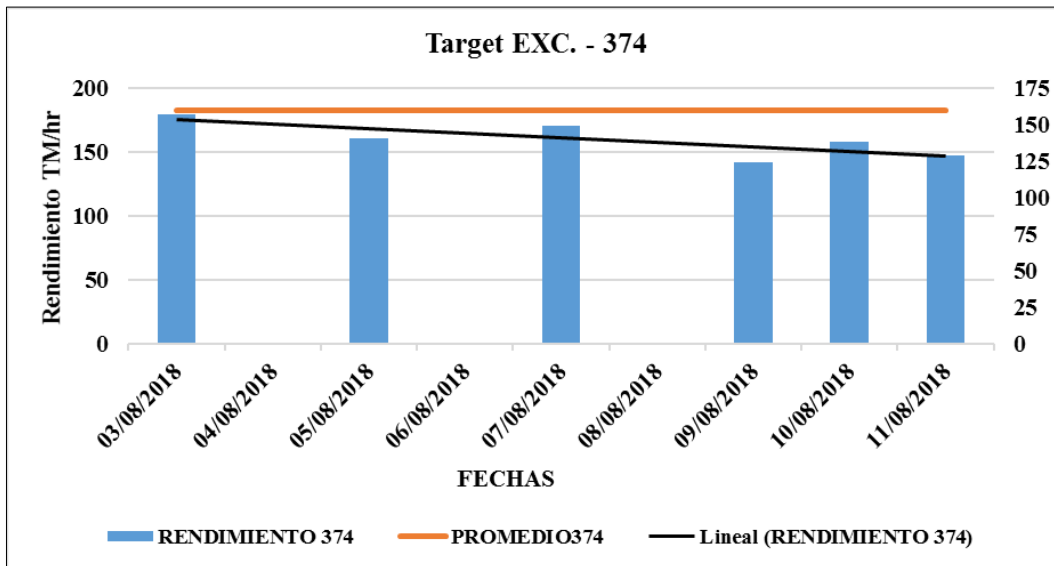


Figura 24. Target de la Excavadora 374 DL

En el caso de carguío se han tomado las muestras durante 9 días consecutivos de los cuales se observaron principalmente a dos excavadoras (374 DL y 390 DL). La figura anterior nos muestra el rendimiento durante 6 días de la **EXC – 374 DL**, siendo el promedio de **159.91 TM/hr**.

4.1.2. INDICADORES DE LA EXCAVADORA 390 DL - CAT

✓ **Tiempo de Espera.**

$$\text{Tiempo espera/Hr (min)} = \frac{40 \text{ min/hr}}{21 \text{ viaj/hr}}$$

$$\text{Tiempo de Espera – Exc 390} = 1.9 \frac{\text{min}}{\text{viaj.}}$$

* **PRODUCTIVIDAD.** Se realiza una evaluación de los tiempos para la productividad instantánea, efectiva y operativa con una capacidad de 100 TN.

✓ **Productividad Instantánea (TM/h)**

$$\text{Product. Instantánea (TM/h)} = \frac{100 \text{ TM}}{0.33 \text{ h}}$$

$$\text{Product. Instantánea} = 303.03 \text{ TM/h}$$

✓ **Productividad Efectiva (TM/h)**

$$\text{Product. Efectiva (TM/h)} = \frac{100 \text{ TM}}{(0.33 \text{ h} + 0.014 \text{ h})}$$

$$\text{Product. Efectiva (TM/h)} = \frac{100 \text{ TM}}{0.344 \text{ h}}$$

$$\text{Product. Efectiva} = \mathbf{290.70 \text{ TM/h}}$$

✓ **Productividad Operativa (TM/h)**

$$\text{Product. Operativa (TM/h)} = \frac{100 \text{ TM}}{(0.33 \text{ h} + 0.014 \text{ h} + 0.032 \text{ h})}$$

$$\text{Product. Operativa (TM/h)} = \frac{100 \text{ TM}}{0.376 \text{ h}}$$

$$\text{Product. Operativa} = \mathbf{265.96 \text{ TM/h}}$$

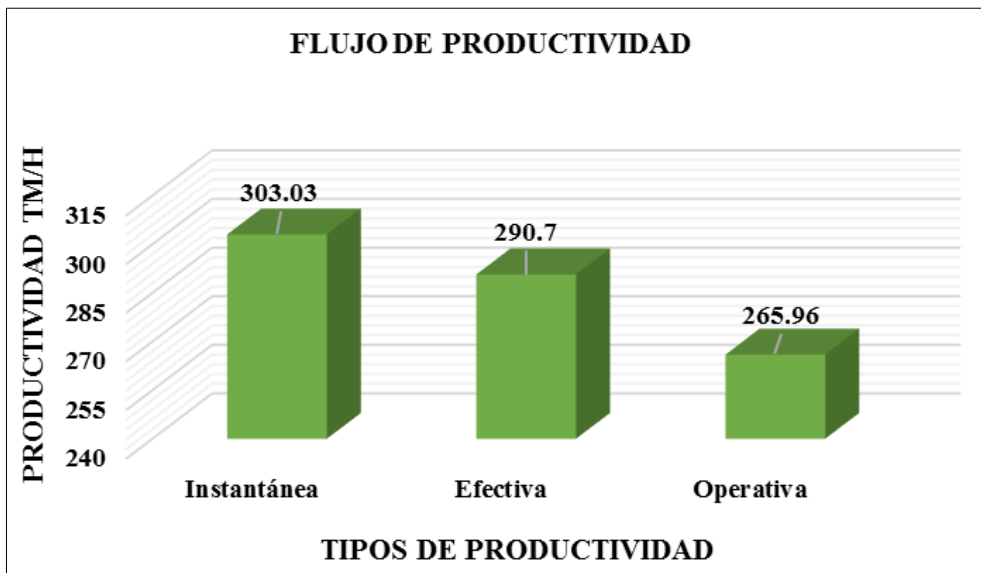


Figura 25. Cuadro de flujo de productividad Exc – 390 DL

En la figura 25 apreciamos las diferencias que hay entre las productividades, y el mismo que se generan con los tiempos de operación en carguío; alguno de los cuales varían fuera de lo normal.

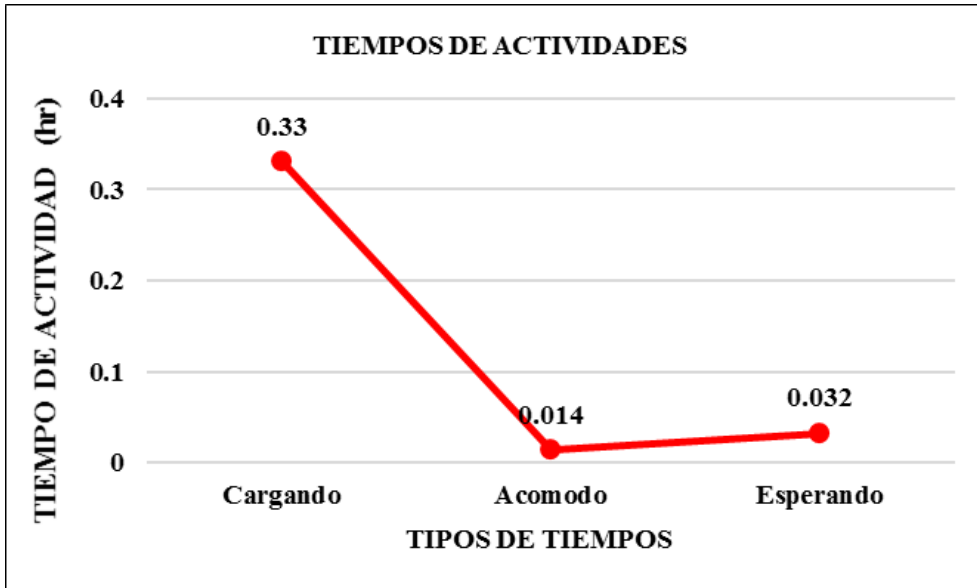


Figura 26. Tiempos de Actividades Exc – 390 DL

La figura 26 muestra las variaciones en la duración de los diferentes tipos de tiempos en el desarrollo de carguío con la Exc.390 DL

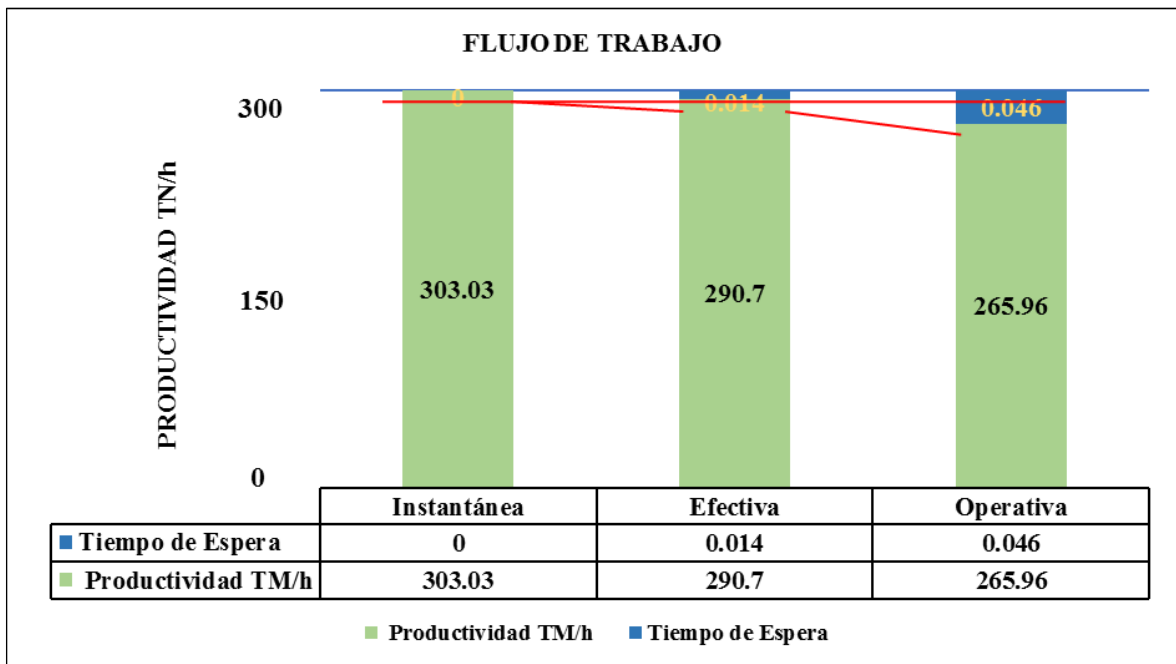


Figura 27. Acumulado del Flujo de Trabajo Exc – 390 DL

En la figura 27 vemos cuanto es la productividad que genera la Exc. 390 DL, así también los tiempos de demoras que genera durante su operación. Esta máquina nos muestra un mayor rendimiento en comparación con las Exc 374 DL.

✓ % de Utilización (% U - Excavadoras).

$$\%U = \frac{HD - DO}{HD} * 100$$

HD: Horas Disponibles

DO: Demoras Operativas

$$\%U \text{ inicial} = \frac{11 \text{ Hr} - 2.97 \text{ Hr}}{11 \text{ Hr}} * 100$$

$$\mathbf{U \text{ inicial} - EXC 390 DL = 73 \%}$$

El uso final de la Exc. 390 DL luego de aplicar los cambios respectivos tomando en consideración los parámetros de nuestra propuesta.

$$\%U \text{ final} = \frac{11 \text{ Hr} - 1.87 \text{ Hr}}{11 \text{ Hr}} * 100$$

$$\mathbf{U \text{ final} - EXC 390 DL = 83 \%}$$

✓ Target de Excavadora 390 DL

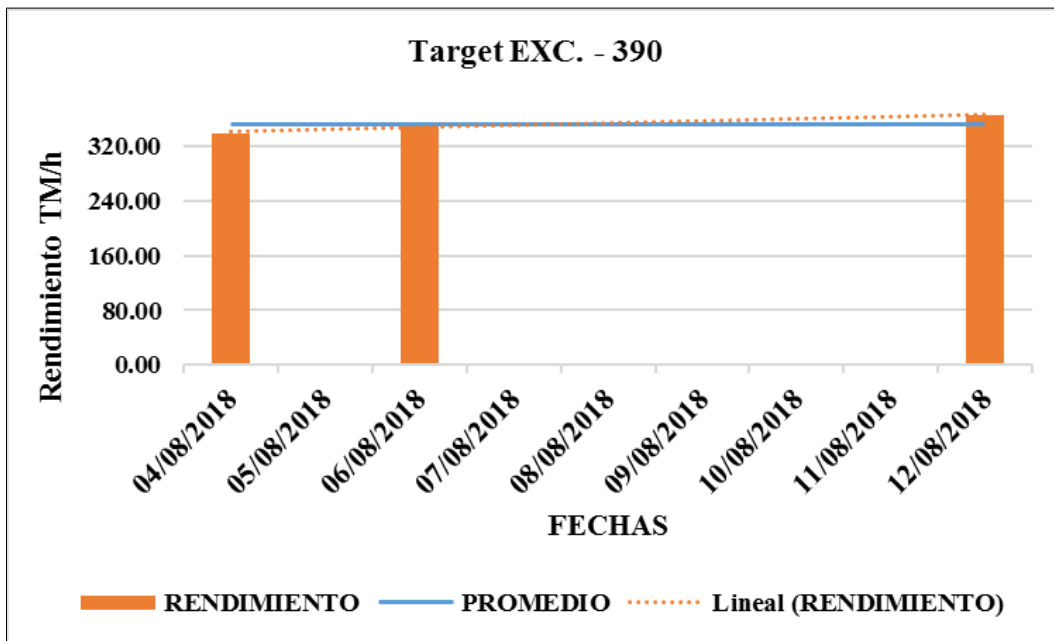


Figura 28. Target de la Excavadora 390 DL

Esta figura nos muestra el rendimiento durante 3 días de la **EXC – 390 DL**, siendo el promedio de **351.81 TM/hr**. Lo cual nos hace reconocer el mayor rendimiento y eficiencia en este tipo de excavadora, ya que el rendimiento es más del doble que el EXC 374.

Demoras Operativas en carguío.

En cuanto a las demoras operativas durante el carguío se han considerado cuatro aspectos generales que son los más representativos en cuanto a las demoras que se desarrollan en esta actividad. A continuación, se muestran cuáles son y cuanto es el tiempo promedio que generan las misma.

Tabla 12. Clasificación de las demoras operativas durante el carguío.

DEMORAS OPERATIVAS - CARGUIO	TIEMPO (hr)
ARREGLO DE FRENTE DE TRABAJO	03:50:49
DIFICULTAD PARA CARGAR	02:09:17
EQUIPO AUXILIAR	01:40:32
SEPARACION DE BOLONERIA	02:10:28
PROMEDIO TOTAL	02:27:47

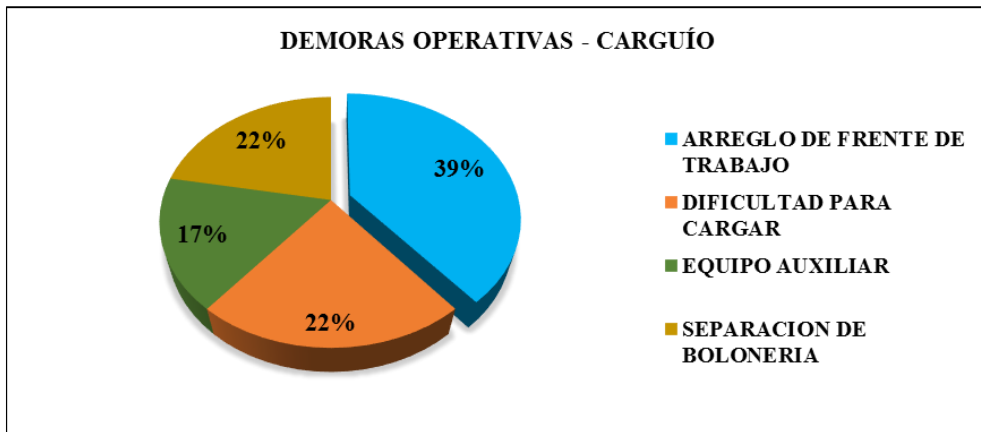


Figura 29. Distribución de las demoras operativas durante el carguío.

4.1.3. INDICADORES EN ACARREO

Tabla 13. Tiempos operativos de Acarreo

OPERANDO/ EFECTIVO							
Viajando Vacío	Esperando	Cuadrando	Cargando	Acarreando	Cola	Retrocediendo	Descargando

Esperando

$$\text{Espera de ser cargado (\%)} = \frac{\text{Esperando}}{\text{Operando/Efectivo}}$$

$$\text{Espera de ser cargado (min)} = \frac{\text{Esperando}}{\text{n}^\circ \text{ de viajes}}$$

Indicadores en Acarreo

✓ Esperando

$$\text{Esperando (\%)} = \frac{0.483 \text{ hr}}{4.17 \text{ hr}} * 100$$

$$\text{Esperando (\%)} = 0.1157 * 100$$

$$\text{Esperando (\%)} = \mathbf{12}$$

$$\text{Esperando (min)} = \frac{0.483 \text{ hr} * 60}{4 \text{ viaj./hr}}$$

$$\text{Esperando (min)} = \mathbf{7.25}$$

✓ % De utilización (% U - Volquetes).

$$\%U = \frac{\text{HD} - \text{DO}}{\text{HD}} * 100$$

HD: Horas Disponibles

DO: Demoras Operativas

$$\%U \text{ inicial} = \frac{11 \text{ Hr} - 2.98 \text{ Hr}}{11 \text{ Hr}}$$

$$\mathbf{U \text{ inicial} - Volq. = 72 \%}$$

El uso final del volquete luego de aplicar los cambios respectivos tomando en consideración los parámetros de nuestra propuesta.

$$\%U \text{ final} = \frac{11 \text{ Hr} - 2.75 \text{ Hr}}{11 \text{ Hr}}$$

$$\mathbf{U \text{ final} - Volq. = 75 \%}$$

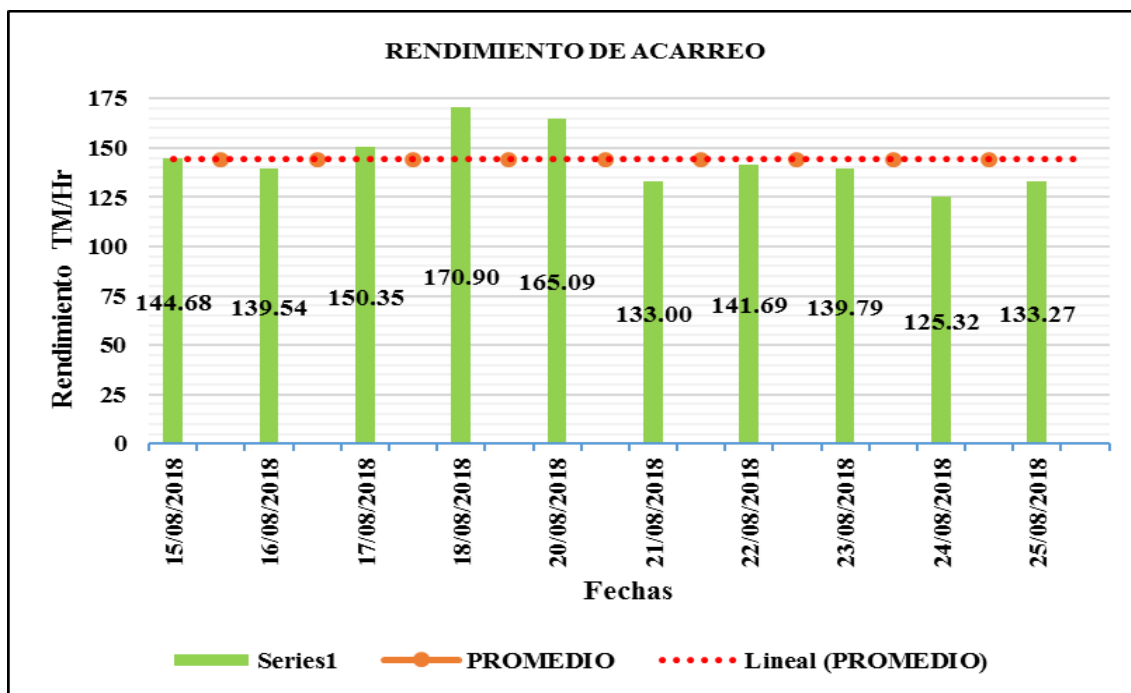


Figura 30. Rendimiento de flota de acarreo

En cuanto al Acarreo se han tomado las muestras durante 10 días de los cuales en la presente figura se aprecia el rendimiento de los volquetes en cada día, siendo el promedio de **144.36 TM/h**. Los mismos que recorrieron una distancia promedio de 2.5 km.

Demoras Operativas en acarreo

En cuanto a las demoras operativas durante el acarreo de material se han considerado cinco aspectos generales, estos son los más representativos en cuanto a las demoras durante el acarreo. A continuación, se muestran cuáles son y cuanto es el tiempo promedio que generan las misma.

Tabla 14. Clasificación de las demoras operativas durante el acarreo.

DEMORAS OPERATIVAS - ACARREO	TIEMPO (hr)
COLA EN FRENTE DE CARGUIO	05:13:56
HAUL ROAD EN MAL ESTADO	04:27:54
COLA EN LA DESCARGA	00:35:20
CARGO BOLONERIA	00:10:50
ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	00:07:50
PROMEDIO TOTAL	02:07:10

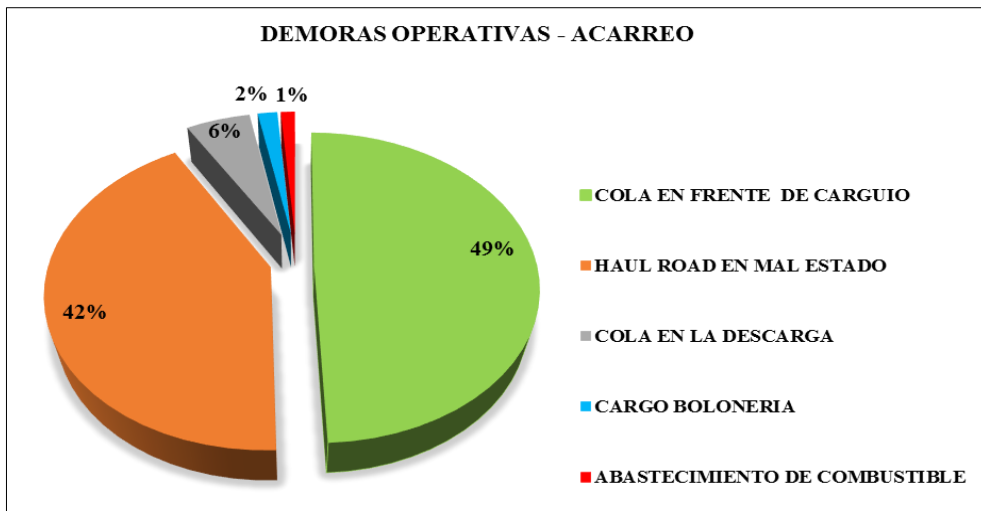


Figura 31. Distribución de las demoras operativas durante el acarreo.

4.2 DISCUSIÓN

Luego de haber observado los resultados tanto en el lado de carguío y acarreo, presentamos a continuación un resumen de los mismos los que nos ayudarán a concluir conjuntamente con los experiencias y sugerencias tomadas de los operadores de los equipos.

Tabla 15. Resumen de principales indicadores en carguío y acarreo.

INDICADORES	UNIDAD	EXC . DL 374	EXC. DL 390	VOLQUETE
Capacidad	tm	7.06	9.60	38.4
Tiempo de Ciclo	min	2.01	2.33	17.52
Rendimientos	tm/h	159.6	351.8	144.4
	tm/turno	1675.8	3694.0	1515.8
	tm/día	3351.6	7388.0	3031.6
HR. Operativas	Hrs	08:47:22	08:00:38	08:12:14
HR. Disponibles	Hrs	11:00:00	11:00:00	11:00:00
Calentamiento Exc./Volq	min	00:05:53	00:05:41	00:08:35
Desplazamiento y arreglo de/al frente.	min	00:05:45	00:08:08	00:14:41
Pase al 1er Volquete	min	00:07:27	00:21:54	-

Excavadora 374 DL – Excavadora 390 DL: luego de procesar los datos y los resultados obtenidos de algunos indicadores de carguío tenemos que, como principal diferencia es la capacidad de cuchara. Esto trae consigo muchos otros indicadores que dificultan el cumplimiento de metas en las operaciones.

De igual manera tenemos variantes considerables en cuanto a rendimientos (TM/H) que la Exc. 390 DL tiene un mayor rendimiento que equivale al doble del que produce Exc. 374 DL, asimismo se puede hacer notar en algunos indicadores la experiencia del operador para la manipulación y obraje en campo.

Resaltar también que, en indicadores como el tiempo del ciclo de carguío, calentamiento de equipo, total de horas operativas y horas disponibles ambos equipos operan de manera similar, por los resultados que se muestran.

Algunos resultados obtenidos y otros que se han visto propiamente insitu tienen que ver con la capacitación, experiencia y condición emocional del operador. Lo cual en ocasiones se ve reflejado en la producción de la guardia.

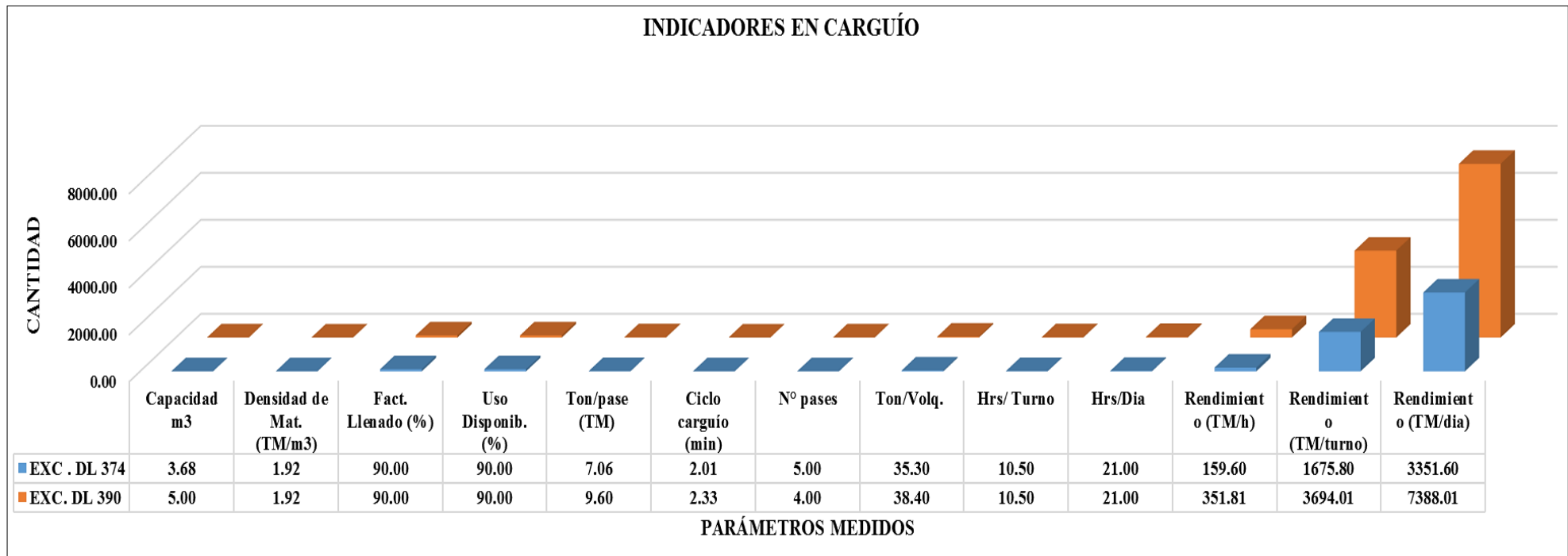


Figura 32. Comparación de indicadores en carguío

Excavadora 374 DL – Volquetes: debido a la poca capacidad de cuchara es que en algunos casos el operador de la excavadora tiene que realizar uno o dos pases más de material para poder completar la capacidad del volquete, lo que demanda alargar el tiempo del ciclo de carguío y acarreo, en consecuencia, se generará la cola de volquetes.

En cuanto al rendimiento para ambos equipos (excavadora y volquete) estos se ven ligeramente compensados ya que no se muestra diferencias considerables. Lo que nos permite decir que estarían dentro de los márgenes aceptables de rendimiento de equipos para la operación; a esto se agrega la buena compensación de las horas operativas, una gran diferencia en los tiempos de calentamiento y desplazamiento de equipos hacia el área de trabajo.

Excavadora 390 DL – Volquetes: en cuanto a la Exc. 390 DL gracias a la gran capacidad de cuchara permite tener un mayor rendimiento en el carguío de materia, siendo el número de pases para cargar a un volquete de 4, el cual se encuentra en un rango aceptable en lo que son operaciones mineras (López, 2014)

Sin embargo, debido a los resultados obtenidos no hay una buena expectativa en la parte de la flota de volquetes, ya que el rendimiento es por debajo de la mitad del equipo de carguío; esto podría deberse a que no hay una buena distribución y/o alimentación al frente de carguío en donde se encuentra operando la Exc. 390 DL.

En cuanto a las horas operativas se ve un buen aprovechamiento, lo que no pasa en con los tiempos de calentamiento y desplazamiento de equipos hacia el área de trabajo, en donde se encuentra el doble de demora por el lado de la flota de volquetes.

4.3 PROPUESTA

Al concluir con el procesamiento de los datos de nuestra investigación, obtuvimos los resultados presentes en la siguiente tabla, de la misma que se partirá para la propuesta de mejora en la reducción de los tiempos improductivos/demoras durante el carguío y acarreo.

Tabla 16. Evaluación económica de los equipos de carguío y acarreo.

COSTO PARCIAL DE CARGUÍO Y ACARREO				
ITEM	RECURSO	RATIO US. \$/TM	RENDIMIENTO (TM/día)	PARCIAL (US \$/Día)
1	Volquete MERCEDES	0.16	3031.6	490.64
2	Excavadora CAT 390	0.41	7388.0	3055.58
3	Excavadora CAT 374	0.89	3351.6	2982.55
TOTAL		1.47	13771.20	6528.78

Frente a los resultados obtenidos es que planteamos nuestra propuesta la cual se centra en la reducción de los tiempos improductivos/demoras durante el carguío y acarreo. Es por ello que tomamos en cuenta la clasificación de los tiempos de espera que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17. Clasificación de los tiempos de Espera/Demora

TIEMPO DE ESPERA/DEMORAS	
ÓPTIMO	0 - 1 min
MEDIO	1 - 2 min
COLAS	3 - + min

Fuente: (Briones, 2018)

Es así que en dicha tabla encontramos la clasificación de cuando las demoras se consideran ÓPTIMO (desde 0 min hasta menor o igual a 1 min.), MEDIO (es mayor o igual a 1 min hasta menor o igual a 2 min) o se consideran COLAS (tiempos mayores o iguales a 3 min.). En base a ello consideramos que durante las operaciones de carguío y acarreo se deben evitar las COLAS las cuales reducirán en gran cantidad el total del tiempo de demoras y en consecuencia las horas operativas de serán mayores.

Nuestra propuesta está basada en que solo consideramos las demoras óptimas y medias las cuales se encuentran dentro de los estándares normales de las operaciones mineras; es así también que en las recomendaciones describimos algunas acciones a seguir para poder conseguir buenos resultados.

Es así que con estas consideraciones realizamos una evaluación en los datos y comparamos los resultados normales y los de la propuesta, en donde obviamente esperamos una diferencia en los resultados obtenidos.

Tabla 18. Variación de rendimiento de equipos de carguío y acarreo.

ITEMS		Volquete MERCEDES	Excavadora CAT 374	Excavadora CAT 390
RENDIMIENTO TM/Hr	ANTES (Normal)	144.36	159.91	351.81
	DESPUES (Propuesta)	149.05	167.67	353.34
	AUMENTO	4.69	7.76	1.53
	TOTAL	4.69	9.29	

Tabla 19. Evaluación de ahorro económico.

COSTO PARCIAL DE CARGUÍO Y ACARREO				
ITEM	RECURSO	RATIO US. \$/TM	AUMENTO DE RENDIMIENTO (TM/día)	PARCIAL (US \$/Día)
1	Volquete MERCEDES	0.16	98.5	15.94
2	Excavadora CAT 390	0.41	32.1	13.29
3	Excavadora CAT 374	0.89	163.0	145.02
TOTAL		1.47	293.58	174.24

En esta tabla podemos ver que la flota de volquetes tiene un aumento de **98.5 TM/día** lo que equivaldría a **14.33 \$/día**, en cuanto a la Exc. CAT 390 el aumento es de **32.1 TM/día** equivalente a **11.95 \$/día** y finalmente Exc. CAT 374 aumentado en **163 TM/día** que en costo parcial vendría a ser **130.46 \$/día**. Así mismo como otra de las alternativas para una mayor producción sería el cambio de cuchara de la Exc. CAT 374 por una de la misma capacidad de la Exc CAT 390 (5 m³).

NOTA: en cuanto al tipo de cambio para dólares se ha considera 3.28 \$ a la fecha de 5/08/2018, en todos nuestros cálculos de costos.

Tabla 20. Evaluación económica del factor humano.

COSTO EN OPERADORES	Hr. Disponibles	Hr. Operativas Antes	Hr. Operativas con Propuesta	Tiempo ahorrado	Ahorro \$/ - día	Ahorro Total \$/ - día
Operador de Volquete	11:00:00	08:12:14	08:15:17	00:03:03	0.51	14.61
Operador de Exc.CAT 374	11:00:00	08:47:22	09:01:46	00:14:24	2.40	
Operador de Exc.CAT 390	11:00:00	08:00:38	09:10:49	01:10:11	11.70	

En referencia a la tabla anterior se presenta cuanto sería el ahorro económico en la parte del factor humano, ya que con los mismos recursos brindados se realiza un mayor trabajo con el incremento en las horas operativas y esto impacta a la producción de la mina.

Esto es beneficioso para la compañía minera ya que el tiempo de producción de los equipos – Operadores serán mayor, pero con el mismo pago inicial (sin incremento y/o adicional).

Finalmente podemos comprobar que efectivamente, el rendimiento de los equipos (excavadoras y volquetes) ha aumentado, lo que nos permite cumplir con los objetivos de una mayor producción diaria y mensual.

4.4 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El estudio de la presente investigación nos ha permitido ver cuáles son los principales puntos de demoras y que generan mayor tiempo improductivo dentro de las actividades de carguío y acarreo, es así que a partir de ello realizamos la propuesta de reducción de los mismos a fin de generar mayores horas operativas para que los equipos involucrados (excavadoras y volquetes) puedan tener un mayor rendimiento y ayudar a cumplir con la producción diaria y mensual.

Viéndose efectivamente que se presenta un ahorro en los tiempos operativos y por ello el aumento en los rendimientos de los equipos, es que podemos decir que la propuesta planteada contrasta que hay una mejora como lo muestra la **tabla N°19**, la que asegura la aseveración de nuestra hipótesis inicial en nuestra investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La minimización de tiempos improductivos logra la disminución de horas de demora en carguío y acarreo, siendo la reducción a un tiempo menor o igual a 3 min.

Aumentamos la producción y beneficios en equipos de carguío y acarreo. En cada volquete un aumento de 98.5 TM/día lo que equivaldría a 14.33 \$/día, en la Exc. CAT 390 DL el aumento es de 32.1 TM/día equivalente a 11.95 \$/día y en la Exc. CAT 374 DL un aumento de 163 TM/día equivalente a 130.46 \$/día.

El porcentaje de utilización aumentó en 3% (374 DL) y 10% (390 DL) en carguío y 3% en acarreo.

5.2 RECOMENDACIONES

Reactivar el sistema de despacho para carguío y acarreo y hacer una contrastación y análisis de los datos del sistema y los obtenidos en campo, esto para tener un mejor monitoreo de las operaciones.

Contar con controladores de tiempos y producción durante el carguío y acarreo, los que comuniquen a los jefes de guardia, áreas de operaciones y planeamiento mina para informar de la producción horaria, demoras y cualquier incidente en las operaciones.

Promover la capacitación técnica y capacitación del personal de carguío y acarreo, que permita tener un mayor y mejor manejo de sus equipos, reflejando mejoras en el ciclo de

las operaciones mineras.

Implementar un ranking mensual en relación a la productividad de cada operador (carguío y acarreo) siendo este un indicador de mejora, pero con seguridad, más no debe ser motivo de correr más o de incumplir condiciones de seguridad que puedan traer consigo accidentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, E. 2017. Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. p.140-205
- Barrientos, V. 2014. Análisis de factores operacionales en detenciones y productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto. (tesis de pregrado). Universidad de Chile. Santiago de Chile. Chile.
- Castillo, F. 2016. Optimización de la producción en carguío y acarreo mediante la utilización del sistema Jigsaw – Leica en Minera Toquepala S.R.L. (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo. Cajamarca. Perú.
- Condori, G. 2016. Análisis estadístico multivariante y modelamiento de datos geoquímicos del yacimiento epitermal de alta sulfuración Mirador Norte – Cajamarca (tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú. p. 14-19.
- Moreyra, R. 2015. Planeamiento Estratégico Cia. Minera Coimolache. Cajamarca. 5,17 Diapositiva.
- Estrella, V; Lavado, C; 2016. 10 Mejores Trabajos de Investigación y Tecnología Minera. Primera Edición. p.14-16
- Gonzales, H. 2017. Selección y asignación óptima de equipos de carguío para el cumplimiento de un plan de producción en minería a cielo abierto. (tesis de pregrado). Universidad de Chile. Santiago de Chile. Chile.
- García, R. 2000. Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto. Sevilla. España. p.82, 249.
- López, C; López, E; García, P; Hernando, A; 2014. Manual de transporte con volquetes

y diseño de pistas mineras. Rios Rosas. Madrid. p.155 -182.

Fuentes, J. 2000. Manual de Rendimiento Caterpillar. 31 Edición. Peoria, Illinois, EE.UU. p.163 - 221.

Mauricio, 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 pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú.

Ortiz, J. 2014. Curso de Minería. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad de Chile. Santiago, Chile. 3 - 10 Diapositiva.

Paredes, C. 2017. “Sistema de Control de Flota – Minera Goldfields”. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. 2 Diapositivas.

Pérez, P. 2018. Peña de las Águilas. Transición Pórfido a Epitermal en Tantahuatay, Proyecto Minero Aurífero en Cajamarca, Perú.

Quiroga, P. 2016. Diseño de herramienta computacional para control de KPI de operadores de carguío y transporte – Mina Los Bronces. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería de Minas. Santiago de Chile. p. 16 – 19.

Rojas, L; 1996. Seminario selección de equipos y maquinaria en la industria minera. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú. Primera Edición. p.63 – 81.


Rondón, O. 2014. Nueva Visión de Costeo. Congreso Internacional de Gestión Minera (II, Lima, Perú). Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. 3 Diapositiva.

Saldaña, A. 2013. Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el Tajo Chaquicocha bajo clima severo – Minera Yanacocha (tesis de pregrado) Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.p.140-205

ANEXOS

1. Formato/data de control de tiempos en carguío.
2. Formato/data de control de tiempos en acarreo.
3. Horario de operaciones CMC.
4. Costos y equipos de carguío y acarreo
5. Fotos de campo y operaciones.

1. Formato/data de control de tiempos en carguío.

PLANEAMIENTO MINA - CARGUIO - CIA.COIMOLACHE. 											
BANCO: B 3960 MATERIAL: Mineral. N° VOLQUETE: DL 374 OPERADOR: Manuel Gonzales Rojas Capac. Exc.: 3.68 m3				Hr. Calentamiento Exc.: iación; Lift 4; Celda 26 Hr. Arreglo de Frente: 2.5 km Hrs. Operativas: 04:10:17 hr Hr. Disponibles: 05:00:00 hr Capac. VOLQ: 20 m3							
MUESTRA	FECHA	TIEMPO SPOT	N° VOLQUETE	TIEMPOS					N° PASES	COLAS	TIEMPO DE CICLO
				PASE 1		PASE 2	PASE 3	PASE 4			
				EXCAVADORA	VOLQUETE						
1	05/08/2018	00:00:00	194	07:13:47		07:14:06	07:14:25	07:14:44		5	00:00:57
2	05/08/2018	00:00:24	240	07:15:08		07:15:26	07:15:44	07:16:01		5	00:01:17
3	05/08/2018	00:00:40	268	07:16:41		07:17:00	07:17:19	07:17:38		5	00:01:37
4	05/08/2018	00:00:27	287	07:18:05		07:18:24	07:18:42	07:18:59		6	00:01:21
5	05/08/2018	00:00:29	285	07:19:28		07:19:58	07:20:12	07:20:31		5	00:01:32
6	05/08/2018	00:00:46	271	07:21:17		07:21:34	07:21:52	07:22:11		5	00:01:40
7	05/08/2018	00:00:32	286	07:22:43		07:23:04	07:23:25	07:23:44		5	00:01:33
8	05/08/2018	00:00:24	283	07:24:08		07:24:26	07:24:45	07:25:02		5	00:01:18
9	05/08/2018	00:08:51	194		07:33:53	07:34:12	07:34:32	07:34:52		5	00:09:50
10	05/08/2018	00:01:22	240		07:36:14	07:36:34	07:36:54	07:37:11		5	00:02:19
11	05/08/2018	00:01:57	268		07:39:08	07:39:28	07:39:46	07:40:04		5	00:02:53
12	05/08/2018	00:00:28	287	07:40:32		07:40:53	07:41:12	07:41:32		5	00:01:28
13	05/08/2018	00:00:06	285	07:41:38		07:42:17	07:42:35	07:42:55		5	00:01:23
14	05/08/2018	00:00:27	271	07:43:22		07:43:43	07:44:03	07:44:22		5	00:01:27
15	05/08/2018	00:00:28	286	07:44:50		07:45:09	07:45:27	07:45:46		5	00:01:24
16	05/08/2018	00:00:29	283	07:46:15		07:46:34	07:46:54	07:47:13		5	00:01:27
17	05/08/2018	00:06:44	194		07:53:57	07:54:15	07:54:33	07:54:51		5	00:07:38
18	05/08/2018	00:01:16	240		07:56:07	07:56:34	07:56:54	07:57:14		5	00:02:23
19	05/08/2018	00:01:28	268		07:58:42	07:59:03	07:59:23	07:59:40		5	00:02:26
20	05/08/2018	00:00:32	287	08:00:12		08:00:33	08:00:54	08:01:11		5	00:01:31
21	05/08/2018	00:00:27	285	08:01:38		08:01:58	08:02:18	08:02:39		6	00:01:28
22	05/08/2018	00:01:13	271		08:03:52	08:04:12	08:04:33	08:04:52		5	00:02:13
23	05/08/2018	00:00:26	286	08:05:18		08:05:39	08:06:00	08:06:19		5	00:01:27
24	05/08/2018	00:00:25	283	08:06:44		08:07:05	08:07:25	08:07:45		5	00:01:26
25	05/08/2018	00:06:29	194		08:14:14	08:14:34	08:14:44	08:15:14		6	00:07:29
26	05/08/2018	00:01:17	240		08:16:31	08:16:53	08:17:11	08:17:30		5	00:02:16
27	05/08/2018	00:00:31	273	08:18:01		08:18:22	08:18:44	08:19:04		5	00:01:34
28	05/08/2018	00:00:29	268	08:19:33		08:19:53	08:20:12	08:20:30		5	00:01:26
29	05/08/2018	00:00:24	287	08:20:54		08:21:14	08:21:34	08:21:54		5	00:01:24
30	05/08/2018	00:00:29	285	08:22:23		08:22:43	08:23:05	08:23:24		5	00:01:30
31	05/08/2018	00:00:34	271	08:23:58		08:24:17	08:24:37	08:24:57		5	00:01:33
32	05/08/2018	00:00:52	286	08:25:49		08:26:08	08:26:29	08:26:49		5	00:01:52
33	05/08/2018	00:00:51	283	08:27:40		08:28:03	08:28:24	08:28:45		5	00:01:56
34	05/08/2018	00:05:58	194		08:34:43	08:35:08	08:35:29	08:35:39	08:36:04	6	00:07:19
35	05/08/2018	00:01:05	240	08:37:09		08:37:29	08:37:49	08:38:07		5	00:02:03
36	05/08/2018	00:01:45	268		08:39:52	08:40:14	08:40:35	08:40:54		5	00:02:47
37	05/08/2018	00:00:40	273		08:41:34	08:41:55	08:42:13	08:42:32		5	00:01:38
38	05/08/2018	00:00:26	287	08:42:58		08:43:28	08:43:50	08:44:10		5	00:01:38
39	05/08/2018	00:00:50	285	08:45:00		08:45:20	08:45:42	08:46:01		5	00:01:51
40	05/08/2018	00:00:44	271	08:46:45		08:47:08	08:47:28	08:47:49		5	00:01:48
41	05/08/2018	00:00:32	286	08:48:21		08:48:40	08:49:02	08:49:20		5	00:01:31
42	05/08/2018	00:00:25	283	08:49:45		08:50:05	08:50:26	08:50:46		5	00:01:26
43	05/08/2018	00:00:44	194	08:51:30		08:51:49	08:52:10	08:52:29		5	00:01:43
44	05/08/2018	00:01:38	240	08:54:07		08:54:29	08:54:51	08:55:13		5	00:02:44
45	05/08/2018	00:00:27	268	08:55:40		08:56:00	08:56:20	08:56:39		5	00:01:26
46	05/08/2018	00:01:24	287		08:58:03	08:58:26	08:58:48	08:59:10		5	00:02:31
47	05/08/2018	00:03:02	285		09:02:12	09:02:32	09:02:51	09:03:13		5	00:04:03
48	05/08/2018	00:00:28	271		09:03:41	09:04:03	09:04:25	09:04:46		5	00:01:33
49	05/08/2018	00:00:50	286		09:05:36	09:05:56	09:06:16	09:06:35		5	00:01:49
50	05/08/2018	00:01:43	283		09:08:18	09:08:45	09:09:08	09:09:29		5	00:02:54
51	05/08/2018	00:01:17	273		09:10:46	09:11:06	09:11:25	09:11:46		5	00:02:17
52	05/08/2018	00:00:30	194		09:12:16	09:12:38	09:12:57	09:13:16		5	00:01:30
53	05/08/2018	00:00:44	240	09:14:00		09:14:20	09:14:40	09:15:01		6	00:01:45
54	05/08/2018	00:01:40	268		09:16:41	09:17:03	09:17:24	09:17:43		5	00:02:42
55	05/08/2018	00:00:34	287	09:18:17		09:18:42	09:19:02	09:19:22		5	00:01:39
56	05/08/2018	00:00:53	271		09:20:15	09:20:36	09:20:56	09:21:16		5	00:01:54
57	05/08/2018	00:00:29	285	09:21:45		09:22:06	09:22:26	09:22:48		5	00:01:32
58	05/08/2018	00:00:27	283	09:23:15		09:23:34	09:23:54	09:24:17		5	00:01:29
59	05/08/2018	00:00:29	286	09:24:46		09:25:09	09:25:29	09:25:48		5	00:01:31
60	05/08/2018	00:01:36	194	09:27:24		09:27:44	09:28:04	09:28:23		5	00:02:35
61	05/08/2018	00:00:37	273	09:29:00		09:29:22	09:29:44	09:30:04		5	00:01:41
62	05/08/2018	00:01:58	287		09:32:02	09:32:25	09:32:46	09:33:07		5	00:03:03
63	05/08/2018	00:00:27	240	09:33:34		09:33:55	09:34:16	09:34:36		5	00:01:29
64	05/08/2018	00:00:27	271	09:35:03		09:35:24	09:35:44	09:36:04		5	00:01:28
65	05/08/2018	00:00:26	268	09:36:30		09:36:49	09:37:09	09:37:27		6	00:01:23

PLANEAMIENTO MINA - CARGUIO - CIA.COIMOLACHE.

BANCO: B 3960
MATERIAL: Mineral.
N° VOLQUETE: DL 374
OPERADOR: Manuel Gonzales Rojas
Capac. Exc.: 3.68 m3

Hr. Calentamiento Exc.: iación; Lift 4; Celda 26
Hr. Arreglo de Frente: 2.5 km
Hrs. Operativas: 04:10:17 hr
Hr. Disponibles: 05:00:00 hr
Capac. VOLQ: 20 m3



MUESTRA	FECHA	TIEMPO SPOT	N° VOLQUETE	TIEMPOS						N° PASES	COLAS	TIEMPO DE CICLO
				PASE 1		PASE 2	PASE 3	PASE 4	PASE 5			
				EXCAVADORA	VOLQUETE							
66	05/08/2018	00:00:27	283	09:37:54		09:38:15	09:38:34	09:38:51		5		00:01:24
67	05/08/2018	00:03:35	194		09:42:26	09:42:46	09:43:06	09:43:26		5		00:04:35
68	05/08/2018	00:00:39	286	09:44:05		09:44:27	09:44:48	09:45:07		5		00:01:41
69	05/08/2018	00:00:28	287	09:45:35		09:45:55	09:46:15	09:46:33		5		00:01:26
70	05/08/2018	00:01:08	273		09:47:41	09:48:03	09:48:22	09:48:40		5		00:02:07
71	05/08/2018	00:00:34	271	09:49:14		09:49:33	09:49:52	09:50:10		5		00:01:30
72	05/08/2018	00:00:23	283	09:50:33		09:50:53	09:51:14	09:51:35		5		00:01:25
73	05/08/2018	00:00:28	240	09:52:03		09:52:26	09:52:45	09:53:03		5		00:01:28
74	05/08/2018	00:01:53	268		09:54:56	09:55:21	09:55:41	09:56:00		5		00:02:57
75	05/08/2018	00:00:28	194	09:56:28		09:56:49	09:57:10	09:57:30		5		00:01:30
76	05/08/2018	00:03:51	287		10:01:21	10:01:47	10:02:06	10:02:26		5		00:04:56
77	05/08/2018	00:00:32	286	10:02:58		10:03:32	10:03:53	10:04:14		5		00:01:48
78	05/08/2018	00:00:26	271	10:04:40		10:05:03	10:05:24	10:05:42		5		00:01:28
79	05/08/2018	00:00:33	273	10:06:15		10:06:38	10:07:00	10:07:20		5		00:01:38
80	05/08/2018	00:00:28	283	10:07:48		10:08:08	10:08:28	10:08:46		5		00:01:26
81	05/08/2018	00:01:46	194	10:10:32		10:10:51	10:11:11	10:11:31		5	1	00:02:45
82	05/08/2018	00:00:53	240	10:12:24		10:12:47	10:13:07	10:13:28	10:13:44	6	2	00:02:13
83	05/08/2018	00:00:43	268	10:14:11		10:14:38	10:15:16	10:15:40	10:15:58	6	1	00:02:30
84	05/08/2018	00:00:38	287	10:16:36		10:16:52	10:17:13	10:17:30		5		00:01:32
85	05/08/2018	00:01:15	271		10:18:45	10:19:08	10:19:31	10:19:50		5		00:02:20
86	05/08/2018	00:01:54	286		10:21:44	10:22:04	10:22:22	10:22:42		5		00:02:52
87	05/08/2018	00:01:28	283	10:24:10		10:24:31	10:24:51	10:25:11		5	1	00:02:29
88	05/08/2018	00:00:28	273	10:25:39		10:26:00	10:26:19	10:26:41		5		00:01:30
89	05/08/2018	00:01:25	240		10:28:06	10:28:25	10:28:45	10:28:59		5	2	00:02:18
90	05/08/2018	00:00:55	268	10:29:54		10:30:14	10:30:34	10:30:53		5	2	00:01:54
91	05/08/2018	00:00:44	194	10:31:37		10:31:58	10:32:13	10:32:40	10:33:10	6	1	00:02:17
92	05/08/2018	00:00:43	287	10:33:53		10:34:13	10:34:31	10:34:50		5		00:01:40
93	05/08/2018	00:00:39	286	10:35:29		10:35:46	10:36:05	10:36:26	10:36:38	6		00:01:48
94	05/08/2018	00:01:29	271		10:38:07	10:38:26	10:38:45	10:39:06		5		00:02:28
95	05/08/2018	00:00:35	273	10:39:41		10:40:00	10:40:18	10:40:37		5		00:01:31
96	05/08/2018	00:00:27	240	10:41:04		10:41:24	10:41:44	10:42:03		5	1	00:01:26
97	05/08/2018	00:00:30	283	10:42:33		10:42:51	10:43:09	10:43:28		5		00:01:25
98	05/08/2018	00:02:42	194		10:46:10	10:46:32	10:46:52	10:47:12		5		00:03:44
99	05/08/2018	00:01:26	268		10:48:38	10:48:57	10:49:16	10:49:34		5		00:02:22
100	05/08/2018	00:00:53	286	10:50:27		10:50:46	10:51:05	10:51:23		5		00:01:49
101	05/08/2018	00:00:41	273	10:52:04		10:52:26	10:52:45	10:53:05		5	1	00:01:42
102	05/08/2018	00:00:26	287	10:53:31		10:53:51	10:54:10	10:54:31		5	1	00:01:26
103	05/08/2018	00:00:44	283	10:55:15		10:55:37	10:55:55	10:56:13		5		00:01:42
104	05/08/2018	00:00:58	271		10:57:11	10:57:29	10:57:49	10:58:09		5		00:01:56
105	05/08/2018	00:01:02	240		10:59:11	10:59:29	10:59:47	11:00:05		5		00:01:56
106	05/08/2018	00:02:13	286		11:02:18	11:02:39	11:02:58	11:03:19		5		00:03:14
107	05/08/2018	00:01:25	194		11:04:44	11:05:04	11:05:24	11:05:42		5		00:02:23
108	05/08/2018	00:00:25	287	11:06:07		11:06:32	11:06:54	11:07:14		5		00:01:32
109	05/08/2018	00:00:31	268	11:07:45		11:08:06	11:08:25	11:08:45		5		00:01:31
110	05/08/2018	00:00:59	273		11:09:44	11:10:03	11:10:22	11:10:39		5	1	00:01:54
111	05/08/2018	00:00:44	271	11:11:23		11:11:41	11:12:00	11:12:18		5		00:01:39
112	05/08/2018	00:01:23	240	11:13:41		11:14:01				5		00:01:43
113	05/08/2018	00:01:13	283	11:15:14		11:15:34	11:15:53	11:16:12		5		00:02:11
114	05/08/2018	00:02:28	194		11:18:40	11:18:59	11:19:19	11:19:38		5		00:03:26
115	05/08/2018	00:01:01	268		11:20:39	11:20:58	11:21:18	11:21:40		5		00:02:02
116	05/08/2018	00:00:28	286	11:22:08		11:22:30	11:22:50	11:23:10		5		00:01:30
117	05/08/2018	00:00:55	287	11:24:05		11:24:30	11:24:47	11:25:12		5		00:02:02
118	05/08/2018	00:01:06	271	11:26:18		11:27:11	11:27:31	11:27:55		5	2	00:02:43
119	05/08/2018	00:01:06	283	11:29:01		11:29:22	11:29:41	11:30:04		5		00:02:09
120	05/08/2018	00:00:31	273	11:30:35		11:30:54	11:31:15	11:31:34		5		00:01:30
121	05/08/2018	00:00:31	194	11:32:05		11:32:33	11:32:43	11:33:02		5		00:01:28
122	05/08/2018	00:01:52	268		11:34:54	11:35:37	11:35:37	11:35:54		5	1	00:02:52
123	05/08/2018	00:00:47	287	11:36:41		11:37:05	11:37:24	11:37:45		5		00:01:51
124	05/08/2018	00:01:38	286		11:39:23	11:39:44	11:40:04	11:40:23		5		00:02:38
125	05/08/2018	00:00:51	283	11:41:14		11:41:36	11:41:57	11:42:20	11:42:38	6		00:02:15
126	05/08/2018	00:01:35	194		11:44:13	11:44:32	11:44:53	11:45:14		5		00:02:36

2. Formato/data de control de tiempos en acarreo.

PLANEAMIENTO MINA - ACARREO - CIA.COIMOLACHE.

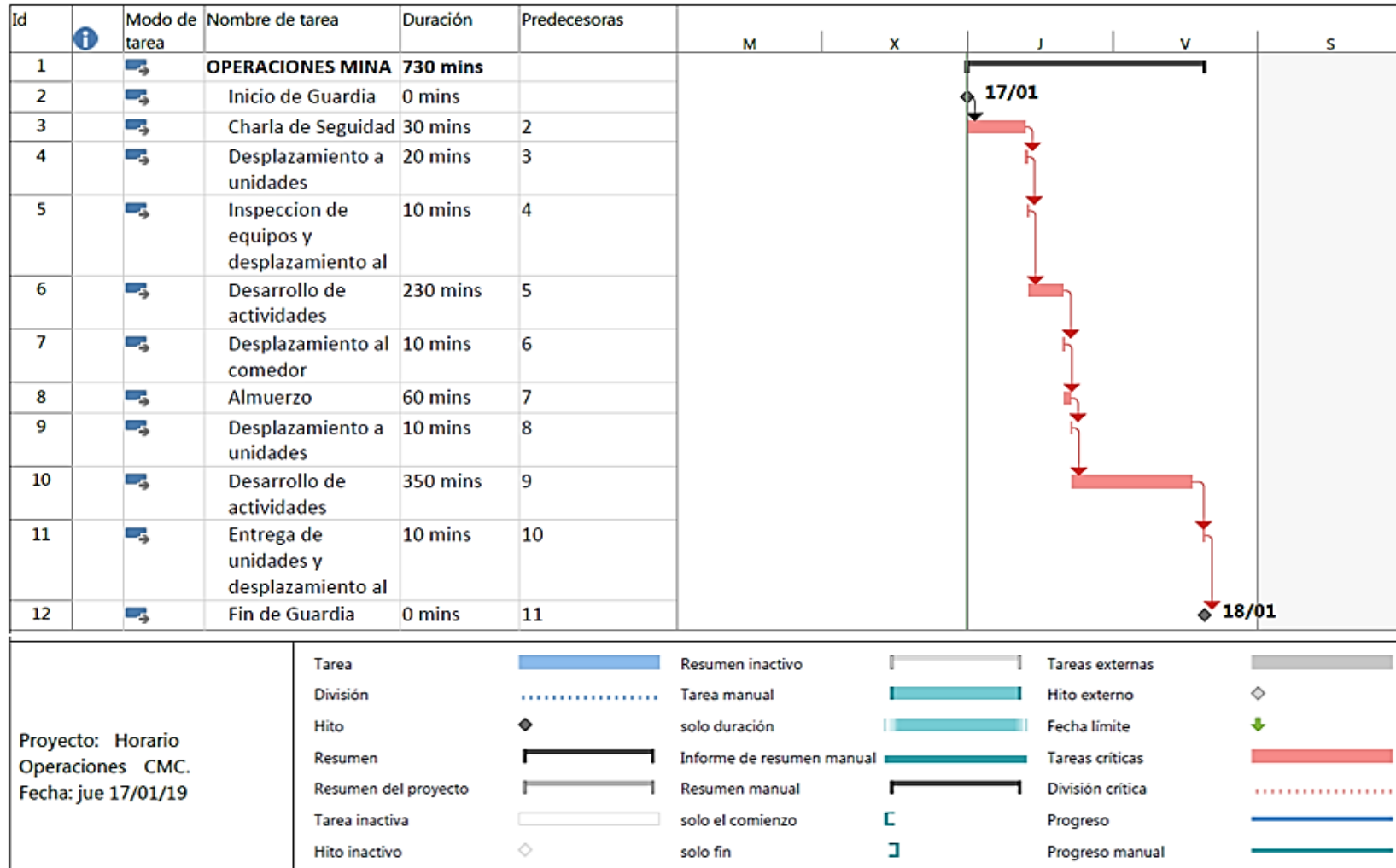


BANCO: B 3900
 MATERIAL: Mineral.
 N° VOLQUETE: 274
 OPERADOR: Ronal Aguilar Cortéz
 PROGRAMADO 14 Viajes

DESTINO: Pad de Lixiviación; Lift 4; Celda 26
 DISTANCIA: 2.5 km
 Hrs. Operativas: 04:10:17 hr
 Hr. Disponibles: 05:00:00 hr
 Capac. VOLQ: 20 m3

N°	N° VOLQUETE	EXC.	INICIO DE		DESCARGA		HORA DE		POSICIONAMIENTO		TIEMPOS DE (min)						DEMORAS (min)	TIEMPO CICLO (min)	OBSERVACIONES
			CARGUIO	TRASLADO	LLEGADA	INICIO	RETORNO	LLEGADA	INICIO	FIN	CARGÍO	TRASLADO	CUADRE	DESCARGA	REGRESO	POSICIONAMIENTO			
1	390	RE - 40	07:36:41	07:37:55	07:44:45	07:45:05	07:46:14	07:51:20	08:01:03	08:01:49	00:01:14	00:06:50	00:00:20	00:01:09	00:05:06	00:00:46	00:11:17	0:26:42	Demora por revision de neumaticos
2	390	RE - 40	08:03:23	08:04:40	08:11:55	08:12:29	08:13:40	08:19:05	08:19:20	08:19:50	00:01:17	00:07:15	00:00:34	00:01:11	00:05:25	00:00:30	00:00:58	0:17:10	
3	390	RE - 40	08:20:33	08:21:54	08:28:26	08:29:05	08:30:06	08:34:00	08:35:28	08:36:02	00:01:21	00:06:32	00:00:39	00:01:01	00:03:54	00:00:34	00:02:00	0:16:01	
4	390	RE - 40	08:36:34	08:37:56	08:44:32	08:45:02	08:46:08	08:51:30	08:53:24	08:54:32	00:01:22	00:06:36	00:00:30	00:01:06	00:05:22	00:01:08	00:03:09	0:19:13	
5	390	RE - 40	08:55:47	08:57:10	09:03:12	09:03:52	09:04:35	09:09:03	09:10:48	09:12:00	00:01:23	00:06:02	00:00:40	00:00:43	00:04:28	00:01:12	00:02:28	0:16:56	
6	390	RE - 40	09:12:43	09:13:58	09:20:21	09:20:40	09:21:45	09:26:02	09:28:07	09:29:05	00:01:15	00:06:23	00:00:19	00:01:05	00:04:17	00:00:58	00:03:08	0:17:25	
7	390	RE - 40	09:30:08	09:31:25	09:37:29	09:37:58	09:38:59	09:43:40	09:44:58	09:45:51	00:01:17	00:06:04	00:00:29	00:01:01	00:04:41	00:00:53	00:02:17	0:16:42	
8	390	RE - 40	09:46:50	09:48:14	09:54:36	09:55:00	09:56:00	10:00:30	10:00:45	10:01:09	00:01:24	00:06:22	00:00:24	00:01:00	00:04:30	00:00:24	00:00:59	0:15:03	
9	390	RE - 40	10:01:53	10:03:25	10:09:17	10:09:59	10:11:05	10:15:03	10:19:45	10:21:00	00:01:32	00:05:52	00:00:42	00:01:06	00:03:58	00:01:15	00:06:42	0:21:07	
10	390	RE - 40	10:23:00	10:24:17	10:31:02	10:31:20	10:32:26	10:37:12	10:40:22	10:41:18	00:01:17	00:06:45	00:00:18	00:01:06	00:04:46	00:00:56	00:04:25	0:19:33	
11	390	RE - 40	10:42:33	10:43:50	10:50:11	10:50:32	10:51:40	10:56:12	10:58:12	10:59:23	00:01:17	00:06:21	00:00:21	00:01:08	00:04:32	00:01:11	00:02:55	0:17:45	
12	390	RE - 40	11:00:18	11:01:37	11:07:53	11:09:15	11:10:19	11:14:06	11:33:05	11:34:04	00:01:19	00:06:16	00:01:22	00:01:04	00:03:47	00:00:59	00:21:43	0:36:30	Cambio y arreglo de frente por parte de la Excavadora
13	390	RE - 40	11:36:48	11:38:48	11:45:17	11:45:38	11:46:58				00:02:00	00:06:29	00:00:21	00:01:20	-	00:00:00	00:00:00	0:10:10	

3. Horario de operaciones CMC.



4. Costos y equipos de carguío y acarreo

A. Costos Horarios de los Equipos

Código	Equipo	Unidad	US\$/Hr	Cambio \$
V-268	Volquete MERCEDES	HM	25.83	3.28
RE-40	Excavadora CAT 390	HM	145.50	
RE-42	Excavadora CAT 374	HM	128.50	

B. Equipos de Carguío y Acarreo

Excavadora 374



Volquete 268



5. Fotos de campo y operaciones.



Foto 1. Campamento Cia. Coimolache.

En la foto 1 apreciamos la vista panorámica de Cia. Minera Coimolache, en donde tenemos delimitado de color azul la zona del campamento general, así mismo el color rojo nos indica la extensión del tajo THY 2, y la delimitación del color amarillo el Deposito de Material Orgánico.



Foto 2. Proceso de Carguío (Excavadoras)

En la foto 2 vemos a la Exc. 374 DL cargando de material al volquete, el cual corresponde al proceso de carguío.



Foto 3. Proceso de Transporte de Acarreo (Volquetes)

En la foto 3 vemos el acarreo o transporte de material saliendo por una ligera pendiente de la zona de carguío hacia el pad de lixiviación.



Foto 4. Pad de Lixiviación de Cia. Minera Coimolache

En la foto 4 se presenta la zona del pad de lixiviación, en donde apreciamos la disposición

del material en bancos (línea roja) y al mismo tiempo el sistema de riego con por medio de grandes extensiones de mangueras (líneas amarillas).



Foto 5. Panorámico del Tajo Tantauatay 2 – (Vista Norte)

En la foto 5 apreciamos de forma general las operaciones del tajo THY 2, en donde las líneas amarillas delimitan el frente de carguío de las operaciones (siendo en este caso 2 frentes), la delineación de las líneas rojas es la vía de acarreo y finalmente el contorno celeste es el proceso de carguío de taladros.

PLANOS

1. Plano N° 1: Ubicación del proyecto tantahuatay 2.
2. Plano N° 2: Geología regional del proyecto THY 2.
3. Plano N° 3: Geología local del proyecto THY 2.
4. Plano N° 4: Ruta de acarreo.
5. Plano N° 5: Perfil del diseño del tajo tantahuatay 2