

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



TESIS PROFESIONAL

**INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE
LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL
PAD DE LIXIVIACIÓN CIÉNAGA NORTE EN CIA. MINERA COIMOLACHE S.A.**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

Bach. Pedro Samir Salazar Chávez

ASESOR:

M.Cs. Víctor Ausberto Arapa Vilca

Cajamarca - Perú

2022

AGRADECIMIENTO

A Dios, ser supremo; por brindarme la salud para cumplir un objetivo más en mi vida, además de otorgarme la fuente de instrucción y sabiduría para desarrollarme personal e intelectualmente.

Mi agradecimiento también va dirigido a la Universidad Nacional de Cajamarca, por haberme permitido formarme en ella, brindándome los conocimientos necesarios para afrontar mi día a día.

De la misma manera agradezco a Consorcio El Imperio J&R Chugur, por permitirme desarrollar esta investigación y de manera exclusiva al Ing. Julio Córdova Gutiérrez por guiarme durante toda la etapa 1 fase 1 de la construcción del Pad de Lixiviación Ciénaga Norte en Cía. Minera Coimolache S.A.

Para finalizar, un reconocimiento especial a mi asesor Víctor Ausberto Arapa Vilca, por brindarme la guía metodológica y asistencia en la presente investigación.

Pedro Salazar

DEDICATORIA

La presente tesis lo dedico con mucho amor y cariño a mis queridos padres: Pedro Salazar Díaz y María Socorro Chávez Mantilla, quienes me brindaron su apoyo y consejos para afrontar los momentos difíciles a lo largo de toda mi formación académica; además, de haberme inculcado el respeto, la responsabilidad y la humildad.

Pedro Salazar

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE FOTOS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICAS	x
ABREVIACIONES	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	3
2.1.1. Internacionales	3
2.1.2. Nacionales.....	3
2.1.3. Locales	4
2.2. BASES TEÓRICAS	4
2.2.1. Productividad.....	4
2.2.2. Producción.....	7
2.2.3. Movimiento de Tierras	7
2.2.4. Plataforma de lixiviación (PAD).....	8
2.2.5. Sistema de carguío y acarreo en movimiento de tierras	12
2.2.6. Gestión de tiempos en el carguío y acarreo.....	20
2.2.7. Términos relacionados a la utilización del equipo	22
2.2.8. Indicadores Claves de Rendimiento (KPI)	24
2.2.9. KPIs de productividad.....	25
2.2.10. Diagrama de Pareto.....	26
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	27

CAPÍTULO III**MATERIALES Y MÉTODOS.....29**

3.1.	UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.1.1.	Ubicación geográfica	29
3.1.2.	Accesibilidad.....	29
3.2.	CONTEXTO GEOLÓGICO	29
3.2.1.	Geología Local	29
3.2.2.	Geología Regional	30
3.2.3.	Geología Estructural	30
3.2.4.	Geología del Yacimiento.....	30
3.3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.3.1.	Tipo, diseño y método de la investigación.	32
3.3.2.	Variables	33
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	33
3.4.1.	Técnicas	33
3.4.2.	Instrumentos, materiales y equipos	34
3.5.	PROCEDIMIENTOS	34
3.5.1.	Etapa 1: Estudio preliminar en gabinete	34
3.5.2.	Etapa 2: Recopilación de información en campo	34
3.5.3.	Etapa 3: Análisis de tiempos.....	35
3.5.4.	Etapa 4: Propuesta de mejora	35
3.5.5.	Etapa 5: Presentación de resultados	35
3.6.	DESCRIPCIÓN PANORAMICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PAD DE LIXIVIACIÓN CIÉNAGA NORTE FASE 1, ETAPA 1 (9.0 HA)	36
3.6.1.	Datos generales del proyecto	36
3.6.2.	Planeamiento de la construcción del Pad	36
3.6.3.	Dimensionamiento de flota de movimiento de tierras.....	47
3.6.4.	Estado actual de movimiento de tierras en la construcción del PAD.....	49
3.7.	MEDICIÓN DE DATA	57
3.8.	CLASIFICACIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS.....	59
3.9.	TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	60
3.10.	IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORAS Y CONTROLES EN CARGUÍO Y ACARREO	62

	Pág.
3.10.1. Análisis de los principales factores que generan tiempos improductivos	63
3.10.2. Propuestas de mejoras y controles en las actividades principales que ayudaran a incrementar la productividad	65

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	72
4.1. ANÁLISIS DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS	72
4.1.1. Tiempos improductivos en Carguío	72
4.1.2. Tiempos improductivos en acarreo	76
4.2. INCREMENTO DE LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS	80
4.2.1. Utilización en los equipos de carguío	81
4.2.2. Utilización en los equipos de acarreo	83
4.3. RENDIMIENTOS DE EQUIPOS EN CARGUÍO Y ACARREO	85
4.4. MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE CARGUÍO Y ACARREO	92
4.5. INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN	94
4.6. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	97

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
5.1. CONCLUSIONES	98
5.2. RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
ANEXOS	103

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ciclo de carguío.....	13
Tabla 2. Capacidad del Cucharón	15
Tabla 3. Factor de Eficiencia Horaria	16
Tabla 4. Ciclo de Acarreo en movimiento de tierras	17
Tabla 5. Especificaciones Técnicas de volquete Mercedes – Benz Actros 3344 K.....	17
Tabla 6. Especificaciones Técnicas de volquete volvo FMX 440/480 6x4R	18
Tabla 7. Condiciones de obra.....	19
Tabla 8. Determinación de la eficiencia general	19
Tabla 9. Accesibilidad a la zona del proyecto.....	29
Tabla 10. Variables	33
Tabla 11. Equipos utilizados en la construcción del PAD fase 1, etapa 1	47
Tabla 12. Equipos de carguío de Consorcio El Imperio J&R en el año 2018	48
Tabla 13. Equipos de acarreo de Consorcio El Imperio J&R en el año 2018	48
Tabla 14. Especificaciones de Material para Relleno Estructural	53
Tabla 15. Índices de Plasticidad para Relleno Estructural	53
Tabla 16. Promedio de % de utilización mensual de las excavadoras en los meses de junio, julio y agosto del 2018.....	54
Tabla 17. Promedio de % de utilización mensual de volquetes en los meses de junio, julio y agosto del 2018	55
Tabla 18. Distribución de horas totales y tiempos improductivos.....	61
Tabla 19. Horas de demoras en carguío en los meses de junio, julio y agosto 2018.....	73
Tabla 20. Horas de demoras en carguío en los meses de septiembre, octubre y noviembre 2018.....	74
Tabla 21. Horas de demoras en acarreo de los meses de junio, julio y agosto 2018.....	77
Tabla 22. Horas de demoras en acarreo de los meses de septiembre, octubre y noviembre 2018.....	79
Tabla 23. Promedio de utilización (%) de las excavadoras en los meses de junio, julio y agosto antes de aplicar los controles.....	81
Tabla 24. Promedio de utilización (%) de las excavadoras en los meses de septiembre, octubre y noviembre después de aplicar los controles	82

	Pág.
Tabla 25. Promedio de utilización (%) de los volquetes en los meses de junio, julio y agosto antes de aplicar los controles.....	83
Tabla 26. Promedio de utilización (%) de los volquetes en los meses de septiembre, octubre y noviembre después de aplicar los controles	84
Tabla 27. Productividad promedio mensual en carguío y acarreo de material de corte en los meses de junio a agosto	92
Tabla 28. Productividad promedio mensual en carguío y acarreo de material de corte en los meses de septiembre a noviembre	92
Tabla 29. Productividad promedio mensual en carguío y acarreo de material de relleno estructural en los meses de junio a agosto	93
Tabla 30. Productividad promedio mensual en carguío y acarreo de material de relleno estructural en los meses de septiembre a noviembre	94
Tabla 31. Metros cúbicos diarios de material de corte y relleno producidos antes....	95
Tabla 32. Metros cúbicos diarios de material de corte y relleno producidos después	95

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. PAD de lixiviación construido (Cárdenas, 2017)	8
Figura 2. Dimensiones de la Excavadora CAT 336 DL. Tomado del catálogo Caterpillar	14
Figura 3. Partes de la Excavadora CAT 336 DL. Tomado de maqpe.com	14
Figura 4. Equipos auxiliares utilizados en movimiento de tierras (Ramos, 2018)....	20
Figura 5. Diagrama de horas utilizadas en los equipos (Saldaña, 2013)	23
Figura 6. Indicadores claves de desempeño más usados en carguío y acarreo (Ramírez, 2006).....	25
Figura 7. Esquema de la metodología de trabajo	31
Figura 8. Distribución de los frentes de trabajo (CIJ&RC, 2018).....	37
Figura 9. Volúmenes de material para corte en el PAD según diseño (CIJ&RC, 2018)	39
Figura 10. Volúmenes de relleno en el PAD según diseño (CIJ&RC, 2018)	40
Figura 11. Sistema de subdrenaje del PAD Ciénaga Norte según diseño (CIJ&RC, 2018)	42
Figura 12. Sistema de revestimiento del PAD Ciénaga Norte según diseño (CIJ&RC, 2018)	44
Figura 13. Diseño del sistema de colección de solución del PAD Ciénaga Norte (CIJ&RC, 2018)	46
Figura 14. Distribución de tiempos improductivos	60

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Excavadoras realizando desbroce de material orgánico en zona de corte del PAD Ciénaga Norte	9
Foto 2. Zona de relleno PAD Ciénaga Norte	9
Foto 3. Ramal principal del sistema de subdrenaje en el PAD de lixiviación Ciénaga Norte	11
Foto 4. Colocación de suelo de baja permeabilidad en el PAD CN	11
Foto 5. Instalación de Tuberías de Solución en el PAD CN.....	12
Foto 6. Limpieza y desbroce de material orgánico del frente 4 del PAD	49
Foto 7. Descarga de topsoil en depósito DMO2	50
Foto 8. Corte de suelo de baja permeabilidad en el frente 3 y 4 del PAD	50
Foto 9. Carguío de material inadecuado en el frente 1 del PAD	51
Foto 10. Excavadora martillo realizando corte en zona rocosa.....	51
Foto 11. Corte simple de material para nivelación del PAD en el frente 3	52
Foto 12. Transporte de material de relleno al frente 1	53
Foto 13. Empozamiento de agua en el PAD por condiciones climáticas	63
Foto 14. Levantamiento del sistema de subdrenaje, ramal 3 en el frente 5 del PAD, con equipo topográfico de alta precisión	65
Foto 15. Pisos en carguío en el frente 3 del PAD antes de aplicar controles	66
Foto 16. Control de pisos en carguío en el frente 3 del PAD	66
Foto 17. Riego de vías para disipación del polvo en el PAD, accesos y botaderos ..	67
Foto 18. Motoniveladora y Rodillo realizando Mantenimiento de vías	67
Foto 19. Empuje de material inadecuado en depósito DMI	68
Foto 20. Proceso de inducción y entrega de estándares para ingreso de personal ..	68
Foto 21. Charlas a supervisores y operadores acerca de la importancia de evitar las actividades que generan tiempos improductivos	69
Foto 22. Construcción de acceso de ingreso al PAD.....	70
Foto 23. Carguío de roca producto de voladura	70
Foto 24. Capacitaciones de personal en campo.....	71

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Porcentaje de utilización mensual de las excavadoras en los meses de junio, julio y agosto del 2018.....	54
Gráfica 2. Porcentaje de utilización mensual de volquetes en los meses de junio, julio y agosto del 2018.....	56
Gráfica 3. Representación gráfica de las demoras en carguío en los meses de junio, julio y agosto 2018	73
Gráfica 4. Diagrama de Pareto para las demoras en carguío en los meses de junio, julio y agosto 2018	74
Gráfica 5. Representación gráfica de las demoras en carguío en los meses de septiembre, octubre y noviembre 2018.....	75
Gráfica 6. Diagrama de Pareto para las demoras en carguío en los meses de septiembre, octubre y noviembre 2018.....	76
Gráfica 7. Representación gráfica de las demoras en acarreo de los meses de junio, julio y agosto 2018	77
Gráfica 8. Diagrama de Pareto para las demoras en acarreo de los meses de junio, julio y agosto 2018	78
Gráfica 9. Representación gráfica de las demoras en acarreo de los meses de septiembre, octubre y noviembre 2018.....	79
Gráfica 10. Diagrama de Pareto para las demoras en acarreo de los meses de septiembre, octubre y noviembre 2018.....	80
Gráfica 11. Incremento del % de utilización en carguío, antes (junio - agosto) y después (septiembre - noviembre) de aplicar el estudio.	82
Gráfica 12. Incremento del % de utilización en acarreo, antes (junio - agosto) y después (septiembre - noviembre) de aplicar el estudio	85
Gráfica 13. Rendimiento promedio mensual de excavadoras en material de corte del PAD de los meses de junio, julio y agosto (antes).....	86
Gráfica 14. Rendimiento promedio mensual de excavadoras en material de corte del PAD de los meses de septiembre, octubre y noviembre (después)	86
Gráfica 15. Rendimiento promedio mensual de excavadoras en acopios de relleno estructural en los meses de junio, julio y agosto (antes)	87

	Pág.
Gráfica 16. Rendimiento promedio mensual de excavadoras en acopios de relleno estructural en los meses de septiembre, octubre y noviembre (después)	87
Gráfica 17. Rendimiento promedio de volquetes en acarreo de material de corte del PAD a depósitos en los meses de junio, julio y agosto (antes).....	88
Gráfica 18. Rendimiento promedio de volquetes en acarreo de material de corte del PAD a depósitos en los meses de septiembre, octubre y noviembre (después)	89
Gráfica 19. Rendimiento promedio de volquetes en acarreo de relleno estructural de acopios al PAD en los meses de junio, julio y agosto (antes)	90
Gráfica 20. Rendimiento promedio de volquetes en acarreo de relleno estructural de acopios al PAD en los meses de septiembre, octubre y noviembre (después)	91
Gráfica 21. Productividad promedio mensual de material de corte antes y después del estudio.....	93
Gráfica 22. Productividad promedio mensual de relleno estructural antes y después del estudio.....	94
Gráfica 23. Producción diaria de material de corte y relleno ejecutado vs presupuestado antes del estudio	95
Gráfica 24. Producción diaria de material de corte y relleno ejecutado vs presupuestado después del estudio	96
Gráfica 25. Consolidado de producción diaria promedio antes y después del estudio.....	96

ABREVIACIONES

CAT	: Caterpillar
Cía.	: Compañía
CIJ&RC	: Consorcio El Imperio J&R Chugur
CN	: Ciénaga Norte
D	: Demoras
DM	: Disponibilidad mecánica
DMI	: Deposito de material inadecuado
DMO2	: Deposito de material orgánico 2
DNO	: Demoras no operativas
DO	: Demoras operativas
Ha	: Hectáreas
HD	: Horas disponibles
HDNT	: Horas disponibles no trabajadas
HM	: Horas maquina
HMTTO	: Horas de mantenimiento
HND	: Horas no disponibles
HNP	: Horas no programadas
HP	: Horas programadas
Hr	: Hora
m.s.n.m.	: Metros sobre el nivel del mar
HT	: Horas efectivas trabajadas
KPIs	: Indicadores claves de rendimiento
m ³	: Metros cúbicos
m ³ /hm	: Metros cúbicos por hora maquina
PAD	: Lugar preparado para recibir mineral
SB	: Stand by
\$: Dólar
\$/m ³	: Dólares por metro cubico
TT	: Horas totales
UT	: Utilización

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el PAD Ciénaga Norte, perteneciente a Cía. Minera Coimolache S.A., ubicado en el distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc y departamento de Cajamarca. En los primeros meses (junio, julio y agosto) de la construcción del Pad en su fase 1, etapa 1 (9.0 Ha) se tuvo deficiencias en las operaciones unitarias, lo que repercutió en el incumplimiento del programa de avance del proceso constructivo. Siendo el carguío y acarreo las actividades más influyentes; por lo que se realizó estudios en estos procesos, encontrando que lo más significativo fue la presencia de tiempos improductivos o demoras, debido a que afectan negativamente a los KPIs operativos y la utilización de los equipos, reduciendo el rendimiento y productividad de los mismos. El objetivo principal es identificar, clasificar, cuantificar y analizar dichos tiempos improductivos presentes en las actividades de carguío y acarreo; para generar un plan de acción con la finalidad de estandarizar y mantener la mejora continua en cada uno de estos procesos, con el fin de incrementar la productividad y por ende un mejor performance. El análisis de la información de los tiempos improductivos en los meses de junio a agosto indicó que las horas de demoras más significativos se producen principalmente por falta de frente de trabajo, operador no disponible, acondicionamiento de frente, espera en punto de carga, área reducida de descarga y abastecimiento de combustible. posteriormente se aplicó controles de mejora para disminuir dichas demoras en el periodo de septiembre a noviembre, obteniendo como resultado una reducción de 65.53% en horas de demoras para carguío y 57.44% para acarreo. Además, de aumentar el porcentaje de utilización de equipos en carguío de 73.19% a 82.42% y en acarreo de 71.07% a 81.39%. Se logró ahorrar 0.21 \$/m³ y 0.17 \$/m³ en costos unitarios de material de corte y relleno estructural respectivamente.

Palabras claves: Carguío, acarreo, tiempos improductivos, mejora continua, KPIs, productividad, rendimiento, utilización, costos unitarios.

ABSTRACT

The present investigation was developed in the PAD Ciénaga Norte, belonging to Cía. Minera Coimolache S.A., located in the Chugur district, Hualgayoc province and Cajamarca department. In the first months (June, July and August) of the construction of the Pad in its phase 1, stage 1 (9.0 Ha) there were deficiencies in the unit operations, which had repercussions in the non-compliance of the advance program of the construction process. Being the load and carry the most influential activities; Therefore, studies were carried out in these processes, finding that the most significant was the presence of unproductive times or delays, because they negatively affect the operational KPIs and the use of the equipment, reducing their performance and productivity. The main objective is to identify, classify, quantify and analyze said unproductive times present in loading and hauling activities; to generate an action plan in order to standardize and maintain continuous improvement in each of these processes, in order to increase productivity and therefore better performance. The analysis of the information on unproductive times in the months of June to August indicated that the most significant hours of delays are mainly due to lack of work front, operator not available, front conditioning, waiting at the loading point, reduced area unloading and refueling. Subsequently, improvement controls were applied to reduce said delays in the period from September to November, obtaining as a result a reduction of 65.53% in hours of delays for loading and 57.44% for hauling. In addition, to increase the percentage of equipment utilization in loading from 73.19% to 82.42% and in hauling from 71.07% to 81.39%. It was possible to save 0.21 \$ / m³ and 0.17 \$ / m³ in unit costs of cutting material and structural fill respectively.

Keywords: Loading, hauling, downtime, continuous improvement, KPIs, productivity, performance, utilization, unit costs.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El carguío y acarreo son las operaciones más influyentes en los costos de operación, debido a que representa el 60% del costo de mina; por lo que es de gran importancia lograr los mejores rendimientos de los equipos y personal involucrados en estas operaciones unitarias. por tanto, es necesario optimizar cada recurso disponible; y para ejercer control sobre este indicador se debe cuantificar los tiempos improductivos en los ciclos de carguío y acarreo.

El proyecto de la construcción del PAD de lixiviación Ciénaga Norte fase 1, etapa 1 fue ejecutado por la empresa Consorcio El Imperio J&R Chugur. Dicho proyecto en sus actividades de movimiento de tierras involucra el traslado de material producto de corte del PAD hacia su botadero correspondiente, y también el transporte de relleno estructural de una zona de préstamo hacia el PAD; razón por la cual, al mover grandes volúmenes de material, en la operación se incurre a la generación de tiempos improductivos en carguío y acarreo.

De tal manera que en la presente investigación se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo reducir los tiempos improductivos en la construcción del PAD de lixiviación Ciénaga norte en Cía. Minera Coimolache S.A. que repercuten en la baja productividad en carguío y acarreo?. Ante esta interrogante se presenta la siguiente hipótesis: Mediante la aplicación de propuestas de controles como alternativa de reducción de tiempos improductivos, se mejorará el proceso de carguío y acarreo realizado por los equipos en la construcción del PAD de Lixiviación Ciénaga Norte, incrementando la productividad (disminución de costos unitarios).

La investigación tiene como objetivo general: incrementar la productividad en carguío y acarreo, mediante la disminución de tiempos improductivos; y como objetivos específicos: realizar propuestas de controles y mejoras en el proceso de carguío y acarreo como alternativa de reducción de demoras operativas, y evaluar los KPIs que permitan controlar los tiempos improductivos en carguío y acarreo en la etapa de movimiento de tierras en la construcción del PAD.

La descripción de los capítulos en la estructura de la investigación es la siguiente: para el capítulo I hace referencia a la descripción de la realidad problemática, formulación del problema, justificación, alcance, objetivos e hipótesis de la

investigación. En el capítulo II se presenta el marco teórico; que contiene los antecedentes teóricos de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos. En el capítulo III se detalla los materiales y métodos que comprende la ubicación geográfica de la zona de estudio, metodología de la investigación, técnicas e instrumentación de recolección de datos, el procedimiento a seguir, la descripción panorámica de la construcción del PAD de lixiviación Ciénaga Norte fase 1, etapa 1 (9.0 Ha), la situación actual de movimiento de tierras para evaluar la utilización de los equipos, además del análisis de las principales actividades que ayudaron a incrementar la productividad en base a la disminución de tiempos improductivos y la implementación de las propuestas de mejoras. En el capítulo IV se presenta el análisis y discusión de resultados, comparando cuantitativamente los meses antes y después de la aplicación de controles, mostrando los resultados obtenidos contrastándose con la hipótesis. finalmente, en el capítulo V. se establecen las conclusiones finales a las que se llegó y las recomendaciones para futuras investigaciones; además de las referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. Internacionales

Escobar, D. (2017). Realizo la investigación titulada: “Estudio de tiempos y movimientos del proceso de acarreo en una mina y propuesta para mejorar su eficiencia”, concluyendo que en el ciclo productivo se deben considerar principalmente aspectos que representen un área de oportunidad. Un aspecto a considerar es la organización y el registro de actividades, que si se mejoran ayudará a reducir los tiempos auxiliares. Otro aspecto muy importante son los tiempos auxiliares y tiempos improductivos, que retrasan el proceso productivo; por tal motivo se han analizado individualmente y se ha propuesto medidas de controles, considerando principalmente la supervisión, organización y aumento en la cantidad de personal.

Carrión, J. (2018). En su tesis titulada: “Análisis del rendimiento de maquinarias utilizadas en el movimiento de tierras para la optimización de tiempo y recursos en la urbanización Mi Lote etapa 2b sector 7”, concluye que comparando la eficiencia de los equipos de movimiento de tierras con los rendimientos teóricos por los fabricantes, se observa que ninguna de las maquinas trabaja al 100%, debido a que existen factores que afectan diariamente a la ejecución del proyecto como la presencia de demoras en las operaciones unitarias.

2.1.2. Nacionales

Apaza, E. (2017). En su tesis titulada: “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.”, Estudio la identificación de tiempos improductivos y pérdidas operacionales en las actividades de carguío y acarreo de Minera Shahuindo. La metodología consistió en analizar las demoras presentes en los primeros meses del estudio e identificar las más significativas en las operaciones, para generar un plan de acción, con la finalidad de estandarizar y mantener la mejora continua en cada una de las actividades y así tener una mejor productividad y por ende un mejor performance; concluyendo que mediante

la aplicación de las propuestas de controles se logró la reducción tiempos improductivos en las operaciones de carguío y acarreo.

Rojas, I. (2019). Realizo la investigación titulada: “Optimización del proceso de carguío y acarreo mediante el uso de KPIs en la fase de relleno del espaldón de la presa de relaves – Antamina”, llegando a la conclusión que el uso de KPIs, como la disponibilidad mecánica y utilización (guarda relación directa con los tiempos improductivos) ayudan a controlar los procesos de carguío y acarreo; porque permite cuantificar la actividad, realizando una comparación con nuestro target programado y con KPIs obtenidos en otro periodo de tiempo, para evaluar el grado de rentabilidad del proyecto y si existe la presencia de tiempos muertos.

2.1.3. Locales

Casas, D. (2018). Realizo el estudio “Indicadores clave de desempeño de equipo pesado para control de rendimiento y productividad”, donde concluye que los indicadores clave de desempeño tiene una relación directa con el rendimiento y la productividad; obteniendo como resultado que la utilización y el uso de los equipos tuvieron un 35% de importancia en la búsqueda de mejoras para el correcto aprovechamiento de los equipos. Asimismo, las demoras que más predominaron son por falta de frente de trabajo, que afecta en gran medida al porcentaje de utilización.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Productividad

De acuerdo a Riveros (2016) la productividad relaciona la obtención de la mayor satisfacción empleando el menor costo o fatiga. En términos matemáticos la productividad es el cociente que se obtiene en la división de la producción y los insumos utilizados para obtener dicha producción. Es así que este término es una medida de la excelente utilización de los recursos para cumplir con los resultados esperados.

Es así como una organización tiene como objetivo principal en sus procesos el incremento de la productividad, esto se debe a que la empresa prioriza mejorar sus procesos productivos o desaparecer; en otras palabras, avanza para no retroceder o sucumbe. (Riveros, 2016).

También se define como la capacidad de utilizar menos recursos y producir más. En otros términos, significa reducir los costos al emplear correctamente la cantidad adecuada de los equipos; ya sea de carguío o acarreo y que permita menores presupuestos. (Baldeón, 2011).

$$\frac{\$}{\text{tn}} = \frac{\$/\text{hr}}{\text{tn/hr}} = \frac{\text{Costo Horario}}{\text{Rendimiento}} = \text{Productividad}$$

Existen factores que afectan el rendimiento (de la mano de obra y de los equipos), la producción y la utilización de los equipos; por consiguiente, esto influye sobre la productividad de la obra tanto negativa o positivamente. Una de las finalidades de la administración es aumentar los factores positivos y disminuir los negativos, que tienen influencia directa en la productividad. (Cadena, 2013).

2.2.1.1. Factores que afectan la productividad

Existen múltiples factores que afectan a la productividad, esto se debe a la complejidad del trabajo, los más importantes son:

Factores que tienen un efecto negativo sobre la productividad

Son factores que influyen negativamente a la productividad como, por ejemplo:

- Cansancio de los operadores por trabajo excesivo.
- Indicaciones incorrectas del supervisor
- Cambios durante la ejecución del trabajo
- Falta de supervisión del trabajo
- Mala voladura genera tamaños inadecuados de material para su transporte
- Condiciones climáticas adversas
- Malas condiciones de trabajo, como falta de iluminación
- Alto índice de accidentes. (Maruri, 2016).

Factores que afectan positivamente a la productividad

Algunos de los factores que ayudan a mejorar la productividad son los siguientes:

- Capacitación del personal
- Seguridad en obra
- Mejoramiento de las técnicas de operación del equipo

- Planificación adecuada del trabajo
- Programas de motivación para el personal
- Adecuado mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos
- Diseños de vías y zonas para trabajar con mayor comodidad
- Buena fragmentación de la roca volada
- Comunicación constante y eficaz entre la supervisión y operadores
- Correcta planificación del mantenimiento de los equipos. (Maruri, 2016).

2.2.1.2. Factores que afectan el rendimiento de la maquinaria

Las unidades de trabajo más comúnmente empleadas en movimiento de tierras son los metros cúbicos (m³) o toneladas (ton); mientras que la unidad de tiempo más empleada es la hora, aunque la producción también se expresa por año, mes o día. Siendo el trabajo realizado del equipo y las horas empleadas, la relación que nos calcula el rendimiento de la maquinaria y los factores que afectan el rendimiento de la maquinaria son: (Apaza, 2017).

Demoras de rutina

- Periodo de abastecimiento de combustible y lubricante.
- Demoras inevitables
- Factor humano: cansancio, necesidades, etc.
- Mantenimientos de rutina

Restricciones en la operación óptima

- Ángulo de giro.
- Profundidad de corte o altura.
- Coeficiente de rodamiento
- Pendientes de ataque.

Condiciones del sitio

- Condiciones Físicas: geología, topografía, altura sobre el nivel del mar, humedad del terreno, etc.
- Condiciones Climáticas: lluvias, niebla, tormentas, temperatura, lluvias según la época del año.

- Condiciones de aislamiento, vías de comunicaciones, periodos de abastecimiento.

Por la dirección y supervisión

- Planeación, organización y operación de la obra.
- Experiencia y conocimiento de los responsables de planear la operación.
- Vigilancia y conservación de la maquinaria.
- Talleres.
- Suministro de materiales y personal.
- Servicios auxiliares.

Por la actuación del contratante

- Suministro de planos, especificaciones y datos de campo.
- Por el tipo de ingeniero supervisor y/o residente, su disponibilidad y permanencia, satisfaga a las autoridades y dirija a su personal, aclare y explique los planos, especificaciones y datos de campo.

2.2.2. Producción

Según Valentín (2018) la producción se define como el peso total o volumen de material que se maneja en una operación específica. Y se refiere tanto al mineral con valor económico que se extrae, como al estéril que debe ser removido para acceder al mineral. Frecuentemente, la producción de mineral se mide en unidades de peso, mientras que el movimiento de material estéril se expresa en volumen

2.2.3. Movimiento de Tierras

El movimiento de tierras es una etapa que debe realizarse antes de cualquier obra arquitectónica o de ingeniería, puesto que es necesario preparar el terreno. Involucra el desarrollo de excavaciones, explanaciones, formación de terraplenes del mismo, etc. (Cadena, 2013).

Principalmente el movimiento de tierras consiste en remover tierras hasta llegar a un límite previamente establecido. Rellenar los huecos con material estructural hasta una altura determinada, que tiene como nombre rasante o cota y se dispone estudiando fijamente el plano, observando que el material competente producto de las

excavaciones o áreas de préstamo sea suficiente para la colocación de relleno. (Cadena, 2013).

el movimiento de tierras contempla un conjunto de actividades que deben desarrollarse para lograr el objetivo final solicitado

- Excavación general en suelos
- Transporte o acarreo de los suelos
- Construcción de rellenos o terraplenes. (Cadena, 2013).

2.2.4. Plataforma de lixiviación (PAD)

El PAD de lixiviación es una gran plataforma revestida con geomembrana y capas de materiales seleccionados; sobre el cual se colocará mineral, para realizar el proceso de lixiviación, después de finalizado su construcción. (Cárdenas, 2017).

El objetivo de la construcción de un PAD de lixiviación es:

- Contener el mineral para su procesamiento mediante lixiviación.
- Soportar adecuadamente el peso del mineral colocado.
- Evitar contaminación del suelo y pérdidas por fugas mediante la impermeabilización de la superficie. (Cárdenas, 2017).



Figura 1. PAD de lixiviación construido (Cárdenas, 2017)

2.2.4.1. Etapas del proceso constructivo de una plataforma de lixiviación

a) Movimiento de tierras

En el proceso constructivo de una plataforma de lixiviación la etapa más costosa es el movimiento de tierras, que consiste en realizar excavaciones y rellenos, para llegar a la superficie de diseño de la plataforma. Esta superficie está diseñada para que toda la escorrentía, que este sobre ella, confluya en un único punto y pueda ser captada fácilmente. (Cárdenas, 2017).



Foto 1. Excavadoras realizando desbroce de material orgánico en zona de corte del PAD Ciénaga Norte



Foto 2. Zona de relleno PAD Ciénaga Norte

Los trabajos de movimiento de tierras se dividen en las siguientes etapas:

- Desbroce de topsoil y limpieza: Consiste en remover todo el suelo orgánico que cubre la zona del proyecto.
- Excavación de Zanjas en material inadecuado: Consiste en retirar los materiales inapropiados para la cimentación; tales como suelos residuales, arcillas y limos.
- Carguío y transporte de material.
- Rellenos masivos y estructurales
- Preparación de agregados. (Cárdenas, 2017).

El movimiento de tierras es la actividad que involucra el uso de suelos naturales, de préstamo (como las canteras, áreas de acopio de desmonte de mina, acopios existentes, cortes temporales, etc), o material de roca. Toda actividad de movimiento de tierras realizará los trabajos de:

- Desbroce y limpieza
- Remoción de suelos orgánicos
- Remoción de arcilla
- Remoción de afloramientos de roca
- Obtención de suelos de préstamo
- Construcción y mantenimiento de los caminos de acceso temporales
- Nivelación de la subrasante
- Colocación del suelo de baja permeabilidad
- Construcción de obras de derivación
- Estructuras para el control de erosión y relleno estructural

b) Sistema de subdrenaje

Después de concluida la etapa de movimiento de tierras, se procede con la instalación del sistema de subdrenaje. El sistema de subdrenaje ha sido diseñado para captar los flujos de aguas subterráneas provenientes de cada etapa constructiva del PAD y derivarlos por debajo del sistema de revestimiento o rellenos masivos hacia el buzón de subdrenaje, el cual se encuentra ubicado aguas abajo de la plataforma para estabilidad. (Cárdenas, 2017).



Foto 3. Ramal principal del sistema de subdrenaje en el PAD de lixiviación Ciénaga Norte

c) Sistema de revestimiento

El sistema de revestimiento consiste en la colocación de una capa de suelo de baja permeabilidad (soil liner) de 300 mm (mínimo) de espesor. Sobre esta capa se coloca una geomembrana de polietileno de baja densidad lineal (LLDPE) de 1,5 y 2,0 mm de espesor, texturada por un solo lado (SST). Generalmente el apilamiento tiene un recrecimiento en un futuro, sobrepasando los 80 m; por este motivo para evitar posibles daños por punzonamiento se coloca una geomembrana de 2,0 mm, además se instala tuberías de colección de solución, que sigue el alineamiento de la línea de máxima pendiente para, finalmente, depositar toda la solución colectada en las pozas de lixiviación. (Cárdenas, 2017).



Foto 4. Colocación de suelo de baja permeabilidad en el PAD CN



Foto 5. Instalación de Tuberías de Solución en el PAD CN

2.2.5. Sistema de carguío y acarreo en movimiento de tierras

El carguío y acarreo de material constituye los procesos productivos de mayor costo, debido a que estos procesos emplean gran cantidad de equipos (flota); en consecuencia, se obtiene alto grado de mecanización, mayor rendimiento por equipo en el proceso productivo y un proceso continuo de la operación. (Maruri, 2016).

2.2.5.1. Carguío





El carguío en movimiento de tierras de la construcción de un PAD consiste en la carga de material (producto de excavaciones) del PAD, para conducirlo hacia los posibles botaderos; además de la carga de relleno estructural en zonas de préstamo, con el propósito de transportarlo hacia el PAD. El proceso de carguío involucra el desarrollo de una serie funciones que aseguran que la operación se lleve a cabo con normalidad y eficiencia. (Checya, 2015).

Para el proceso de carguío en proyectos de construcción que involucra el movimiento de tierras, se emplea equipos de mediana productividad (excavadoras hidráulicas 336 dl); que ejecutan el carguío del material ya sea en un carril o en ambos, dependiendo de las condiciones que exija la operación. Asimismo, se busca el máximo provecho en la utilización de equipos y horas de trabajo que estos realizan.

2.2.5.1.1. Ciclo de Carguío

Consta de cuatro fases distintas: Cargar, girar, descargar y retornar. Como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Ciclo de carguío

CICLO DE CARGUÍO			
IMAGEN	CICLO	ACCIÓN	DESCRIPCIÓN
	CARGA DE CUCHARÓN	Llenado de material para descarga en el volquete	Inicia con el llenado del cucharón del material a cargar.
	ROTACIÓN CON CARGA	Giro para la descarga de 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 volquete.
	ROTACIÓN SIN CARGA	Retorno a cargar el material	Inicia cuando el brazo empieza a girar con el cucharón sin material.

Fuente: (Calua, 2019)

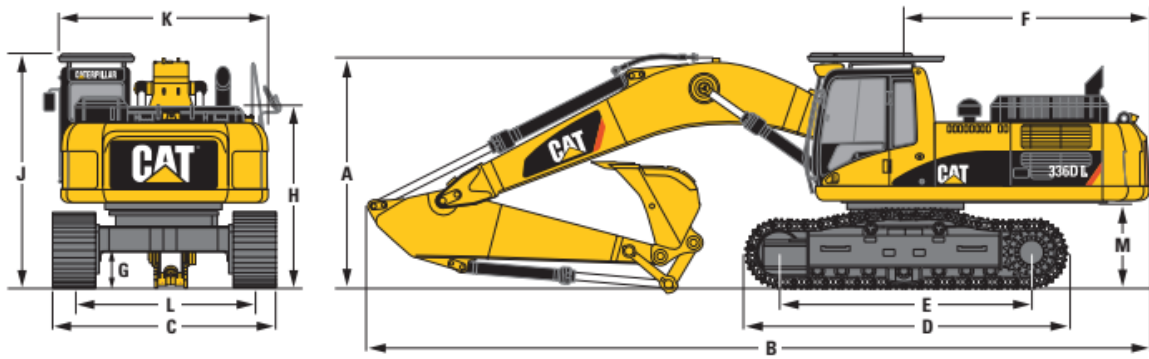
El tiempo de ciclo total de la excavadora depende del tamaño del equipo (el tiempo de duración del ciclo de los equipos pequeños es más rápido que los equipos más grandes) y las condiciones del trabajo. Cuando hay condiciones de trabajo excelentes, la excavadora tiene ciclos más rápidos, mientras que cuando las condiciones de trabajo se dificultan (excavaciones más exigentes, zanjas más profundas y con más obstáculos), la excavadora va disminuyendo la velocidad. (Calua, 2019).

A. Excavadora CAT 336 dl

Estas excavadoras cuentan con un excelente control y fiabilidad, una impresionante capacidad de elevación, un mayor aprovechamiento del combustible, un servicio simplificado y una cabina de operador cómoda para aumentar su productividad y reducir sus costes de operación. Su Productividad de estas excavadoras es de 440 tn/hr hasta 540 tn/hr, con una capacidad de cucharón de 2.5 m³. (Asunción, 2019).

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.



mm		mm		mm	
A Altura de embarque (con cucharón)		B Longitud de embarque		C Anchura de las cadenas	
Pluma de alcance		Pluma de alcance		336D L (zapatas de 700 mm)	3290
Balancín de 2.800 mm	3540	Balancín de 2.800 mm	11 210	336D LN (zapatas de 600 mm)	2990
Balancín de 3.200 mm	3340	Balancín de 3.200 mm	11 150	D Longitud de la cadena	5020
Balancín de 3.900 mm	3670	Balancín de 3.900 mm	11 200	E Longitud al centro de rodillos	4040
Pluma de excavación de alta producción		Pluma de excavación de alta producción		F Radio de giro de cola	3500
Balancín de 2.150 mm	3590	Balancín de 2.150 mm	11 140	G Altura libre sobre el suelo	510
Balancín de 2.550 mm	3560	Balancín de 2.550 mm	10 900	H Altura de la superestructura	2740
				J Altura de la cabina	3280
				K Anchura de la superestructura	2990
				L Ancho de vía	
				336D L	2590
				336D Ln	2390
				M Altura libre en el contrapeso	1220

Figura 2. Dimensiones de la Excavadora CAT 336 DL. Tomado del catálogo Caterpillar

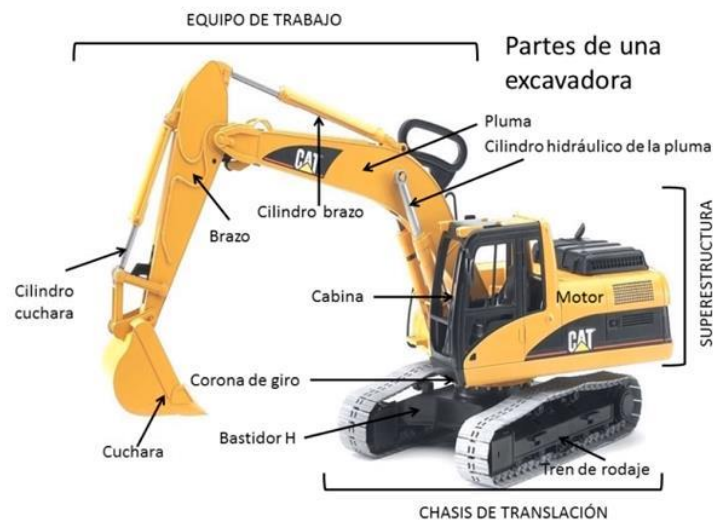


Figura 3. Partes de la Excavadora CAT 336 DL. Tomado de maqpe.com

Rendimiento de excavadoras:

En esta investigación solo se incluye equipos que trabajan con cucharón y los factores que se emplean son: el tipo de material, altura de corte, ángulo de giro, dimensiones del equipo y factor de operación. (Asunción, 2019).

$$R = \frac{(3600) * Q * E * K}{T * FV}; \left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

Dónde:

R = Rendimiento en m³/hora (medidos en banco).

Q = Capacidad o volumen del cucharón en m³.

K = Factor de llenado del cucharón (depende de las dimensiones y capacidad del cucharón).

E = Factor de rendimiento de la máquina.

T = Tiempo de un ciclo (segundos).

FV = Factor de abundamiento o esponjamiento.

3600 = Factor de convergencia de unidades a horas. (Asunción, 2019).

- ✓ **Capacidad o volumen del cucharón (Q).** La capacidad del cucharón de la excavadora CAD 336 dl se basa en el manual de rendimientos de maquinaria Caterpillar. Ver tabla 2.

Tabla 2. Capacidad del Cucharón

Equipo	Características	Capacidad del Cucharón (m ³)
Excavadora	Cat 336 dl	2.5

Fuente: (Carrión, 2018)

- ✓ **Factor de llenado del cucharón (K).** Depende del tipo de material. Entonces el valor será calculado de la siguiente forma: (Carrión, 2018).

$$K = \frac{1}{1 + \%esponjamiento}$$

- ✓ **Factor de rendimiento de la máquina (E).** Para el factor de eficiencia horaria de la excavadora CAD 336 dl se considera el trabajo en condiciones óptimas, según la tabla 3. (Carrión, 2018).

Tabla 3. Factor de Eficiencia Horaria

Tiempo Real Trabajando en una Hora	Factor de eficiencia horaria	Condiciones
60	60/60 = 100%	Ideales
50	50/60 = 83%	Óptimas
40	40/60 = 67%	Medias
30	30/60 = 50%	Pobres

Fuente: (Tiktin,1997)

- ✓ **Tiempo de ciclo.** – Esta basada en los tiempos del ciclo de la excavadora, cuando esta excava el material del terreno y llena los volquetes. (Carrión, 2018).

Para el cálculo del rendimiento debe considerarse los siguientes factores:

- Tipo de material
- Profundidad real del corte
- Dimensión del equipo frontal
- Angulo de giro
- Eficiencia del operador
- Condiciones del equipo y obra
- Capacidad del vehículo. (Asunción, 2019)









En movimiento de tierras el rendimiento es expresado en m³ o tn por hora. (Asunción, 2019).

2.2.5.2. Acarreo

Consiste en trasladar diferentes materiales cargados hacia su destino final, como el transporte de mineral hacia la planta de chancado, en el caso de estériles o lastres son trasladados a los botaderos y para movimiento de tierras se realiza el transporte de materiales de corte y relleno según su ciclo (tabla 4). Esta fase es fundamental en la operación de la mina junto al carguío, debido a que tiene la mayor repercusión económica sobre el ciclo de explotación, representando entre el 40% y el 70% del costo total e incluso de la inversión en equipos principales (Maruri, 2016).

En movimiento de tierras para realizar el proceso de acarreo se emplean principalmente volquetes Mercedes-Benz y Volvo, según sus especificaciones técnicas (tabla 5 y 6).

Tabla 4.Ciclo de Acarreo en movimiento de tierras

CICLO DE ACARREO			
IMAGEN	CICLO	ACCIÓN	DESCRIPCIÓN
	VIAJANDO VACIO	Viajando vacío hacia la excavadora	Comienza cuando el volquete viaja hacia la excavadora como resultado de la asignación.
	ESPERANDO	Esperando en la excavadora	Comienza cuando el volquete se detiene en el área de carga.
	CUADRANDO	Cuadrando en la excavadora	Comienza cuando el volquete retrocede dentro del área de carga.
	CARGANDO	Cargando en la excavadora	Comienza después del primer pase o cuando la velocidad alcanza a ser 0 km/h dentro del radio de la excavadora.
	ACARREANDO	Acarreando desde la excavadora hacia la descarga	Comienza cuando la excavadora da la señal de fin de carga, y el volquete sale del área de carga.
	COLA	Cola en la descarga	Comienza cuando el volquete se detiene al inicio del área de la descarga
	RETROCEDIENDO	Retrocediendo en la descarga	Comienza cuando el volquete retrocede dentro del área de la descarga.
	DESCARGANDO	Descargando en descarga	Comienza una vez detenido, después de haber retrocedido dentro del área de descarga y levantar la Tolva.

Fuente: (Saldaña, 2013)

Tabla 5. Especificaciones Técnicas de volquete Mercedes – Benz Actros 3344 K

Especificaciones Técnicas	
Modelo	Actros 3344K 6x4 Euro 3 Cabina S
Marca	Mercedes-Benz
Capacidad de Tolva (m3)	15
Dimensiones del perfil(chasis)	270 mm x 70 mm/ espesor: 9,5 mm
Tipo de Cabina	Frontal - Simple - Techo normal
Velocidad máxima (km/h)	101
Pendientes máximos (movimiento/ arranque): con 33.000 kg (%)	68,3 / 49,3
Tracción	6x4
Motor	11,946 cc
Potencia	435 cv
Peso	41,000 kg
Distancia entre ejes	3,600 mm
Capacidad de carga	31,490 kg
Largo Carrozable	5,295 mm
Capacidad Delantera	9,000 kg
Capacidad Trasera	16,000 kg

Fuente: (Mercedes-Benz, 2014)

Tabla 6. Especificaciones Técnicas de volquete volvo FMX 440/480 6x4R

Especificaciones Técnicas	
Modelo	FMX 440/480 6x4R
Marca	Volvo
Capacidad de Tolva (m3)	15
Tipo de Cabina	Frontal - Simple - Techo normal
Dimensiones del perfil(chasis)	300 mm x 90 mm/ espesor: 9,5 mm
Tracción	6x4
Potencia de motor	440/480cv
Peso	41,000 kg
Distancia entre ejes	3,700 mm
Capacidad de carga	31,490 kg
Capacidad de tanque	420 lts 6x4R

Fuente: volvotrucks.com

A. RENDIMIENTO DE VOLQUETES

Para calcular el rendimiento de los volquetes se emplea la siguiente ecuación:

$$R = \frac{Q * 60 * E}{T}; \left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

Dónde:

R = Rendimiento en m³ /hora (medidos en banco).

Q = Capacidad de la maquina en m³.

E = Factor de rendimiento de trabajo.

T =Tiempo empleado en ciclo completo (min).

El tiempo de un ciclo completo es: T = T1 + T2 + T3 + T4. (Carrión, 2018)

Dónde:

T1 = Tiempo empleado en maniobras de acomodo.

T2 = Tiempo de carga.

T3 = Tiempo empleado en acarrear el material.

T4 = Tiempo empleado por la máquina vacía durante el regreso. (Carrión, 2018)

Para determinar la eficiencia general del rendimiento, se evalúa las condiciones de obra o del trabajo realizado, de acuerdo al desarrollo de las operaciones; que se describe en la tabla 7, y se determina el valor de eficiencia general en la tabla 8.

Tabla 7. 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 incrementadas 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 8. 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)

2.2.5.3. Servicios Auxiliares

Son equipos que se encargan principalmente del apoyo (ver figura 4) a las diferentes actividades unitarias: en las zonas de carguío (acumulación de material para su carguío, limpieza de frentes, limpieza de plataformas); en las zonas de acceso (mantenimiento de vías, riego de vías, limpieza de vías, construcción de bermas, construcción de accesos); en las zonas de perforación (nivelación y limpieza de plataformas) y en las zonas de descarga (nivelación de pisos y empuje de material). (Rondan , 2014).

El objetivo principal de la flota de equipos auxiliares es hacer la operación minera más segura eficiente. (Apaza, 2017).

Los equipos auxiliares empleados en movimiento de tierras básicamente son:

- Tractor D8T
- Tractor D6T
- Retroexcavadora
- Motoniveladora
- Rodillo
- Cisterna de agua
- Cama baja

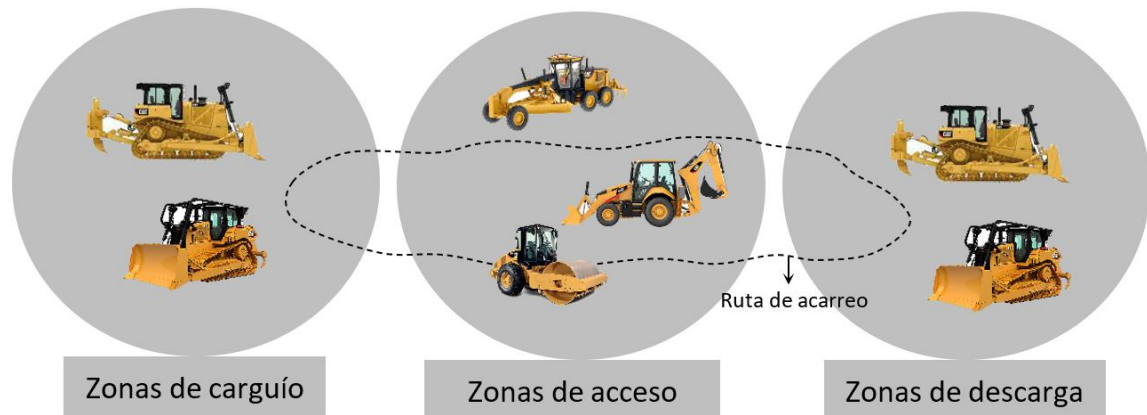


Figura 4. Equipos auxiliares utilizados en movimiento de tierras (Ramos, 2018)

2.2.6. Gestión de tiempos en el carguío y acarreo

Según (Ramírez, 2006), la gestión de tiempos es aplicable en procesos productivos como carguío y acarreo, y este consiste en el aprovechamiento óptimo del tiempo en estas actividades productivas, ya que se trata de un recurso no renovable. La gestión del tiempo de trabajo se basa en un estudio minucioso del empleo de la jornada diaria durante la ejecución de las actividades de carguío y acarreo, que tiene como fin optimizar el tiempo y establecer metas de tiempo de trabajo efectivo.

La gestión de tiempos ayuda a clasificar de manera correcta los tiempos improductivos y actividades que las generan; con el fin de realizar una propuesta de mejoras a estas actividades e incrementar los indicadores de productividad.

2.2.6.1. Tiempo productivo

De acuerdo a (Ramírez, 2006) es el tiempo empleado en la ejecución de una actividad productiva y que está conformado por el tiempo de preparación y finalización de la jornada de trabajo, y el tiempo operativo.

2.2.6.2. Tiempos improductivos o demoras

Los tiempos improductivos o demoras surgen cuando no se realiza un trabajo eficaz, producto de diversos factores externos al trabajo (excesiva carga de trabajo, asignar a trabajadores no calificados, mala organización, interrupciones, problemas en la supervisión, etc.). (Asunción, 2019).

El tiempo improductivo es sin duda el gran problema al que se enfrenta las organizaciones y requiere de mucho cuidado, porque supone pérdidas de dinero, al reducir la producción y elevarse el costo en horas máquina de los equipos. Las demoras se clasifican en: (Asunción, 2019).

a) Demoras fijas

Estas demoras son los tiempos en los que necesariamente se incurren. (Apaza, 2017).

- Capacitación del personal
- Cambio de turno
- Paralización de trabajo por parte del cliente
- Operador no disponible dentro de las instalaciones
- Voladura
- Equipo no disponible dentro de las instalaciones
- Descanso (noche).
- Alimentación (día).

b) Demoras operativas

Es el tiempo de demoras donde el equipo no está realizando actividades productivas, pero se encuentra con motor encendido. (Ramírez, 2006).

- Calentamiento de equipo
- Traslado de equipo de un frente a otro
- Abastecimiento de combustible
- Acomodo de equipo al finalizar el turno
- Espera en punto de carguío
- Espera en punto de acarreo

c) Demoras no operativas

En este tipo de demoras el equipo se encuentra paralizado estando operativo, pero con el motor apagado. (Ramírez, 2006).

- Charlas diarias de seguridad
- Reparto de guardia
- Condición climática adversa
- Necesidades personales
- Inspección de seguridad
- Falta de frente de trabajo

d) Demoras mecánicas

Es el tiempo designado para la realización de actividades que tienen como propósito mantener operativo la maquina pesada o equipo pesado, en otras palabras, son las horas invertidas para el mantenimiento preventivo, correctivo o predictiva en las diferentes etapas de la duración del proyecto. (Ramírez, 2006).

- Reparación preventiva
- Rotura de cucharón y puntas
- Desgaste y pinchadura de neumáticos
- Falla eléctrica
- Lubricación
- Fuga de aire
- Demora en repuesto después al aviso de falla

2.2.7. Términos relacionados a la utilización del equipo

2.2.7.1. Horas totales del equipo (TT)

Son el total de las horas para cada equipo, debe considerarse 24 horas del día (12 horas por turno), los 365 días del año. (Saldaña, 2013).

Su distribución se observa en la figura 5.

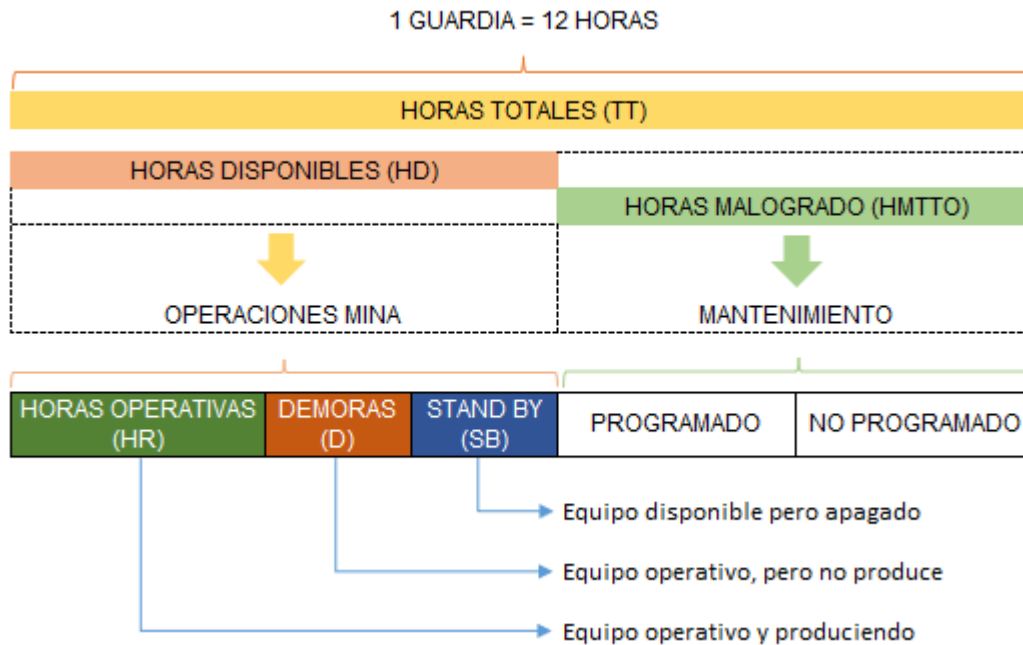


Figura 5. Diagrama de horas utilizadas en los equipos (Saldaña, 2013)

2.2.7.2. Horas disponibles del equipo (HD)

Son las horas en que el equipo está disponible para producir, por consiguiente, a disposición de Operaciones Mina. (Saldaña, 2013).

2.2.7.3. Horas del equipo malogrado (HMTTO)

Son las horas en que el equipo no está disponible para producir, ya sea por reparación correctiva o preventiva. La responsable es el área de mantenimiento de mina. (Saldaña, 2013).

2.2.7.4. Horas del equipo operativo (horas ready) (HR)

Son las horas en que el equipo se encuentra operativo y realizando trabajo productivo (produciendo toneladas). (Saldaña, 2013).

2.2.7.5. Demora o delay (D)

Son las horas en que el equipo se encuentra operativo, pero no realiza trabajo productivo, producto de demoras como: (Saldaña, 2013).

- Limpieza de tolva
- Cambio de guardia

- Cambio de operador
- Abastecimiento de combustible
- Voladura
- Reparto de guardia
- Servicios higiénicos (SSH)
- Chuequeo y Revisión
- Perfilado de taludes
- Esperando topógrafo
- Traslado de equipo por cambio de frente

2.2.7.6. Stand-by o equipo listo, pero en espera (SB)

Es el tiempo donde el equipo está disponible mecánicamente, pero apagado por consideraciones operativas. Ejemplos de paradas por stand-by son: (Saldaña, 2013).

- Equipo parado por falta de equipo de acarreo
- Falta de frente de trabajo
- Parada por clima adverso
- Falta de cisterna o grifo
- Falta de operador
- Equipo listo en mantenimiento
- Alimentación
- Traslado del equipo en cama baja

2.2.8. Indicadores Claves de Rendimiento (KPI)

Los KPIs por sus siglas en inglés (key performance indicator), son herramientas de gestión ampliamente utilizadas por las empresas en todo el mundo para medir y evaluar el desempeño de sus procesos y gestionarlos de la manera más eficaz y eficiente posible, con el objetivo de alcanzar metas previamente trazadas por las organizaciones. (Rojas, 2019).

Los KPIs ayudan a realizar una validación sobre los puntos que no se está cumpliendo dentro de la organización, y de esta manera, incrementar los esfuerzos sobre dichos puntos (Rojas, citado por Jackson 2009). Además, ayudan a realizar mejoras

continuas, toma de decisiones, comparativos con otras empresas; con el fin de generar ganancias para la empresa. (Casas, 2018).

En la Figura 6, se observa los KPIs utilizados en las actividades de carguío y acarreo para llevar un control adecuado de las operaciones.

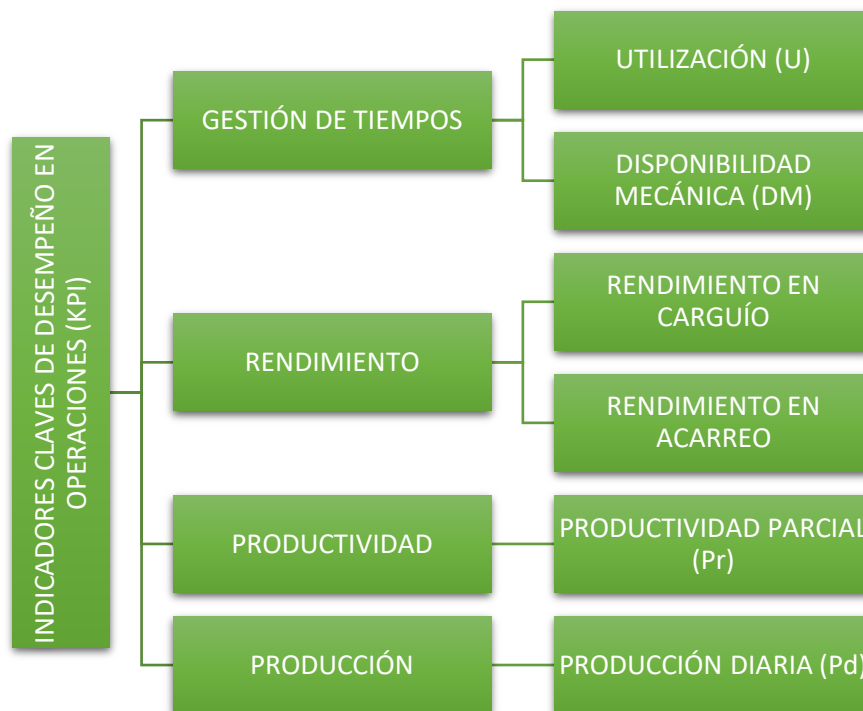


Figura 6. Indicadores claves de desempeño más usados en carguío y acarreo (Ramírez, 2006)

2.2.9. KPIs de productividad

- **Disponibilidad Mecánica o mechanical availability (DM)**

Es el porcentaje del tiempo total que el equipo está disponible para operaciones. Esta medida indica la eficiencia del área de Mantenimiento, por lo que es controlada por ellos. (Saldaña, 2013).

$$DM = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas malogrado}}{\text{Horas totales}} \times 100\%$$

- **Utilización (UT)**

Es el porcentaje (%) del tiempo en que el equipo se encuentra cumpliendo la labor para la cual fue diseñada, respecto a las horas disponibles del equipo. (Asunción, 2019).

$$UT = \frac{\text{Horas trabajadas efectivas}}{\text{Horas totales} - \text{Horas malogrado}} * 100\%$$

2.2.10. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una comparación ordenada y cuantitativa de factores o elementos según su contribución a un determinado efecto, y tiene como objetivo clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: Los "pocos vitales" (los elementos muy importantes en su contribución) y los "muchos triviales" (los elementos poco importantes en ella). (Salas, 2013).

Características principales del diagrama de Pareto.

Las siguientes características ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.

- Priorización: Identifica los componentes más importantes dentro del grupo.
- Unificación de criterios: Enfoca y dirige los esfuerzos de los elementos del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.
- Carácter objetivo: Fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basados en datos y hechos netamente objetivos; en otras palabras, no se basa en ideas subjetivas. (Salas, 2013)

Razones para utilizar el diagrama de Pareto

El uso de esta herramienta es recomendable, ya que permite:

- Mejorar la calidad de un producto mediante la identificación y análisis.
- Identificar oportunidades para mejorar.
- Llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática, cuando exista la necesidad.
- Analizar los diferentes grupos de datos.
- Establecer la prioridad de las soluciones y buscar las causas raíces de los problemas.
- Evaluar y comparar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después).
- Clasificar los datos en categorías, cuando el rango de datos es importante. (Salas, 2013).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Carguío. En la etapa de Movimiento de tierras el carguío es la actividad que consiste en la carga de material (orgánico, inadecuado u otro tipo de suelo) desde la pila de material hacia los equipos de acarreo. (CIJ&RC, 2018).

Acarreo o Transporte. En la etapa de movimiento de tierras el acarreo es la actividad, en la cual los equipos de acarreo después de ser cargados, llevan el material al depósito de material orgánico (DMO) o al depósito de material inadecuado (DMI), dependiendo si es suelo orgánico o inadecuado. (CIJ&RC, 2018).

Producción. La capacidad de producción es el nivel de actividad máximo que puede alcanzarse con una estructura productiva dada. (Apaza, 2017).

Productividad. La productividad se define como la cantidad de producción de una unidad de producto o servicio, por insumo de cada factor utilizado por unidad de tiempo. En operaciones la productividad sirve para evaluar el rendimiento de las maquinas, los equipos de trabajo y los empleados. (Apaza, 2017).

KPI. Miden el nivel del desempeño de un proceso, centrándose en el "cómo" e indicando el rendimiento de los procesos, de forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado. Los indicadores clave de desempeño son métricas financieras o no financieras, utilizadas para cuantificar objetivos que reflejan el rendimiento de una organización, y que generalmente se recogen en su plan estratégico. (Huaroc, 2014).

Tiempos improductivos. Las demoras o tiempos improductivos, son los tiempos en el que no se ejecuta un trabajo eficaz, puede estar derivado por numerosos factores, tanto externos como internos al trabajador. (Asunción, 2019).

Movimiento de tierras. Todas las actividades que involucran la remoción, reemplazo y uso de suelos naturales del sitio, de préstamo, o material de roca. (Coimolache, 2018).

PAD de lixiviación. Un PAD de lixiviación es una estructura que está compuesta por una extensa área de terreno, recubierta de geomembrana y un sistema de colección de solución sobre esta. Este sistema está compuesto por una capa de protección, una red de tuberías perforadas y una capa de material de drenaje. (Cárdenas, 2017).

Topsoil. Topsoil o material orgánico es la tierra orgánica que cubre la zona del proyecto, esta tierra debe ser acopiada temporalmente en un depósito de material orgánico, para ser usada en la revegetación, en las remediaciones durante la construcción y en el cierre de las operaciones de lixiviación. (Cárdenas, 2017).

Material Inadecuado. Son materiales no apropiados para la cimentación, tales como, materiales sueltos como suelos residuales; además de suelos blandos como arcillas y limos. (Cárdenas, 2017).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Ubicación geográfica

El proyecto construcción del PAD de lixiviación Ciénaga Norte fase 1, etapa 1 se sitúa dentro de la jurisdicción de Cía. Minera Coimolache. Ubicado en la provincia de Hualgayoc, entre los distritos de Hualgayoc y Chugur, cerca del caserío El Tingo, La Palma, Nuevo Perú, La Colpa que pertenecen al distrito de Hualgayoc y cerca de los caseríos Chencho, Ramírez y centro poblado de Chugur que pertenecen al distrito de Chugur; a 36 Km. al norte de la mina Yanacocha, 85 Km. al NW de la ciudad de Cajamarca, en la cordillera nor-occidental del Perú, comprendida entre las coordenadas UTM 9253750 a 9254750N y 753500 a 754750E, con altitudes entre 3 770 y 3 970 msnm. En el anexo N° 01, se presenta el plano de ubicación de la investigación.

3.1.2. Accesibilidad

El acceso a la zona del proyecto desde la ciudad de Lima, se realiza en varios tramos. La tabla 9, especifica cada uno de ellos y los tiempos aproximados de demora.

Tabla 9. Accesibilidad a la zona del proyecto

Tramo	Distancia (km)	Tiempo	Tipo de carretera
Lima - Cajamarca	858	13 horas	Asfaltada
Cajamarca - Hualgayoc	85	2.5 horas	Asfaltada
Hualgayoc - Proyecto	7	0.5 horas	Asfaltada

3.2. CONTEXTO GEOLÓGICO

3.2.1. Geología Local

De acuerdo con Moran (2012), En la zona del proyecto las rocas que afloran son sedimentarias Cretácicas de la Formación Yumagual y/o Pulluicana de origen continental que han sido cortadas por cuerpos intrusivos de composición intermedia

como las dioritas Puente de la Hierba y las monzodioritas San Miguel, y por cuerpos menores como el sill Coimolache; sobre yace a estas rocas Cretácicas una extensa secuencia de volcánicos continentales del grupo Calipuy constituido por lavas, piroclastos y sedimentos volcánico - sedimentarios que afloran en toda el área de estudio y que a su vez infra yacen a rocas piroclásticas de la Formación Huambos. (Anexo N° 02).

3.2.2. Geología Regional

La estratigrafía regional está conformada por unidades que van del Cretácico al Cuaternario reciente. En la base se presentan secuencias de areniscas y lutitas del Grupo Goyllarisquizga (Cretácico inferior); seguido por niveles de lutitas, calizas y margas, agrupados en las formaciones Inca, Chulec, Pariatambo, Pulluicana, y Chota del Cretácico medio a superior; y sobreyaciendo en discordancia, rocas volcánicas del Grupo Calipuy. Cubriendo en parte a las unidades descritas, se tienen depósitos recientes de origen morrénico, aluvial, y coluvial. (Consortio El Imperio J&R Chugur, 2018).

3.2.3. Geología Estructural

Según Knight Piésold Consultores S.A. (2006), en síntesis, el área del proyecto presenta tres sistemas de fallas principales. El sistema de fallas más antiguo y dominante es el andino NW, cortadas por fallas del sistema trasandino NE; movimientos tectónicos sucesivos produjeron fallas de dilatación EW que generalmente están mineralizadas.

3.2.4. Geología del Yacimiento

Según Quispe (2015), corresponde a un depósito de filiación epitermal de alta sulfuración, con escaso contenido de plata y mineralización de oro diseminado. Los cuerpos mineralizados están conformados por el conjunto de brechas hidrotermales, estructuras silíceas en variedades de sandy sílica, vuggy sílica, sílice masiva principalmente, los que en profundidad se comportan como estructuras tabulares de control fractural y con orientación dominante E-W; el cuerpo de mineral sílice-óxidos distribuido en superficie tienen una elongación N-S, controlados por tres sets de fracturamientos principales E-W, N 60° E, N 20° W.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La figura 7, describe la secuencia general de las metodologías para desarrollar el proyecto de investigación.

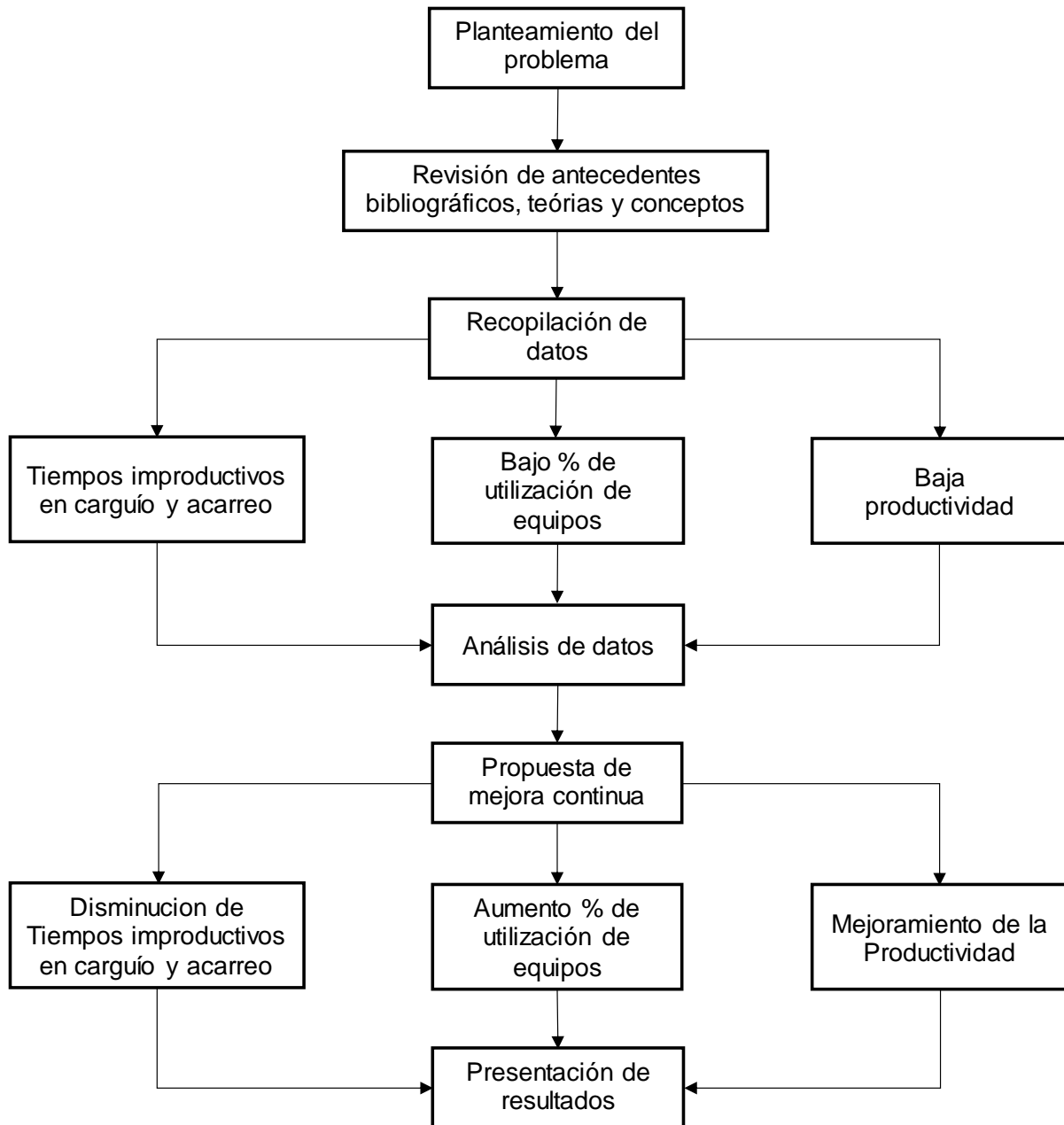


Figura 7. Esquema de la metodología de trabajo

3.3.1. Tipo, diseño y método de la investigación.

3.3.1.1. Tipo de investigación

Científica cuantitativa, porque los datos recolectados se fundamentan en mediciones que se representa mediante números (cantidades); además se analizan a través de métodos estadísticos e interpretan a partir de las predicciones iniciales (hipótesis) y de estudios previos (teoría).

3.3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación de correlacional porque se analiza la relación que existe entre las variables en un contexto en particular; es decir, al reducir las demoras operativas se incrementara la productividad (reducción de costos unitarios).

3.3.1.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental longitudinal; debido a que se analiza la realidad sin manipular las variables y los datos fueron recolectados a través del puntos o periodos de tiempo para analizar cambios.

3.3.1.4. Método de la investigación

El método de investigación se ha agrupado en dos categorías, el método deductivo (razonamiento lógico, argumentación y demostración) y el método inductivo (se basa en la observación y la experimentación de hechos).

3.3.1.5. Población de estudio.

La flota de equipos de carguío y acarreo de la empresa Consorcio El Imperio J&R Chugur, que operan en la construcción del PAD de lixiviación fase 1, etapa 1 - Ciénaga Norte

3.3.1.6. Muestras.

5 unidades de carguío (excavadoras CAT 336 DL) y 20 unidades de acarreo (Volquetes VOLVO y MERCEDES BENZ de 15 m³).

3.3.1.7. Unidad de análisis.

Tiempos improductivos y horas efectivas trabajadas de carguío y acarreo en la etapa de movimiento de tierras de la construcción del PAD.

3.3.2. Variables

La tabla 10, presenta las variables utilizadas en la presente investigación.

Tabla 10. Variables

Variable Independiente (causa)	Variable Dependiente (efecto)
Tiempos improductivos	Productividad

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas

Las técnicas que se han empleado para la recolección de datos han sido de observación directa y análisis documental, estas se detallan a continuación:

- Observación directa: Para la recopilación de información sobre los tiempos improductivos, cabe mencionar que estos datos fueron llevados de forma paralela por el controlador de equipos, debido a que este es quien se encuentra posicionado en cada frente de trabajo, controlando el registro de tiempos improductivos u observaciones de los equipos de carguío y acarreo, que están presentes en operaciones como son: equipo no disponible, operador no disponible, falla de equipo, demora en provisión de combustible, mantenimiento durante horas de trabajo, calentamiento, espera por voladura, espera por charlas de seguridad, clima adverso, falta de frente de trabajo, problemas sociales y otros.
- Análisis documental: Para el estudio de tiempos improductivos y utilización de equipos de carguío y acarreo, tomadas de fuentes bibliográficas (informes de tesis, libros, revistas), propuesta técnica, informes de avance, estándares y procedimientos del proyecto; proporcionados por el área de ingeniería y oficina técnica de la empresa ejecutora.

3.4.2. Instrumentos, materiales y equipos

- Laptop: para el procesamiento y análisis de datos usando los softwar's Civil 3d, ArcGIS 10.8, Microsoft Word, Excel y Power BI Desktop.
- Cámara fotográfica: Para registrar evidencias de campo.
- Reloj digital, horómetro: para efectuar controles de demoras operativas de los equipos de carguío y acarreo en la construcción del PAD.
- Plano de construcción del PAD, donde se especifican las medidas de distancias del PAD a los botaderos de material inadecuado y orgánico.
- Velocímetro: para registrar las velocidades de los volquetes.
- Libreta de campo, bolígrafo: para anotar los datos tomados en campo.

3.5. PROCEDIMIENTOS

La metodología para el desarrollo de esta tesis involucra cinco etapas principales (cuatro de gabinete y una de campo).

3.5.1. Etapa 1: Estudio preliminar en gabinete

En esta etapa se procedió a la revisión de informes anteriores sobre CIJ&RC en la Compañía Minera Coimolache, como también informes de la construcción del PAD Ciénaga Norte 2018; donde se encontró demoras en el avance de la etapa de movimiento de tierras del proyecto, por la presencia de tiempos improductivos en carguío y acarreo. De tal modo que se procedió a la revisión de libros de carguío y acarreo, y procedimientos que seguía la empresa para la ejecución de estas actividades.

3.5.2. Etapa 2: Recopilación de información en campo

En esta etapa se realizó el reconocimiento general de la zona de estudio que duró una salida. En las posteriores salidas a campo, se realizó la toma de datos que consiste en el registro de tiempos por parte de los operadores en los reportes diarios, en estos estaba incluido las horas trabajadas por guardia de cada uno de los equipos de carguío y acarreo que operan en la construcción del PAD; así mismo se procedió al control de horas no disponibles y horas disponibles no trabajadas (tiempos improductivos) de las unidades de estudio. También se realizó una minuciosa

observación en las operaciones de carguío y acarreo, con la finalidad de determinar el por qué se da estos tiempos improductivos.

3.5.3. Etapa 3: Análisis de tiempos

En esta última etapa se procedió a seleccionar y organizar la información recopilada de control de tiempos improductivos de los equipos de carguío y acarreo, con el fin de determinar cuáles son las más influyentes mediante el diagrama de Pareto. En esta etapa también se ha calculado los indicadores claves de rendimiento como son: la disponibilidad mecánica, porcentaje de utilización, rendimiento, producción diaria y costo unitario; para así poder comprender mejor la influencia directa de los tiempos muertos en la disminución de los valores de estos KPIs. Cabe precisar que los datos obtenidos en campo fueron procesados en Microsoft Excel con el objetivo de guardar orden en dichos datos, tener una mejor comprensión y analizarlos en tablas y gráficos.

3.5.4. Etapa 4: Propuesta de mejora

Una vez analizados todos los datos de campo de los equipos de carguío y acarreo, se implementó controles de mejora de las actividades en campo, para reducir los costos unitarios (productividad) en carguío y acarreo, con el objetivo de cumplir con la producción programada por mina.

3.5.5. Etapa 5: Presentación de resultados

En esta etapa final de gabinete se procedió a seleccionar y organizar los KPIs obtenidos antes y después de la aplicación de controles de mejora, establecidos en base a la disminución de tiempos improductivos. Estos resultados y los datos obtenidos de tiempos improductivos se cuantificaron y registraron mediante tablas y a modo de gráficos de barras; permitiendo una mejor comprensión de la información resultante.

3.6. DESCRIPCIÓN PANORAMICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PAD DE LIXIVIACIÓN CIÉNAGA NORTE FASE 1, ETAPA 1 (9.0 HA)

3.6.1. Datos generales del proyecto

La construcción del PAD de lixiviación Ciénaga Norte fase 1, etapa 1 será ejecutada por la empresa Consorcio El Imperio J&R Chugur, desde el mes de junio hasta diciembre del 2018, dentro de la unidad Minera Coimolache.

En la construcción del PAD, el personal de Obra (supervisores, operadores y obreros) trabajará en un Sistema de régimen atípico 14 días laborables por 7 días de descanso; se trabajará a doble turno (turno día y turno noche). El personal administrativo (en oficina) tendrá un sistema de trabajo de 5 días laborales por 2 días de descanso. La cantidad de personal está estructurado de acuerdo al sistema planteado.

Al finalizar la construcción del PAD de lixiviación en sus tres fases, CMC tiene planeado explotar minerales procedentes del tajo Ciénaga Norte localizados dentro del área de la concesión minera. La extracción del metal aurífero se realizará por lixiviación de mineral ROM, proceso que tendrá lugar en el PAD de lixiviación CN.

3.6.2. Planeamiento de la construcción del Pad

En el planeamiento de la construcción del PAD de lixiviación fase 1, etapa 1 – Ciénaga Norte contempla 5 frentes de trabajo, de los cuales el frente 1 y 2 son trabajados en la construcción del dique, los frentes 3 y 4 corresponden a la construcción del PAD, y el frente 5 son trabajos de ejecución externa como cercos perimétricos y estructura de cruce 2 en las pozas; como se muestra en la figura 8.

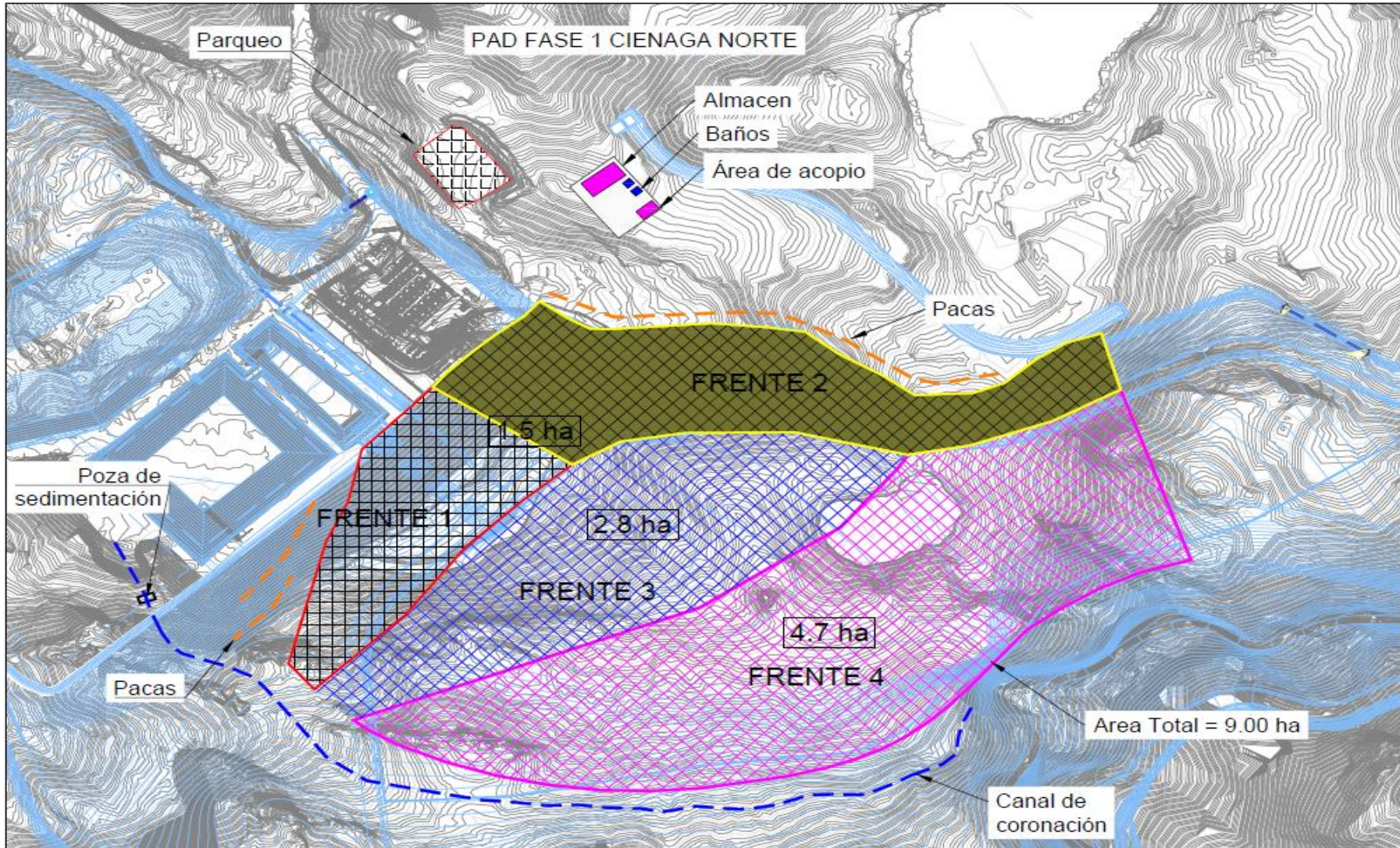


Figura 8. Distribución de los frentes de trabajo (CIJ&RC, 2018)

La construcción del PAD CN tiene las siguientes etapas:

3.6.2.1. Movimiento de tierras o nivelación del PAD

Debido a la presencia de materiales no apropiados en la cimentación del PAD, tales como turbas, suelos orgánicos, arcillas y limos blandos; se ha previsto su remoción hasta alcanzar el nivel de cimentación adecuado según sea determinado por la supervisión durante la construcción. Luego se realizará la colocación de relleno estructural hasta alcanzar los niveles indicados.

Las actividades que se realizarán en la etapa de movimiento de tierras son:

- Traslado de los equipos a la zona de trabajo, con el fin de emplearse en el desarrollo del proyecto. Para los equipos de línea amarilla se utilizará la cama baja.
- Desbroce de material in situ, en caso del topsoil se empleará la excavadora.
- El corte y excavación de material orgánico e inadecuado, mediante la utilización de excavadoras.
- El corte de roca suelta empleando el Ripper del tractor
- Corte y trituración de macizos rocosos localizados en el PAD, con el uso del martillo hidráulico
- Corte de grandes volúmenes de roca, mediante la voladura controlada. En la figura 9, se describe los volúmenes de roca y otros materiales que serán removidos según el diseño del PAD.
- Carguío de volquetes con excavadora, después de la acumulación suficiente de material.
- El acarreo de material de corte, para ello se empleará 20 volquetes de 15 m³ de capacidad. El transporte de relleno se realizará desde los diferentes acopios hasta las zonas a rellenar, con una distancia aproximada de 5.2 km; mientras que para el transporte de material inadecuado será desde el PAD hacia el DMI y de material orgánico será desde el PAD hacia el DMO2. En la figura 10, se observa la cantidad de relleno que se depositará en el PAD según diseño.

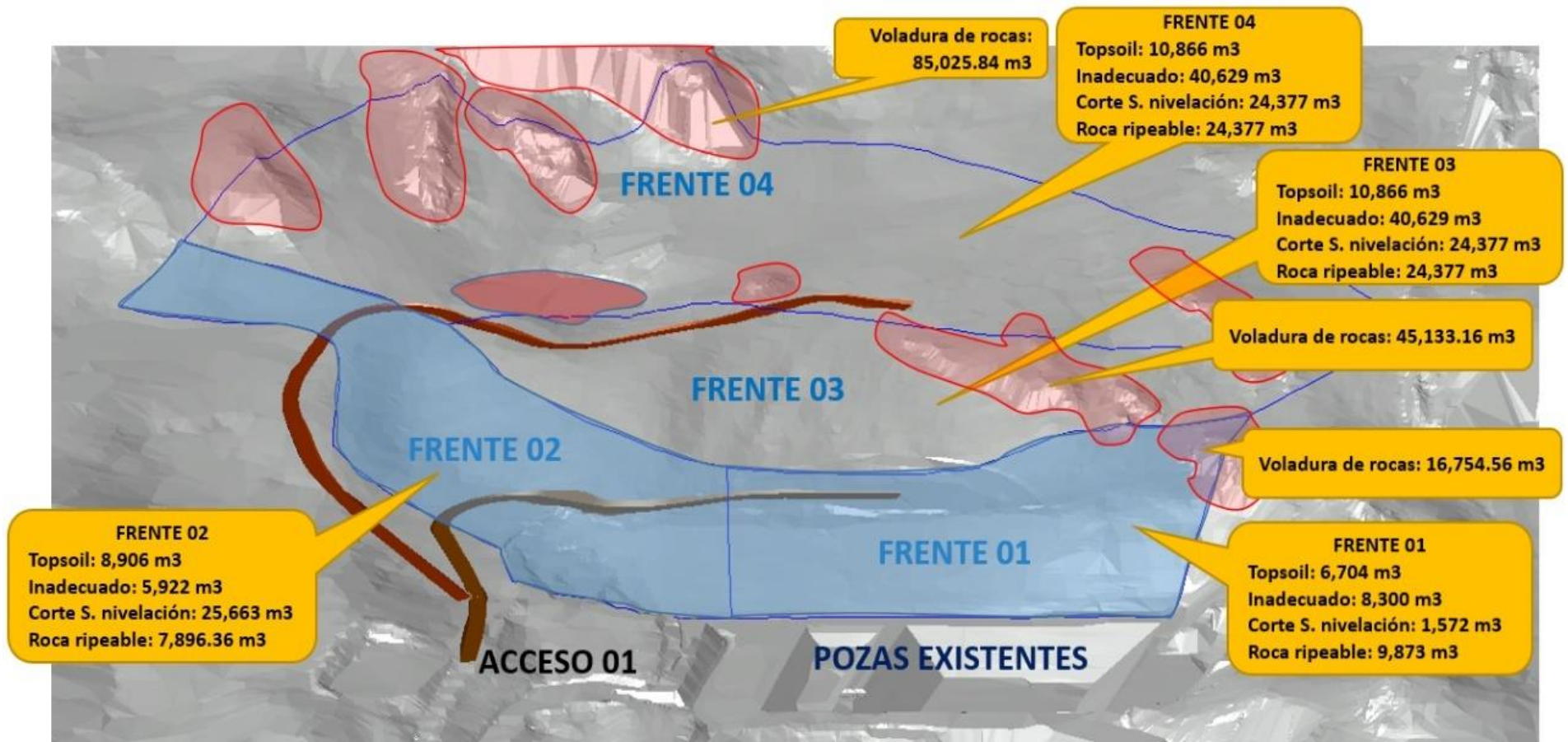


Figura 9. Volúmenes de material para corte en el PAD según diseño (CIJ&RC, 2018)

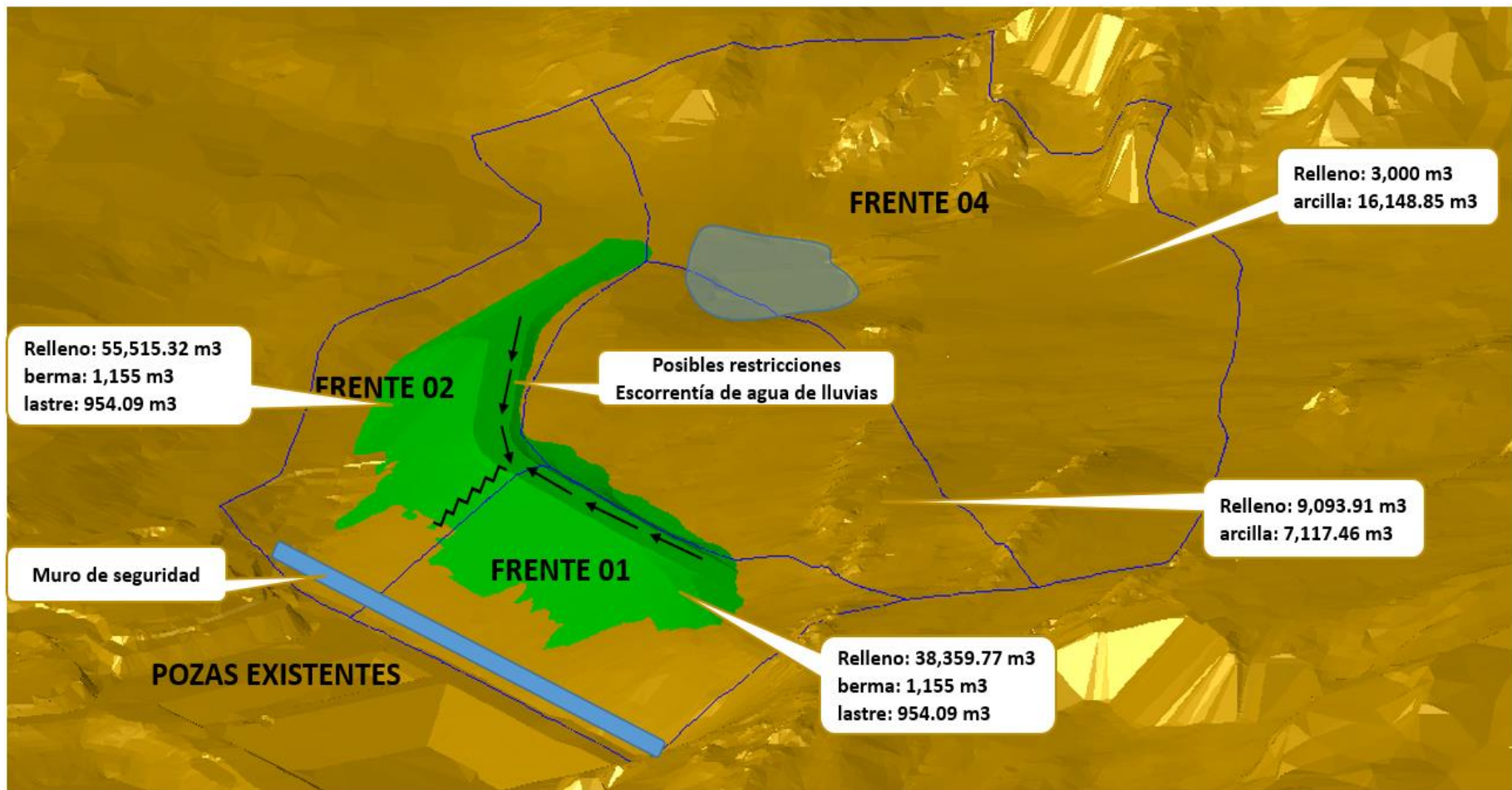


Figura 10. Volúmenes de relleno en el PAD según diseño (CIJ&RC, 2018)

3.6.2.2. Sistema de subdrenaje

Con la finalidad de coleccionar y conducir el agua subterránea que fluye por debajo del PAD de lixiviación, se instalará un sistema de subdrenaje. El subdrenaje será construido mediante tuberías perforadas de HDPE (tuberías de polietileno de alta densidad) de pared doble de 100 y 300 mm de diámetro, dentro de una trinchera rellena con grava de drenaje (filtro) y una tapa con geotextil no tejido de 270 g/m². El sistema de subdrenaje ha sido diseñado para coleccionar los flujos de agua subterránea dentro de los límites del PAD.

Como contingencia adicional el diseño contempla la instalación de un sistema de monitoreo por zonas, para controlar la calidad de agua procedente de las descargas del sistema de subdrenaje. El sistema de monitoreo por zonas está compuesto por tuberías sólidas de HDPE SDR 21 de 50 mm, perforadas o ranuradas en los primeros 50 m, y serán dirigidas conjuntamente con las tuberías de subdrenaje principales hacia la parte baja del PAD y pozas, en donde se construirá una poza revestida con geomembrana para el monitoreo de la calidad de agua de subdrenaje.

En la etapa del sistema de subdrenaje se realizarán las siguientes actividades:

- Excavación de trincheras empleando excavadoras, con el objetivo de colocar las tuberías HDPE para el sistema de subdrenaje.
- Compactación de material en trinchera con plancha compactadora.
- Transporte e Instalación manual de las tuberías corrugadas HDPE desde el punto de acopio hasta su punto final de colocación. Para la instalación se asignará personal de piso.
- Transporte e instalación de tuberías sólidas HDPE desde su punto de acopio hasta su destino final de colocación. Para la instalación se empleará la excavadora.
- Colocación de grava sobre las tuberías de subdrenaje, se empleará la retroexcavadora.
- Instalación de geotextil (envolver a la grava) y su colocación sobre las tuberías de subdrenaje.

En la figura 11, se detalla el sistema de subdrenaje del PAD CN con sus respectivos metrados.

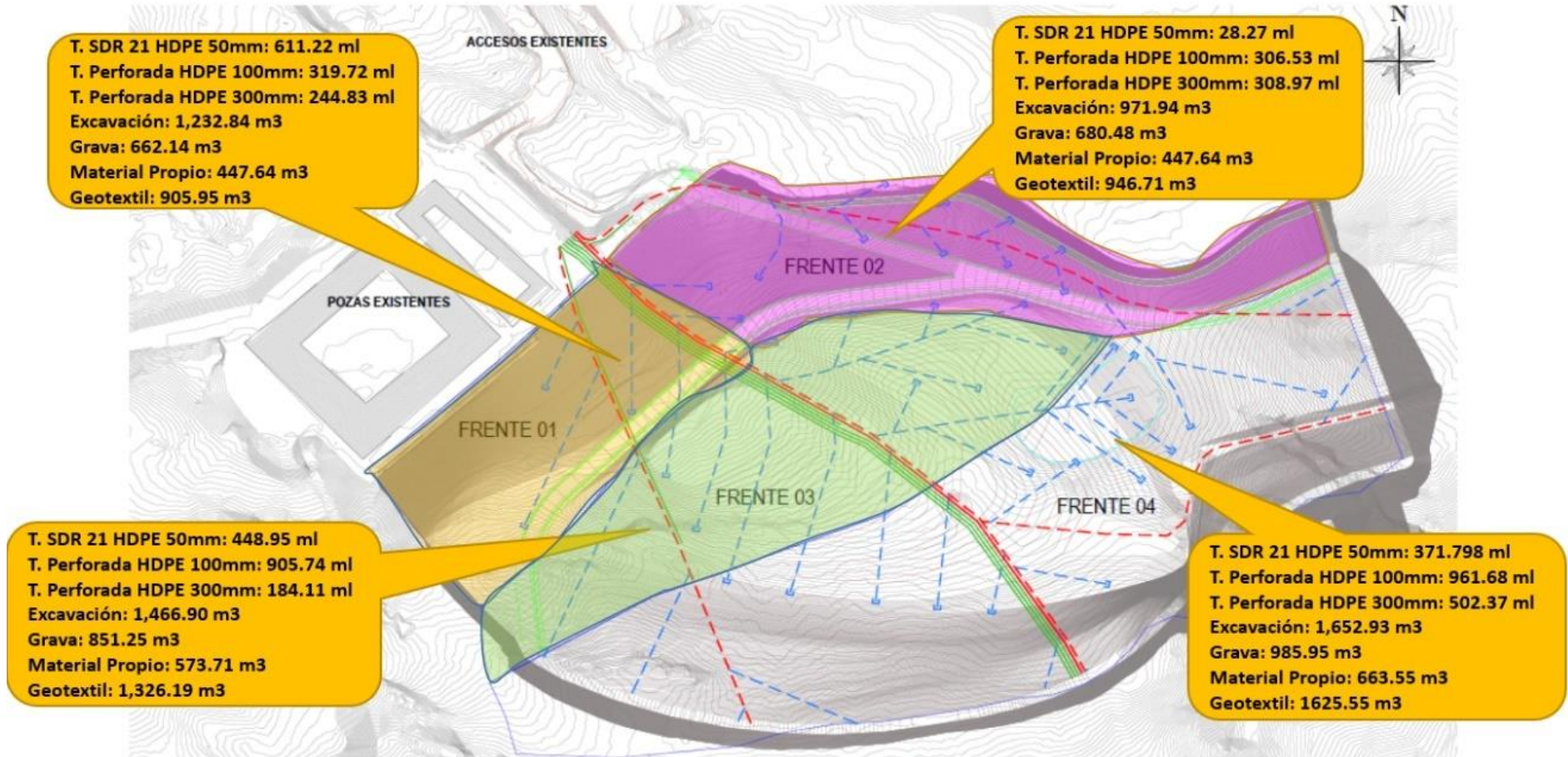


Figura 11. Sistema de subdrenaje del PAD Ciénaga Norte según diseño (CIJ&RC, 2018)

3.6.2.3. Sistema de revestimiento

El sistema de revestimiento está conformado por una capa de geomembrana texturada por un solo lado de 2,0 mm de espesor, instalada por encima de una base de suelo de baja permeabilidad de 300 mm de espesor o de GCL (revestimiento de arcilla geosintética) de acuerdo a diseño. Para proteger la geomembrana contra el punzonamiento y rasgaduras, se instalará cobertura de material de sobre revestimiento de 700 mm de espesor. Este espesor de sobre revestimiento podrá ser aumentado en caso sea necesario dependiendo del tipo de maquinarias y procedimientos utilizados por CIJ&RC, para la colocación de los materiales sobre la geomembrana.

En el Sistema de revestimientos se trabajará con geosintéticos y se realizará las siguientes actividades:

- Transporte del rollo de GCL con ayuda de la excavadora, para ser empujado y desplegado sobre el talud a revestir. Se utiliza la bentonita para unir los traslapes del GCL.
- Instalación de geocompuesto de forma manual en zonas rocosas, para proteger la geomembrana.
- Despliegue e instalación de la geomembrana (de 2mm) en taludes a impermeabilizar, con ayuda de la excavadora y el personal de piso.
- Soldadura de geomembrana con cuña, que consiste en la unión de paños de geomembrana, para cubrir el talud, con el fin de impermeabilizarlo.
- Soldadura de parches de geomembrana, empleando la extrusora.

En la figura 12, se describe los metrados de geomembrana, over liner (capa de roca chancada de 1.5”), grava de tuberías, geocompuesto y GCL, del sistema de revestimiento del PAD Ciénaga Norte.

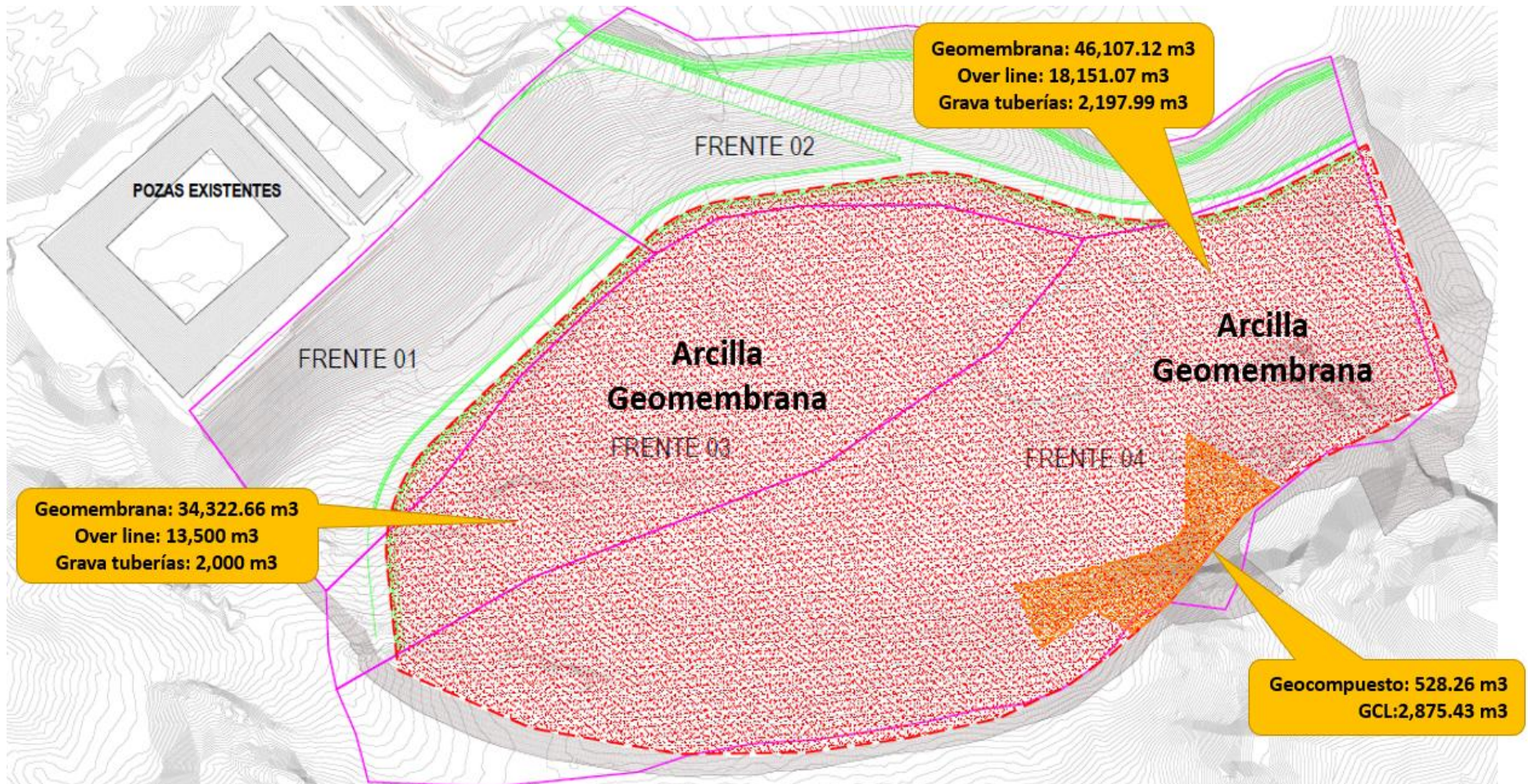


Figura 12. Sistema de revestimiento del PAD Ciénaga Norte según diseño (CIJ&RC, 2018)

3.6.2.4. Sistema de colección de solución

El sistema de colección de solución de la fase 1, etapa 1 del PAD de lixiviación se realizará de acuerdo con los sistemas convencionales de lixiviación en pilas, que consiste en instalar tuberías laterales perforadas de HDPE de pared doble de 100 mm de diámetro, y tuberías de colección principal HDPE perforadas con pared doble de 300 mm y 450 mm de diámetro, dependiendo de la magnitud del área de aporte.

Las tuberías llegan hasta una caja de disipación, para luego dirigirse al sistema de distribución de solución provisto de válvulas y accesorios especiales, los cuales dirigirán los flujos mediante tuberías solidas de 600 mm de diámetro hacia las pozas de PLS (poza para el almacenamiento de la solución rica) o ILS (otra para el almacenamiento de la solución intermedia) en función de la concentración de la solución.

En el sistema de colección de la solución se realizará:

- La actividad de transporte y colocación de over liner sobre las tuberías de colección de solución.
- Instalación de tuberías de HDPE perforadas y no perforadas de pared doble de 600, 450, 300 y 100 mm, según sea el caso incluyendo accesorios de HDPE.

En la figura 13, se detalla los metros lineales de tuberías HDPE de 100 mm, 300 mm, y 450 mm consideradas en el sistema de colección de solución.

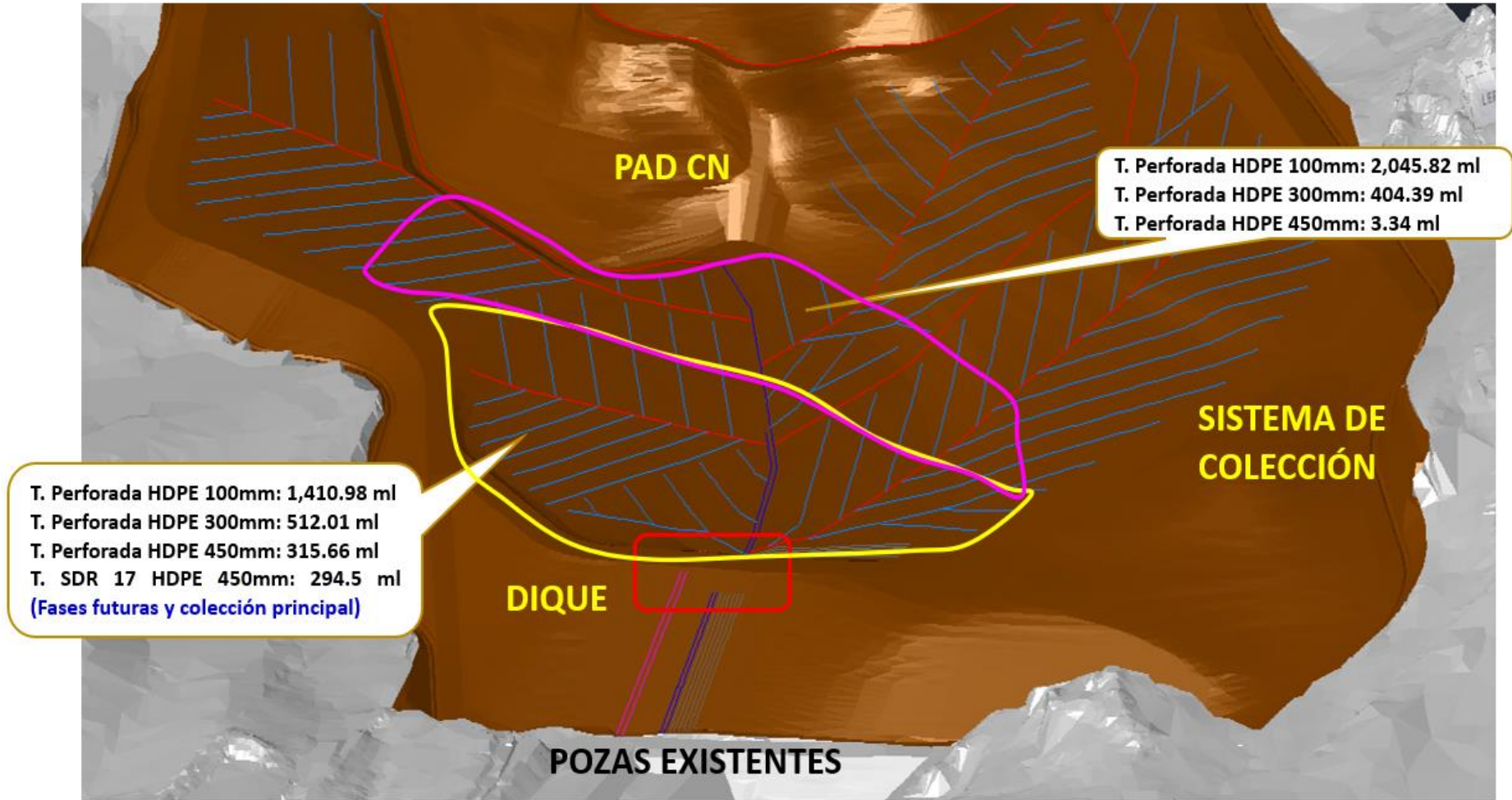


Figura 13. Diseño del sistema de colección de solución del PAD Ciénaga Norte (CIJ&RC, 2018)

3.6.3. Dimensionamiento de flota de movimiento de tierras

Para la realización del proyecto se trabajó con equipos de movimiento de tierras, los cuales fueron equipos de línea amarilla y línea blanca. Los de línea amarilla están montados sobre ruedas (retroexcavadora, motoniveladora y rodillo) y sobre orugas (excavadoras 336, 320, tractores D8 Y D6), mientras que los de línea blanca están montados sobre neumáticos (volquetes de 15 m³ de capacidad, cisterna de combustible de 2000 galones, cisterna de agua de 5000 galones y cama baja). Adicionalmente se empleó equipos livianos para el traslado del personal como son las camionetas, combis y coasters.

CIJ&RC conto con los equipos que se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Equipos utilizados en la construcción del PAD fase 1, etapa 1

ITEM	EQUIPOS	CANTIDAD
1	Excavadora 336 dl	5
2	Excavadora 320	1
3	Tractor oruga D8T	2
4	Tractor oruga D6T	2
5	Retroexcavadora	1
6	Motoniveladora	1
7	Rodillo de compactación	2
8	Volquete de 15 m ³	20
9	Cisterna de agua de 5000 galones	1
10	Cisterna de combustible de 1500 galones	1
11	Camión grúa	1
12	Cama baja	1
13	Camioneta Toyota 4x4	5
14	Combi Toyota	2
15	Coaster	2
16	Luminaria Terex 400	4
17	vibroapisonador	2
18	Generador de corriente diésel	1

A continuación, se presenta los equipos utilizados para el carguío y acarreo.

- **Excavadoras**

Las excavadoras realizan el corte y excavación del material in situ (desbroce y corte de material inadecuado). Para este proyecto se empleó 5 excavadoras 336 dl, tal como se detalla en la tabla 12.

Tabla 12. Equipos de carguío de Consorcio El Imperio J&R en el año 2018

EQUIPO	CÓDIGO	PLACA	MODELO	CLASIFICACIÓN
EXCAVADORA	EXC-01	DTMEH10009	336D2L	EXCAVADORA
	EXC-02	ZCT00757	336D2L	EXCAVADORA
	EXC-03	ZCT00707	336D2L	EXCAVADORA
	EXC-04	ZCT01100	336D2L	EXCAVADORA
	EXC-05	ZCT00838	336D2L	EXCAVADORA

- **Volquetes**

Para el acarreo o transporte del material inadecuado u orgánico según sea el caso se utilizaron 20 volquetes de 15 m³ de capacidad en su mayoría, desde los diferentes frentes de trabajo hacia el depósito de material inadecuado o depósito de material orgánico. Tal como se detalla en la tabla 13.

Tabla 13. Equipos de acarreo de Consorcio El Imperio J&R en el año 2018

EQUIPO	CÓDIGO	PLACA	CAPACIDAD	MARCA	CLASIFICACIÓN
VOLQUETE	VOL-01	ASE-940	15 m ³	VOLVO	VOLQUETE
	VOL-02	AVY-823	15 m ³	VOLVO	VOLQUETE
	VOL-03	T9H-946	15 m ³	MERCEDES	VOLQUETE
	VOL-04	T9H-947	15 m ³	MERCEDES	VOLQUETE
	VOL-05	T9F-948	15 m ³	MERCEDES	VOLQUETE
	VOL-06	AWL-882	15 m ³	VOLVO	VOLQUETE
	VOL-07	ABQ-723	15 m ³	VOLVO	VOLQUETE
	VOL-08	T9I-903	15 m ³	MERCEDES	VOLQUETE
	VOL-09	T9I-912	15 m ³	MERCEDES	VOLQUETE
	VOL-10	AHD-768	15 m ³	VOLVO	VOLQUETE
	VOL-11	AFH-851	15 m ³	VOLVO	VOLQUETE
	VOL-12	AWN-936	15 m ³	VOLVO	VOLQUETE
	VOL-13	T8G-803	15 m ³	VOLVO	VOLQUETE
	VOL-14	ASQ-739	15 m ³	VOLVO	VOLQUETE
	VOL-15	F9Z-944	15 m ³	VOLVO	VOLQUETE
	VOL-16	V6H-852	15 m ³	MERCEDES	VOLQUETE
	VOL-17	AWU-743	15 M3	MERCEDES	VOLQUETE
	VOL-18	AXC-809	15 M3	MERCEDES	VOLQUETE
	VOL-19	T9M-852	16 M3	SCANIA	VOLQUETE
	VOL-20	F8D-861	17 M3	VOLVO	VOLQUETE

3.6.4. Estado actual de movimiento de tierras en la construcción del PAD

3.6.4.1. Cortes

Los primeros trabajos que se han realizado en la etapa de movimiento de tierras de la construcción del PAD son la limpieza, desbroce y retiro de suelo orgánico superficial; que consiste en retirar toda la vegetación existente, las raíces, los elementos orgánicos y nocivos contenidos en una capa superficial de espesor variable. El material retirado en la limpieza y desbroce fue depositado en áreas aprobadas por Cía. Minera Coimolache S.A. (DMO2).



Foto 6. Limpieza y desbroce de material orgánico del frente 4 del PAD

En el proceso de movimiento de tierras se viene retirando materiales producto de corte, estos son:

- Topsoil: Es el material orgánico superficial que se encuentra en el interior de los límites del proyecto y una vez retirados son acarreados a los depósitos de material orgánico, para ser reutilizados según se requiera en la reconfiguración de la capa vegetal al cierre de la mina.



Foto 7. Descarga de topsoil en depósito DMO2

- Suelo de baja permeabilidad: Se define como suelo de baja permeabilidad a los suelos plásticos, de grano fino o grueso no orgánico de por lo menos 30% de contenido de finos, con un índice de plasticidad mayor a 8% y que es aprobado por el ingeniero de CQA. Cualquier depósito de suelo de baja permeabilidad cuyo espesor sea mayor a 1 m, que a criterio del Ingeniero de CQA constituya un volumen importante y que sea descubierto dentro de los límites de la construcción del PAD, es retirado, apilado y perfilado en áreas aprobadas para su futura utilización.



Foto 8. Corte de suelo de baja permeabilidad en el frente 3 y 4 del PAD

- Material inadecuado: Para llegar al nivel de fundación libre de material orgánico y colocar el relleno estructural para la conformación de superficie de nivelación, se remueve materiales inapropiados para la cimentación denominados materiales inadecuados, tales como, materiales sueltos como suelos residuales, además de

suelos blandos como arcillas y limos; con el objetivo de encontrar la cimentación adecuado para soportar las cargas impuestas por el peso del mineral cuando el PAD esté en funcionamiento.



Foto 9. Carguío de material inadecuado en el frente 1 del PAD

- Material rocoso: Se viene cortando afloramientos rocosos que eventualmente se encuentran en el proyecto, ya que es necesario para completar otras partes de la obra, según lo determine el Ingeniero de CQA. Para cortar y retirar estos afloramientos es mediante el proceso de escarificado (se emplea el ripper de un tractor CAD D8T), fractura por impacto (se emplea el martillo hidráulico), y/o voladura, a fin de conseguir los niveles indicados en los planos de construcción, a menos que el Ingeniero de CQA indique algo distinto.



Foto 10. Excavadora martillo realizando corte en zona rocosa

- Material de corte simple para nivelación del PAD: Es el corte en las áreas que hayan sido alteradas previamente por otras actividades de construcción, en las que se incluye la remoción de material y/o re - nivelación de caminos de acceso temporales y plataformas existentes dentro del área de construcción, con el fin de lograr la nivelación mostrada en los planos para el sistema revestimiento.



Foto 11. Corte simple de material para nivelación del PAD en el frente 3

3.6.4.2. Relleno

El relleno empleado se denomina relleno estructural, y es obtenido de una fuente de préstamo aprobada (cantera azufre) o material propio proveniente de las excavaciones en materiales competentes, según haya sido inspeccionado y aprobado por el Ingeniero de CQA; para luego ser transportadas y colocadas en las áreas de construcción designadas para este proyecto.

Los rellenos estructurales consistirán en material de suelo y rocas que cumplan los requerimientos de granulometría descritos en las especificaciones. Ningún material de suelo a ser utilizado como relleno estructural debe contener materia orgánica en su composición y asimismo no debe ser generador de drenaje ácido; por el contrario, todo material con esta finalidad debe ser inorgánico, no meteorizado, proveniente de roca estable y cumplir con los requerimientos de distribución de tamaño de partículas, según lo indicado en la Tabla 14 y los índices de plasticidad, de acuerdo a lo contemplado en la Tabla 15.

Tabla 14. Especificaciones de Material para Relleno Estructural

Tamaño de Malla		% acumulado que pasa
Si	Norma EE.UU.	Relleno Estructural
200 mm	8 pulgadas	100
150 mm	6 pulgadas	95 - 100
75 mm	3 pulgadas	80 - 100
38 mm	1,5 pulgadas	65 - 100
19 mm	3/4 pulgadas	50 - 90
4,75 mm	# 4	40 - 80
0,45 mm	# 40	18 - 60
0,075 mm	# 200	0 - 40

Fuente: (Consortio el Imperio J&R Chugur, 2018)

Tabla 15. Índices de Plasticidad para Relleno Estructural

% acumulado que pasa 0,075 mm (#200)	Índice de Plasticidad (IP) (valor máximo)
20 - 40	15
5 - 20	18
Menor a 5	25

Fuente: (Consortio el Imperio J&R Chugur, 2018)



Foto 12. Transporte de material de relleno al frente 1

3.6.4.3. % de utilización de los equipos de carguío y acarreo en movimiento de tierras

Se determino como se encontraba la utilización de los equipos de carguío y acarreo en movimiento de tierras, debido a que este KPI guarda relación directa con las horas de demoras y la producción en la etapa de movimiento de tierras; porque al aumentar

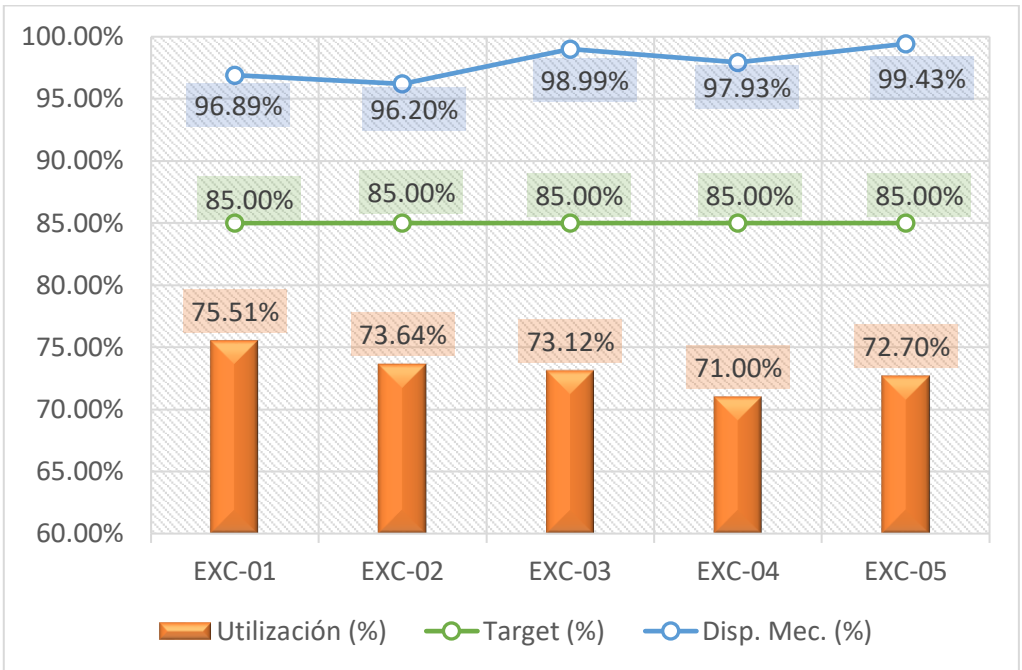
la utilización de los equipos, se incrementa el tiempo efectivo de trabajo y como resultado se reduce los tiempos improductivos y se mejora la producción en movimiento de tierras.

Se verifico el porcentaje de utilización de los equipos de carguío y acarreo en los meses que se trabajó (junio-agosto), obteniendo resultados que refleja la falta de controles en las operaciones.

En la tabla 16, y la gráfica 1, se detalla como el promedio mensual de las excavadoras (73.19%) no cumple con lo esperado (85%) por la empresa, retrasándose el programa de avance del proyecto.

Tabla 16. Promedio de % de utilización mensual de las excavadoras en los meses de junio, julio y agosto del 2018

Equipo	Hrs. Trab. (HT) Mensual	Hrs. Disp. (HD) Mensual	Disp. Mec. (%)	Utilización (%)	Target
EXC-01	361.42	478.65	96.89%	75.51%	85.00%
EXC-02	415.87	564.7	96.20%	73.64%	85.00%
EXC-03	412.54	564.23	98.99%	73.12%	85.00%
EXC-04	325.42	458.32	97.93%	71.00%	85.00%
EXC-05	426.5	586.65	99.43%	72.70%	85.00%

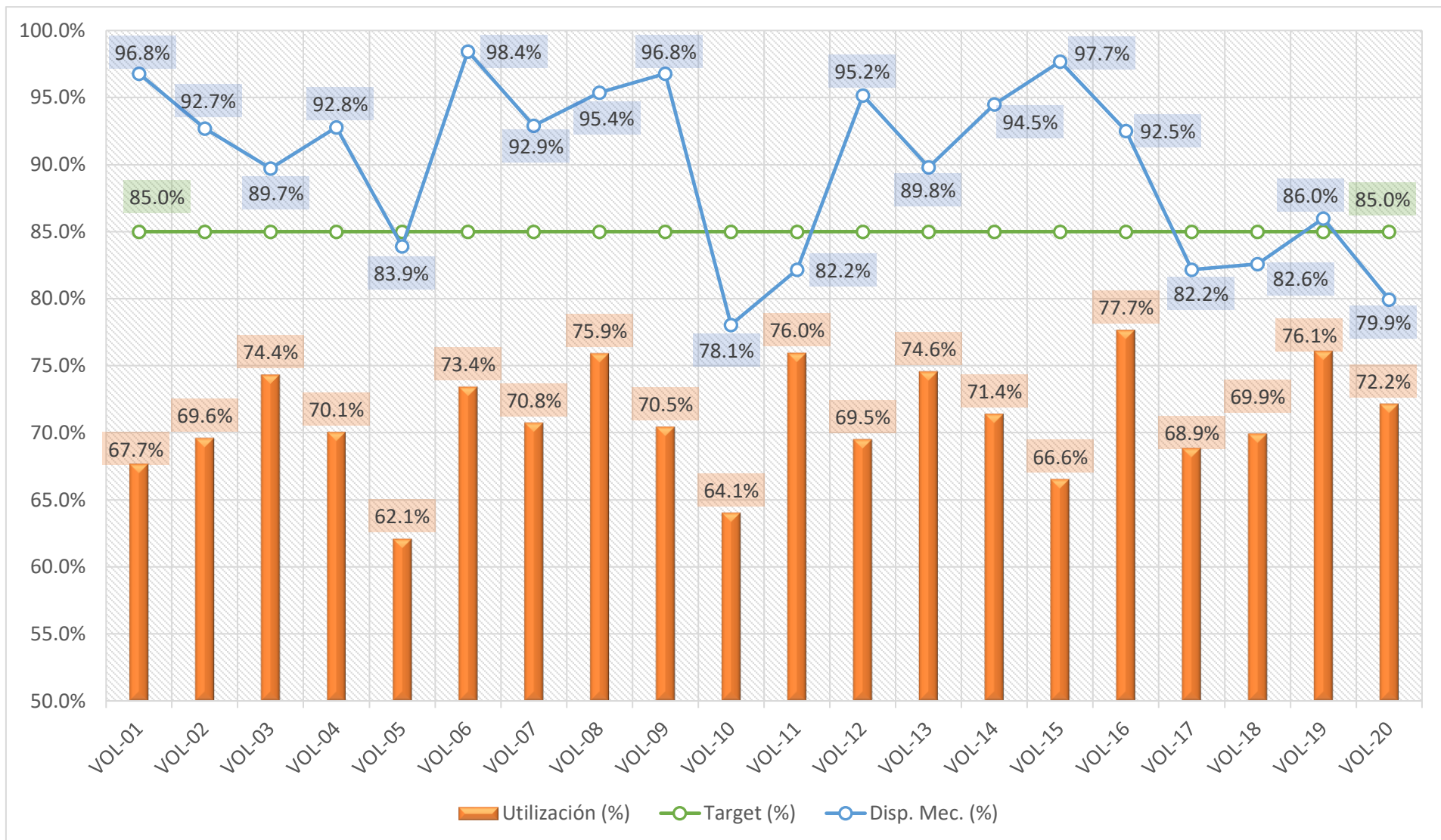


Gráfica 1. Porcentaje de utilización mensual de las excavadoras en los meses de junio, julio y agosto del 2018

En la tabla 17 y gráfica 2, se observa como el promedio de la utilización de los volquetes mensual (71.07%) no cumple con lo presupuestado (85%); lo que significa que no se viene trabajando correctamente en acarreo, y esto genera demoras que reducen la producción en movimiento de tierras, por lo que se debe implementar controles en operaciones, con el objetivo de revertir estos índices de rendimiento. También se observa como el promedio de la disponibilidad mecánica de los volquetes (90%) no alcanza al presupuestado por la empresa (95%).

Tabla 17. Promedio de % de utilización mensual de volquetes en los meses de junio, julio y agosto del 2018

Equipo	Hrs. Trab. (HT) Mensual	Hrs. Disp. (HD) Mensual	Disp. Mec. (%)	Utilización (%)	Target
VOL-01	338.67	500.37	96.78%	67.68%	85.00%
VOL-02	321.38	461.62	92.69%	69.62%	85.00%
VOL-03	377.54	507.77	89.71%	74.35%	85.00%
VOL-04	369.24	527.02	92.79%	70.06%	85.00%
VOL-05	268.41	432.10	83.90%	62.12%	85.00%
VOL-06	381.03	518.83	98.45%	73.44%	85.00%
VOL-07	299.81	423.66	92.91%	70.77%	85.00%
VOL-08	387.38	510.15	95.36%	75.93%	85.00%
VOL-09	392.17	556.56	96.79%	70.46%	85.00%
VOL-10	295.98	462.09	78.06%	64.05%	85.00%
VOL-11	314.68	414.14	82.17%	75.98%	85.00%
VOL-12	373.84	537.63	95.16%	69.53%	85.00%
VOL-13	299.99	402.28	89.79%	74.57%	85.00%
VOL-14	297.69	416.73	94.50%	71.43%	85.00%
VOL-15	364.17	547.13	97.70%	66.56%	85.00%
VOL-16	377.38	485.77	92.53%	77.69%	85.00%
VOL-17	324.80	471.62	82.16%	68.87%	85.00%
VOL-18	321.11	459.13	82.58%	69.94%	85.00%
VOL-19	355.43	466.96	86.00%	76.12%	85.00%
VOL-20	335.76	465.20	79.93%	72.18%	85.00%



Gráfica 2. Porcentaje de utilización mensual de volquetes en los meses de junio, julio y agosto del 2018

3.7. MEDICIÓN DE DATA

El instrumento principal para la recolección de tiempos en carguío y acarreo en la construcción del PAD son los partes diarios o reportes diarios; estos partes de producción permiten conocer que trabajo se realizó, cuantas horas trabajo el equipo dentro de las 10 horas programadas por turno, código del equipo que trabajo, cuanto de combustible consumió, que materiales se utilizaron, horómetro inicial, horómetro final, nombre completo del operador y lo más importante para esta investigación, las demoras o tiempos improductivos. En el Anexo N° 03 se presente el formato del reporte diario de equipos.

Estos reportes diarios fueron elaborados a través de los apuntes de los operadores, luego validados por el supervisor de campo del frente de trabajo, y posteriormente fueron entregados al controlador de equipos; quien reviso el correcto llenado del formato por parte de los operadores, verifico la presencia de la firma del supervisor del frente, del operador y de el mismo en cada uno de los reportes diarios. Finalmente, al verificarse el correcto llenado de los partes diarios, el controlador reviso que el número de reportes sea igual al número de equipos de movimiento de tierras que haya en campo; para luego entregárselos a oficina técnica, donde el Data Enter fue el encargado de ingresar la información obtenida a la base de datos de control de equipos del proyecto de la construcción del PAD.

Los reportes diarios elaborados en la etapa de movimiento de tierras (6 meses) en la construcción del PAD, es la información necesaria para analizar los tiempos improductivos

Se tiene dos procesos principales del ciclo de carguío y acarreo (Carguío de material según su tipo a volquetes y su transporte al depósito de material inadecuado o depósito de material orgánico según su tipo), con cada uno de estos procesos generando 2 reportes por guardia (día y noche) para cada uno de los equipos que intervienen en estos, durante un periodo de 6 meses se tendrá la muestra para el análisis aproximadamente de:

- 1085 reportes de carguío de material a volquetes
- 4140 reportes de transporte material a depósitos
- Un total de 5225 reportes analizados en la muestra

La información que se obtiene de los reportes diarios es:

- **Tablas para clasificar los tiempos improductivos**

En estas tablas se podría averiguar la cantidad de horas de tiempos no productivos al mes, ya sea operativos o no operativos, también cuales son los tiempos principales que causan menor cantidad de horas trabajadas.

- **Horómetro**

El reporte contiene el horómetro con el que se inicia la jornada laboral del equipo (horómetro inicial) y el horómetro con el que termina la jornada (horómetro final); y la resta entre el horómetro final y el inicial es la cantidad de horas trabajadas por el equipo. En campo los supervisores verificaron que los operadores estén trabajando, y que no se encuentre encendido el equipo sin el operador manipulándolo, porque de esta manera quemaban horómetro.

- **Tabla de cantidad de viajes según tipo de materiales**

En el reporte diario los operadores de los volquetes colocan el número de viajes de un origen a un destino, y el tipo de material que transportan; esto ayudo a oficina técnica a identificar qué tipo de material están transportando, determinar cuántos viajes quedan por recorrer según tipo de material, cual es la ruta tomada por los equipos, calcular el volumen de material transportado según su tipo de material y compararlo con los volúmenes obtenidos por el cadista.

- **Descripción del trabajo**

Son las actividades productivas realizadas por los equipos, descritas claramente en el parte diario y al ser ingresado a la base de datos se debe identificar en las partidas de costo, organizadas por estructuras. En esta investigación se definió las actividades más relevantes de carguío y acarreo, las que generan mayores costos unitarios para minimizar los tiempos muertos presentes en estas.

- **Código del equipo**

Este dato es obligatorio y muy importante para monitorear el equipo descrito en el reporte diario, en la tabla 12 y 13 se visualiza los códigos de los equipos de carguío y acarreo.

- **Generación de base de datos**

Es el formato que contiene la información de los reportes diarios, este contiene columnas de turno (día y noche), horas trabajadas, calentamiento, horas efectivas trabajadas, horas disponibles, horas disponibles no trabajadas, horas de mantenimiento, horas programadas, disponibilidad mecánica, utilización, nombre del operador, código del equipo, actividad, material, frente de trabajo para las excavadoras, origen y destino para los volquetes. Se cuenta con una sola base de datos, en el que se ingresa el contenido de los reportes de línea amarilla y camiones volquetes; este formato de base de datos se aprecia en el anexo N° 04.

Con la generación de la base de datos se calcula las horas totales efectivas por mes de cada uno de los equipos de carguío y acarreo, y con estas se obtiene el monto a pagar de arrendamiento por mes; al multiplicar las horas efectivas totales de cada equipo por la tarifa de arrendamiento (US\$/Hm), y restar el descuento por consumo de combustible de los equipos (al ser trasladado a mantenimiento) y el monto de los trabajos realizados en mantenimiento.

3.8. CLASIFICACIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS

Después de la recolección de datos en campo e ingreso de estos en la base de datos se procedió a analizar todas las demoras o tiempo improductivos, estos fueron tomados para las operaciones de carguío y acarreo.

La investigación considero los tiempos improductivos mostrados en la figura 14.

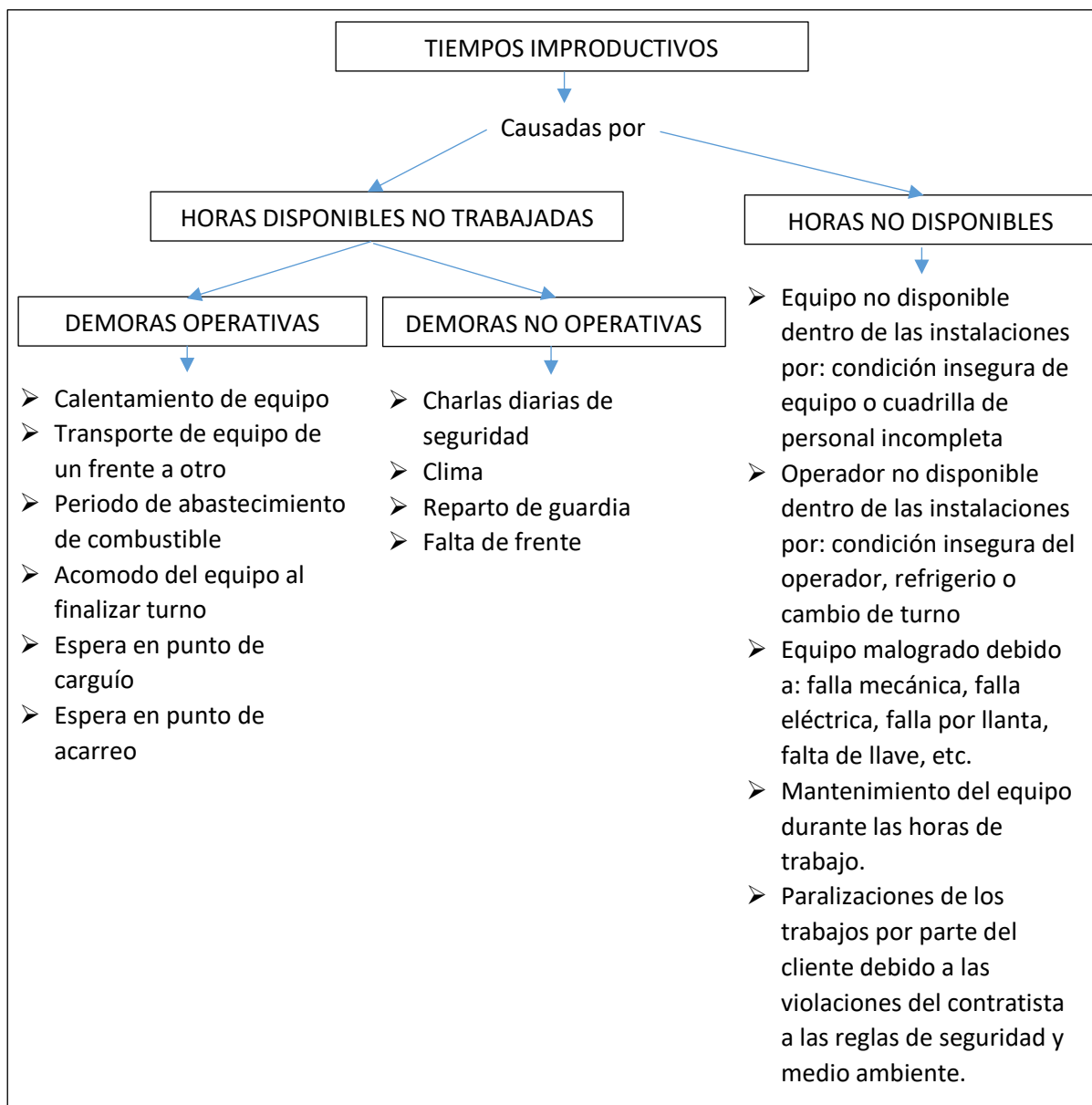


Figura 14. Distribución de tiempos improductivos

3.9. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

El tratamiento, análisis y presentación de resultados está basado en la toma de datos de los tiempos improductivos en carguío y acarreo de la etapa de movimiento de tierras (6 meses) de la construcción del PAD; y en las actividades que se realizaron. Estas fueron:

- Carguío de material producto de corte, con excavadora
- Carguío de relleno estructural con excavadora

- Acarreo o transporte de material producto de corte del PAD a su botadero correspondiente
- Acarreo de relleno estructural de acopios al PAD.

Estas son las principales actividades de movimiento de tierras, que fueron tratadas y analizadas en base a los tiempos improductivos, para la formulación de propuestas de mejoras y controles que ayudaron a mejorar la productividad.

Para el análisis de tiempos improductivos se utilizó la distribución diaria de tiempos mostrada en la tabla 18, los mismos que fueron utilizados en la elaboración de la base de datos.

Tabla 18. Distribución de horas totales y tiempos improductivos

Horas Totales				
Horas Programadas de labor diaria				Horas No Programadas
Horas Disponibles		Horas de Mantenimiento		
Horas Trabajadas efectivas	Horas Disponibles No Trabajadas		Horas de Mantenimiento Programado (Planeado)	
Operando Efectivo (Motor Encendido)	Demoras Operativas (Motor Encendido)	Demoras No Operativas (Motor apagado)	Horas de Mantenimiento Correctivo (No Planeado)	

Fuente: Consorcio El Imperio J&R, 2018

Donde:

- Tiempo Total (TT): 24 horas por día calendario.
- Horas programadas (HP): Horas programadas de labor diaria en operación (10 horas por turno). Nuestro proyecto tiene 2 turnos/día.
- Horas No Programadas (HNP): Horas no destinadas a cumplir actividades productivas.
- Horas Disponibles (HD): Horas en las cuales el equipo se encuentra disponible para realizar trabajos productivos.
- Horas de Mantenimiento (HMTTO): Comprende la mayor cantidad de horas no disponibles del equipo. Son producidas cuando el equipo estuvo en mantenimiento programado (planeado) o correctivo (no planeado).
- Horas Trabajadas Efectivas (HT): Horas en las cuales el equipo se encuentra operando efectivo (motor encendido).

- Horas Disponibles No Trabajadas (HDNT): Horas en las cuales el equipo está disponible en la operación, pero sin realizar trabajo producto de demoras operativas (motor encendido) o demoras no operativas (motor apagado).
- Demoras Operativas (DO): Cuando el equipo estuvo disponible con el motor encendido y no realizó ningún trabajo, entonces se produjo estos tiempos improductivos denominados demoras operativas.
- Demoras No Operativas (DNO): Cuando el equipo estuvo disponible con el motor apagado y no realizó ningún trabajo, entonces se produjo estas demoras.

De lo anterior se deduce:

- $HP = \text{Horas Programadas de Labor Diaria}$
- $HD = \text{Horas Disponibles} = HT + HDNT$
- $HDNT = \text{Horas Disponibles No Trabajadas} = HP - HT - HMTTO$

Después del análisis de tiempos improductivos presentes en las actividades descritas anteriormente, se implementaron propuestas de mejora; y los resultados se reflejó en tablas y diagramas de Pareto para las demoras más significativas en carguío y acarreo.

La utilización, el rendimiento, la productividad y la producción se presentaron en valores obtenidos antes y después de la aplicación del estudio; los cuales se reflejaron en tablas y diagramas de barras.

Los resultados de este estudio tienen un análisis comparativo entre los resultados reales obtenidos en el proyecto y los presupuestados, además de una comparación entre los meses de junio, julio y agosto (antes de la aplicación de los controles) y los meses de septiembre, octubre y noviembre (después de la aplicación de controles).

3.10. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORAS Y CONTROLES EN CARGUÍO Y ACARREO

Posteriormente a la identificación de tiempos improductivos presentes en campo, se procedió a analizar qué actividades principales de carguío y acarreo son las causantes de la generación de estos.

3.10.1. Análisis de los principales factores que generan tiempos improductivos

a) Condiciones Climáticas

Por motivo de las condiciones climáticas adversas (fuertes lluvias, vientos y neblinas) que se presentó en la zona del proyecto, se paralizó los trabajos (stand by por clima), aumentando los tiempos improductivos; y como consecuencia retrasando el avance de la producción y el plazo de lo entregables.



Foto 13. Empozamiento de agua en el PAD por condiciones climáticas

b) Equipo topográfico

Debido a que los topógrafos necesitan levantar el terreno natural, para observar si se realiza corte o relleno, es necesario contar con buena señal de GPS, pero debido a los fuertes vientos la base del equipo sufrió volteos y daños, dificultando los trabajos topográficos en campo por motivos de la señal; y como consecuencia generando demoras en el proceso de excavación o colocación de material en el PAD.

c) Pisos Irregulares en los frentes de Carguío

En los frentes del PAD ciénaga norte se tenía la presencia de pisos irregulares o desniveles, los cuales generaban tiempos perdidos, debido a que necesitaban ser arreglados y llevarse un control, al ser observados por topografía. Por este motivo, se utilizaba la excavadora 320, la retro o la misma excavadora 336 dl para corregirlo; lo

que generaba como consecuencia que algunos volquetes estén a la espera de ser cargados.

d) Mantenimiento de vías

El trabajo que realiza la motoniveladora, el rodillo y la retroexcavadora en mantenimiento de vías es de suma importancia, porque al no ser realizado este, se dificulta el proceso de acarreo de material y el ingreso de volquetes por los accesos al PAD y botaderos.

e) Condiciones de operatividad

En el proyecto se contó con operadores de alta experiencia y operadores nuevos, y esto se reflejaba en el número de viajes de acarreo, que era verificado por el controlador de equipos; porque de algunos operadores coincidía su número de viajes diario, mientras que de otros era menor que el promedio de viajes. En resumen, se observó la falta de capacitación, experiencia, y retroalimentación del área de trabajo a los operadores.

f) Habilitación de áreas de descarga

No se tenía un área acondicionada para la descarga en el DMI y DMO2, porque había áreas reducidas de descarga; lo que generaba retrasos en las actividades programadas de acarreo de material, por la presencia de colas de volquetes.

g) Gestión administrativa

Al inicio y en la ejecución de los trabajos del proyecto se evidencio atrasos en la emisión de fotochecks, licencias, autorización de trabajo interno (trabajos de alto riesgo) y documentación para el ingreso de equipos. En consecuencia, se producía stand by por ausencia del operador, el cual disminuía considerablemente la producción.

h) Restricciones de acceso al PAD

Se contó con un acceso de una sola vía para ingresar al PAD en construcción, lo que provocó interferencias entre volquetes y otros equipos, principalmente en la salida de estos del PAD al botadero.

i) Voladura

En el proceso de la construcción del PAD se ha encontrado roca dura, por lo que se paralizó las actividades operativas por temas de voladuras, durante un promedio de 1 hora. Pero muchas veces no se cumple este plazo de tiempo en paralizaciones de trabajo y se trabaja alrededor de 1.2 horas.

3.10.2. Propuestas de mejoras y controles en las actividades principales que ayudaran a incrementar la productividad

Después de analizar los factores que generan demoras en el proceso productivo de carguío y acarreo; se propuso, se analizó y ejecuto controles permitieron incrementar el rendimiento y la productividad de los equipos, y así cumplir con los entregables a mina. Los controles implementados son los siguientes.

a) Control para Equipo topográfico

Se implementó una base, ubicándose en el sector menos propenso a fuertes vientos “El Azufre”, evitando que esta pueda sufrir volteos y daños, mejorando la señal del equipo en campo y evitando demoras en el ciclo de carguío.



Foto 14. Levantamiento del sistema de subdrenaje, ramal 3 en el frente 5 del PAD, con equipo topográfico de alta precisión

b) Control de pisos en la zona de carguío

Se distribuyó correctamente los equipos auxiliares en la zona de carguío del PAD, para evitar la cola de volquetes, asimismo se implementó en campo el compromiso por parte de los operadores a acondicionar el frente de trabajo antes del cambio de turno. También se implementó un control de pisos de precisión alta indicado por topografía.



Foto 15. Pisos en carguío en el frente 3 del PAD antes de aplicar controles



Foto 16. Control de pisos en carguío en el frente 3 del PAD

c) Control de mantenimiento de vías

Con el objetivo de disipar el polvo en las rutas, accesos, botaderos, zonas de carguío y descarga se utilizó diariamente una cisterna de agua de 5000 galones de capacidad, para realizar el riego de vías en el turno día, y para la lluvia se realizó principalmente limpieza de accesos con motoniveladora, rodillo y retroexcavadora; logrando así evitar atrasos en el avance del proyecto sin descuidar la seguridad, dado que se realizó

capacitaciones en “manejo a la defensiva durante clima adverso”, “condiciones climáticas adversas” y “mantenimiento de vías”.



Foto 17. Riego de vías para disipación del polvo en el PAD, accesos y botaderos



Foto 18. Motoniveladora y Rodillo realizando Mantenimiento de vías

d) Control de trabajos de empuje en áreas de descarga

Se evaluó la geometría de los depósitos y se designó como equipos encargados de realizar el empuje de material y acondicionamiento de las áreas de descarga a los tractores D8, con el objetivo de habilitar áreas de descarga en el DMI y el DMO2; y con esto se disminuyó la cola de volquetes en estas áreas y los tiempos improductivos que estos generaban, aumentando el rendimiento de los volquetes y las excavadoras.



Foto 19. Empuje de material inadecuado en depósito DMI

e) Controles para el área administrativa

Se contrató un asistente de administración para no descuidar la gestión de fotocheqs, licencias, autorización de trabajo interno (trabajos de alto riesgo), documentación para ingreso de equipos y permisos de trabajo; y se elaboró un procedimiento para la gestión administrativa, consiguiendo de esta manera la incorporación inmediata de los trabajadores al área de trabajo.



Foto 20. Proceso de inducción y entrega de estándares para ingreso de personal

f) Control de supervisión

Para esta parte se coordinó reuniones con los supervisores de campo, para evaluar su desempeño, el avance, las prioridades y el control de horas que deben cumplir los equipos; pero también se recalcó:

- La importancia de supervisar el cumplimiento del mantenimiento de vías, para que estas no generen interferencias en el proceso de transporte y no se pierda tiempo en habilitar el área de trabajo en horas de producción.
- Que los trabajadores antes del cambio de guardia deben acondicionar el frente, para disminuir tiempos improductivos producidos por acondicionamiento de frente, al iniciar la siguiente guardia.
- Que como supervisores se debe planificar los frentes a trabajar, para así poder disminuir los tiempos improductivos de falta de frente.
- Que su deber de los supervisores es verificar que los equipos estén realizando las actividades designadas y no mantener el equipo prendido si no se está trabajando; porque de esta forma se está quemando horómetro y eso tiene un costo de horas máquina.
- Verificar que los volquetes estén cargados mayor a 11 cubos, porque su capacidad es 15 m³ y algunos operadores dejan gran parte de la tolva sin llenar; obteniéndose como consecuencia una reducción en la producción mensual.



Foto 21. Charlas a supervisores y operadores acerca de la importancia de evitar las actividades que generan tiempos improductivos

g) Control de acceso al PAD

Se presentó y aprobó el diseño de una rampa de ingreso al PAD, la cual facilito la salida de volquetes hacia el botadero, disminuyendo el ciclo de acarreo del PAD a los botaderos.



Foto 22. Construcción de acceso de ingreso al PAD

h) Control de voladura

Se realizó una reunión con los supervisores de campo y todos los involucrados para dar a conocer el avance, las prioridades, el plan semanal a cumplir del proyecto y el tiempo de retorno a las labores después de realizada una voladura.



Foto 23. Carguío de roca producto de voladura

i) Capacitación del Personal

Se capacito a todo el personal que trabajo en campo (principalmente a operadores y personal de piso), en temas de la correcta ejecución de su trabajo sin descuidar la seguridad, para aumentar el rendimiento de las excavadoras y volquetes. También se capacito al controlador de equipos, para que esté pendiente del trabajo de los operadores y verifique el correcto llenado del reporte diario; donde se menciona las horas efectivas trabajadas, los tiempos improductivos y algunas observaciones a tener en cuenta, para el ingreso de estos a la base de datos.



Foto 24. Capacitaciones de personal en campo

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se analizó los tiempos improductivos o demoras que estuvieron presentes en las actividades de carguío y acarreo, con el objetivo de determinar cuáles son las más significativas; y al conocer estas se aplicó controles minuciosos o propuestas de mejoras a dichas actividades, obteniéndose una reducción considerable de demoras, incrementándose el porcentaje de utilización de equipos, el rendimiento y producción. Además, hubo una mejora considerable en la productividad.

La información analizada es la base de datos de control de equipos en la etapa de movimiento de tierras de la construcción del PAD en los meses de junio, julio y agosto (antes de las propuestas de mejora) y setiembre, octubre y noviembre (Después de las propuestas) del año 2018; con el consentimiento de la empresa Consorcio El Imperio J&R Chugur, que realizó el proyecto denominado “Construcción del Pad de Lixiviación Fase 1, Etapa 1 Ciénaga Norte - Cía. Minera Coimolache”.

Las herramientas que fueron utilizadas para la recolección de la información fueron reportes diarios llenados por operadores, los cuales contenían información de horómetros, tiempos improductivos, materiales utilizados, número de viajes de acarreo, observaciones, etc.

4.1. ANÁLISIS DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS

4.1.1. Tiempos improductivos en Carguío

Para analizar los tiempos improductivos en carguío se utilizó el diagrama de Pareto, con el objetivo de determinar las demoras que más implicancia tienen en la reducción de tiempos muertos, para mejorar la productividad de los equipos de carguío.

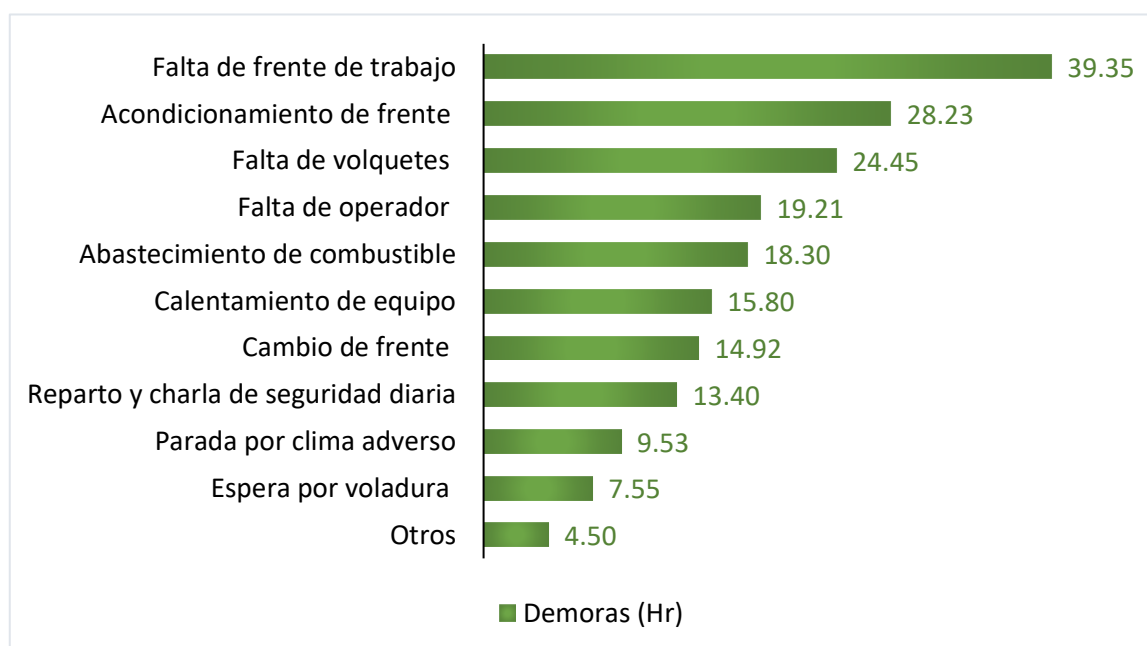
Primero se analizó, evaluó e identificó en los meses de junio, julio y agosto de 2018 los eventos que generan mayores demoras dentro del proceso productivo de carguío.

En la tabla 19 y gráfica 3, se detalla la gran cantidad de horas en tiempos improductivos, que existieron en los primeros meses de la construcción del PAD, antes de aplicar los controles. Mientras que en la gráfica 4, se observa el diagrama de Pareto, que representa las demoras más relevantes a un 80% (según Pareto), las cuales son: falta de frente de trabajo, acondicionamiento de frente, falta de volquetes,

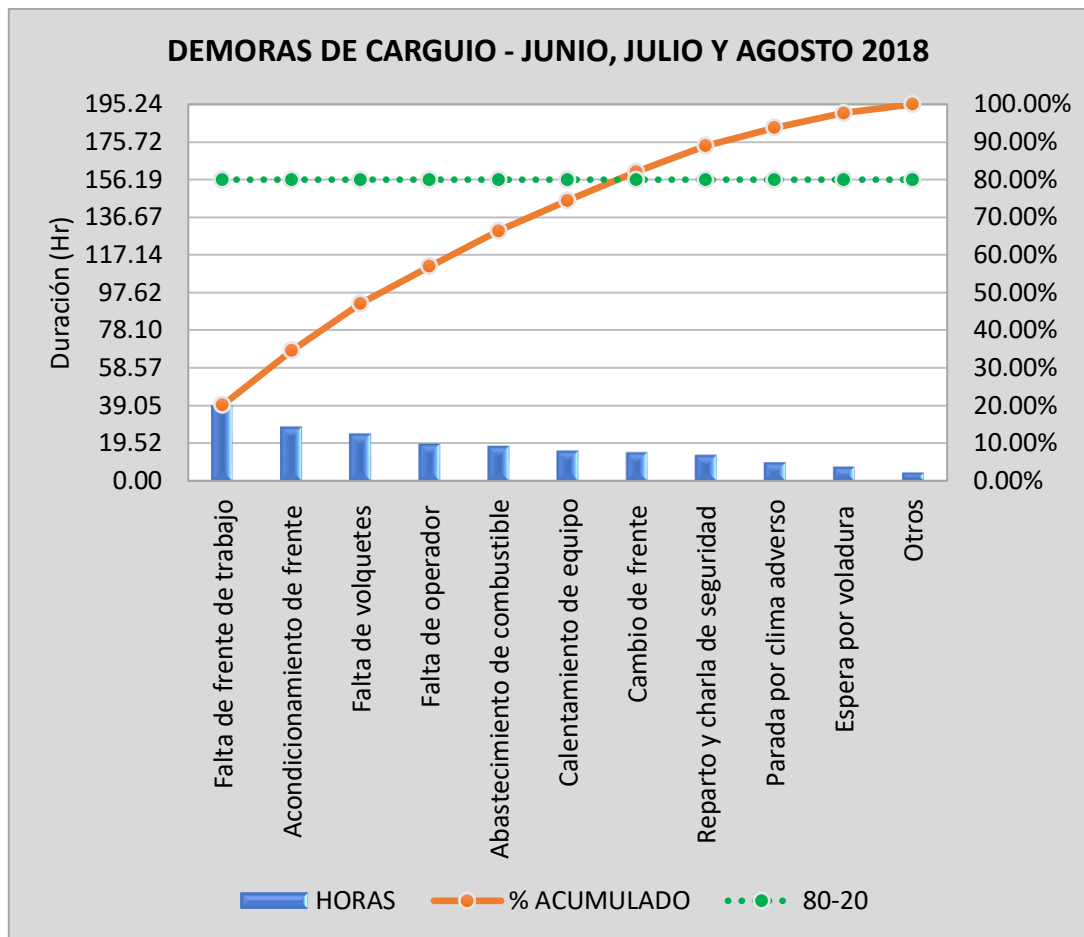
falta de operador, abastecimiento de combustible y calentamiento de equipos. Estas demoras fueron controladas al ejecutarse las propuestas de mejoras, como coordinar con los supervisores de campo reuniones acerca del control y monitoreo de actividades diarias ejecutadas por los operadores de excavadora, para poder evitar tiempos perdidos por la demora principal (falta de frente), además de otras propuestas de mejora que se explicó anteriormente y permitió reducir considerablemente estas demoras significativas de carguío en los meses siguientes al estudio.

Tabla 19. Horas de demoras en carguío en los meses de junio, julio y agosto 2018

CARGUÍO			
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS	DURACIÓN (Hr)	%	% ACUMULADO
Falta de frente de trabajo	39.35	20.15%	20.15%
Acondicionamiento de frente	28.23	14.46%	34.61%
Falta de volquetes	24.45	12.52%	47.14%
Falta de operador	19.21	9.84%	56.98%
Abastecimiento de combustible	18.30	9.37%	66.35%
Calentamiento de equipo	15.80	8.09%	74.44%
Cambio de frente	14.92	7.64%	82.08%
Reparto y charla de seguridad diaria	13.40	6.86%	88.95%
Parada por clima adverso	9.53	4.88%	93.83%
Espera por voladura	7.55	3.87%	97.70%
Otros	4.50	2.30%	100.00%
TOTAL	195.24	100.00%	



Gráfica 3. Representación gráfica de las demoras en carguío en los meses de junio, julio y agosto 2018

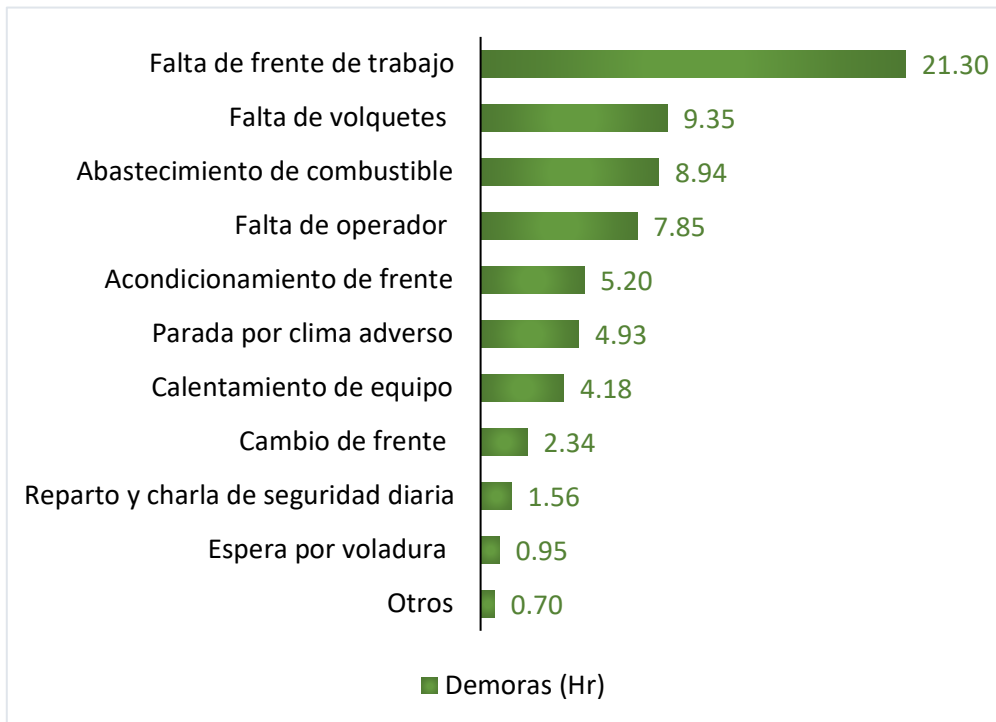


Gráfica 4. Diagrama de Pareto para las demoras en carguío en los meses de junio, julio y agosto 2018

Después de implementar los controles de las actividades se obtuvo las horas de demoras mostradas en la tabla 20. y su representación gráfica mediante el diagrama de barras ordenado de mayor a menor. (Gráfica 5)

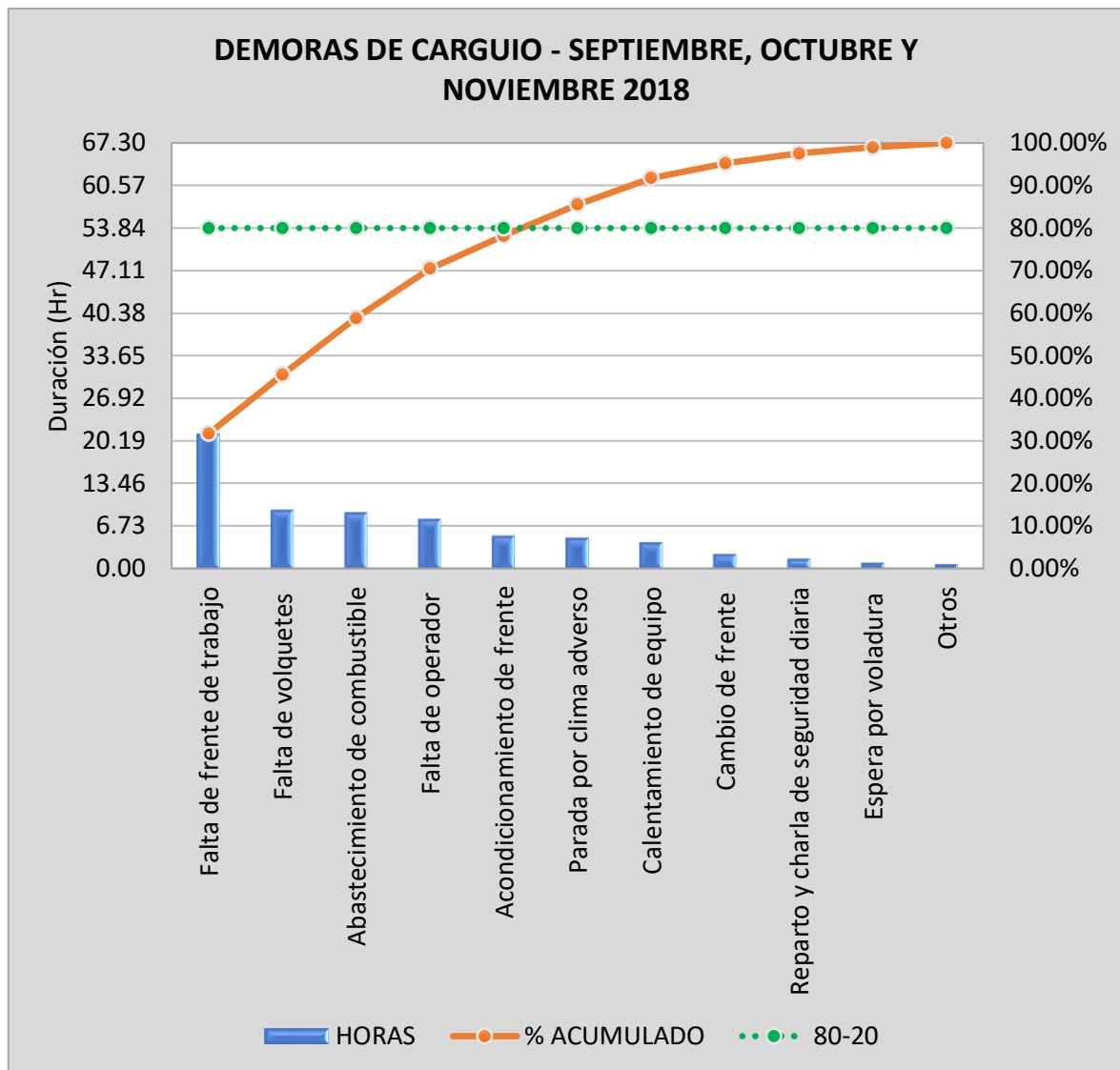
Tabla 20. Horas de demoras en carguío en los meses de septiembre, octubre y noviembre 2018

CARGUÍO			
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS	DURACIÓN (Hr)	%	% ACUMULADO
Falta de frente de trabajo	21.30	31.65%	31.65%
Falta de volquetes	9.35	13.89%	45.54%
Abastecimiento de combustible	8.94	13.28%	58.83%
Falta de operador	7.85	11.66%	70.49%
Acondicionamiento de frente	5.20	7.73%	78.22%
Parada por clima adverso	4.93	7.33%	85.54%
Calentamiento de equipo	4.18	6.21%	91.75%
Cambio de frente	2.34	3.48%	95.23%
Reparto y charla de seguridad diaria	1.56	2.32%	97.55%
Espera por voladura	0.95	1.41%	98.96%
Otros	0.70	1.04%	100.00%
TOTAL	67.30	100.00%	



Gráfica 5. Representación gráfica de las demoras en carguío en los meses de septiembre, octubre y noviembre 2018

En la gráfica 6, se observa como la falta de frente de trabajo, la falta de volquetes, abastecimiento de combustible y falta de operador son los tiempos improductivos más significativos en los meses posteriores a las propuestas, pero con una amplia reducción de las demoras en comparación con los meses de junio, julio y agosto. También se observar una considerable reducción de las demoras totales en el proceso de carguío (127.94 horas que equivale el 65.53% de demoras en carguío de los tres primeros meses).



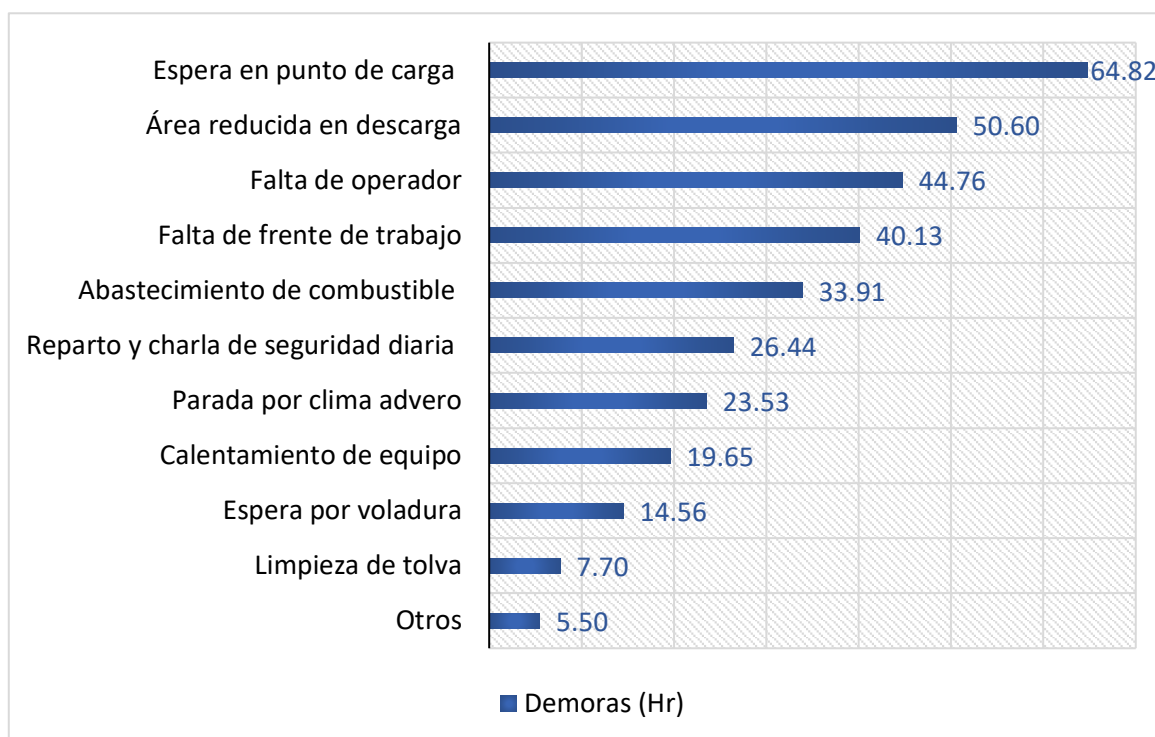
Gráfica 6. Diagrama de Pareto para las demoras en carguío en los meses de septiembre, octubre y noviembre 2018

4.1.2. Tiempos improductivos en acarreo

Después de identificar los tiempos improductivos presentes en el proceso de acarreo durante los meses de junio, julio y agosto; se procedió a estudiarlos, evaluarlos y analizarlos como se detalla en la tabla 21 y gráfica 7.

Tabla 21. Horas de demoras en acarreo de los meses de junio, julio y agosto 2018

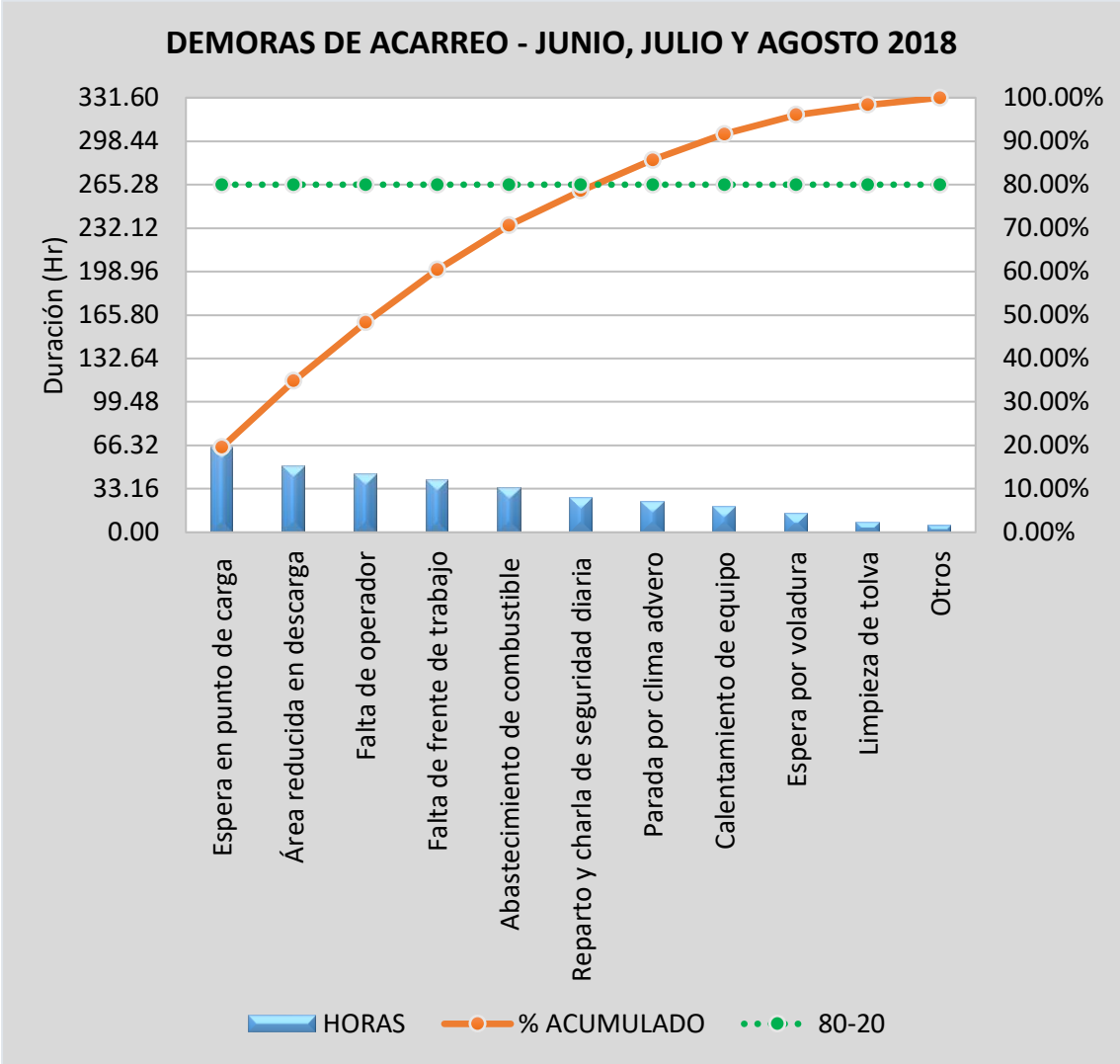
ACARREO			
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS	DURACIÓN (Hr)	%	% ACUMULADO
Espera en punto de carga	64.82	19.55%	19.55%
Área reducida en descarga	50.60	15.26%	34.81%
Falta de operador	44.76	13.50%	48.31%
Falta de frente de trabajo	40.13	12.10%	60.41%
Abastecimiento de combustible	33.91	10.23%	70.63%
Reparto y charla de seguridad diaria	26.44	7.97%	78.61%
Parada por clima advero	23.53	7.10%	85.70%
Calentamiento de equipo	19.65	5.93%	91.63%
Espera por voladura	14.56	4.39%	96.02%
Limpieza de tolva	7.70	2.32%	98.34%
Otros	5.50	1.66%	100.00%
TOTAL	331.60	100.00%	



Gráfica 7. Representación gráfica de las demoras en acarreo de los meses de junio, julio y agosto 2018

De la gráfica 8, se entiende que la principal demora es espera en el punto de carga, esto se debe al área reducida en carga y a la cola de volquetes que se genera por la falta de horas máquina de equipos de carguío, debido a la ausencia de operadores de excavadora. También se aprecia otras demoras significativas como área reducida de descarga, falta de operador, falta de frente de trabajo, abastecimiento de combustible,

reparto y charla de seguridad diaria; todas estas demoras sumadas a la demora principal fueron responsables al 80% de la disminución de horas efectivas trabajadas de volquetes en el PAD.

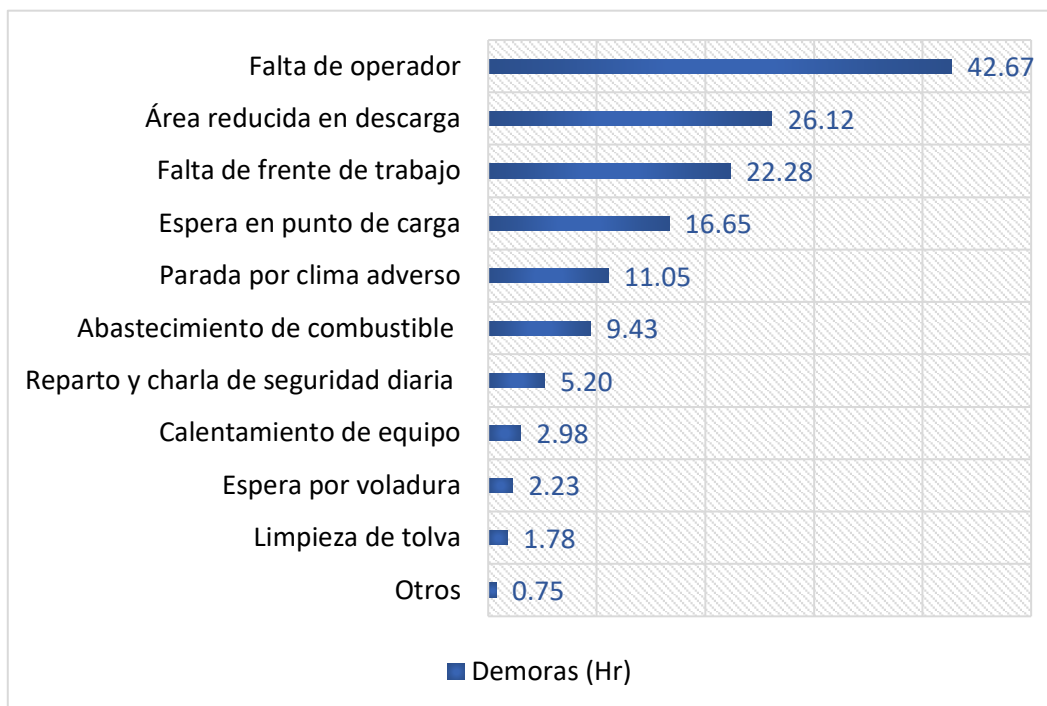


Gráfica 8. Diagrama de Pareto para las demoras en acarreo de los meses de junio, julio y agosto 2018

En los meses de septiembre, octubre y noviembre se aplicaron los controles para disminución tiempos improductivos, obteniendo las horas de demoras en acarreo mostradas en la tabla 22, y su representación en la gráfica 9.

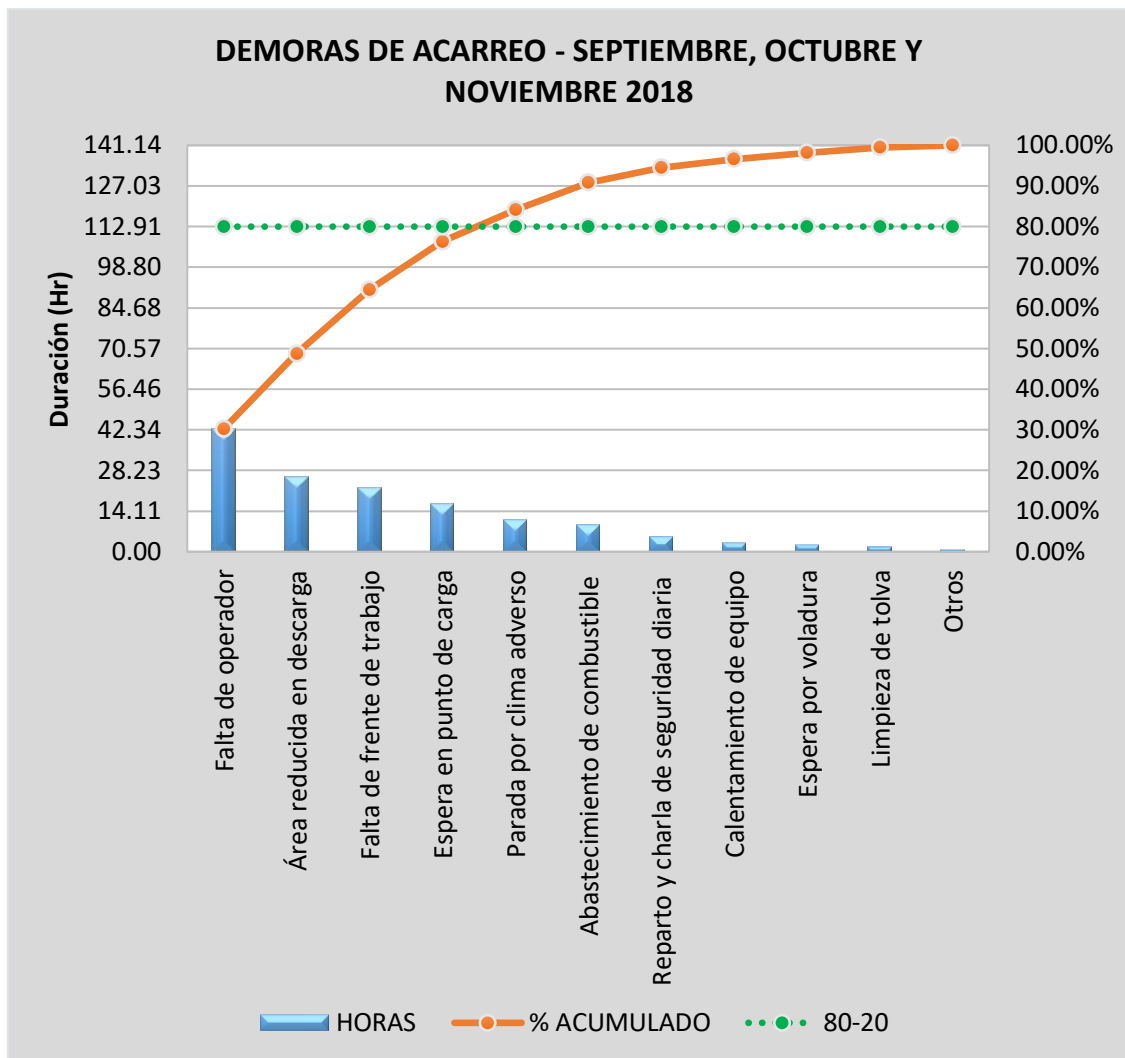
Tabla 22. Horas de demoras en acarreo de los meses de septiembre, octubre y noviembre 2018

ACARREO			
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS	DURACIÓN (Hr)	%	% ACUMULADO
Falta de operador	42.67	30.23%	30.23%
Área reducida en descarga	26.12	18.51%	48.74%
Falta de frente de trabajo	22.28	15.79%	64.52%
Espera en punto de carga	16.65	11.80%	76.32%
Parada por clima adverso	11.05	7.83%	84.15%
Abastecimiento de combustible	9.43	6.68%	90.83%
Reparto y charla de seguridad diaria	5.20	3.68%	94.52%
Calentamiento de equipo	2.98	2.11%	96.63%
Espera por voladura	2.23	1.58%	98.21%
Limpieza de tolva	1.78	1.26%	99.47%
Otros	0.75	0.53%	100.00%
TOTAL	141.14	100.00%	



Gráfica 9. Representación gráfica de las demoras en acarreo de los meses de septiembre, octubre y noviembre 2018

En el diagrama de Pareto mostrado en la gráfica 10, se aprecia que las horas de tiempos improductivos son generadas principalmente por falta de operador, área reducida en descarga, falta de frente de trabajo y espera en punto de carga; pero con menos cantidad de horas de demoras en acarreo que los meses de junio, julio y agosto, que equivale a una reducción considerable de 57.44%.



Gráfica 10. Diagrama de Pareto para las demoras en acarreo de los meses de septiembre, octubre y noviembre 2018

4.2. INCREMENTO DE LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS

En el proyecto de la construcción del PAD se evaluaron KPIs en carguío y acarreo en los meses de junio a agosto; el más importante fue la utilización de equipos, que guarda relación directa con lo tiempo improductivos. Este KPI se implementó y analizo con el objetivo de evaluar la rentabilidad del proyecto y encontrar procesos de mejora, que fueron implementados en los meses siguientes incrementando este índice de productividad muy utilizado en minería para la disminución de demoras.

El indicador de la utilización de equipos se implementó en base a datos reales de campo obtenidos de reportes diarios de equipos. De estos reportes se obtiene la información presentada en el apartado medición de data, que servirá para analizar los tiempos improductivos y la utilización.

Para el Estudio de la utilización en carguío y acarreo se utilizó la distribución de tiempos diaria mostrada en la tabla 18.

4.2.1. Utilización en los equipos de carguío

Para el análisis de este KPI, se trabajó con 5 excavadoras detalladas en la tabla 12, debido a que estos equipos fueron los que trabajaron en carguío.

La utilización se determina por las siguientes formulas:

$$\%UT = \frac{HT}{HD} = \frac{HD - HDNT}{HP - HMTTO}$$

Donde:

- %UT: % Utilización.
- HT: Horas Trabajadas Efectivas.
- HD: Horas Disponibles.
- HP: Horas programadas.
- HDNT: Horas Disponibles No Trabajadas.
- HMTTO: Horas de Mantenimiento

En la tabla 23, se observa como la utilización promedio mensual de los equipos de carguío durante los meses de junio, julio y agosto es 73.19%, el cual es un valor muy bajo comparado con el target esperado por Consorcio El Imperio J&R Chugur (85%). Esto se debe a la gran cantidad de horas en carguío que no se emplearon en trabajo productivo.

Tabla 23. Promedio de utilización (%) de las excavadoras en los meses de junio, julio y agosto antes de aplicar los controles

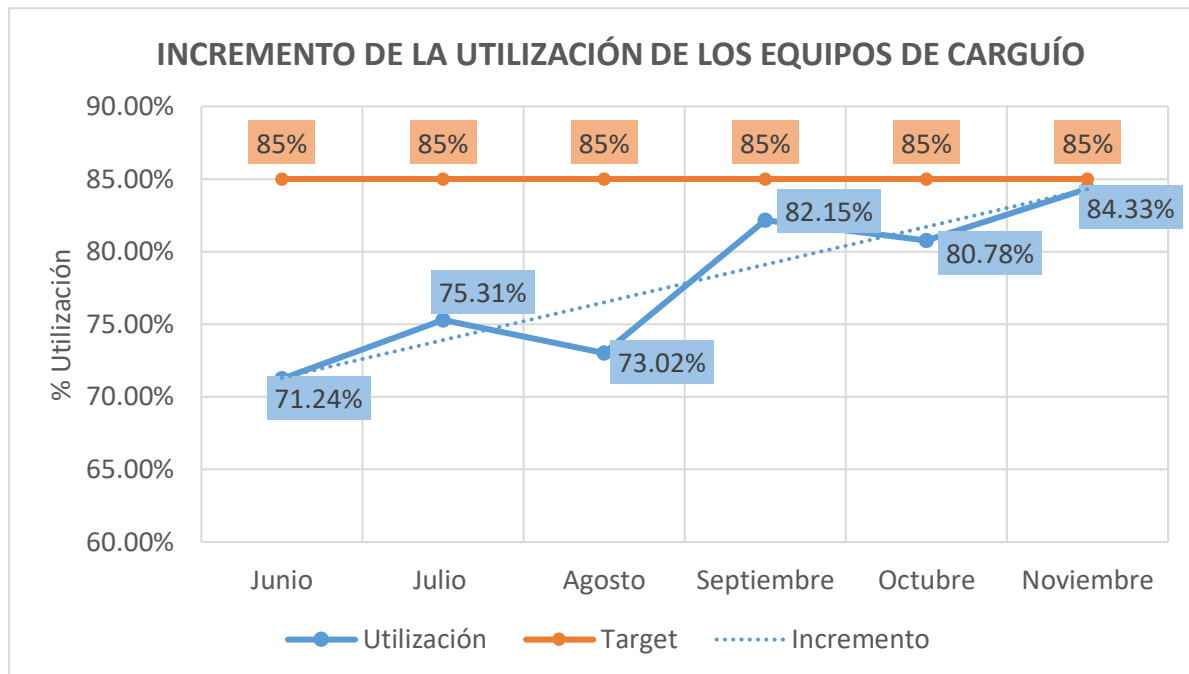
Equipo	Hrs. Trab. (HT) Mensual	Hrs. Disp. No Trab. (HDNT) Mensual	Hrs. Disp. (HD) Mensual	Hrs. de Mtto. (HMTTO) Mensual	Hrs. Prog. (HP) Mensual	Disp. Mec. (%)	Utilización (%)
EXC-01	361.42	117.23	478.65	15.35	494	96.89%	75.51%
EXC-02	415.87	148.83	564.7	22.3	587	96.20%	73.64%
EXC-03	412.54	151.69	564.23	5.77	570	98.99%	73.12%
EXC-04	325.42	132.9	458.32	9.68	468	97.93%	71.00%
EXC-05	426.5	160.15	586.65	3.35	590	99.43%	72.70%

Se implementó controles de carguío en los tres meses siguientes, lo que permitió mejorar la utilización de estos equipos, como se detalla en la tabla 24.

Tabla 24. Promedio de utilización (%) de las excavadoras en los meses de septiembre, octubre y noviembre después de aplicar los controles

Equipo	Hrs. Trab. (HT) Mensual	Hrs. Disp. No Trab. (HDNT) Mensual	Hrs. Disp. (HD) Mensual	Hrs. de Mtto. (HMTTO) Mensual	Hrs. Prog. (HP) Mensual	Disp. Mec. (%)	Utilización (%)
EXC-01	400.37	100.96	501.33	8.67	510	98.30%	79.86%
EXC-02	491.94	95.82	587.76	19.24	607	96.83%	83.70%
EXC-03	473.93	98.66	572.59	2.41	575	99.58%	82.77%
EXC-04	456.80	105.85	562.65	8.35	571	98.54%	81.19%
EXC-05	477.49	86.90	564.39	13.61	578	97.65%	84.60%

En la gráfica 11, se observa como incremento el porcentaje de utilización de las excavadoras en los meses de septiembre a noviembre en comparación a los meses anteriores. También se muestra como después de aplicar los controles se llega un porcentaje de utilización promedio (82.42%) muy cercano al esperado por el consorcio (85%), con el objetivo de cumplir la programación del proyecto.



Gráfica 11. Incremento del % de utilización en carguío, antes (junio - agosto) y después (septiembre - noviembre) de aplicar el estudio.

Al aplicar los controles en los procesos de carguío y mejorar la gestión de tiempos en el área de mantenimiento, se logró disminuir los tiempos improductivos excesivos y con esto incrementar significativamente la utilización de las excavadoras de 73.19% a 82.42%.

4.2.2. Utilización en los equipos de acarreo

Para el análisis de la utilización de los equipos de acarreo, se trabajó con 20 volquetes detallados en la tabla 13; estos equipos fueron los que trabajaron en acarreo.

En el cálculo de la utilización de los equipos de acarreo empleamos la fórmula descrita en el apartado de la utilización en los equipos de carguío, porque esta es la misma para los equipos de acarreo; lo que cambia es la distribución de horas según el tipo de equipo.

En la tabla 25, se muestra como la utilización promedio mensual de los volquetes durante los meses de junio, julio y agosto es 71.07%; este valor es pequeño comparado con el target de los volquetes (85%), esperado por el consorcio. También se puede ver que la Disponibilidad Mecánica promedio mensual de los volquetes (90%) es menor que el esperado (95%), esto se debe a la poca coordinación que hubo con el área de mantenimiento, lo que ocasiono que los equipos no sean atendidos inmediatamente.

Tabla 25. Promedio de utilización (%) de los volquetes en los meses de junio, julio y agosto antes de aplicar los controles

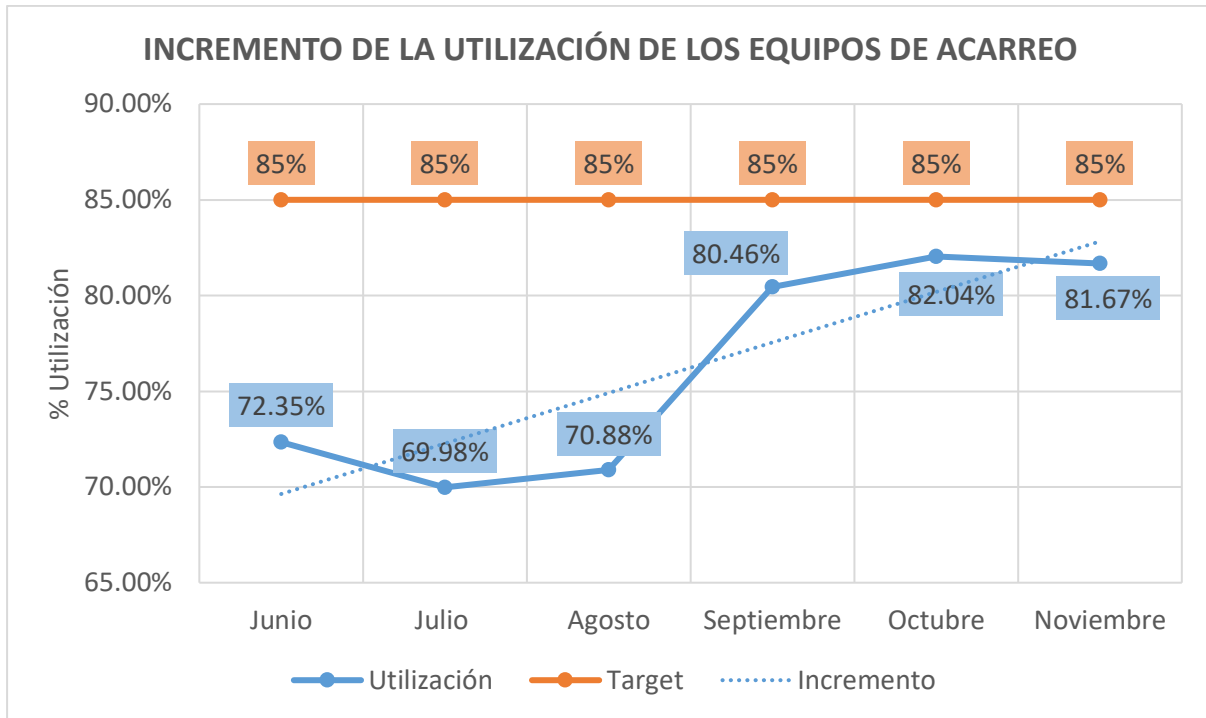
Equipo	Hrs. Trab. (HT) Mensual	Hrs. Disp. No Trab. (HDNT) Mensual	Hrs. Disp. (HD) Mensual	Hrs. De Mtto. (HMTTO) Mensual	Hrs. Prog. (HP) Mensual	Disp. Mec. (%)	Utilización (%)
VOL-01	338.67	161.70	500.37	16.63	517	96.78%	67.68%
VOL-02	321.38	140.24	461.62	36.38	498	92.69%	69.62%
VOL-03	377.54	130.23	507.77	58.23	566	89.71%	74.35%
VOL-04	369.24	157.78	527.02	40.98	568	92.79%	70.06%
VOL-05	268.41	163.69	432.10	82.90	515	83.90%	62.12%
VOL-06	381.03	137.80	518.83	8.17	527	98.45%	73.44%
VOL-07	299.81	123.85	423.66	32.34	456	92.91%	70.77%
VOL-08	387.38	122.77	510.15	24.85	535	95.36%	75.93%
VOL-09	392.17	164.39	556.56	18.44	575	96.79%	70.46%
VOL-10	295.98	166.11	462.09	129.91	592	78.06%	64.05%
VOL-11	314.68	99.46	414.14	89.86	504	82.17%	75.98%
VOL-12	373.84	163.79	537.63	27.37	565	95.16%	69.53%
VOL-13	299.99	102.29	402.28	45.72	448	89.79%	74.57%
VOL-14	297.69	119.04	416.73	24.27	441	94.50%	71.43%
VOL-15	364.17	182.96	547.13	12.87	560	97.70%	66.56%
VOL-16	377.38	108.39	485.77	39.23	525	92.53%	77.69%
VOL-17	324.80	146.82	471.62	102.38	574	82.16%	68.87%
VOL-18	321.11	138.02	459.13	96.87	556	82.58%	69.94%
VOL-19	355.43	111.53	466.96	76.04	543	86.00%	76.12%
VOL-20	335.76	129.44	465.20	116.80	582	79.93%	72.18%

La tabla 26, muestra un incremento en la utilización promedio mensual de los equipos de acarreo a 81.39% (después de implementar los controles), y con esto también se elevó el rendimiento de los volquetes por hora y el ritmo de producción. En la tabla, también se aprecia como la disponibilidad mecánica promedio mensual de los volquetes aumento de 90% (antes del estudio) a 93.59% (muy cercano al esperado 95%); esto se debe a la buena coordinación con el área de mantenimiento, para la atención rápida de los equipos, consiguiendo disminuir los tiempos muertos excesivos ocasionados por falla mecánica en los volquetes.

Tabla 26. Promedio de utilización (%) de los volquetes en los meses de septiembre, octubre y noviembre después de aplicar los controles

Equipo	Hrs. Trab. (HT) Mensual	Hrs. Disp. No Trab. (HDNT) Mensual	Hrs. Disp. (HD) Mensual	Hrs. de Mtto. (HMTTO) Mensual	Hrs. Prog. (HP) Mensual	Disp. Mec. (%)	Utilización (%)
VOL-01	423.22	94.20	517.42	23.58	541	95.64%	81.79%
VOL-02	411.51	112.54	524.05	32.95	557	94.08%	78.52%
VOL-03	439.87	90.26	530.13	19.87	550	96.39%	82.97%
VOL-04	472.82	88.93	561.75	28.25	590	95.21%	84.17%
VOL-05	398.57	128.80	527.37	52.63	580	90.93%	75.58%
VOL-06	431.24	103.89	535.13	32.87	568	94.21%	80.59%
VOL-07	385.10	110.65	495.75	43.25	539	91.98%	77.68%
VOL-08	441.48	94.04	535.52	15.48	551	97.19%	82.44%
VOL-09	459.91	106.77	566.68	9.32	576	98.38%	81.16%
VOL-10	463.63	79.23	542.86	37.14	580	93.60%	85.41%
VOL-11	392.21	68.01	460.22	56.78	517	89.02%	85.22%
VOL-12	414.72	123.95	538.67	17.33	556	96.88%	76.99%
VOL-13	362.87	95.43	458.30	52.70	511	89.69%	79.18%
VOL-14	391.47	86.57	478.04	35.96	514	93.00%	81.89%
VOL-15	423.65	131.27	554.92	6.08	561	98.92%	76.34%
VOL-16	415.67	94.39	510.06	47.94	558	91.41%	81.49%
VOL-17	394.46	96.19	490.65	75.35	566	86.69%	80.40%
VOL-18	446.39	82.45	528.84	40.16	569	92.94%	84.41%
VOL-19	402.17	73.51	475.68	35.32	511	93.09%	84.55%
VOL-20	466.66	69.84	536.50	43.50	580	92.50%	86.98%

En la gráfica 12, se observa como al implementar los controles en acarreo se incrementó la utilización promedio mensual de 71.07% (junio-agosto, antes del estudio) a 81.39% (septiembre - noviembre, después del estudio).

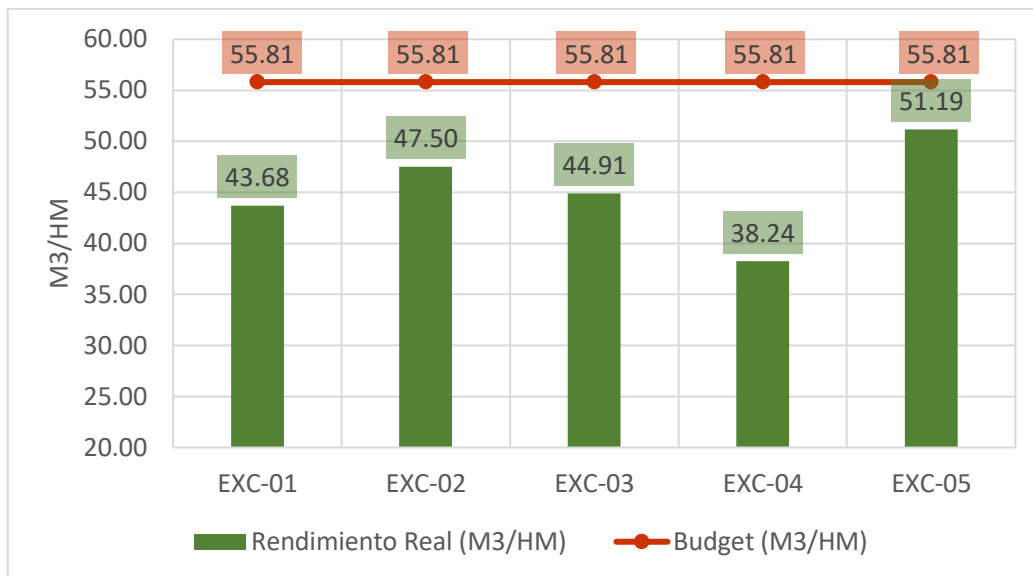


Gráfica 12. Incremento del % de utilización en acarreo, antes (junio - agosto) y después (septiembre - noviembre) de aplicar el estudio

4.3. RENDIMIENTOS DE EQUIPOS EN CARGUÍO Y ACARREO

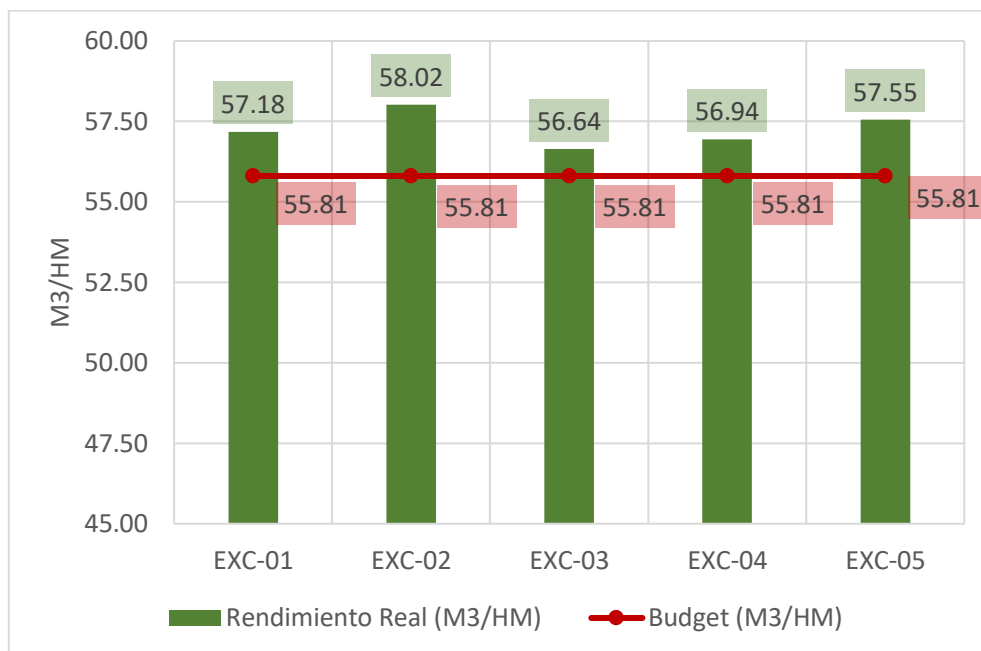
Durante los meses de junio, julio y agosto se obtuvo bajo rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, por la presencia de demoras. Luego se aplicó los controles, obteniendo resultados favorables en horas maquina trabajadas, que incrementaron el rendimiento de los equipos y la producción de materiales de corte y relleno estructural en la etapa de movimiento de tierras de la construcción del PAD.

En la gráfica 13, el rendimiento promedio mensual de las excavadoras en carguío de material de corte del PAD (45.10 m³/hm) está por debajo del presupuestado (55.81 m³/hm). Se observa claramente que en los meses antes del estudio no se alcanzó la meta presupuestada.



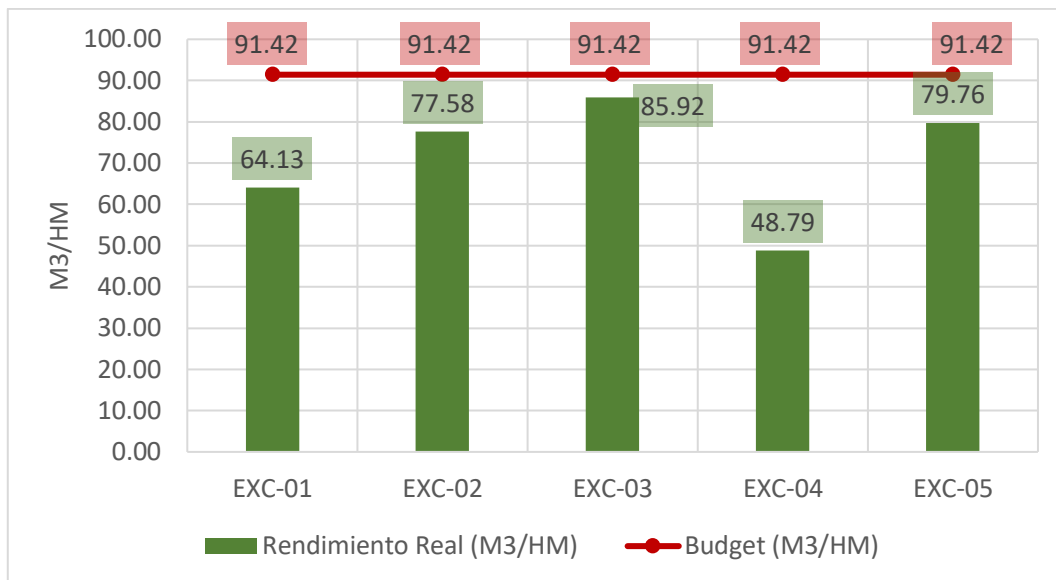
Gráfica 13. Rendimiento promedio mensual de excavadoras en material de corte del PAD de los meses de junio, julio y agosto (antes)

En la gráfica 14, El rendimiento promedio mensual en carguío de material de corte del PAD en los meses de septiembre, octubre y noviembre, mejoro cumpliendo con lo presupuestado; aumentando de 45.10 m³/hm en promedio mensual (antes del estudio) a 57.27 m³/hm (después del estudio).



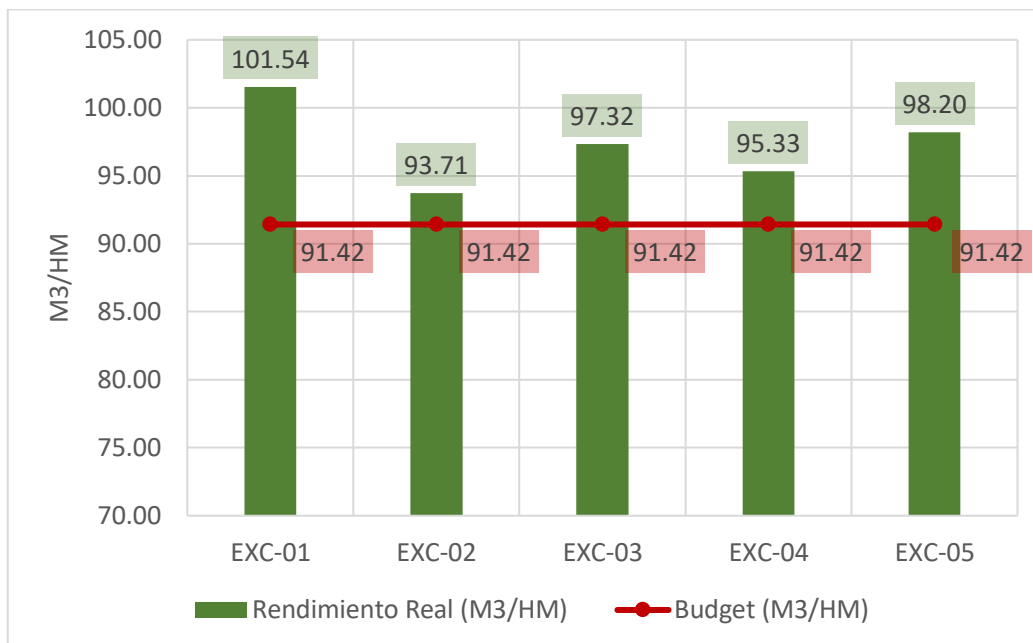
Gráfica 14. Rendimiento promedio mensual de excavadoras en material de corte del PAD de los meses de septiembre, octubre y noviembre (después)

El rendimiento promedio de las excavadoras en carguío de relleno estructural en los meses de junio a agosto está por debajo de lo presupuestado. (Gráfica 15).



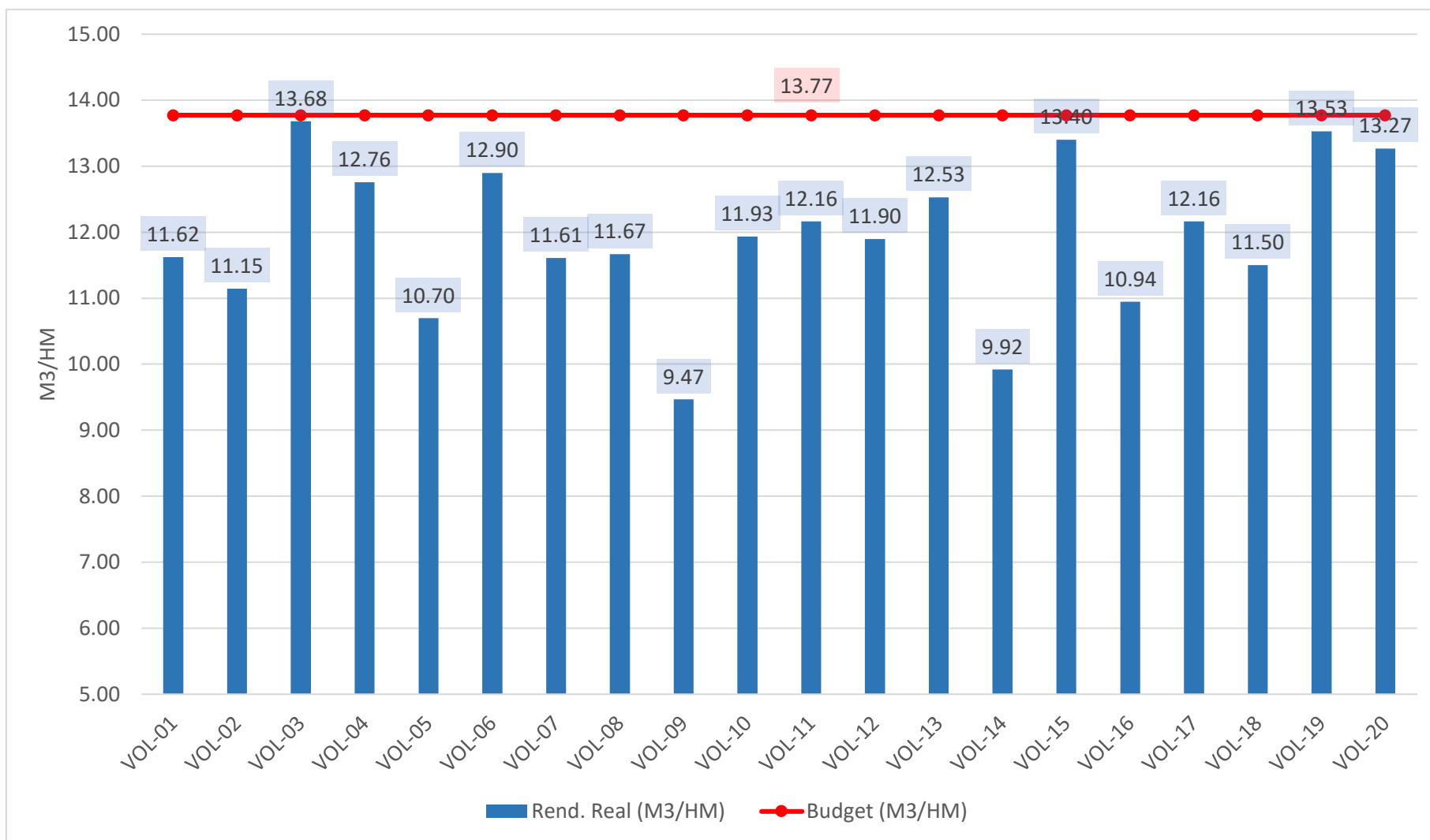
Gráfica 15. Rendimiento promedio mensual de excavadoras en acopios de relleno estructural en los meses de junio, julio y agosto (antes)

La gráfica 16, muestra un notable crecimiento del rendimiento promedio mensual de las excavadoras en carguío de relleno estructural de 71.24 m³/hm (antes del estudio) a 97.22 m³/hm (después del estudio), cumpliendo con la meta presupuestada.



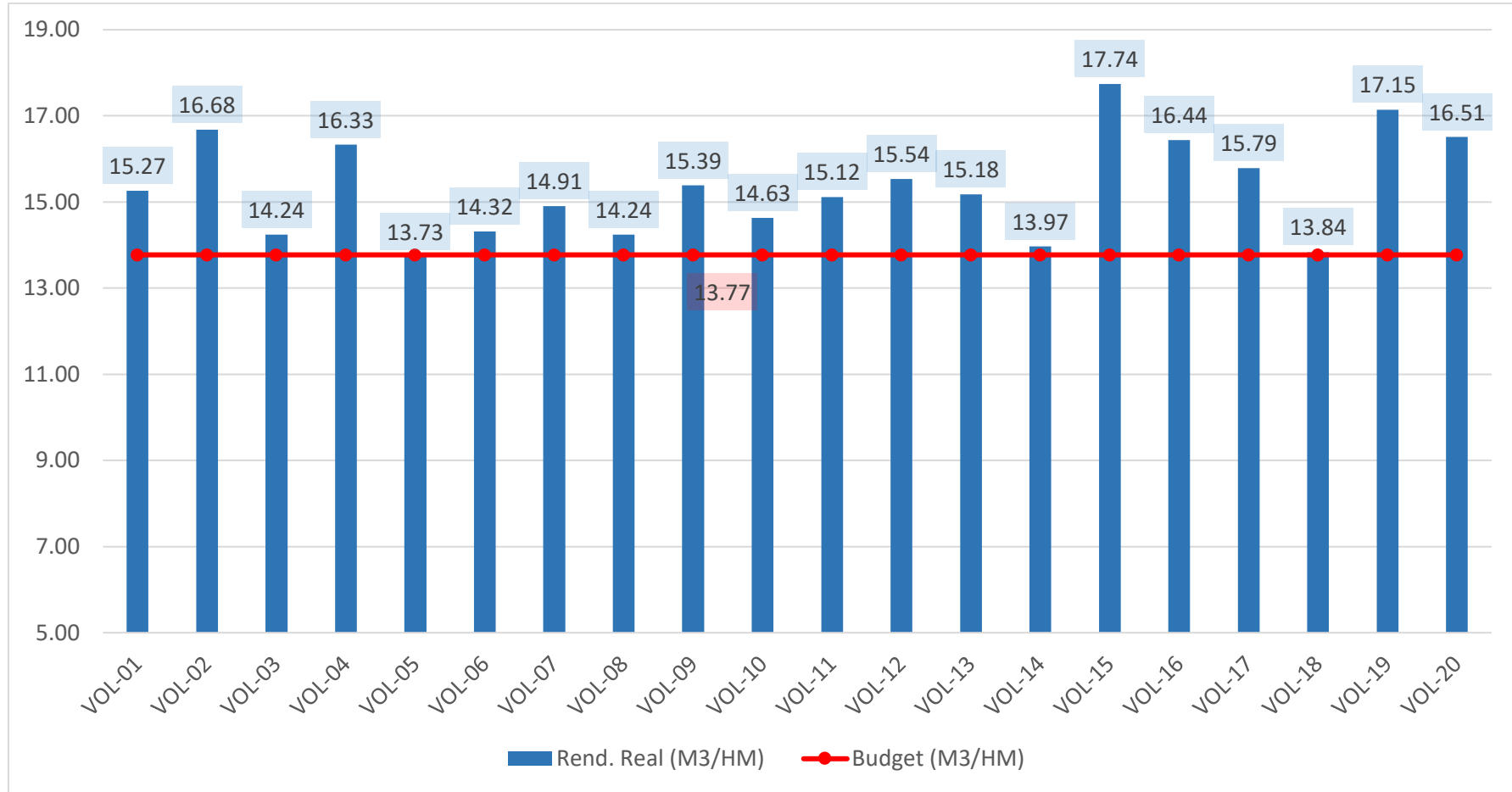
Gráfica 16. Rendimiento promedio mensual de excavadoras en acopios de relleno estructural en los meses de septiembre, octubre y noviembre (después)

En la gráfica 17, correspondiente a los meses de junio, julio y agosto, se aprecia inconvenientes con el rendimiento promedio de los equipos de acarreo al transportar materiales, debido al incumplimiento del presupuestado (11.94 m³/hm < 13.77 m³/hm).



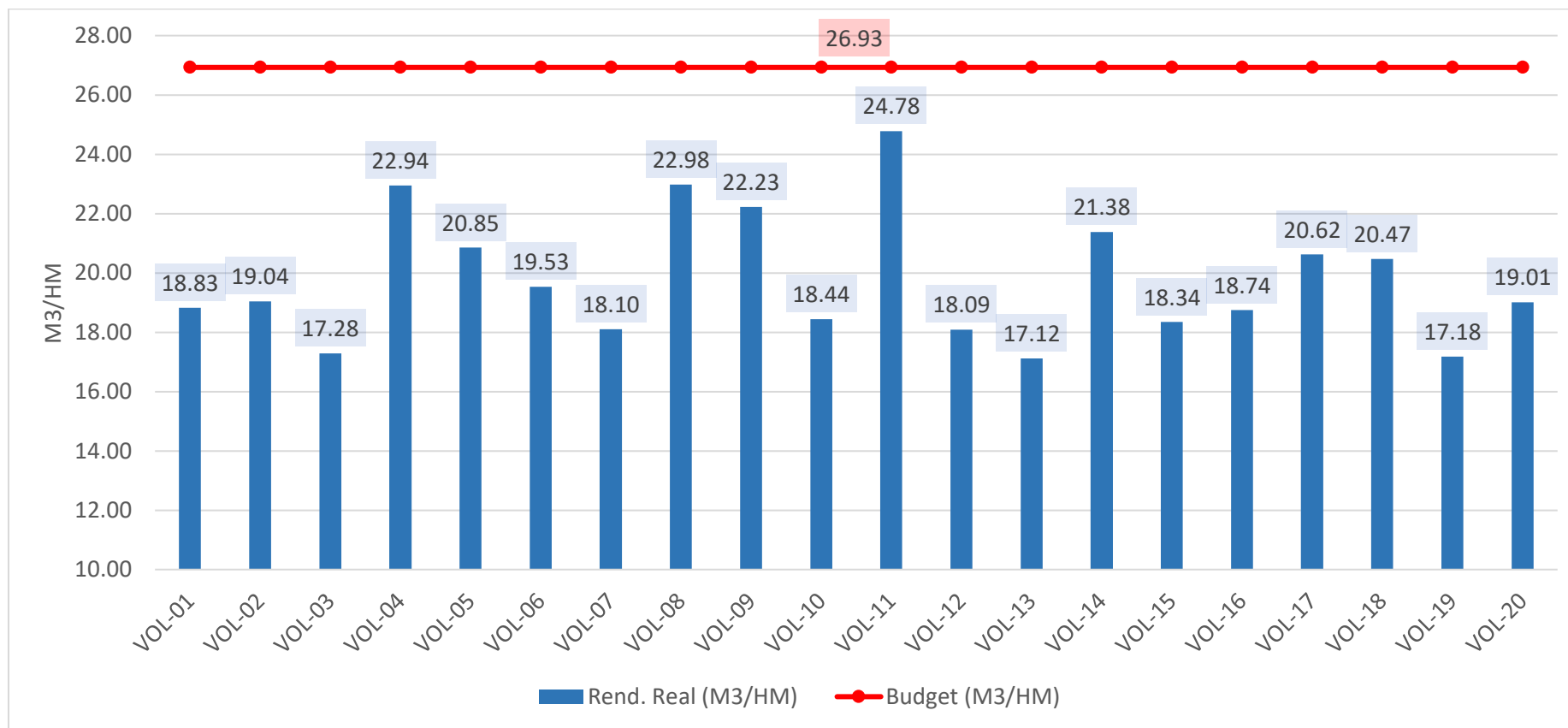
Gráfica 17. Rendimiento promedio de volquetes en acarreo de material de corte del PAD a depósitos en los meses de junio, julio y agosto (antes)

En la gráfica 18. A comparación de los meses anteriores se observa un incremento de 3.41 m³/hm en rendimiento promedio de los volquetes al transportar material de corte, lo cual nos permitió cumplir con lo presupuestado.



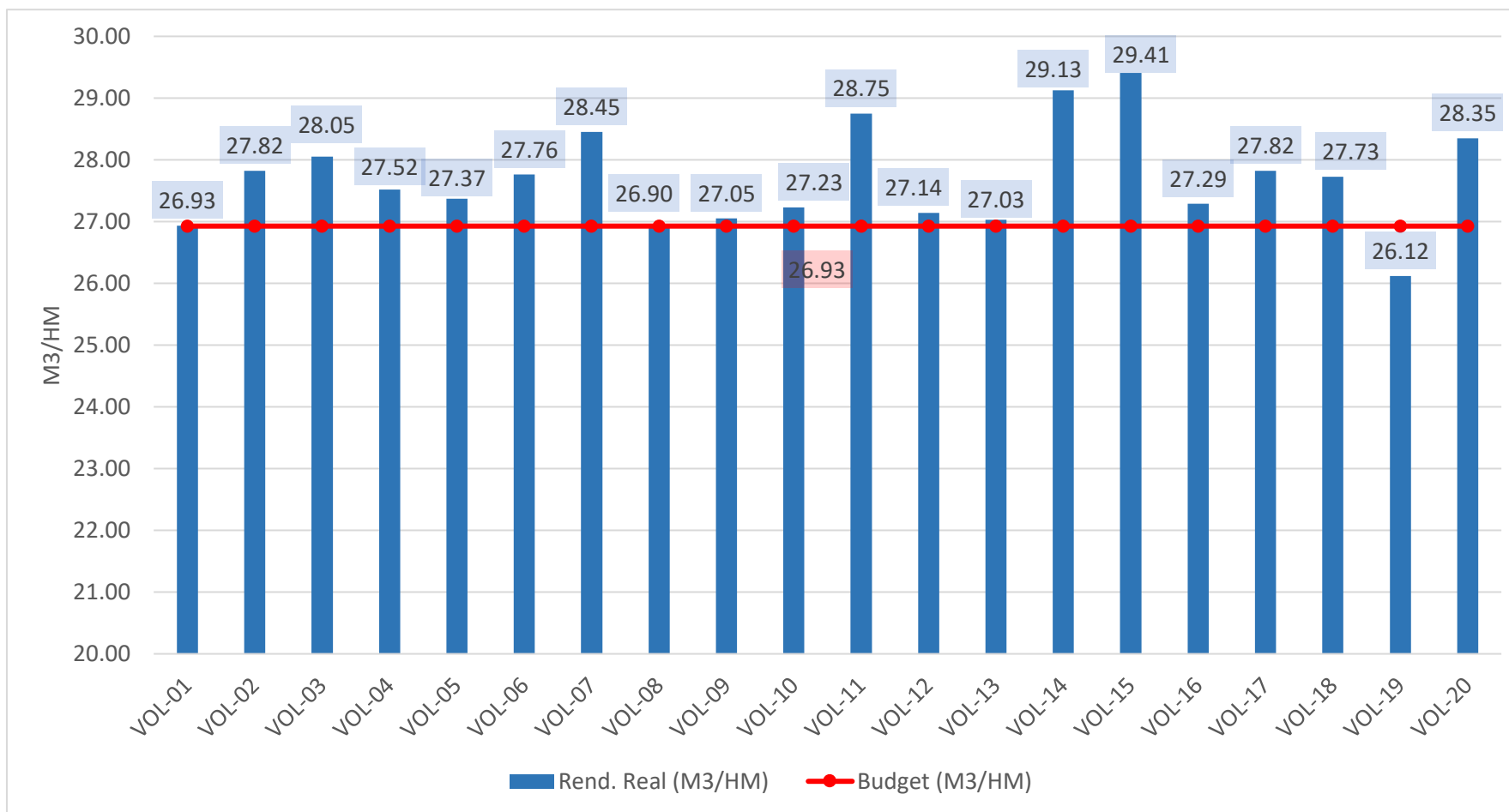
Gráfica 18. Rendimiento promedio de volquetes en acarreo de material de corte del PAD a depósitos en los meses de septiembre, octubre y noviembre (después)

Por la falta de controles en los primeros meses de la etapa de movimiento de tierras de la construcción del PAD el rendimiento promedio de los volquetes estuvo por debajo de lo presupuestado en relleno estructural como se detalla en la gráfica 19, que alerto a la ejecución de propuestas de mejoras para el cumplimiento avances programados.



Gráfica 19. Rendimiento promedio de volquetes en acarreo de relleno estructural de acopios al PAD en los meses de junio, julio y agosto (antes)

En la gráfica 20, se precisa como en el proceso de acarreo de relleno estructural de acopios al PAD, el rendimiento ejecutado real supero al rendimiento presupuestado en el programa de avance de la construcción del PAD ($27.69 > 26.93 \text{ m}^3/\text{hm}$).



Gráfica 20. Rendimiento promedio de volquetes en acarreo de relleno estructural de acopios al PAD en los meses de septiembre, octubre y noviembre (después)

Después de la aplicación de controles para la disminución de tiempos improductivos en la construcción del PAD, se logró reducir excesivas horas maquinas en el proceso de carguío y acarreo de materiales de corte y relleno; además de aumentar la eficiencia en la producción (m^3) de material en movimiento de tierras y como resultado, se incrementó el rendimiento de los equipos en la construcción del PAD.

4.4. MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE CARGUÍO Y ACARREO

La productividad ($\$/m^3$) depende netamente del rendimiento (m^3/hm) y del indicador de costo invertido por hora maquina empleada ($\$/hm$) de los equipos de carguío y acarreo; entonces al reducir las demoras operativas y mejorar los procesos en campo se observa un aumento en el rendimiento, y como consecuencia se mejora la productividad (reducción de costos) después de la aplicación de controles.

En la tabla 27, se detalla el costo unitario elevado ($5.95 \$/m^3$) que demando el carguío y acarreo de material de corte del PAD a los depósitos correspondientes; debido a la baja producción promedio mensual de material de corte que se tuvo en los meses de junio, julio y agosto.

Tabla 27. Productividad promedio mensual en carguío y acarreo de material de corte en los meses de junio a agosto

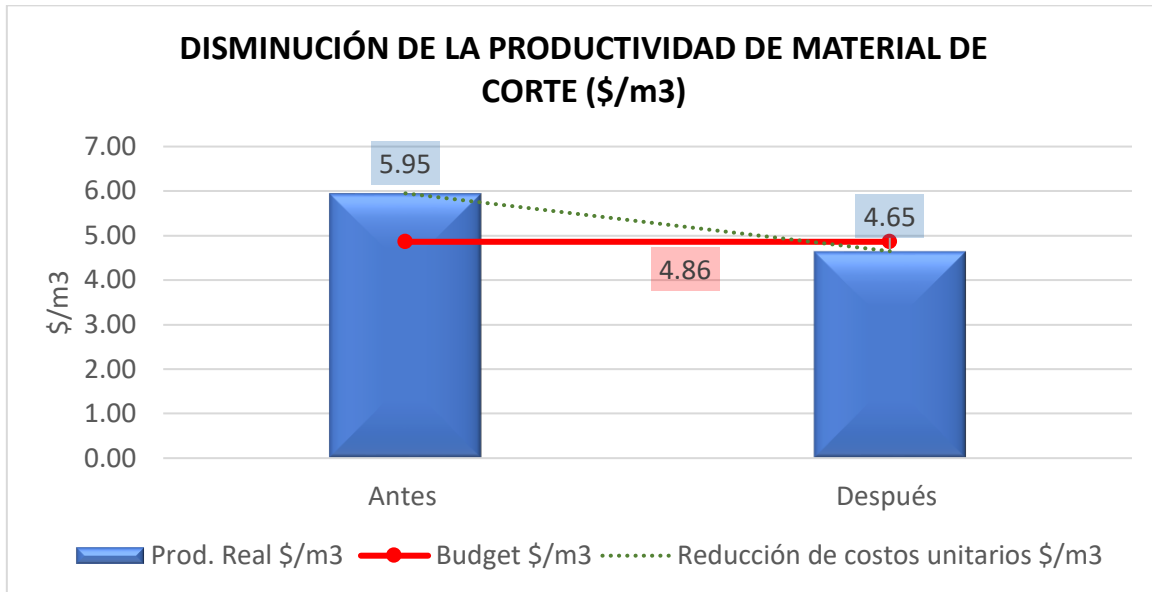
Equipo	Costo /Hora ($\$/HM$)	Horas trabajadas por mes (HM)	Costo por mes ($\$$)
Excavadoras 336	96.83	1450.81	140481.93
Volquetes	45.39	5480.49	248759.44
Costo mensual total de carguío y acarreo ($\\$)			389241.37
Producción alcanzada por mes de trabajo (m^3)			65433.45
Productividad lograda en el proceso por mes ($\\$/m^3$)			5.95

Al incrementar la producción promedio mensual de material de corte y disminuir las horas máquina de demoras, se redujo los costos unitarios en carguío y acarreo a $4.65 \$/m^3$. (Ver tabla 28).

Tabla 28. Productividad promedio mensual en carguío y acarreo de material de corte en los meses de septiembre a noviembre

Equipo	Costo /Hora ($\$/HM$)	Horas trabajadas por mes (HM)	Costo por mes ($\$$)
Excavadoras 336	96.83	1478.32	143145.73
Volquetes	45.39	5515.73	250358.98
Costo mensual total de carguío y acarreo ($\\$)			393504.71
Producción alcanzada por mes de trabajo (m^3)			84657.27
Productividad lograda en el proceso por mes ($\\$/m^3$)			4.65

Al aplicar los controles para la disminución de tiempos improductivos en los meses de septiembre, octubre y noviembre se redujo el costo unitario promedio mensual de material de corte a 1.3 $\$/m^3$ en relación a los costos de junio, julio y agosto. Ver gráfica 21.



Gráfica 21. Productividad promedio mensual de material de corte antes y después del estudio

En la tabla 29, se muestra que el costo unitario promedio mensual de cargar y transportar el relleno estructural es elevado (3.65 $\$/m^3$), y esto se debe a su baja producción y las excesivas horas máquina de demoras.

Tabla 29. Productividad promedio mensual en carguío y acarreo de material de relleno estructural en los meses de junio a agosto

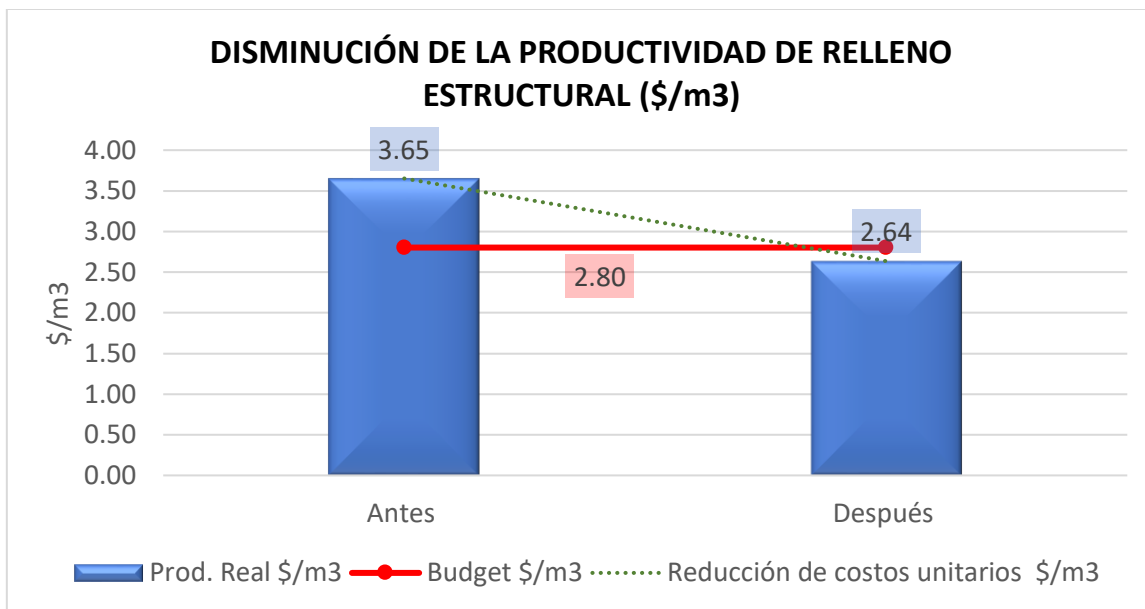
Equipo	Costo /Hora (\$/HM)	Horas trabajadas por mes (HM)	Costo por mes (\$)
Excavadoras 336	96.83	227.93	22070.46
Volquetes	45.39	820.14	37226.15
Costo mensual total de carguío y acarreo (\$)			59296.62
Producción alcanzada por mes de trabajo (m^3)			16236.83
Productividad lograda en el proceso por mes ($\\$/m^3$)			3.65

Al aplicar los controles propuestos en los meses de septiembre a noviembre se mejoró el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en relleno estructural, y por consiguiente se redujo el costo unitario promedio mensual a 2.64 $\$/m^3$. Ver tabla 30.

Tabla 30. Productividad promedio mensual en carguío y acarreo de material de relleno estructural en los meses de septiembre a noviembre

Equipo	Costo /Hora (\$/HM)	Horas trabajadas por mes (HM)	Costo por mes (\$)
Excavadoras 336	96.83	241.57	23391.22
Volquetes	45.39	848.08	38494.35
Costo mensual total de carguío y acarreo (\$)			61885.57
Producción alcanzada por mes de trabajo (m³)			23485.56
Productividad lograda en el proceso por mes (\$/m³)			2.64

La gráfica 22, señala que la productividad de carguío y transporte de relleno estructural en los meses de septiembre a noviembre mejoró en relación a los meses de junio a agosto (reducción del costo unitario en 1.02 \$/m³), como resultado de la implementación de controles para la disminución de tiempos improductivos en la construcción del PAD.



Gráfica 22. Productividad promedio mensual de relleno estructural antes y después del estudio

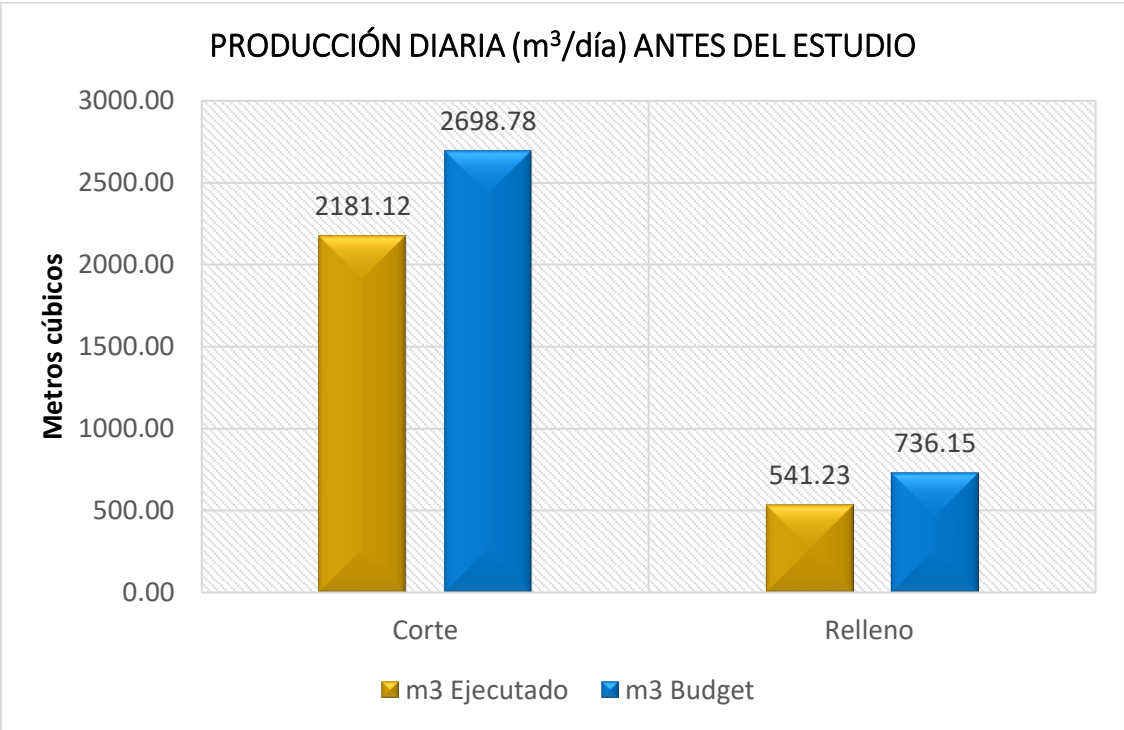
4.5. INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN

En la gráfica 23 y la tabla 31, que corresponde a los meses de junio, julio y agosto (antes del estudio) se observa el incumplimiento de la producción diaria promedio de avance de la empresa. Pero al aplicar los controles propuestos en el estudio, se observa cómo se incrementó la producción diaria promedio de los materiales de corte y relleno en la etapa de movimiento de tierras de la construcción del PAD, como

consecuencia del aumento de las horas efectivas de trabajo de los equipos, al disminuir los tiempos improductivos.

Tabla 31. Metros cúbicos diarios de material de corte y relleno producidos antes

Material	Und	Ejecutado mensual	Presupuestado diario	Ejecutado diario
Corte	m ³	65433.45	2698.78	2181.12
Relleno	m ³	16236.83	736.15	541.23

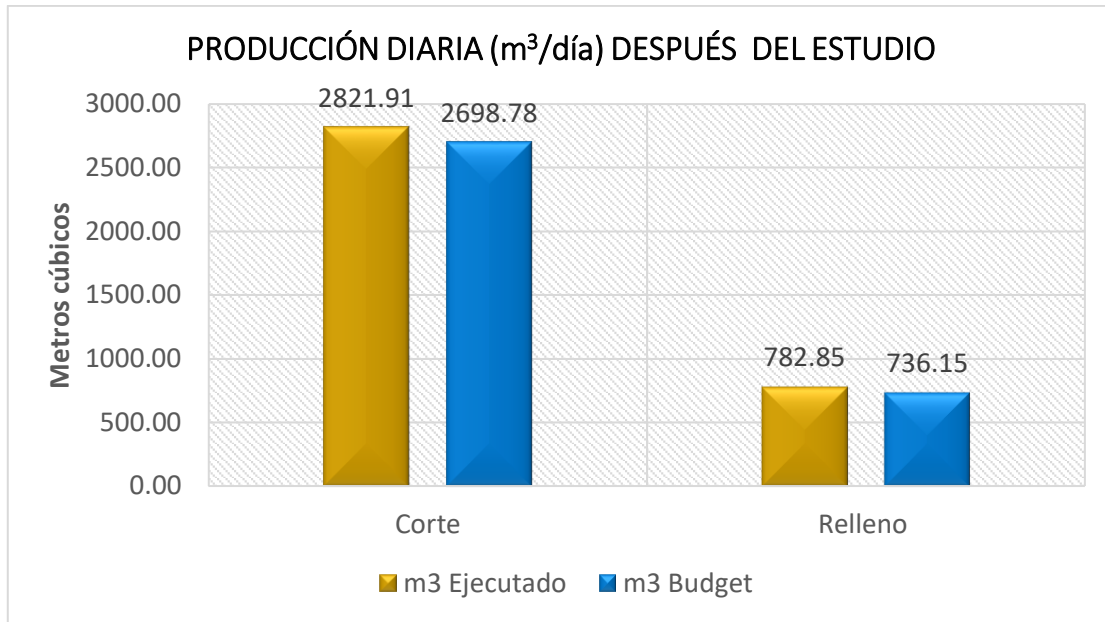


Gráfica 23. Producción diaria de material de corte y relleno ejecutado vs presupuestado antes del estudio

Mediante la buena aplicación de los controles de mejora se logró incrementar la producción diaria promedio de movimiento de tierras en campo, y esto se refleja en la tabla 32 y la gráfica 24.

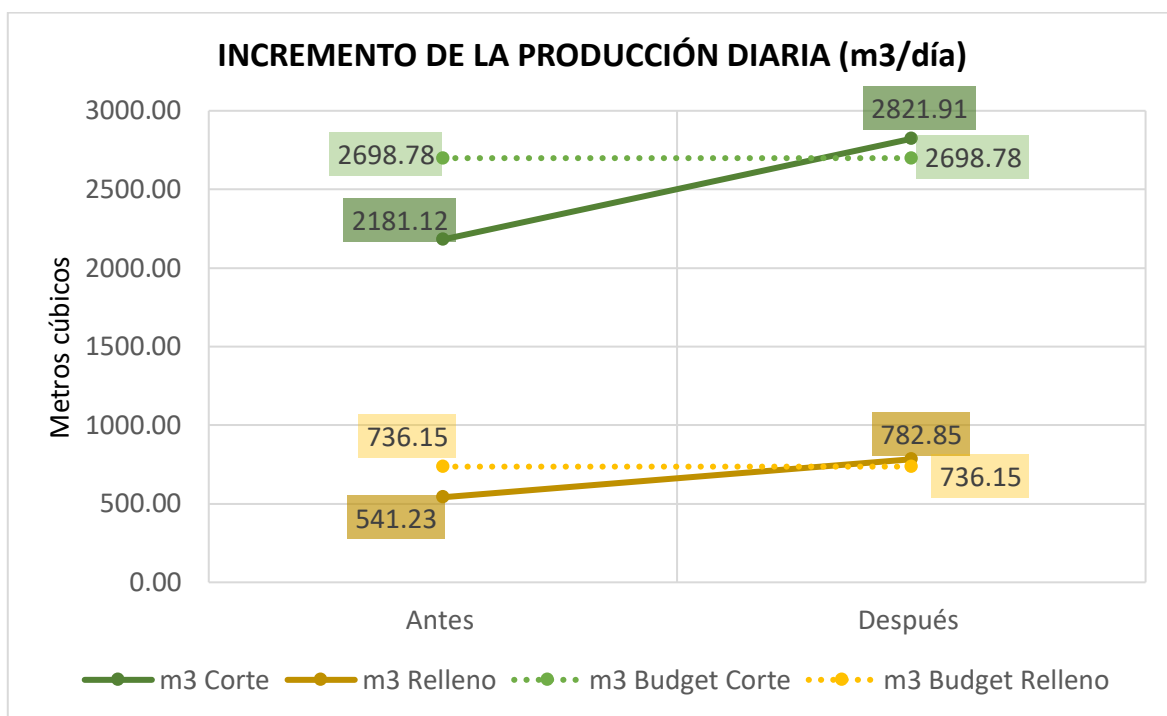
Tabla 32. Metros cúbicos diarios de material de corte y relleno producidos después

Material	Und	Ejecutado mensual	Presupuestado diario	Ejecutado diario
Corte	m ³	84657.27	2698.78	2821.91
Relleno	m ³	23485.56	736.15	782.85



Gráfica 24. Producción diaria de material de corte y relleno ejecutado vs presupuestado después del estudio

La producción diaria promedio ha aumentado 640.79 m³/día en corte y 241.62 m³/día en relleno, después de la aplicación del estudio; además de incrementarse los ejecutados con respecto a los presupuestados desde 80.82% (antes) a 104.56% (después) para corte y desde 73.52% (antes) a 106.34%(después) para relleno. Mediante la disminución de horas de demoras de los equipos y al correcto aprovechamiento de las horas maquina en carguío y acarreo. Ver gráfico 25.



Gráfica 25. Consolidado de producción diaria promedio antes y después del estudio

4.6. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

En el estudio, se tomó como base el análisis de resultados de tiempos improductivos y se determinó que factores principales de demoras generaron excesivos tiempos improductivos en el proceso de carguío y acarreo en los meses de junio a agosto, luego se establecieron propuestas de controles de mejoras en estos factores principales, a fin de reducir estas demoras en los meses de septiembre a noviembre; obteniéndose efectivamente la reducción los tiempos improductivos con respecto a los meses anteriores.

Gracias a la disminución de tiempos improductivos en el estudio, se incrementó la utilización y el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en la etapa de movimiento de tierras de la construcción del Pad de lixiviación Ciénega Norte fase 1, etapa 1 ; y como resultado se aumentó la producción diaria en material de corte y relleno estructural, tal como se observa en la gráfica 25, además se redujo los costos unitarios (Incremento de la productividad) de material de corte (gráfica 21) y de relleno estructural (gráfica 22). Con lo que se asegura la aseveración de la hipótesis inicial de la presente investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En los meses de junio a agosto el costo unitario de carguío y acarreo en material de corte fue mayor que su presupuestado en 1.09 \$/m³, del mismo modo el costo unitario de relleno estructural fue mayor que su presupuestado en 0.85 \$/m³; mientras que en los meses de septiembre a noviembre al aplicar los controles en campo para la disminución de tiempos improductivos se logró ahorrar 0.21 \$/m³ en material de corte y 0.17 \$/m³ en relleno estructural, al ser los costos unitarios menores que los presupuestados.

Las propuestas de controles y mejoras en las actividades principales de carguío y acarreo, permitió la disminución de tiempos improductivos en 127.94 horas de carguío y 190.46 horas de acarreo, aumento el porcentaje de utilización de equipos de 73.19% a 82.42% en carguío y de 71.07% a 81.39% en acarreo.

Al emplear los KPIs se controló mejor los costos unitarios (productividad) de carguío y acarreo, debido a que se tuvo mayor conocimiento de las operaciones, permitiendo reducir los tiempos improductivos en los procesos, incrementando el rendimiento promedio mensual de las excavadoras 336 dl en 12.16 m³/hm de material de corte y 25.28 m³/hm de relleno estructural; mientras que para los volquetes incremento en 3.41 m³/hm de material de corte y 7.89 m³/hm de relleno estructural, sobrepasando incluso el Budget establecido. Asimismo, se evidencio un aumento considerable de la producción diaria en 640.79 m³/día de material de corte y en 241.62 m³/día de relleno estructural.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa CIJ&RC, evaluar continuamente los indicadores de gestión de tiempos en la operación, con el fin de determinar las demoras relevantes en la operación y comunicarlo oportunamente al supervisor de guardia, para que tome medidas de control al respecto y se cumpla con los trabajos programados.

Es recomendable que los dueños de la empresa CIJ&RC, realicen un diagnóstico del programa de mantenimiento preventivo y correctivo, para evitar paradas innecesarias por horas de mantenimiento.

Se recomienda a los supervisores de campo de la empresa CIJ&RC, Gestionar el tiempo de paralización de actividades operativas por temas de voladuras; además de coordinar los trabajos de acondicionamiento de las áreas reducidas de descarga, para evitar las colas de volquetes y disminuir el tiempo del ciclo de acarreo de materiales.

Implementar un ranking mensual como indicador de mejora en la productividad de cada operador (carguío y acarreo); con incentivos de reconocimiento, sin descuidar la seguridad, mediante capacitaciones de trabajo efectivo seguro en carguío y acarreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

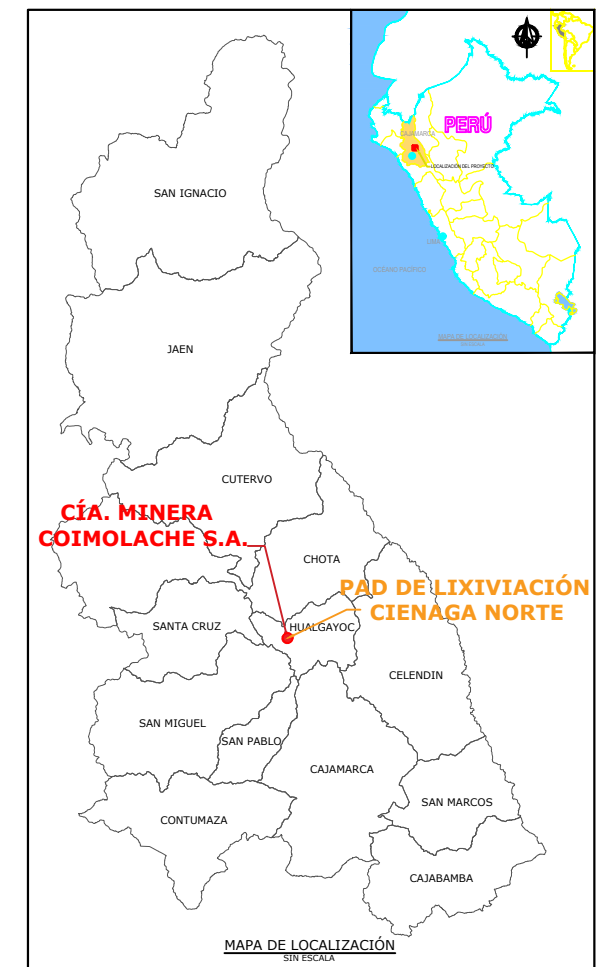
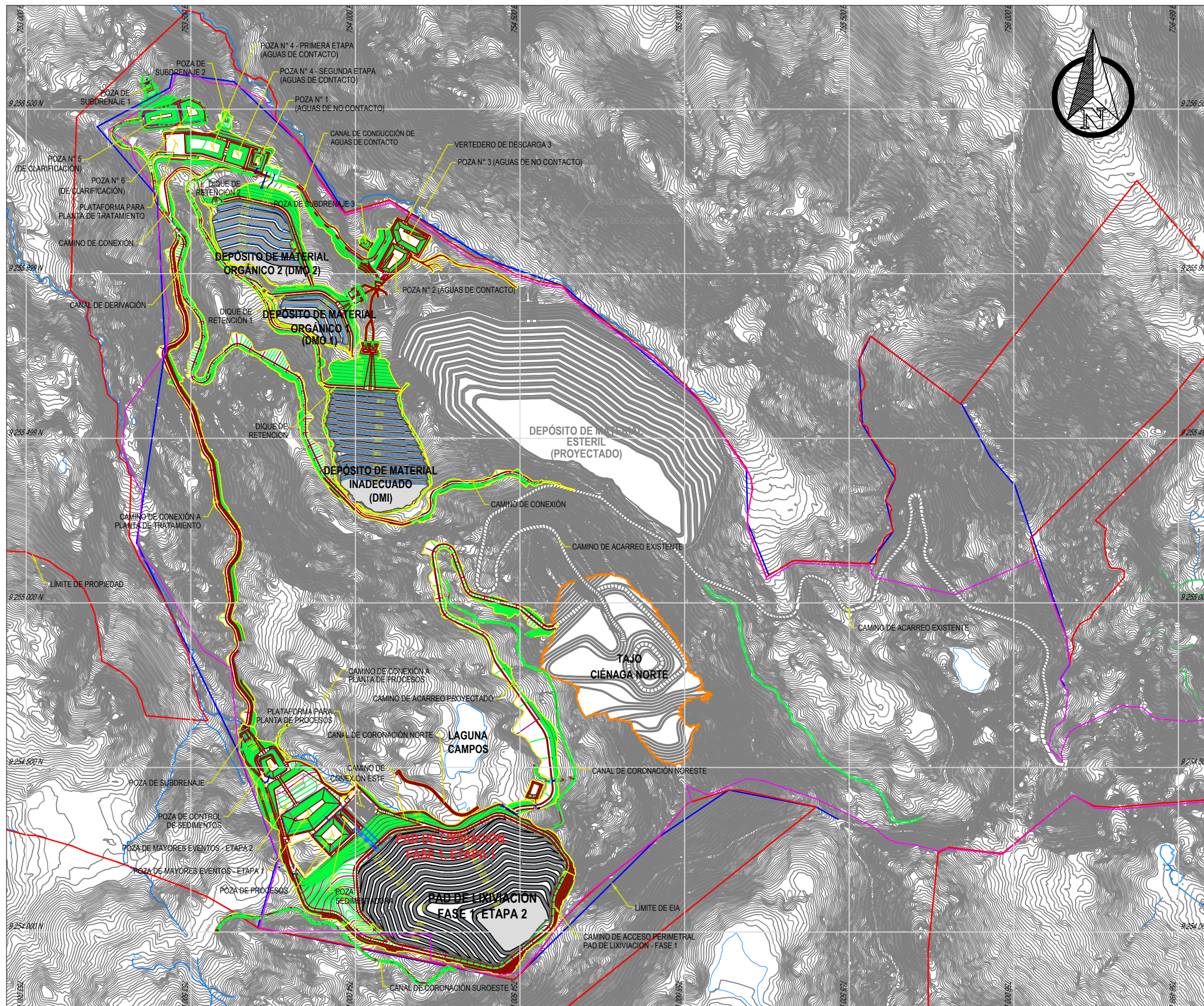
- Apaza, ED. 2017. Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C. Tesis Ing. de Minas. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo. 79 p.
- Asunción, G. 2019. Incrementar el rendimiento en las excavadoras cat 336 dl reduciendo los tiempos improductivos en mejora de la producción de relleno masivo en Minera Tahoe Perú La Arena S.A. Tesis Ing. de Minas. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo. 75 p.
- Baldeón, ZL. 2011. Gestion en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cía. Minera Condestable S.A. Tesis Ing. de Minas. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. 103 p.
- Cadena, VM. 2013. Análisis de costos de productividad y su influencia en el movimiento de tierras por métodos mecánicos. Tesis Ing. Civil. Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. 219 p.
- Calua, F. 2019. Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en Cía. Minera Coimolache S.A. Tesis Ing. de Minas. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 98 p.
- Cárdenas, SM. 2017. Optimización de costos en la construcción del PAD, mediante el control y la gestión operativa por Stracon GyM en Minera Shahuindo. Tesis Ing. de Minas. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo. 107 p.
- Carrión, JO. 2018. Análisis del rendimiento de maquinarias utilizadas en el movimiento de tierras para la optimización de tiempo y recursos en la urbanización mi lote etapa 2b sector 7. Tesis Ing. Civil. Guayaquil, Ecuador. Universidad de Guayaquil. 60 p.

- Checya, D. 2015. Gestión de la operación de equipos de movimiento de tierras para mejorar el rendimiento de carguío y acarreo en la mina Antapaccay. Tesis Ing. de Minas. Arequipa, Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 142 p.
- Consorcio El Imperio J&R Chugur, 2018. Memoria Descriptiva de la Construcción del PAD de Lixiviación Ciénaga Norte Fase 1, Etapa 1 (9.0 Ha), documento interno.
- Consorcio El Imperio J&R Chugur, 2018. Plan de Construcción del PAD de Lixiviación Ciénaga Norte Fase 1, Etapa 1 (9.0 Ha), documento interno.
- Huarocc, PM. 2014. Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C. Tesis Ing. de Minas. Huancayo, Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. 133 p.
- Knight Piésold Consultores S.A., PE. 2006. Proyecto de Exploración Tantahuatay Plan de Cierre: Resumen Ejecutivo (en línea). Lima, Perú. Consultado 18 de nov. 2020. Disponible en <https://n9.cl/pwa8o>
- Maruri, D. 2016. Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Ferrobamba - Las Bambas 2015. Tesis Ing. de Minas. Abancay, Perú. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. 167 p.
- Mercedes-Benz, AR. 2014. Actros 3344K - B / 36. Argentina. 2 p.
- Quispe, JL. 2015. Determinación de los controles de mineralización del depósito de alta sulfuración Ciénaga Norte, Hualgayoc-Cajamarca. Tesis Ing. Geólogo. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 77 p.
- Ramos, MA. 2018. Determinación del número óptimo de volquetes mediante el factor de acoplamiento, considerando un cargador frontal 980G CAT en la ruta mineral del banco 330 - PAD 18 del tajo Seductora de la Cía. Minera Santa Rosa S.A. – Comarsa. Tesis Ing. de Minas. Pasco, Perú. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 97 p.

- Riveros, JH. 2016. Cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la unidad minera Artaca 2016. Tesis Ing. de Minas. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. 177 p.
- Rojas, IF. 2019. Optimización del proceso de carguío y acarreo mediante el uso de KPI'S en la fase de relleno del espaldón de la presa de relaves – Antamina. Tesis Ing. de Minas. Piura, Perú. Universidad Nacional de Piura. 96 p.
- Rondan, EM. 2014. Producción real vs. producción potencial de equipos de carguío y acarreo y aplicaciones del match factor para determinar el número óptimo de volquetes Mina Arasi. Tesis Ing. de Minas. Arequipa, Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 132 p.
- Salas, LA. 2013. Estudio de KPIs en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 Tm/Día en la mina Pallancata - Hochschild Mining. Tesis Ing. de Minas. Arequipa, Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 138 p.

ANEXOS

1. Anexo 1. Plano de ubicación
2. Anexo 2. Plano geológico
3. Anexo 3. Formato de reporte diario de equipo
4. Anexo 4. Formato de base de datos
5. Anexo 5. Autorización para el uso de información de Consorcio El Imperio
J&R Chugur
6. Anexo 6. Certificado de Originalidad - Software antiplagio Urkund



LEYENDA

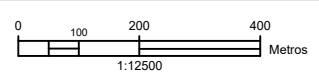
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CURVAS DE NIVEL DE OTRAS INSTALACIONES PROYECTADAS
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DEL PAD DE LIXIVIACIÓN - FASE 1, POZAS, CAMINOS Y CANALES
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL APILAMIENTO
- LÍMITE DE CORTE O RELLENO
- LÍNEAS DE DISEÑO
- QUEBRADAS
- LAGUNAS ESTACIONARIAS
- LÍMITE DEL APILAMIENTO
- LÍMITE DE PROPIEDAD
- LÍMITE DE EIA
- LÍMITE DE TAJO
- CONCESIÓN DE BENEFICIO
- INSTALACIONES EXISTENTES
- ALCANTARILLA PROPUESTA

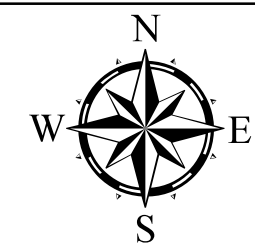
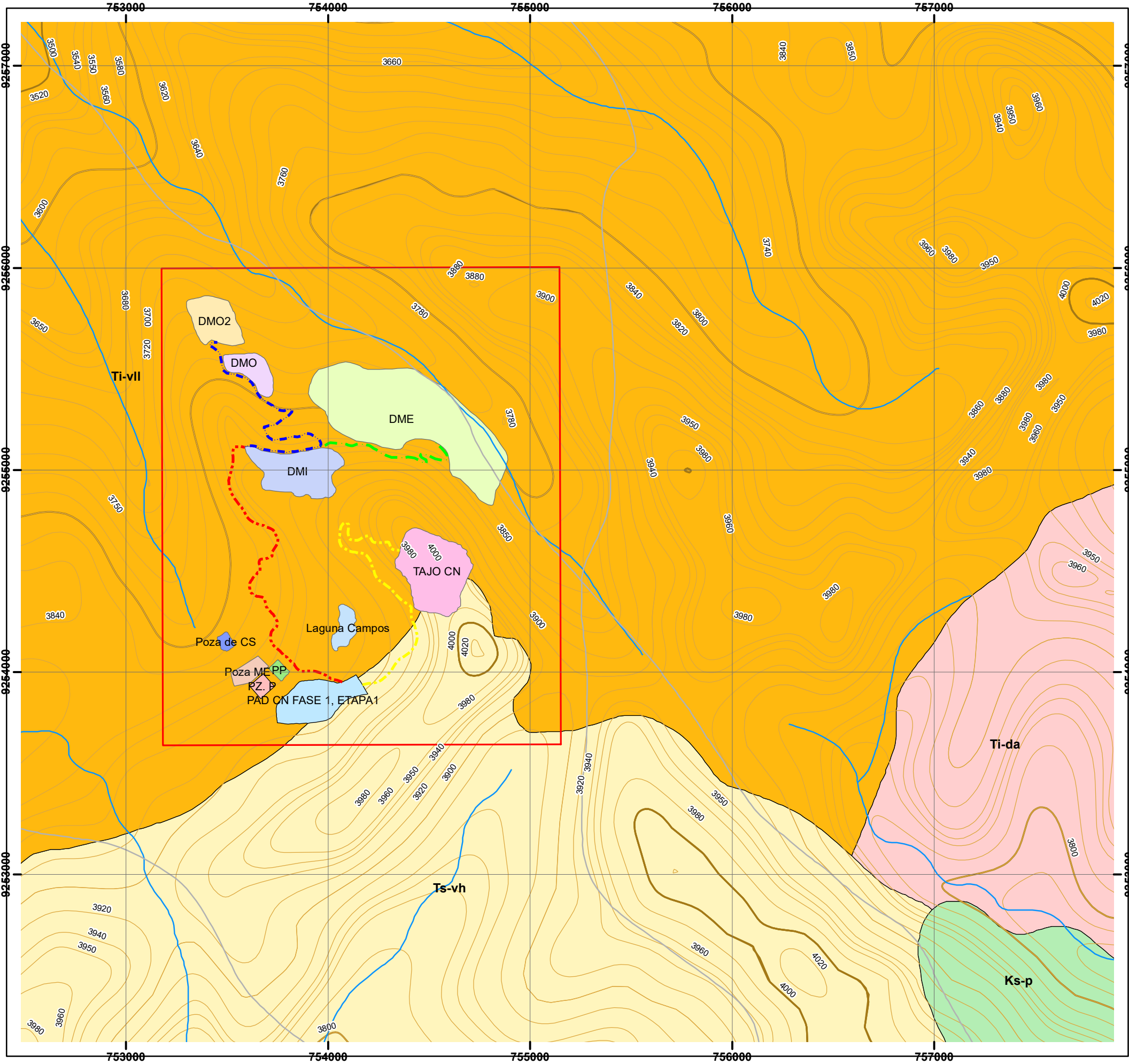


TESIS: Incremento de la productividad en carguo y acarreo mediante la disminución de tiempos improductivos en la construcción del Pad de lixivación Cienaga Norte en Cia. Minera Coimolache S.A.

PLANO: UBICACIÓN PAD DE LIXIVIACIÓN CIENAGA NORTE

ASESOR: M.Cs. Victor Ausberto Arapa Vilca	DISTRITO: Hualgayoc y Chugur	PLANO N°: 01
TESISTA: Bach. Pedro Samir Salazar Chávez	PROVINCIA: Hualgayoc	
ESCALA: 1/12500	FECHA: Octubre 2021	
DATUM: WGS1984_Z17S		



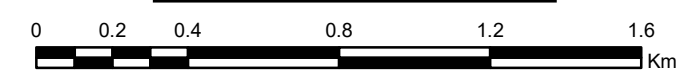


LEYENDA

- Ks-p
- Ti-da
- Ti-vii
- Ts-vh

SIMBOLOGÍA

- Curvas Mayores
- Curvas Menores
- Drenaje
- Vías
- Vía de PAD a DME
- Vía de PAD a DMO2
- Vía de PAD a DMI
- Vía de PAD CN a TAJO CN
- Zona de Estudio
- Laguna Campos
- PAD CN FASE, ETAPA 1
- TAJO CN
- Planta de Procesos
- Poza de Procesos
- Poza de Mayores Eventos
- Poza de control de sedimentos
- DMO
- DMO2
- DMI
- DME



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA - EAP DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS: Incremento de la productividad en carguyo y acarreo mediante la disminución de tiempos improductivos en la construcción del Pad de lixiviación Ciénaga Norte en Cía. Minera Coimolache S.A.

PLANO: **GEOLOGICO**

ASESOR: M.Cs. Victor Ausberto Arapa Vilca	DISTRITO: Hualgayoc y Chugur	PLANO N°:
TESISTE: Bach. Pedro Samir Salazar Chávez	PROVINCIA: Hualgayoc	02
ESCALA: 1/20 000	FECHA: Octubre 2021	

ANEXO 4: FORMATO DE BASE DE DATOS

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN CONSORCIO IMPERIO J&R CHUGUR	CÓDIGO: FO-OT-01-01
	FORMATO DE CONTROL DE TIEMPOS - CONSTRUCCIÓN DEL PAD DE LIXIVIACIÓN CIÉNAGA NORTE FASE 1, ETAPA 1 (9.0 Ha)	FECHA DE EMISIÓN: 14/05/2018
VERSION: 01	FECHA DE REVISIÓN: 14/05/2018	PAGINA 1 de 1

LEYENDA	
HP	Horas Programadas de Labor Diaria
HD	Horas Disponibles = HT + HDNT
HM	Horas de Mantenimiento por problemas del Equipo
HT	Horas Trabajadas Efectivas
HDNT	Horas Disponibles No Trabajadas
EQ.	Equipo
O	Origen
D	Destino
MT	Material
HI	Horómetro inicial
HF	Horometro Final
HT	Horometro total
MHM	Motivo - Horas de Mantenimiento
MHDNT	Motivo - Horas disponibles no trabajadas
CAL	Tiempo de calentamiento

EQUIVALENCIAS		
HD	=	HT + HDNT
HDNT	=	HP - HT - HM
	=	Datos de oficina
	=	Datos de campo

BASE DE DATOS

FECHA	EQUIPO	CÓDIGO	TURNO	VIAJES	HT	CAL	HM	HP	HDNT	HD	DISP.	UTILIZ.	m3	N° Parte Diario	NOMBRE DEL OPERADOR	O	D	MT	HI	HF	HT	MHM	MHDNT	TARIFA EQ. US\$	PARCIAL US\$	

Fuente: Consorcio El Imperio J&R Chugur

CARTA DE ACEPTACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN

CIA. Minera Coimolache S.A., tiene conocimiento y aprueba otorgar las facilidades a la empresa Consorcio el Imperio J&R Chugur en compartir con el Sr. Pedro Samir Salazar Chávez, identificado con DNI número: 76395614, ex trabajador de la mencionada empresa y bachiller de carrera profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Cajamarca, información de dicha empresa, **única y exclusivamente con fines académicos para la elaboración de su respectiva tesis** titulada: **“Incremento de la productividad en carguío y acarreo mediante la disminución de tiempos improductivos en la construcción del Pad de lixiviación Ciénaga Norte en Cía. Minera Coimolache S.A.”.**

La información a utilizar corresponde a la Construcción del Pad de Lixiviación Ciénaga Norte asignada de la empresa Consorcio El Imperio J&R Chugur, durante el año 2018.

Es importante señalar que el uso de esta información y por tanto de la tesis en mención, debe ser utilizada de manera adecuada y para fines estrictamente académicos, a fin de no afectar la reputación e intereses propios de la empresa. Asumiendo la **responsabilidad** el señor Pedro Samir Salazar Chávez, en caso se procediera de manera distinta o se incurriera en actos de **“Mala fe”** respecto a le gestión de dicha información.

Atentamente:



 Jorge Villanueva Samar
Superintendente de
Proyectos
CIA. MINERA COIMOLACHE S.A.

CÍA. MINERA COIMOLACHE S.A.

Cajamarca, 26 de octubre de 2019



Universidad Nacional de Cajamarca
Norte de la Universidad Peruana



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca certifica la originalidad de la tesis “INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PAD DE LIXIVIACIÓN CIÉNAGA NORTE EN CIA. MINERA COIMOLACHE S.A”, elaborada por el bachiller en Ingeniería de Minas PEDRO SAMIR SALAZAR CHÀVEZ, de acuerdo al análisis realizado por el asesor MCs. Víctor Ausberto Arapa Vilca, con el software antiplagio Urkund que reporta 8 % de índice de similitud y le asigna el código D130571824.

La Unidad de Investigación expide el presente, para los fines convenientes.

Cajamarca, 20 de Marzo del 2022

Dra. Rosa Haydee Llique Mondragón
DIRECTORA UNIDAD INVESTIGACIÓN FI