

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Optimización del uso de maquinarias en la conformación
y compactación de relaves para aumentar su efectividad
en una mina a cielo abierto ubicada en el sur del país**

Juan Carlos Ccopa Queque

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Arequipa, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por iluminar mi camino, por la fortaleza que me da, porque gracias a él he podido cumplir mis metas.

Agradezco a mi familia por su incondicional apoyo durante toda mi carrera profesional, por comprenderme y darme ánimos a continuar.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi familia, la cual siempre me apoya en las dediciones que he tomado dándome aliento para continuar.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	2
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.1.2 Formulación del problema.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivo específico.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	3
1.4 HIPÓTESIS.....	4
1.4.1 Hipótesis general	4
1.4.2 Hipótesis específicas.....	4
1.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	4
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	6
2.2 Marco legal	8
2.3 BASES TEÓRICAS.....	9
2.3.1 Relaves.....	9
2.3.2 Relave minero.....	9
2.3.3 Presa de Relaves.....	10
2.3.4 Tipos de presas.....	11
2.3.5 Equipos en la construcción de la presa de relaves	14
2.3.6 Especificaciones técnicas D8T	15
2.3.7 Rodillo autopropulsado BOMAG.....	18
2.3.8 Rola remolcable BOMAG	19
2.3.9 Camión de mantenimiento.....	20
2.3.10 Equipamiento del Camión	20

2.3.11	Camión cama baja	21
2.3.12	Consideraciones en la disposición de relaves en la presa.....	22
2.3.13	Descarga Complementaria.....	23
2.3.14	Condicionantes de la presa de relaves para su disposición de pulpas	23
2.3.15	Desventajas del depositario de arenas.....	24
2.3.16	Métodos de conformación con tractores D8T	25
2.3.17	Método tradicional acarreo en zanja.....	26
2.3.18	Procedimiento para la iniciación de trabajos con el método	26
2.3.19	Aplicación del método de acarreo en zanja	26
2.3.20	Procedimiento en la aplicación del método tándem.....	28
2.3.21	Factores de producción en la conformación y compactación de relaves ...	28
2.3.22	Costo por hora de posesión y operación	30
2.4	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	33
 CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		35
3.1	MÉTODOS, Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
3.3.1	La población.....	36
3.3.2	Muestra.....	36
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	37
3.4.1	Técnica	37
3.4.2	Instrumentos	37
 CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		38
4.1	Configuración Tradicional de equipos en la conformación y compactación de la presa de relaves.....	38
4.1.1	Descripción del procedimiento	39
4.1.2	Configuración del método de Acarreo en Zanja o Tradicional	43
4.1.3	Productividad del método de Acarreo en Zanja	45
4.2	Diseño de Tándem y las modificaciones en la configuración de equipos.....	48
4.2.1	Descripción del Método de acarreo en TÁNDEM	48
4.2.2	Configuración del método tándem:.....	49
4.2.3	Productividad del método tándem:	54
4.3	Análisis de resultados	57

4.3.1	Comparación entre el método tradicional y el método tándem	57
4.3.2	Productividad Horas/hombre	60
4.3.3	Mejora en el consumo de combustible.	62
4.3.4	Otros consumos	63
4.3.5	Seguridad en el desarrollo de los métodos de distribución de equipos en la conformación y compactación.	64
4.3.6	Indicadores de seguridad	67
4.3.7	Identificación del Peligro	69
4.3.8	Consideraciones para la identificación y evaluación de peligros y riesgos	69
CONCLUSIONES		71
RECOMENDACIONES		72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		73
ANEXOS.....		75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables	5
Tabla 2. Costos unitarios por equipos / hora	32
Tabla 3. Disponibilidad y Utilización de equipos.....	42
Tabla 4. Disponibilidad y Utilización de equipo auxiliar	43
Tabla 5. Cantidad de relave acarreado	46
Tabla 6. Cantidad de relave acarreado modo tradicional	46
Tabla 7. Detalle acarreado en tándem	55
Tabla 8. Cantidad de relave acarreado en tándem.....	56
Tabla 9. Método tradicional vs Método tándem.....	57
Tabla 10. Comparación de relave compactado (m3).....	57
Tabla 11. Estadísticas de muestras emparejadas	58
Tabla 12. Correlaciones de muestras emparejadas	58
Tabla 13. Prueba de muestras emparejadas.....	59
Tabla 14. Comparación de relave compactado % de logro	59
Tabla 15. Relave trabajo por mes	61
Tabla 16. Comparación del consumo de combustible	63
Tabla 17. Incidentes en el método tradicional y tándem.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relave minero	10
Figura 2. Método de aguas arriba	12
Figura 3. Método de aguas abajo (capas de arenas inclinadas)	13
Figura 4. Métodos constructivos del Muro de Arenas de Presas de Relaves...	14
Figura 5. Tractor D8T	16
Figura 6. Tractor D 6T	17
Figura 7. Rodillo Bomag BW 213	19
Figura 8. Rola remolcada	19
Figura 9. Camión de lubricación.....	20
Figura 10. Cama baja	22
Figura 11. Plano de la presa	25
Figura 12. Tractor D8T	25
Figura 13. Método de acarreo en tándem	28
Figura 14. Proceso de conformación y compactación	39
Figura 15. Disposición de relaves en la presa.....	40
Figura 16. Conformación de relaves con el método tradicional.....	44
Figura 17. Cantidad de relave acarreado modo tradicional	47
Figura 18. Conformación de relaves con el método tándem.....	49
Figura 19. Rola Compactador remolcable	52
Figura 20. Proceso de compactación con Rola.	52
Figura 21. Rodillo compactador con neumático convencional.....	53
Figura 22. Rodillo compactador con neumático modelo agrícola.....	54
Figura 23. Cantidad de relave acarreado en tándem.	56
Figura 24. Comparación del método tándem	58
Figura 25. Comparación de relave compactado % de logro.....	60
Figura 26. Relave trabajo por mes.	61
Figura 27. Comparación del consumo de combustible.....	63
Figura 28. Incidentes en el método tradicional y tándem	67

RESUMEN

La presente tesis titulada: “Optimización del uso de maquinarias en la conformación y compactación de relaves, para aumentar su efectividad en una mina a cielo abierto ubicada en el sur del país” tiene por objetivo optimizar el uso de equipos para la conformación y compactación de relaves, en la presa de la minera en estudio.

El problema encontrado fue que la configuración tradicional de los equipos de conformación y compactación, no cubren con demanda de relave necesario para la construcción del dique, por lo que se trabaja con baja eficiencia, alcanzando a conformar 1,000,000m³ en 992 horas, en consecuencia, lo cual equivale a que se cumpla el 60.84% del 1,000,000 de toneladas de relaves descargadas.

Se propuso mejorar la productividad de conformación de relaves sobre el dique de la presa en su proceso constructivo para ello, se implementó la configuración de equipos mediante el Método Tándem, la cual consisten en la conformación simultanea de dos o más tractores.

Como resultado de la implementación del método Tándem en el proceso constructivo, se logró conformar y compactar 1,000,000m³ en 502 horas, reduciendo 489.7 horas en comparación del método tradicional, y aumentando la productividad en 80.51%; además hubo una disminución en el consumo de combustible, la dinámica del método evita accidentes a los operadores, cuidado del medio ambiente y no hubo gastos significativos para la empresa.

Palabras Clave: Optimización, conformación y compactación, efectividad, relaves, tándem.

ABSTRACT

The present thesis entitled: "Optimization of the use of machinery in the forming and compaction of tailings, to increase its effectiveness in an open sky mine located in the south of the country" aims to optimize the use of equipment for the shaping and compaction of tailings, in the dam of the mine under study.

The problem found was that the traditional configuration of the shaping and compaction equipment does not cover the demand for the tailings necessary for the construction of the dam, so it works with low efficiency, reaching 1,000,000m³ in 992 hours. which is equivalent to 60.84% of the 1,000,000 tons of tailings discharged.

It was proposed to improve the productivity of tailings shaping on the dam of the dam in its construction process, for this the configuration of equipment was implemented using the Tándem Method, which consists of the simultaneous shaping of two or more tractors.

As a result of the implementation of the TÁNDEM method in the construction process, it was possible to form and compact 1,000,000m³ in 502 hours, reducing 489.7 hours compared to the traditional method, and increasing productivity by 80.51%, in addition there was a decrease in fuel consumption, the dynamics of the method avoids accidents to the operators, care for the environment and there were no significant expenses for the company.

Keywords: Optimization, shaping and compaction, effectiveness, tailings, tándem.

INTRODUCCIÓN

Los relaves son desechos tóxicos que contienen mercurio, plomo, cianuro, arsénico propio de una operación extractiva de concentrados de cobre de la minería a cielo abierto, la disposición de estos materiales es muy importante por temas ambientales, volumen y seguridad, por la cual, demanda la construcción de presas de relaves, para que estos finalmente sean conformados y compactados, sobre el dique de la presa, siendo muy importante para cualquier actividad minera de gran envergadura; para esta actividad se requiere una gran cantidad de maquinarias de construcción, que significa un costo para la operación minera, la reducción de costos es muy importante para mejorar y optimizar los procesos. Siendo así implementada con el nuevo método de conformación de relaves TÁNDEM.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Planteamiento del problema

La empresa minera dedicada a la extracción y explotación de minerales de cobre, la minera en estudio indica que en el último semestre del 2019 produjo 387,600 toneladas de concentrado de cobre, logrando que Arequipa se consolide como una región líder entre las regiones que más cobre generan en el país.

Para este año la empresa tiene como objetivo aumentar la capacidad de operación de su planta concentradora hasta 1'000,000 toneladas métricas de mineral por día, esto conllevará a que se generen más relaves, aumentando considerablemente las áreas por compactar. Este material estéril es mezclado con agua, y luego es enviado a la presa de relaves mediante tuberías para su transporte, mediante un proceso de cicloneo, las arenas son separadas del agua, para su respectiva compactación en capas.

Los costos para el manejo de la presa de relaves aumentarán, sobre todo en los procesos de conformación de capas, el cual se realiza con equipos de línea amarilla, tales como tractores D8R, D6R, rodillos vibratorios, rolas. El proceso actual es deficiente por la mala distribución de equipos y el empleo carente de métodos en la conformación y compactación de capas de relaves, lo que trae como consecuencia que solo se cumpla el 60.84% del 1'000,000 (Un millón) de toneladas de relaves descargadas al mes, situación por lo cual el presente estudio pretende evaluar y proponer las alternativas de solución al problema.

1.1.2 Formulación del problema

A. Problema general

¿Cómo se puede optimizar el uso de equipos en la conformación y compactación de relaves para aumentar su efectividad, del área de relaves de la Minera?

B. Problemas específicos

- a) ¿Cómo influye la configuración de equipos en la conformación y compactación de relaves en la presa de la minera en estudio?
- b) ¿Cómo se puede mejorar la configuración de equipos en la conformación y compactación de relaves para optimizar la operación?
- c) ¿Cómo se puede evaluar las mejoras con el cambio de configuración de los equipos en la conformación y compactación de relaves en la minera en estudio?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Optimizar el uso de equipos para la conformación y compactación de relaves, en la presa de la minera.

1.2.2 Objetivo específico

- a) Identificar la distribución de equipos en la conformación y compactación de relaves, en la presa de la minera.
- b) Diseñar una nueva configuración para los equipos, mediante el método tándem en la conformación y compactación de relaves, en la presa de la minera.
- c) Analizar las mejoras de la nueva configuración de equipos en la conformación y compactación de relaves, en la presa de la minera.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El presente trabajo de investigación será ejecutado en la presa de relaves de la minera y buscará maximizar el uso de equipos utilizadas en el proceso de conformación y compactación de relaves y alcanzar la conformación de 1'000,000 (Un millón) de toneladas de relaves descargadas al mes, con el mejor costo beneficio, por el área de relaves de la minera.

La importancia de esta investigación radica en tres factores los cuales se detallan a continuación:

- a) Económico; al optimizar el uso de equipos en la conformación y compactación de relaves, tendrá una reducción efectiva de costos en esta actividad, incrementando la productividad de esta operación.
- b) Medio ambiental; al mejorar el uso de maquinarias en la conformación y compactación de capas de relaves, evitará desgaste insulso y menor emisión de gases (CO₂) al medio ambiente, lo cual nos permitirá contribuir a cuidar el medio que nos rodea y cumpliendo una de las misiones de la empresa que es la excelencia ambiental.
- c) Técnica; la unión de dos o más equipos con una separación lateral de 20 cm., evita el derramamiento lateral de relaves el cual es aprovechado para el acarreo, sumando así a la producción, además con el método tándem se tendrá la reducción de incidentes, puesto que es muy dinámico manteniendo alerta en los operadores, en la conformación y compactación de relaves de la Minera.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis general

La operación del uso de maquinarias en la conformación y compactación de relaves en la presa, aumentará significativamente la productividad de estos equipos, mejorando la capacidad operativa del área de operación.

1.4.2 Hipótesis específicas

- a. La configuración actual de equipos en la actividad de conformación y compactación de relaves, es susceptible a mejorar, ya que se tiene pérdidas de producción, debido a que los equipos trabajan unilateralmente.
- b. Implementando un nuevo diseño de configuración de equipos con el nuevo método tándem, mejorará la efectividad de esta operación.
- c. Los beneficios se incrementan con la productividad de los equipos, la reducción de costos de horas HH de personal, componentes de desgaste, combustible y lubricantes.

1.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente: Configuración de equipos

Variable dependiente: Productividad de los equipos

Tabla 1.

Operacionalización de Variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable independiente Configuración de equipos	Número de equipos	- Compactado (m ³) - Horas de trabajo (h) - Área abarcada (m ²)	Fichas de observación Fichas de recolección de datos
	Equipos	- Incremento de utilización (%) - Disponibilidad operativa (%)	
Variable dependiente Productividad de los equipos	Productividad	- Volumen compactado (m ³ /h)	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Entre los antecedentes locales que se recabó para la investigación se tiene a:

Salas (2019), en su investigación titulada “Optimización del Proceso de Construcción de Diques de Relave mediante el Método en Tándem” Arequipa Perú, cuyo objetivo fue optimizar el proceso de construcción de diques de relave minero aplicando el método en Tándem; para ello la investigación fue del tipo cuantitativa ya que el autor busco medir y analizar las variables, se utilizó una muestra no probabilística, ya que se toma 2 equipos con características conocidas dentro de una gama definida (Tractores de oruga D7R y D8T) y se enfoca en los resultados del tractor D8T únicamente por ser este el más comercial para obras civiles. Obteniendo como resultado del “Acarreo en Zanja”, versus el “Método en Tándem” (propuesto) para una distancia de empuje de 120 m., se obtuvo una producción de 327.18 m³/hr y 340.82 m³/hr; los costos de operación son 77.33 \$/hr (ambos) y el rendimiento fue de 1.416 \$/m³ movido y de 1.135 \$/m³ movido, respectivamente. Para cumplir con una producción diaria de 29400 m³ utilizando menos recursos (5 tractores D8T), manteniendo mayor tiempo la humedad requerida para el proceso, minimizando los finos generados por el movimiento de equipos sobre el material de construcción y logrando un ahorro proyectado de 3'015,411.00 dólares por año, favoreciendo nuestra propuesta. En conclusión, he conseguido demostrar que el método en Tándem, propuesto, logra optimizar el proceso constructivo.

Herrera (2020), en su informe denominado “Movimiento de Tierras para la Construcción de la Presa de Relaves Enlozada de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A” tiene como objetivo describir los trabajos de movimiento de tierras para la construcción de la Presa de Relaves Enlozada de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. con arenas compactadas, por lo que es una investigación descriptiva, obteniendo como resultado

que en la producción se recupera el 1.45%, es decir, el 98.55% restante es relave, el cual se deriva hacia la estación de ciclones para su clasificación, donde el 32.5% es recuperado y lo restante (67.5%) es depositado en el embalse, al año se estima que se compacta un total de 11.8 millones de toneladas, el porcentaje promedio de fallas de compactación es de 27%, en cuanto a la seguridad el autor identificó que el 56% de los incidentes tuvieron lugar en la corona de la presa de relaves, mientras que el rendimiento de la actividad de compactación es de 190 m³/hora, al año a un costo promedio de 0.91 (US\$/Tn).

Mientras que para los antecedentes internacionales se tiene a:

Pérez (2018), en su investigación “Mejora para la optimización de la compactación de arenas en un tranque de relaves”, indica que la actual operación de construcción de Tranque El Mauro, requiere la utilización en forma efectiva y constante de maquinaria pesada para tareas de movimiento de arena en el control de espesor de capas y su respectiva compactación, lo que permite la continuidad operacional según lo indicado en la normativa legal vigente. Sumado a lo anterior, la interrupción de la operación del tranque, es considerado un riesgo crítico de negocio para la empresa, debido a su impacto en la operación, que significaría la probable quiebra de la empresa en caso de la materialización de un evento. Por lo tanto, los controles críticos y mejoras asociadas son parte de las actividades diarias como prácticas permanentes de seguridad e innovación. Por último, Minera Los Pelambres, es una empresa comprometida en desarrollar y cumplir sus políticas de gestión de seguridad, ambientales, de calidad y de excelencia operacional, siendo sus principales palancas para generar valor hacia sus grupos de interés, donde en el caso de esta mejora, está representado en prioridad por las comunidades insertas en el valle del Pupío.

Espín, Jarrin y Escobar (2018), en su artículo sobre “Manejo, Gestión, Tratamiento y Disposición Final De Relaves Mineros Generados En El Proyecto Rio Branco”, donde se proponen procedimientos, sistemas y técnicas para la gestión, tratamiento, manejo y disposición de los relaves que fue generado durante las actividades del Proyecto Minero Rio Blanco, para ello los autores cualificaron y cuantificaron la generación de relaves y propusieron una metodología que ofrezca procedimientos, tratamiento, estrategias, gestión, técnicas de manejo y disposición final de los relaves donde se considera experiencias de proyectos realizados en minería a nivel internacional. La evaluación define que las técnicas principales de manejo y gestión deben utilizarse durante la operación de los relaves mineros. El adecuado manejo in situ durante la operación brindará facilidades en el transporte, el almacenamiento permitirá

que los tratamientos alternativos se establezcan a concentraciones altas de metales pesados los cuales están presentes en el relave, por último, la disposición final se deberá realizar adecuadamente durante toda la operación o al finalizar la vida útil del proyecto.

2.2 Marco legal

En la Ley General de Minería, en el Artículo 23 indica que la concesión de desmontes, relaves y escoriales, faculta al concesionario al aprovechamiento exclusivo de sustancias que se estén depositadas en la superficie. Las concesiones son otorgadas, solo si no existe una concesión minera aurífera o metálica que se haya otorgado con anterioridad en el área. Si se refinan minerales de terceros, la escoria y relaves producidos por esa actividad corresponden al concesionario de beneficio o refinación, sin agregar algún costo. Los escoriales, desmontes y relaves que estén almacenados en el perímetro de una concesión, o procedan de una concesión de beneficio, será concesibles en caso caduque la concesión o en caso se declaren abandonadas a solicitud de parte.

Además de ello en el reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero, en el artículo 77 indica que en las plantas de concentración de minerales y depósitos de relaves deben estar implementadas medidas para:

- a) El manejo y control de la emisión de material particulado en las todas etapas del proceso.
- b) El manejo y control de reactivos.
- c) Priorizar el uso de los sólidos contenidos en los relaves para optimizar el área de disposición final.
- d) El agua contenida en el relave deberá ser utilizada en el proceso minero
- e) Se debe utilizar material impermeable y tener un control de las filtraciones en el depósito de relaves y de presa
- f) Mantener y controlar que el balance de agua este correctamente establecido en el depósito.
- g) Cuando sea necesario se utilizará filtros de secado de concentrados.
- h) Controlar los derrames en general y realizar la limpieza de estos. La construcción de presas aguas arriba está prohibida.

2.3 BASES TEÓRICAS

2.3.1 Relaves

A. Concepto:

Los relaves son un conjunto de desechos tóxicos que provienen de diversos procesos mineros, el cual está conformado usualmente por agua, minerales sin valor comercial mezclado con rocas molidas, a veces se pueden encontrar concentraciones bajas de metales pesados, como cobre, plomo, mercurio y metaloides como el arsénico (RAE, 2015).

Los relaves presentan concentraciones altas de desechos químicos y elementos que impactan negativamente al ambiente, por ello es necesario tener especial cuidado en su manejo al ser almacenados y transportados en «represas o depósitos de relaves», los contaminantes se decantan lentamente en el fondo y la mayor cantidad de agua se recupera, sin embargo, existe un porcentaje menor que se evapora. Esta mezcla de materiales queda dispuesta como un depósito estratificado de sólidos finos. Es importante manejar adecuadamente el relave ya que de ello depende una adecuada recuperación del agua lo que evita que se filtre hacia la napa freática. Para la obtención de una tonelada de concentrado, se generan aproximadamente 30 toneladas de relave (RAE, 2015).

La gran cantidad de relave que se produce debe ser transportada hacia una zona idónea, por ello las empresas mineras localizan este material en "represas o depósitos de relaves" que estén cerca de su planta de procesamiento con el objetivo de disminuir los costos y reutilizar el agua.

Actualmente las mineras están sumando esfuerzo para tratar de reutilizar todos los residuos que generan reduciendo su impacto ambiental (SERNAGEOMIN, 2018).

2.3.2 Relave minero

El relave minero es resultado de operaciones mineras, las cuales son acumuladas en depósitos, estos contienen materiales tóxicos como el mercurio, plomo, cianuros, arsénicos los cuales son inherentes en el procesamiento de material minero, estos son acumulados en gigantes depósitos que contiene millones de toneladas. El relave tiene un efecto negativo en la salud de las personas y el ambiente ya que los daños que estos causan son incalculables. En nuestro país aún no existe una norma estricta que regule el manejo de los relaves (Mota-Engil, 2014).

Aun las empresas dedicadas a la extracción no han logrado conjugar el desarrollo de las comunidades y sus explotaciones.



Figura 1. Relave minero
Fuente: Elaboración propia

La minería está dedicada exclusivamente a la extracción de minerales, los cuales se obtiene de la corteza de la tierra, esto implica muchas veces que se extraiga gran cantidad de material para obtener pequeños volúmenes de material valioso. El Perú es un país minero por excelencia, gracias a la morfología de sus suelos se pueden encontrar gran variedad de metales como; cobre, oro, hierro, plata, entre otros; minerales industriales como el cuarzo, azufre, potasio; materiales de construcción siendo estos la grava, arena, arcilla, etc. y combustibles entre los cuales están el petróleo, carbón, turba, lignito, etc. (López Jimeno, y otros, 2013).

Según la Guía Para el Manejo de Relaves Mineros, indica que en los procesos de chancado y molienda se generan grandes cantidades de volúmenes de relaves, este es aproximadamente dos tercios más grande que el volumen de mineral que se extrajo, debido a ello la disposición de este relave es importante, la empresa minera debe de procurar que este sea física y químicamente estable y disminuir su impacto en el ambiente y en las personas (Bravo, 2018).

2.3.3 Presa de Relaves

La presa de relaves es uno de los temas más importantes relacionados a extracción en minería el cual está relacionado a su vez con las obras constructivas de disposición de los “Depósitos de Relaves”; como se mencionó anteriormente, estos residuos provienen de la planta de concentración que utiliza el método de flotación.

En la industria dedicada a la extracción los depósitos de relaves, cada vez toman mayor importancia debido a que las leyes de los minerales han disminuido, trayendo como consecuencia que se extraigan grandes cantidades de minerales para mantener el nivel de producción de finos, con ello la cantidad de los desechos generados han

aumentado ya sea en forma de pulpas de relaves o como material estéril (Samaniego, 2004).

Es necesario tener en cuenta los riesgos de los relaves, grandes, medianos y pequeños, en cuanto al factor ambiental, décadas atrás estaba normalizado el desecho de los relaves en ríos, lagunas, valles, quebradas o al mar y en caso de no contar con estos lugares, las empresas mineras acumulaban sus relaves en áreas de contención, los cuales eran amurallados con terraplenes alzados con el mismo relave, al finalizar la labor minera estos depósitos eran abandonados causando pasivos ambientales los cuales aún perduran y crean impactos negativos al ambiente (aire, agua y suelo) y las comunidades adyacente a estos depósitos.

Debido a la normativa ambiental actual, estas malas prácticas se han reducido considerablemente, ya que la empresa debe de dar un tratamiento y disponer adecuadamente sus desechos, gracias a la globalización y la comunicación es fácil detectar cuando las empresas no realizan correctamente su disposición, sin embargo, aún existe desidia de las autoridades para sancionar a estas empresas. Ahora las comunidades cercanas a minas pueden reclamar al estado si esta afecta su salud o al ambiente. (Camero Hermoza, 2000).

La normativa vigente que regula los residuos mineros exige que el titular de la actividad minera cumpla con los requisitos de seguridad y protección de las personas y del ambiente, además es importante que se construyan barreras de limitaciones en los depósitos relaves, estos deben estar correctamente señalizados.

2.3.4 Tipos de presas

A. Crecimiento del muro aguas arriba

El Método Aguas Arriba, consiste en la construcción de un muro inicial de material afirmado compactado, encima de este se comienza con el depósito de los relaves, para ello se usa clasificadores llamados "Hidrociclones"; la fracción de arena o más gruesa, se descarga por el flujo inferior del hidrociclón (Underflow) y se deposita al lado del muro inicial, mientras que las lamas o fracción fina, sale por el flujo superior del hidrociclón (Overflow), este se deposita hacia el centro de la presa en un punto más alejado del muro, con todo ello se forman una especie de playa, debido a que las partículas más pesadas de lamas se sedimentan mientras que el agua escurre lo que forma una laguna o pozo de sedimentación, toda el agua libre de partículas suspendidas es retirada mediante una estructura de descarga, las cuales se denominan torres de evacuación, o también se pueden utilizar bombas montadas sobre una balsa flotante.

Cuando este depósito está por llenarse, se levanta un muro, desplazando los hidrociclones a una elevación alta en la dirección hacia aguas arriba y luego de ello se comienza una etapa nueva de descarga de arenas, y peralte del muro; la forma de construcción se continua sucesivamente. Con la utilización de este método (en la práctica) se puede lograr una altura de hasta 25 metros (ver figura 2).

Este método es utilizado en pequeña minería donde se construye números presas ya que requiere un volumen menor de material arenoso, sin embargo, este método produce un muro de baja resistencia frente a oscilaciones sísmicas.

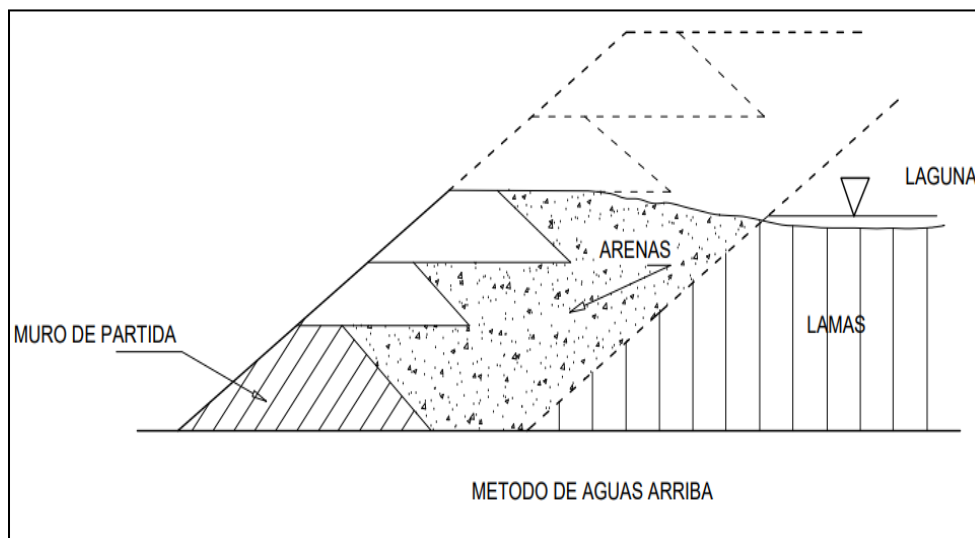


Figura 2. Método de aguas arriba
Fuente: Elaboración propia

B. Crecimiento del muro aguas abajo

La construcción también comienza con un muro de partida de material afirmado compactado, desde este se vacía las arenas cicloneadas hacia el lado del talud aguas abajo de este muro y las lamas se depositan hacia el talud aguas arriba.

Cuando el muro se ha peraltado lo suficiente, comúnmente de 2 a 4 m., se realiza el levante del muro, trasladando los hidrociclones a una elevación mayor en la dirección hacia aguas abajo e iniciando una etapa nueva de descarga de peralte del muro y arenas. A veces se dispone también de un segundo muro pre-existente aguas abajo (ver fig.3).

Las arenas pueden ser dispuestas en capas inclinadas, esto dependerá del talud del muro de partida, también pueden ser dispuestas en capas horizontales hacia aguas abajo del muro de partida. Este método de aguas abajo necesita que se disponga un

volumen grande de arena. lo que permite que los muros sean más resistentes y estables desde el punto de vista de la resistencia sísmica.

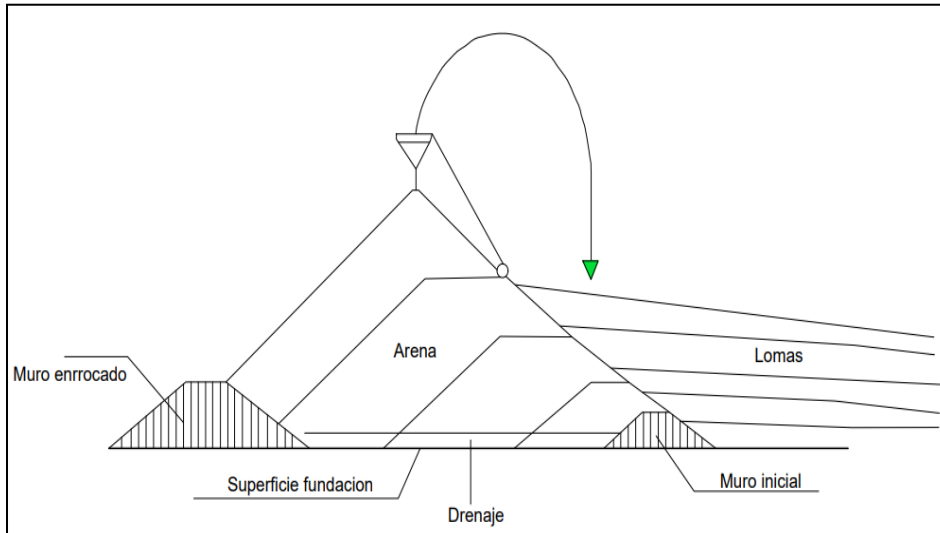


Figura 3. Método de aguas abajo (capas de arenas inclinadas)
Fuente: Elaboración propia

C. Crecimiento del muro eje central o mixto

Al igual que los métodos anteriores, este inicia con un muro de partida de material compactado y afirmado, sobre este se depositan las arenas cicloneadas que van hacia el lado de aguas abajo y las lamas hacia el lado de aguas arriba.

Terminado el vaciado de lamas y arenas correspondiente al muro inicial, se comienza con la elevación de la línea de alimentación de lamas y arenas, siguiendo el mismo plano vertical inicial de la berma de coronamiento del muro de partida. Permitiendo lograr un muro de arena

cuyo eje se mantiene en el mismo plano vertical, el talud de aguas arriba está cercano a lo vertical, y su talud de aguas abajo alcanza tener una inclinación aceptable para el diseño.

Para la utilización de este método es necesario disponer de un volumen arena, el cual deberá ser intermedio entre los dos métodos ya tratados, con este se logra muros estables. La inseguridad que puede existir en las presas de relave, no debe ser atribuido al material de construcción, sino al método de construcción por relleno hidráulico que puede provocar presiones elevadas de poros e incluso una total licuefacción en caso de un movimiento telúrico.

Las técnicas modernas de control, construcción y diseño aportan a la seguridad de las estructuras la cual se basa en un sistema de drenaje correcto, un sistema de

ciclonaje eficiente y la disposición de arenas, además de una arena compactada correctamente, lo que permitirá que se alcance una densidad alta mediante la utilización de equipos adecuados. Lo anterior, agregando el uso de un control piezométrico en el cuerpo del prisma resistente, contribuye a que la presa de relaves tenga una condición estable y semejante a obras de ingeniería importada.

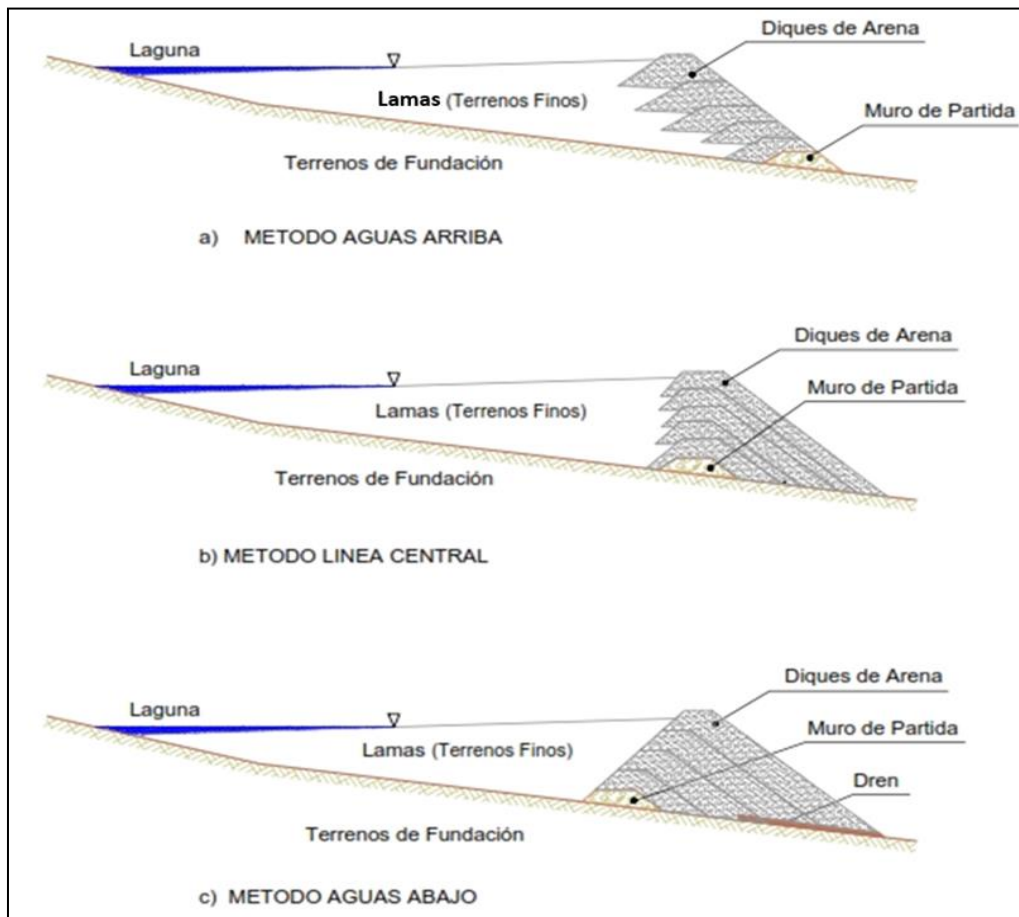


Figura 4. Métodos constructivos del Muro de Arenas de Presas de Relaves
Fuente: Elaboración propia

2.3.5 Equipos en la construcción de la presa de relaves

A. Tractor D8T Caterpillar (bulldozer)

Una de las características del Bulldozer es la versatilidad de la máquina, esta permite que se realicen trabajos de minería y construcción, ya que posee capacidades para el empuje de materiales sueltos, extendido de capas por tierras, la roturación del terreno, excavaciones de línea recta, terraplenado y nivelación de carteras, formación de pilas hasta remolcar grandes cargar y otras maquinarias (CAT, 2005).

Esta versatilidad del bulldozer se debe a que el tren de rodaje está construido con refuerzos sellados, la durabilidad de esta máquina únicamente depende de una adecuada lubricación, agregar a ello que la oruga de diseño oval posee un punto de flexión de movimiento delantero, aumentando así su vida útil.

Otra característica importante es el bastidor principal, el cual está soldado de una sola pieza que puede resistir el esfuerzo de torsión, ya que deben absorber las fuerzas de choque y brindar una fuerza máxima, como el bulldozer D8T.

El bulldozer CATERPILLAR, posee una productividad, confiabilidad y durabilidad adecuada para realizar trabajos pesados como los de minería, construcción de caminos, operaciones en canteras entre otras operaciones de gran escala. La amplia cabina con la que cuenta esta maquinaria, está equipada con un asiento con suspensión y respaldo ergonómico lo que da mayor comodidad al trabajador (López Jimeno, y otros, 2013).

2.3.6 Especificaciones técnicas D8T

- Modelo de motor : C15 ACERT™ Cat® C15 ACERT™ Cat®
- Potencia al volante : 310.0 HP 231.0 kW.
- Potencia bruta : 347.0 HP 259.0 kW.
- Calibre : 5.4 in 137.0 mm.
- Carrera : 6.75 in 172.0 mm.
- Cilindrada : 928.0 pulg³ 15.2 l.
- Net Powers - : DIN 70020 322 PS 322 PS.
- Potencia neta : ISO 9249 310.0 HP 231.0 kW.
- Capacidad de empuje : 8.6 m³.
- Peso total del equipo : 42 Ton.



Figura 5. Tractor D8T
Fuente: Elaboración propia

A. Tractor D6R (Bulldozer)

El tractor orugas, considerado un vehículo pesado, posee un mecanismo llamado oruga, el cual es utilizado para su desplazamiento en zonas de acceso complicado, este dispositivo reemplaza a los neumáticos tradicionales. Este dispositivo es el conjunto de eslabones que se modulan y permiten un desplazamiento adecuado y estable en terrenos cuya morfología es irregular y escabroso debido a que la fuerza que se ejerce por el tractor (en el terreno) es menor (Caterpillar, 2016).

Las orugas generalmente forman parte de un cinturón flexible con eslabones rígidos que están unidos entre sí. Estos eslabones ayudan a que el peso se distribuya en una superficie más grande debido al incremento del área, algo que no se puede hacer con el uso de ruedas que poseen una menor área y por lo tanto la presión es mayor, por ello El tractor a orugas puede recorrer diversos suelos sin hundirse independientemente del peso que posea el equipo.

Se tiene conocimiento de dos tipos de orugas, una es la de “suspensión Christie” que usa ruedas de carreteras, el descanso de la oruga se hace sobre ruedas, haciendo que se encorven sobre la rueda motriz y la polea tensora; el otro tipo de oruga es la “suspensión Vickers” que usa rodillos de retorno más pequeños.

B. Especificaciones Técnicas del tractor D6R (Bulldozer)

- Fabricante : Caterpillar.
- Modelo : 3306.
- Potencia total : 133.5 KW.

- Potencia efectiva : 123 KW.
- Potencia medida en : 1900 RPM.
- Cilindrada : 10.5 L.
- Número de cilindros : 6.
- Aspiración : Turbo alimentación.
- Capacidad de empuje : 4.0 m3.
- Peso total del equipo : 19 Ton.



Figura 6. Tractor D 6T
Fuente: Elaboración propia

C. Tractor D6R LGP (refinador)

Los tractores con designación LGP se diferencian por las orugas de zapata ancha, bastidor más robusto que da ventaja para nivelación de terrenos escabrosos y una potencia de motor para facilitar una nivelación a alta velocidad.

D. Especificaciones técnicas D6R LGP

- Fabricante : Caterpillar.
- Modelo : 3306.
- Potencia total : 148.4 Kw.
- Potencia efectiva : 138 Kw.
- Potencia medida en : 1900 Rpm.
- Cilindrada : 10.5 L.
- Número de cilindros : 6.

- Aspiración : Turbo alimentación.
- Capacidad de Empuje : 4.0 m3.
- Peso Total del Equipo : 20.5 Ton.
- Ancho de la hoja topadora : 5.20 cm.

2.3.7 Rodillo autopropulsado BOMAG

Los proyectos orientados a la construcción, tienen un común la necesidad de un subsuelo resistente, es por ello que los rodillos autopropulsados son un papel importante en el proceso de construcción. Las especificaciones indican una alta diversidad de acuerdo con el tipo de trabajo que se tenga que realizar.

Esta maquinaria es utilizada para trabajos de compactación pesada en gruesas capas de relleno, como en proyectos de construcción a gran escala como diques, aeropuertos, carreteras represas u otras obras. Estos rodillos autopropulsados pesados producen un efecto tan extenso como profundo, que se puede aumentar aún más con el tambor poligonal disponible solo de BOMAG.

A. Especificaciones técnicas de rodillo BOMAG BW 213

- Peso : 12.9 t.
- Anchura transporte : 2.25 m.
- Altura de transporte : 2.9985 m.
- Velocidad : 10 km/h.
- Frecuencia : 30/36 Hz.
- Ancho de rodillo : 2.13 m.
- Rodillo Ø : 1.48 m.
- Amplitud : 1.7/0.86 mm.
- Radio de torneado exterior : 3.494 m.
- Fabr. del motor : Deutz.
- Modelo de motor : BF4M2012C.
- Rendimiento de motor : 98 Kw.



Figura 7. Rodillo Bomag BW 213
Fuente: Elaboración propia

2.3.8 Rola remolcable BOMAG

Los trabajos realizados por el rodillo vibratorio, sirven mayormente para la compactación de capas de relleno, la compactación mecánica de un suelo puede realizarse mediante una combinación de distintos tipos de esfuerzos. Los equipos de compactación pueden clasificarse de distintas formas como vibratorios o estáticos, pequeños o grandes, remolcados o autopropulsados; este compactador es adecuado solo para determinados volúmenes de obra, condiciones de trabajo, tipos de suelos, entre otros.



Figura 8. Rola remolcada
Fuente: Elaboración propia

2.3.9 Camión de mantenimiento

Los camiones de mantenimiento sobresalen debido a la gran capacidad de sus tanques, sistema de lubricación y alto flujo de caudal. El diseño de esta máquina permite mejorar el suministro de los lubricantes de los equipos de envergadura grande que funcionan en la minería.

Con las Siguietes ventajas:

- Se puede utilizar este camión durante el día y la noche (previa coordinación con los supervisores de turno).
- Reducción de las paradas improductivas con relación a la lubricación.
- Aumento de la productividad.
- Mejora del funcionamiento del sistema lubricación y su seguridad operacional.
- Aumento de la vida útil de los componentes lubricados y reducción de la contaminación.



Figura 9. Camión de lubricación
Fuente: Elaboración propia

2.3.10 Equipamiento del Camión

Sistema para el suministro de aceites lubricantes, grasa, combustibles, refrigerantes.

- Tanques de acero, inoxidable o al carbono.
- Tanques presurizados.

- Tanque de combustible 1,500 galones.
- Bombas neumáticas.
- Carretes auto retráctiles con mangueras o cables.
- Pistolas dispensadoras con o medidor de flujo, mecánicos o electrónicos.
- Sistemas de recolección de aceites usados.
- Compresor de aire de pistón o tornillo.
- Filtros de aceite y aire.
- Generador.
- Lámparas exploradoras para trabajos nocturnos.
- Gabinete para herramientas y filtros.
- Sistema automático de control de aceites.

2.3.11 Camión cama baja

La cama baja o Lowboy, es un camión plataforma que es importante ya que facilita el transporte de maquinarias y equipos que necesitan mayores operaciones que sea indicado por el área de mantenimiento; presenta diversas categorías que las hacen únicas.

Las características de las camas bajas, son las siguientes:

- Las camas bajas poseen diversas capacidades las cuales van de 10 a 200 toneladas, el peso se ajusta según las necesidades requeridas.
- La longitud de la cama baja puede variar, va desde los 11.6 hasta los 15.90 metros.
- La altura del área de carga está ligada a la rodada de la llanta, generalmente va de 0.91 o 1.02.
- Cuenta con ganchos de amarre en cada lado y ménsulas para extensiones de 10" abisagradas.
- Ejes tubulares con capacidad de 30,000 libras, cada uno para ruedas de artillería de 15 o 20.
- Sistema de frenos ABS.
- Luces apegadas al reglamento del MTC.
- Pintura epóxica o acrílica.

Adicionalmente el Lowboy cuenta con equipos opcionales como cola de castor, jeep Dolly, cuello desmontable y rampas traseras. Las camas bajas cuentan también con suspensiones diversas, entre las que se encuentran:

- Suspensión neumática.
- Suspensión mecánica.
- Suspensión para muelles.



Figura 10. Cama baja
Fuente: Elaboración propia

2.3.12 Consideraciones en la disposición de relaves en la presa

Las minas han construido presas de relaves para evitar que estos sean dispuestos en lugares no idóneos como ríos, arroyos, etc. que pudiesen afectar negativamente al ambiente. Sin embargo, este proceso aún no es suficiente, por el ejemplo en la minería internacional se tiene en cuenta la seguridad en las presas de relaves, las cuales necesitan de un diseño para casos extremos y tiene en consideración intervalos de ocurrencia de muchos años de sismos, los cuales ocasionan la ruptura de las presas de relaves. En el Perú los relaves se manejaron erróneamente ocasionando problemas graves a la salud de las personas, así como impactando negativamente al ambiente.

La eficiencia del minado influye favorablemente en las operaciones de minado a tajo abierto, este produce más relaves de minerales de ley baja. Estas prácticas pueden afectar a cambios significativos de las prácticas empleadas en el manejo de relaves.

Por ello es importante garantizar la calidad de construcción de la presa y que las maquinarias cumplan un rol importante en la descarga, conformación y compactación de relaves.

A. Procedimiento de la descarga de la pulpa o lodo de relaves

Los relaves son enviados desde la planta concentradora después de su separación mena (material útil) de la ganga (material inútil), por las tuberías HDP (polietileno de alta densidad) a 5 kilómetros de distancia donde se encuentran los hidrociclones, que tienen la finalidad de separar las arenas gruesas de las finas, las arenas gruesas son desviadas por el (Underflow) a la construcción de muro de la presa de relaves mediante ductos mezclados con agua, el porcentaje de sólidos varía de 70 a 74% dependiendo de zona y horas de deposición de arenas. Las arenas finas o lamas son enviadas al embalse (Overflow).

2.3.13 Descarga Complementaria

La descarga complementaria es apoyada con un Tractor D8T Caterpillar para las zonas que no alcanzó cubrir los relaves en la zona programada, con el objetivo de estandarizar el grosor de la capa 30 cm y con la humedad necesaria para que pueda humectar la capa anterior que por el tiempo en reposo se mantiene superficialmente seco, lo cual se hace durante el tiempo de descarga, aprovechando los flujos de relave que acaban de descargarse desde las tuberías o estructuras de conducción Jhacking Header o las líneas complementarias en las zonas intermedias o remotas; este proceso es importante para que entre capa y capa hubiera adherencia y evitar posteriores deslizamientos y fallas en la estructura de la presa. Las arenas de relave pueden llegar a la zona de descarga muy fluidas o densas, cuando se recibe las arenas muy fluidas, suelen juntarse los flujos y causar erosiones en las capas anteriores y cuando se recibe muy densas las arenas se quedan apiladas en la zona superior del talud de la presa causando demoras para trasladar o acarrear las arenas a las zonas faltantes, la intervención inmediata resulta un factor importante para cubrir la capa requerida. Sin embargo, la operación de descarga está ejecutada por el personal del área de operaciones relaves y la recepción por el personal del área de construcciones, para dicha descarga, existen parámetros de disposición de relaves; sin embargo, no siempre se puede cumplir por situaciones netamente operativas, es por ello que para una buena disposición de relaves, se debe establecer una comunicación y coordinación fluida entre el personal de ambas áreas, tanto como supervisores y personal técnico, para subsanar cualquier requerimiento en aras de una buena disposición de arenas.

2.3.14 Condicionantes de la presa de relaves para su disposición de pulpas

A. Permeabilidad de suelos

Se dice que un material es permeable cuando tiene huecos interconectados de modo tal que el agua pueda escurrir por ellos. Al movimiento del agua entre este material permeable se le conoce como “Infiltración o filtración” y a la medición “Permeabilidad”.

La densidad relativa en relaves, es el nivel de compactación necesario de las arenas de relave, con el objetivo de disminuir el riesgo de licuefacción, lo que es expresado como densidad relativa.

2.3.15 Desventajas del depositario de arenas

- Elevación de la línea de saturación.
- El fenómeno de licuefacción.
- El uso de taludes fuertes.
- Cimentación comprensible y agrietamiento del muro.
- Vertidos por la cola del dique y la decantación de aguas contra el prisma.

Como se puede apreciar las características en la disposición de las arenas, es cuando se debe cumplir con las exigencias de calidad en la construcción de la presa de relaves.

A. Disposición de relaves en la presa

El área total de la presa tiene un total de 150 hectáreas, La totalidad de la represa está distribuida horizontalmente en 4 zonas, y cada zona con tres sub zonas. Y verticalmente cada 200 m desde el hombro de la corona hasta el pie del talud.

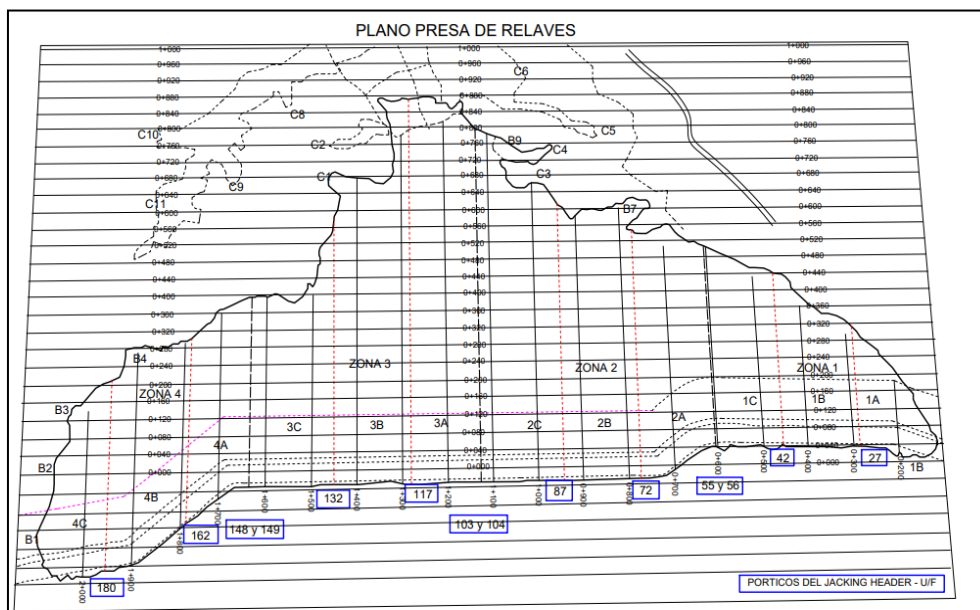


Figura 11. Plano de la presa
Fuente: Elaboración propia

Según el diseño de la presa de relaves, la disposición de relaves se da hidráulicamente mediante ductos que están instalados sobre la corona de la presa, luego se distribuye en forma mecánica con la utilización de tractores de orugas D8T.

En toda la zona de descarga y en lo vertical, la descarga se da mediante ductos de HDP polietileno de alta densidad, que están anexadas a las tuberías principales de la corona y cada 200m gira las tuberías en forma de eles con un Angulo de 90° a lo horizontal para cubrir el área de las sub zonas. De igual forma apoyadas con la distribución mecánica de tractores.

Una vez terminada la deposición de arenas, ya libre de las aguas excedentes que han escurrido sobre las capas anteriores, los tractores conforman o distribuyen una capa de 0.25cm en toda la subzona; posteriormente finalizan con la etapa de compactación con las densidades requeridas para su posterior evaluación del área de calidad y control. Sucesivamente se avanza con la construcción del muro de la presa de relaves.

2.3.16 Métodos de conformación con tractores D8T

A. Definición de tractor

Vehículo de gran potencia, cuyas cadenas o ruedas se adhieren de forma firme al suelo o terreno, se utiliza para arrastrar o empujar grandes cargas.

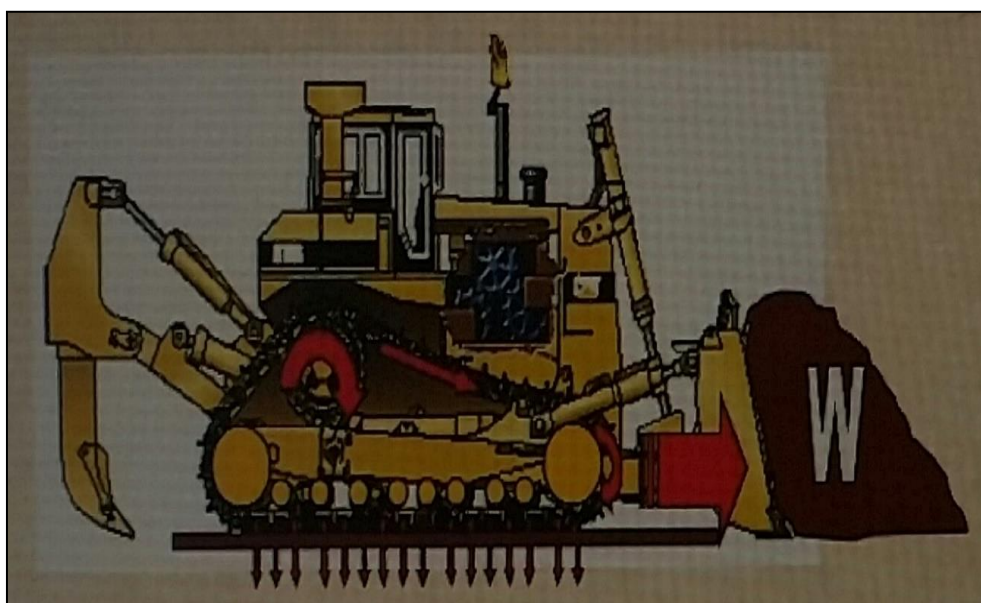


Figura 12. Tractor D8T

Fuente: Elaboración propia

2.3.17 Método tradicional acarreo en zanja

Los tractores para la conformación en este método, mantienen una distancia de cinco anchos entre tractor a tractor, se hunde el Bulldozer o lampón con la máquina en marcha a la pulpa de relaves, con la finalidad de llenar de material al lampón como resultado corte y acarreo del material deseado a una distancia económica de 100 m. recomendado por el fabricante de equipos Caterpillar; sin embargo, en el transcurso del acarreo, a los costados de equipo se forman camellones o bermas de material que no tiene que ser más alto que el Bulldozer para su acarreo posterior mediante el método patrón cruzado, que significa atacar el material llenar el lampón y dirigir diagonalmente hacia la zanja que se había generado durante el corte. De esta manera, se acarreará el material de relaves a las zonas faltantes para hacer la distribución exacta de una capa de 30 cm de relaves en cada zona de relleno, en la construcción del muro de la presa.

2.3.18 Procedimiento para la iniciación de trabajos con el método

A. Cumplimiento de normas de seguridad

Después de la designación de equipos y frentes de trabajo al personal de operadores, el personal deberá cumplir estrictamente el DS-024-2016-MEM.

- Hacer un chequeo general de sus equipos.
- Mantener la comunicación radial para las coordinaciones.

B. Restricciones para la aplicación del método en zanja

Es necesario considerar las siguientes recomendaciones para su aplicación.

- En este método se debe tener cuidado en el ingreso a apilados de material muy altos y saturados de humedad, con la finalidad de evitar encallamientos.
- No se debe sobrecargar el lampón para evitar el patinamiento y posterior recalentamiento de la transmisión del tractor.
- No hacer giros con el equipo cargado.
- Nunca se debe realizar el trabajo en pendiente positiva por ser ineficiente.

2.3.19 Aplicación del método de acarreo en zanja

Consideraciones a seguir.

- Conducir al equipo hacia los apilados considerando el orden de conformación acordada por el equipo de trabajo que puede ser en distintas direcciones.
- Atacar volúmenes considerables de relave para su movimiento dejando el afinamiento para equipos de menor potencia.
- Mantener distancia entre equipos 5 anchos de los mismos.

A. Método de acarreo en TÁNDEM

El cual consta de la unión de dos o más equipos, los cuales realizan una misma actividad en equipo, combinando esfuerzos para lograr un objetivo.

Para la aplicación de este método de acarreo se seleccionará los equipos generalmente de igual dimensión y operadores de equipos con más años de experiencia, se acordará las diferentes direcciones a seguir según las indicaciones del equipo topográfico, antes del acarreo se deberá soltar el material apilado con los mismos tractores debido a la densidad de los relaves apilados que han sido descargados hidráulicamente. Para su manejabilidad sin mayores esfuerzos de los equipos.

En consecuencia, los equipos se unen guardando una distancia lateral de 0.20 cm. entre lampón y lampón, para atacar perpendicularmente hacia los apilados sueltos; luego con los equipos en marcha coordinada avanzan hacia adelante sin hacer giros, dejando una capa aproximada de 0.25cm y el restante hacia lugares vacíos sin hacer sobre cargas del lampón y la potencia de los mismos, una vez vacía los lampones retroceden los equipos previa coordinación de los operadores para tomar la posición inicial de TÁNDEM de este modo avanzan secuencialmente hasta terminar la zona de conformación.



Figura 13. Método de acarreo en tándem
Fuente: Elaboración propia

2.3.20 Procedimiento en la aplicación del método tándem

A. Cumplimiento de normas de seguridad

Después de la designación de equipos y frentes de trabajo al personal de operadores, el personal deberá cumplir estrictamente el DS-024-2016-MEM.

- Hacer un chequeo general de sus equipos.
- Mantener la comunicación radial para las coordinaciones.

B. Restricciones en el uso del método tándem

- El espacio lateral no puede ser inferior a 20 cm para evitar choques en las partes de los equipos.
- Durante la operación en tándem no se permitirá el ingreso de personal de piso sin la coordinación pertinente con la supervisión y operadores del área.

2.3.21 Factores de producción en la conformación y compactación de relaves

A. Producción de relaves

La producción de relaves está dada por el número de maquinarias y sus capacidades que se emplea para acarrear relaves por hora, cuanto más número de equipos se junten, será mayor la producción en una hora, como mayor número de equipos de compactación llámese rolas, rodillos se junten en el área de trabajo: mayor y en menor tiempo se dará la producción de relaves compactados.

B. Producción de un tractor de orugas

Un tractor de orugas demanda de las siguientes características para cada trabajo adecuado: el modelo y tamaño de la máquina, la potencia de los mismos, mantenimiento adecuado, el tipo de material con la que se trabaja, condiciones del área, experiencia como destreza del conductor u operador encargado de la máquina.

C. Costos de posesión y operación de equipos

Según el manual de rendimiento de las Máquinas Caterpillar. De los costos asociados con el rendimiento, por ello los costos por hora de operación y posesión de un modelo de equipo pueden fluctuar mucho, pues están influenciados por numerosos factores como:

- Los costos de envío de la fábrica.
- El tipo de trabajo.
- Las tasas de interés.
- Los precios locales de combustibles y lubricantes, etc.

D. Equilibrio entre la productividad y los costos

Los usuarios de los equipos deben equilibrar la productividad y los costos para lograr una óptima eficiencia. Es decir, alcanzar la producción deseada al costo más bajo posible. La ecuación siguiente es el método más usado para evaluar el rendimiento.

$$\text{Rendimiento Optimo de la Máquina} = \frac{\text{Costo mínimo posible por hora}}{\text{Productividad máxima posible por hora}}$$

Las maquinarias utilizadas para el movimiento de tierras se pueden calcular con una alta precisión, los costos por cada hora de operación y posesión de un equipo, en un lugar y trabajo determinados. Por lo tanto, en esta sección presentamos un método para calcular los costos por hora de posesión y de operación, así como datos sobre las máquinas Caterpillar. Al considerar además las condiciones existentes, podremos obtener estimaciones exactas.

El Método que se sugiere se basa en varios principios básicos:

- No se dan precios de los artículos. Para mayor exactitud se debe obtener los precios locales.
- Los cálculos se basan en un equipo completo.
- Los factores multiplicadores proporcionan resultados correctos en diversos tipos de monedas.
- Debido a las diferentes normas de comparación, lo que para un propietario de máquinas constituye una aplicación severa, para otro tal vez sea mediana. Por eso, a fin de describir mejor el uso de una máquina, se clasifica en zonas las condiciones de operación y las utilidades.
- La unidad "hora" indica la hora de reloj o de operación.

2.3.22 Costo por hora de posesión y operación

La máquina utilizada es el tractor de cadena, el periodo estimado de posesión es de 10 años, la utilización estimada es de 5,760 horas/ año, el tiempo de posesión (total de horas) es de 5,7600.

A. Costo de posesión

El precio de entrega de Tractor CAT D8T (incluyendo accesorios) es de 1'000,000.00 dólares el valor residual al reemplazo es del 40% es decir 400,000.00 dólares, el valor a recobrar mediante el trabajo es de 600,000.00, para el cálculo del costo por hora es de:

$$\frac{\text{valor}}{\text{horas}} = \frac{600000}{57600} = 10.41$$

El costo de interés es de:

$$\text{Interes} = \frac{\frac{N + 1}{2N} \times \text{precio de entrega} \times \% \text{ de tasa de interes simple}}{\text{horas/año}}$$

$$\text{Interes} = \frac{\frac{10 + 1}{20} \times 1000\ 000 \times 0.02\%}{5760 \text{ horas/año}}$$

$$\text{Interes} = 2.53$$

El seguro es de:

$$\text{costo seguro} = \frac{\frac{N + 1}{2N} \times \text{precio de entrega} \times \% \text{ de tasa de seguro}}{\text{horas/año}}$$

$$\text{costo seguro} = \frac{\frac{10 + 1}{20} \times 1000\ 000 \times 0.01\%}{5760 \text{ horas/año}}$$

$$\text{costo seguro} = 1.26$$

El impuesto es de:

$$\text{Impuesto} = \frac{\frac{N + 1}{2N} \times \text{precio de entrega} \times \% \text{ de impuestos}}{\text{horas/año}}$$

$$\text{Impuesto} = \frac{\frac{10 + 1}{20} \times 1000\ 000 \times 12\%}{5760 \text{ horas/año}}$$

$$\text{Impuestos} = 11.87$$

El costo total por hora posesión es de \$ 26.07

B. Costos de operación

El gasto de combustible es de:

$$\text{Costo de combustible} = \text{Precio Unitario} \times \text{Consumo.}$$

$$\text{Costo de combustible} = 3.5 \times 8.$$

$$\text{Costo de combustible} = \$ 28.$$

Entonces, el costo será de 28 dólares por hora.

En cuanto a los lubricantes, filtros y grasas suman un total de \$ 9.00.

Para el tren de rodaje se halla con la siguiente fórmula.

$$\text{Costo} = (\text{impacto} + \text{abrasividad} + \text{factor Z}) \times \text{factor basico}$$

$$\text{Costo} = (0.2 + 0.4 + 0.5) \times 8.5$$

$$\text{Costo} = 9.35$$

Para las reversas de reparaciones se tiene

$$R.R. = \text{multiplicador de uso prolongado} \times \text{factor de reparacion básica}$$

$$R.R. = 1.0 \times 6.0$$

$$\text{Reserva de reparaciones} = 6.0$$

El elemento de desgaste especial es de:

$$\text{Elemento de desgaste} = \text{Costo} + \text{Duración}$$

$$\text{Elemento de desgaste especial} = 1.24$$

Entonces el costo del desgaste especial es de 1.24

Finalmente, se suman todos los costos de operación

$$\text{Costo Operacion Total} = 28 + 9 + 9.35 + 6 + 1.24$$

$$\text{Costo Operacion Total} = 53.59$$

Los costos totales de operación son de \$ 53.59

Para obtener el costo total se suman el costo de posesión y el de operación

$$\text{Costo Total} = \text{Costo posesion} + \text{costo operación}$$

$$\text{Costo Total} = 26.07 + 53.59$$

$$\text{Costo Total} = 79.66$$

Por lo tanto, el costo total de la posesión y operación de la máquina es de \$ 79.66
El salario horario del operador (donde incluyen beneficios sociales) es de \$12.00, por lo tanto:

$$\text{Costo Total con salario} = 79.66 + 12.00$$

$$\text{Costo Total con salario} = 91.66$$

Finalmente, el costo total de posesión y operación es de \$ 91.66 dólares americanos.

C. Costos totales

En la tabla 2, se muestra todos los costos calculados para cada equipo, es necesario resaltar que el cálculo de cada equipo se realizó con las operaciones detalladas en los costos de posesión y operación.

Tabla 2.

Costos unitarios por equipos / hora

Equipo	Costo posesión (\$)	Costo operación (\$)	Salario op. + Bf (\$)	Total (\$)
D9 T	34.94	98.24	12.00	145.18
D8 T	26.07	53.59	12.00	91.66
D6 R	21.68	41.32	12.00	75.00
Rodillo	13.93	35	12.00	60.93
Rola	5.88	18.5	12.00	36.38
Total	102.5	246.65	60	409.15

Fuente: Elaboración propia.

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Mena. Las Menas, son agregados minerales en donde se encuentran los metales y de ellos se puede extraer provechosamente uno o más metales.

Ganga. Son las impurezas que contiene el mineral cuando se somete a un proceso de metalurgia y consiste principalmente en arena, arcilla, tierra, granito, y otros minerales.

Metaloides. Se encuentra junto con los no metales y metales, está conformado por tres categorías de elementos químicos, sigue una clasificación según las propiedades de ionización o enlace, una característica importante del metaloide es que existen diversos colores y tienden a ser opacos.

Overflow. Material de relaves diluidas por los hidrociclones (lamas), las cuales son enviadas hacia el embalse de la presa.

Underflow. Material de relaves concentradas o arenas con un porcentaje de sólidos que varía de 70 a 74 %.

Licuefacción. Es el comportamiento del suelo, que, debido a una fuerza externa, puede llegar a pasar de un estado sólido a uno líquido o de un líquido pesado. La inestabilidad de un talud provoca corrimiento.

Terraplenado. Tierra con la cual un hueco es rellenado o que se levanta con un objetivo determinado, este terraplén es utilizado para salvar el desnivel de una plataforma.

Polietileno. Es el polímero más sencillo desde un aspecto químico, se presenta con la unidad repetitiva, este plástico es muy utilizado en todos los sectores, esto se debe al bajo precio y la fabricación simple de este material, produciéndose un aproximado de 80 millones de toneladas anuales mundialmente.

Barcazas. Una barcaza es un equipo naval, no cuenta propulsión propia, se utiliza para el transporte marítimo o fluvial de mercadería y pasajeros entre costas cercanas. En el caso de la tesis, la barcaza sirve para el soporte de bombas hidráulicas para el succionado de aguas para retornar al sistema de la concentradora.

Floculante. La floculación es un proceso químico importante, donde las sustancias se aglutina cuando hay presencia de agua, con ello se facilita la decantación y filtrado.

Pulpa de relaves. Es la mezcla de solido con agua el cual contiene gran cantidad de partículas finas y en menor cantidad el agua, de tal forma que la mezcla tiene una consistencia espesa.

Tándem. Unión de dos tractores o más, que realizan una misma actividad en equipo o que combinan sus esfuerzos para hacer algo.

Jacking Header. Estructuras de sostenimiento y tuberías para el transporte y la descarga de relaves en la corona de la presa.

Pórticos. Par de postes de soporte de la estructura del Jacking Header.

Corona. Superficie horizontal en la parte alta de la Presa de relave.

Encallamiento. Situación en que un equipo queda atrapado en las arenas saturadas.

Eles. Tuberías de descarga de relaves ubicados a lo largo del talud de la presa.

Check List. Lista Operacional de Verificación del equipo.

Patinamiento. Disminución de velocidad de avance producida por el deslizamiento entre la superficie del suelo y las orugas del Tractor.

Apilados. Acumulación de Pulpa de Relave.

Traslape. Cubrir una capa

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 MÉTODOS, Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Según la investigación a desarrollar, esta obedece a un método de análisis, descriptivo, ya que se utilizó la observación y la medición para poder obtener información necesaria para realizar la investigación; además, se realizó mejoras al proceso conformación de relaves; este es un estudio cuasi experimental, transaccional al momento de la medición de tiempos de operación.

La influencia de la presente investigación está orientado a nivel local, ya que la optimización del uso de las maquinarias de conformación y compactación de relaves de la presa se da en la minera; sin embargo, los resultados y conclusiones que brindará este estudio servirán como precedente para futuras investigaciones ampliando su alcance.

Para lograr los objetivos planteados se tuvo que seguir los siguientes pasos.

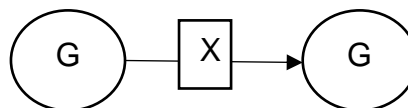
- Se determinó el problema existente en la minera en estudio.
- Se recolectó datos por medio de un formato diseñado para este fin, los cuales se tomó directamente en campo, donde se registró los tiempos improductivos de las horas hombre con la nueva distribución de equipos en la conformación y compactación de relaves en la presa de la minera.
- Se recopiló información, bibliografía para la lograr la optimización del uso de maquinarias en los procesos de conformación y compactación, procesos que se desarrollan en la presa de relaves.
- Se coordinó con el área competente para llevar a cabo la optimización con el fin de aumentar la efectividad en el área de relaves.
- Se Analizó los datos obtenidos, mediante diagramas de barras para comparar al antes y después de la mejora, etc.

- Se procesó, comparó y analizó los datos recopilados, mediante procesamiento de datos con el programa Excel y el SPSS Statistics.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación según la naturaleza de los datos y la información, es Cuantitativa, debido a la necesidad de recolección y análisis de datos para optimizar el uso de equipos de línea amarilla en la conformación y compactación de relaves de la presa en estudio, además en función de su propósito, esta investigación es del tipo aplicada, dado que se utilizó conocimientos y técnicas existentes para resolver el problema identificado en la empresa.

El nivel de la investigación es cuasi experimental, es decir, se basa en la manipulación de variables con el fin de describir cómo se produce un acontecimiento específico. En este caso, la optimización del uso de maquinaria con el fin de aumentar la efectividad del manejo de relaves en la Minera. El diseño de la investigación se describe a continuación:



Donde:

G1: Condiciones Antes de la aplicación de la mejora.

X: Mejora a implementar.

G2: Condiciones después de la aplicación de la mejora.

La aplicación del método tradicional se realizó durante los meses de enero a junio del 2020, mientras que la aplicación del método tándem se realizó durante los meses de julio a diciembre del 2020.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 La población

La población está conformada por 22 equipos de línea amarilla entre tractores rodillos y rolas, utilizadas para el proceso de conformación y compactación de relaves de la presa en estudio.

3.3.2 Muestra.

Es preciso indicar que la presa de relaves tiene una ubicación declinada (talud de la presa), en la que se llevan las labores de conformación y compactación. Por

consiguiente, el estudio enfocado en las comparaciones de métodos de conformación tradicional y Tándem, se eligió 2 tractores D8T, lo que representa a los demás tractores en conformación de relaves, bajo el criterio de selección que se basa en fines netamente operativos ya que 2 tractores realizan el mismo trabajo que los demás equipos en conformación, en los dos métodos.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 Técnica

Para lograr los objetivos planteados se utilizará las siguientes técnicas.

- Recopilación de datos, que se tomó directamente en campo.
- Análisis de los datos obtenidos.
- Propuesta de la mejora a realizar según los datos obtenidos y analizados anteriormente.
- Valorización de la mejora aplicada.

3.4.2 Instrumentos

- Fichas de recolección de datos: se utilizó para recolectar datos relevantes orientados al uso de las maquinarias en el área de relaves. Se detalla en el anexo 1, en la ficha se recolectará información sobre los m³ de relave conformado y compactado y la meta propuesta para los diversos meses.
- Equipos topográficos para medir volúmenes de relaves que acarrear los equipos de conformación y compactación.
- Microsoft Excel: se utilizó para el procesamiento de datos y determinación de tiempos actuales e improductivos.
- Se utilizó la prueba de T de Student con el estadístico SPSS para determinar las diferencias de las medias.
- Recopilación y comparación de datos con área de control de calidad QA, QC (Anexo 7).
- Unidades móviles para el transporte a las diferentes zonas de trabajo.
- Revisión del Manual de información del área de planeamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Configuración Tradicional de equipos en la conformación y compactación de la presa de relaves

Todas las operaciones de movimiento de tierra que se realizan en la minería, requieren de equipos capaces de desempeñarse en forma continua durante todo el ciclo de la vida útil de la mina, por lo que los equipos realizan trabajos en condiciones severas y adversas, sufriendo en muchos casos un desgaste prematuro en algunos o en todos sus componentes esenciales, con el fin de cumplir con la demanda de la producción.

Para la construcción de la presa de relaves, es necesario tener parámetros como el grado de compactación indicado en el diseño; este depende del espesor de la capa, los equipos de conformación y compactación, el número de pasadas y la humedad de compactación correcta, que se deberá de tener en cuenta para lograr el objetivo.

El proceso de conformación inicia con la distribución de equipos a las zonas programadas como recepción de relaves y conformación, en la conformación cada equipo se ubica manteniendo una distancia lateral de un ancho de equipo a equipo con posición frontal para acarrear dicho material; sin embargo, por la forma de su construcción de la hoja topadora o bulldozer son casi rectas, lo cual en el acarreo, al llenarse la hoja topadora hace un derrame lateral de relaves que sucede con todos los tractores que acarrean material unilateralmente, la pérdida de este material no suma a la productividad lo cual es susceptible a mejoras.

En el mercado existen diversos equipos que se diferencian unos de otros por la tecnología y los beneficios que ofrecen al cliente para lograr el movimiento de grandes cantidades de material; con el mejor rendimiento, sin embargo, estas no pueden ser utilizados en las labores como la presa de relave en estudio, debido a las características de la maquinaria, siendo una de las más determinantes el peso y tamaño, ya que existen máquinas que pueden acarrear más cantidad de relaves. Estos equipos no contribuirían

en la conservación de la granulometría debido a que al transitar repetidas veces aumentaría la trituración de los granos de relave, y desventaja para transitar sobre los fangos y pendientes pronunciadas. Razón por la cual el equipo ideal considerado son los D8T Caterpillar o similares.

4.1.1 Descripción del procedimiento

El proceso de conformación y compactación, se da mediante diversas etapas, esto para asegurar la calidad del proceso. El proceso se divide en tres etapas principales, la primera etapa es la conformación, cuando la pulpa de relaves llega al talud o la corona de la presa, este es esparcido mediante un tractor, la segunda etapa es el afinamiento, en esta también se utiliza un tractor; finalmente, la tercera etapa es la compactación, que a su vez consta de 4 ciclos, el primer ciclo se realiza con una rola, el segundo y tercer ciclo con la ayuda de un rodillo, finalmente se hace un acabado nuevamente con la rola. En la siguiente figura se observa el diagrama de flujo (en el anexo 2 se muestra el flowsheet detallado).

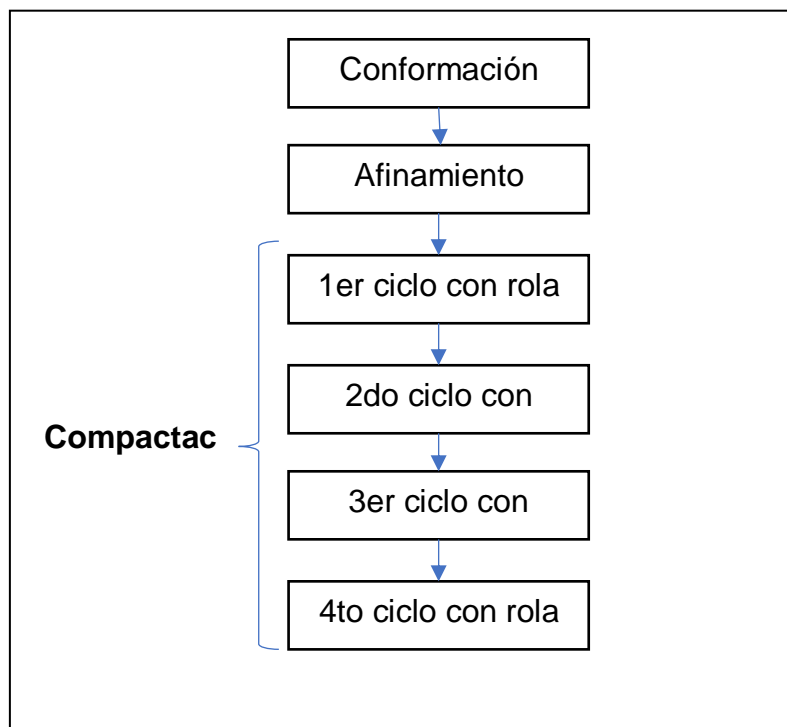


Figura 14. Proceso de conformación y compactación
Fuente: Elaboración Propia

Como línea base de la investigación, se realizó un análisis detallado del método tradicional de conformación y compactación de relaves durante el primer semestre del año 2020.

A. Disposición de relaves en el talud de la presa

Las arenas de relaves, son descargadas de manera consistente a lo largo de la cresta de la presa, con el propósito de que los relaves fluyan hacia la pendiente en sentido vertical con un flujo laminar, evitando así la erosión de capas de relaves ya compactadas; en esta etapa es fundamental el empleo de tractores D8T para redireccionar los flujos de relaves a las partes faltantes y evitar los acumulamientos innecesarios, condicionando así a una capa de relaves de 30 cm., Los relaves son descargados a través de la estructura de tuberías (Jacking header) que viene preparado desde la estación de ciclones con porcentajes proporcionales de agua y arenas, desde que la pulpa de relaves se encuentra en el piso, los relaves sufren un cambio en la separación del agua de las arenas. Las aguas por efecto de la gravedad se filtran hacia las capas anteriores del talud de la presa, y las arenas son distribuidas en una capa para su posterior conformación y compactación.



Figura 15. Disposición de relaves en la presa
Fuente: Elaboración propia

Las capas de relaves son controladas por el personal de topografía antes, durante y después del proceso de conformación y compactación.

Una vez depositado los relaves, se procede a distribuir los equipos (tractores, rodillos vibratorios y rolas) a las tareas de conformación y compactación, complementarias a la descarga.

En las zonas de descarga algunas veces suele acumularse los relaves cuando no se da abasto los equipos destinados a dicho trabajo. Para ello, será necesario aflojar el material con el tractor (hundir el bulldozer en el material) individualmente, para luego empujar y/o transportar el material a las partes por completar la capa.

Actualmente para acarrear este tipo de materiales se utiliza el método tradicional, el cual consta en el acarreo en zanja que resulta ideal en la conformación de materiales y es la más usada en movimientos de tierras en la mayoría de los proyectos destinados a la construcción.

B. Tiempos de disposición de relaves

En cuanto al tiempo de disposición de relaves, desde la estructura de soporte de tuberías de conducción de relaves de 8", en la parte superior de la presa, y las líneas de descarga (tuberías de conducción de relaves HDP a nivel de piso, para las zonas intermedias y bajas de la presa. Esta tiene una duración de descarga en las zonas programadas, entre 12 a 24 horas.

Zonas # 04 principales y 18 sub zonas.

El 10% de los equipos se encuentra en la zona de la descarga en la distribución uniforme de relaves hasta su culminación de descarga. Una vez completada la cantidad de relaves estimada según el área de la zona, los tractores pueden ir llegando a la zona según se vaya terminando el trabajo en las zonas donde ya se realizó la conformación.

Tiempos de espera

Se dan cuando no hay descarga, debido a paradas de planta concentradora, (ausencia de envío) y cuando las descargas son insuficientes (ausencia de envío) o demoras operacionales de descarga tiempo que se puede dar con poca frecuencia.

Finalmente, en cuanto a la disponibilidad de equipos es óptima, debido al cumplimiento del rol de mantenimiento de equipos y por la naturaleza del trabajo de conformación y compactación de relaves, no se cuenta con equipos en stand by.

C. Disponibilidad Mecánica y utilización de equipos

En cuanto a la disponibilidad de equipos, es proporcional por la naturaleza del trabajo de conformación y compactación, no se cuenta con equipos en stand by. En la siguiente tabla se muestra la disponibilidad y utilización de los 22 equipos, que se tomó en cuenta para el estudio.

Tabla 3.

Disponibilidad y Utilización de equipos

Nro.	Equipo	Modelo	Marca	Disponibilidad Mecánica	Utilización
				%	%
1	Tractor	D9T	CAT	93.50	83.00
2	Tractor	D8T(A)	CAT	84.58	83.00
3	Tractor	D8T(B)	CAT	93.91	84.58
4	Tractor	D8T(C)	CAT	93.66	84.33
5	Tractor	D6T(A)	CAT	93.83	84.83
6	Tractor	D6T(B)	CAT	93.75	84.58
7	Tractor	D6T(C)	CAT	93.83	85.00
8	Tractor	D6T(D)	CAT	93.75	84.25
9	Tractor	D6T(E)	CAT	93.58	83.58
10	Tractor	D6T(F)	CAT	93.66	83.5
11	Rodillo	BW 213	BOMAG (1)	93.75	83.75
12	Rodillo	BW 213	BOMAG (2)	94.00	83.33
13	Rodillo	BW 213	BOMAG (3)	93.91	83.58
14	Rodillo	BW 213	BOMAG (4)	93.66	83.00
15	Rodillo	BW 213	BOMAG (5)	93.83	83.66
16	Rola	BW 75	BOMAG (1)	93.98	84.15
17	Rola	BW 75	BOMAG (2)	93.76	83.26
18	Rola	BW 75	BOMAG (3)	93.58	83.75
19	Rola	BW 75	BOMAG (4)	94.02	84.19
20	Rola	BW 75	BOMAG (5)	93.50	75.97
21	Rola	BW 75	BOMAG (6)	93.87	84.70
Promedio Total				93.00%	83.00%

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla el porcentaje de utilización de los equipos es menor al porcentaje de disponibilidad, por lo tanto, no existe problema en ello, siendo así que la disponibilidad está equilibrada.

Como equipo auxiliar se tiene:

Tabla 4.

Disponibilidad y Utilización de equipo auxiliar

Nro.	Equipo	Modelo	Marca	Disponibilidad %	Utilización %
1	Cama Baja	FH540	VOLVO	93.00	83.50

Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.2 Configuración del método de Acarreo en Zanja o Tradicional

Como primer paso para la obtención de resultados, es necesario determinar los métodos en la distribución de arenas (relaves) en el proceso de conformación y compactación de los relaves.

En la presa en estudio, los métodos en la distribución de arenas con los equipos de línea amarilla para la conformación y compactación de relaves, debe tener en cuenta que el relave es un sólido descartado en las operaciones mineras, este se obtiene al momento de la extracción, ya que solo una fracción corresponde al elemento de interés para la mina, posterior a que el mineral pasó por diversas operaciones, se obtiene el concentrado con alto porcentaje de mineral de interés, el cual será comercializado; el resto del material es conocido como relave, el cual se debe depositar de manera segura y ambientalmente responsable.

Por este motivo los relaves son descargados en las zonas preparadas para su respectiva conformación y compactación, los cuales debe presentar las siguientes características:

- Granulometría Malla 200.
- 12% de finos y 88% de arenas gruesas en las zonas de descarga.
- 15% de finos y 85% de arenas gruesas en las capas de relaves aprobado por control de calidad.
- Humedad óptima 15.7% - 16.13%.
- Porcentaje de gruesos 85% finos 15%.
- Densidad de compactación 98% aprobado por control de calidad.

Además, los relaves mezclados con agua son descargados por gravedad desde los Jacking header (estructura de soporte de tuberías de relaves) que tienen perforaciones para su despacho desde una altura de 8 m desde el piso hasta la tubería de despacho de relaves.

La naturaleza de la zona descargada queda en forma de apilados o conos de material sin uniformidad, alcanzando alturas de 2.50 a 3.00 metros a lo ancho de la zona preparada, en el caso de la zona de muestra, 160 metros de ancho por 200 de largo con una geografía inclinada (talud) 28%, los relaves de mayor densidad se apilan en la cresta de la corona de la presa, y las partes de menor densidad fluyen hacia la pendiente. En esta etapa surge la importancia de tener un tractor D8T para la distribución de arenas simultáneo al proceso de descarga, quedando pre conformado, facilitando el acarreo de arenas, en el proceso conformación y compactación de relaves.

Sus características son:

- Cuando la zanja atrapa material, la hoja puede llevar más material delante.
- La altura de la hoja topadora debe ser mayor a la profundidad de la zanja.
- Permite girar libremente y que el operario mantenga la zanja hasta quitar el centro.

En cuanto a las condiciones de seguridad, el personal asignado a la tarea debe inspeccionar el área de trabajo, inspección pre operacional de equipo, utilizar los tres puntos de apoyo para ascender y descender de los equipos, utilizar sus implementos de seguridad, verificar el orden y limpieza de su respectiva máquina, coordinar la zona de inicio de los trabajos y la secuencia que se seguirá durante la realización del mismo.



Figura 16. Conformación de relaves con el método tradicional

Fuente: Elaboración Propia

Para la conformación de relaves, se utiliza el tractor Caterpillar D8T que tiene una capacidad de empuje de 21 m³ más en pendiente negativa, según las especificaciones técnicas del manual de operación Caterpillar y se determina de la siguiente manera.

$$Cc = \frac{Pe \times f_{ll} \times C_N}{(1 + C_e)}$$

Donde:

Cc = Capacidad de Cuchara.

C_N = Carga Nominal (dato fabricante).

f_{ll} = Factor de llenado.

f_e = Factor de esponjamiento.

P_e = Peso específico.

Teniendo:

$f_e = 20\%$

$P_e = 3 \text{ ton}/\text{m}^3$

Densidad de relave = $\frac{3 \text{ ton}/\text{m}^3}{(1.20)} = 2.5 \text{ ton}/\text{m}^3$

En cuanto a la capacidad de la cuchara, se tiene

$$Cc = \frac{3 \times 1 \times 21}{(1 + 0.20)} = 21.5 \text{ ton.}$$

$1 \text{ m}^3 - - - 2.5 \text{ ton.}$

$x - - - 21.5 \text{ ton.}$

$x = 21 \text{ m}^3$

Por normas de la empresa durante el acarreo que realiza cada tractor, se debe dejar un espacio entre ambos de por lo menos dos metros de anchos de equipo a equipo, de esta forma individual cada tractor acarrea 21 m³ en pendiente negativa, en cuanto al ancho de bulldozer (hoja topadora) es de 4 m.

4.1.3 Productividad del método de Acarreo en Zanja

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de relave que se conforma en m³, la longitud en metros lineales y el tiempo que demora en minutos.

Tabla 5.*Cantidad de relave acarreado*

Relave (m ³)	Longitud (m)	Tiempo (min)
21	100	3.00

Elaboración: Propia

Si se tiene en cuenta que una cancha de relave tiene una longitud de 100 m. de largo, el tiempo que demora en conformar un tractor será de 3 minutos en la ida aproximadamente, el tiempo que toma el retorno en vacío es de 2 minutos, el ciclo de acarreo es el tiempo que demora ir y regresar a un mismo punto, entonces se tiene que:

$$\text{Ciclo de acarreo} = \text{tiempo ida} + \text{tiempo de retorno}$$

$$\text{Ciclo de acarreo} = 3 \text{ min} + 2 \text{ min}$$

$$\text{Ciclo de acarreo} = 5 \text{ min}$$

Por lo tanto, un ciclo de acarreo para 100 m. de longitud tomará 5 minutos en área de 32,000 m².

$$21 \text{ m}^3 \quad - \quad 5 \text{ min}$$

$$x \quad - \quad 60 \text{ min}$$

$$x = 252 \text{ m}^3$$

Es decir, en una hora se conforma y compacta 252 m³ utilizando solo un tractor en una pendiente que tiene el diseño de la presa de 3.5 en uno igual a 28%. El volumen conformado con el método tradicional fue de 252 m³/h. En el método tradicional los equipos trabajan independientemente, para cumplir los objetivos de conformación, se utilizó 4 tractores, obteniendo así 1,008 m³/h.

La minera tiene como objetivo aumentar la capacidad de operación de su planta concentradora hasta 1'000,000 toneladas métricas de mineral por día, esto conllevará a que se genere más relaves y el aumento de áreas por conformar y compactar. Sin embargo, en la presa se tiene como objetivo, conformar 1'000,000 m³/mes, en consecuencia, que el método tradicional utilizado actualmente es inviable. En la siguiente tabla se muestra la meta ideal y el % de logro.

Tabla 6.*Cantidad de relave acarreado modo tradicional*

Mes	Logro (m ³)	% de logro	Meta (m ³)
Enero	630,806	63.75%	989,500
Febrero	651,870	65.20%	999,800
Marzo	625,344	62.19%	1,005,500
Abril	605,061	61.11%	990,100
Mayo	573,620	58.00%	989,000
Junio	542,246	54.77%	990,100
Promedio	604,824	60.84%	994,000

Fuente: Informe de producción del área de conformación y compactación

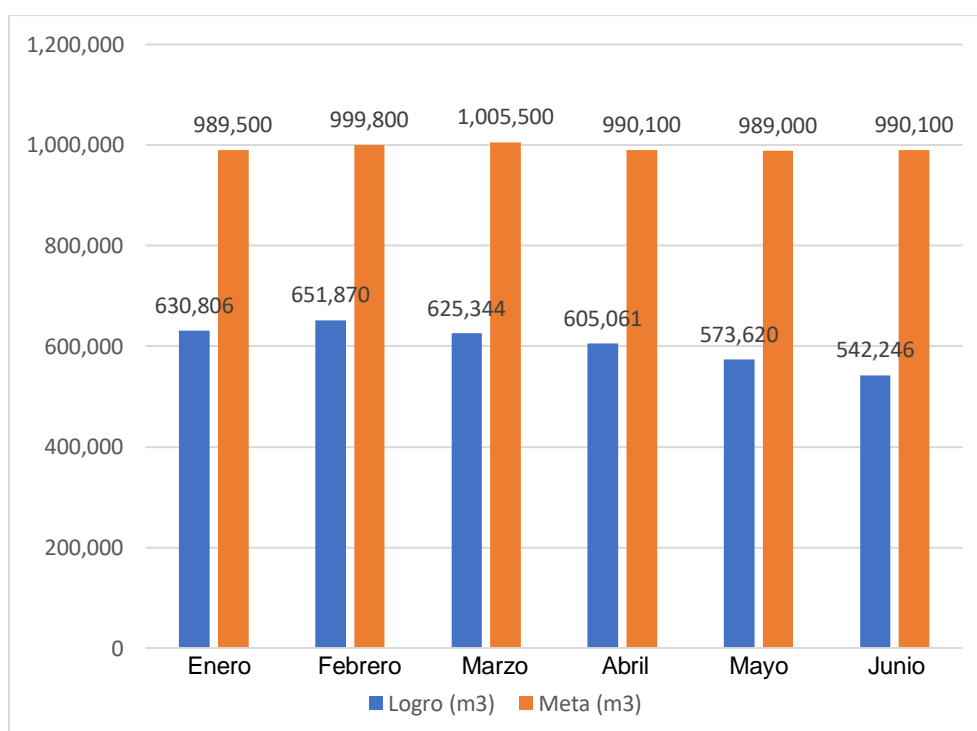


Figura 17. Cantidad de relave acarreado modo tradicional

Fuente: Informe de producción del área de conformación y compactación

Como se observa, en el método tradicional solo se llega a cumplir un promedio el 60.84% de la meta propuesta por la empresa, por lo que es necesario mejorar la configuración de trabajo en la conformación y compactación de relaves para que pueda darse abasto y logre alcanzar las metas trazadas por la empresa.

El método que se utiliza para la construcción de la presa, se da con el método de conformación y acarreo en zanja actividad unilateral de los equipos; cada vez que los equipos acarrean relaves, se pierde material por el rebose lateral, propio de los tractores debido a que cuentan con hojas topadoras casi rectas, fabricadas

exclusivamente para corte de terrenos naturalmente duros, además, por la naturaleza del método solo acarrear distancias cortas, ocasionando que se pierda efectividad en el acarreo de relaves, en la compactación no se tenía en consideración a los equipos de orugas (tractores con rolas) para estabilizar la capa de relaves en pendiente, lo cual retrasaba el proceso ya que solo se utiliza los rodillos para el primer ciclo de compactación, de esta manera, solo se alcanzaba un promedio de 60.84% de los objetivos.

Por las demandas específicas de conformación y compactación en la presa de relaves, no es necesario realizar corte en el material ya que este es suave o de poca densidad (apilados de relaves) y demandando en su mayoría solamente el acarreo o traslado a nivel de piso.

4.2 Diseño de Tándem y las modificaciones en la configuración de equipos.

4.2.1 Descripción del Método de acarreo en TÁNDEM

La mejora a implementar es el método TÁNDEM consta de la unión de dos o más equipos los cuales realizarán una misma actividad en equipo combinando esfuerzos para lograr un objetivo.

Con la implementación de este método se busca aumentar la cantidad en m³ de relave conformado para ello es necesario que se tenga en cuenta lo siguiente:

- Es necesario 2 tractores como mínimo que empujen el material en una misma dirección y al mismo tiempo.
- Se combina con el método anterior haciéndolo más eficiente para distancias mayores.
- Se mueve una cantidad mayor de material en menos tiempo.
- Los operadores coordinan permanentemente, con ello evitan las sobrecargas.



Figura 18. Conformación de relaves con el método tándem
Fuente: Informe de producción del área de conformación y compactación.

Para el método tándem es necesario tener en cuenta las siguientes condiciones de seguridad antes de comenzar con este método, el personal deberá utilizar sus implementos de seguridad según la D.S. – 024-2016-MEM, se debe realizar una inspección anterior a la operación de la maquinaria, realizar la verificación del orden y limpieza y realizar la coordinación en la zona de inicio de labores y conocer la secuencia que se realiza en el día de trabajo.

Para la aplicación de las técnicas de trabajo en Tándem es necesario tener en cuenta que no será utilizado cuando el material de relave este apilado, la separación entre equipos no deberá ser mayor a 25 cm., evitar que el equipo traccione por sobrecarga de material ya que este puede apoyarse hacia el otro tractor y producir un impacto, no forzar los equipos a mantenerlos muy pegados ya que podrían recalentarse y dañar los mandos, pistones de levante e inclinación.

4.2.2 Configuración del método tándem:

Para la ejecución del método tándem se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Si la conformación avanza hacia la izquierda, un tractor de orugas irá rompiendo y/o aflojando el material descargado, mientras que los demás tractores mantendrán una distancia lateral mínima de 20 cm. entre equipos y avanzan acarreado relaves a una velocidad coordinada, desde entonces a llamarse un trabajo mancomunado (tándem).
- Al momento de juntar los equipos para aplicar el método Tándem con 2 tractores, se debe considerar lo siguiente:

- El tractor más grande va por el lado donde la carga sea mayor, si los tractores son de la misma capacidad, esto es indistinto.
- Uno de los tractores lidera para dar sentido al acarreo y se ubica al lado donde se encuentre mayor cantidad de material de relaves, los siguientes tractores avanzan a una velocidad mínima y prudente aproximándose al tractor que lidera, consecuentemente se inicia el acarreo.
- Una vez concluida la pasada vertical al talud de 200 m. y con los bulldozer vacíos, se inicia el desenlace por el lado derecho o lado concluido.
- Al juntar más de 2 tractores, se debe considerar:
 - El equipo de mayor tamaño se posiciona en el medio mientras que los otros se colocarán a cada lado esto ira según el tamaño del equipo. El posicionamiento se realiza en primera velocidad hasta iniciar el acarreo de material a una velocidad acordada por los operadores.
 - Cuando se concluye el acarreo, los tractores deben separarse del lado concluido, por ninguna razón deben moverse juntos.
 - Si hay sobrecarga de material disminuya la carga y en la siguiente pasada regrese por el mismo punto.
- La aplicación del método en tándem, requiere de un alto nivel de concentración comparado con los métodos tradicionales, por la cantidad de material que se mueve (mayor punto ciego), las distancias entre equipos y las coordinaciones entre operadores, para lo cual el personal que requiera acercarse (topografía) a la zona de trabajo no debe ingresar por ninguna razón sin antes de no haber recibido los permisos de los operadores y las máquinas se encuentren detenidas.
- Es necesario resaltar que el método tándem no se aplica en otras unidades mineras, debido al tipo de presa (crecimiento eje central) y descarga de relaves desde la estructura conducción de relaves, siendo necesario el uso de los tractores para la distribución uniforme de relaves cuando estas pueden quedar apiladas cerca al lugar de descarga que tiene la minera en estudio, siendo la única en el país; de igual forma a nivel internacional, el método tándem se puede aplicar en áreas de toda dimensión demostrando mayor eficiencia en áreas progresivamente mayores. Por lo tanto, es una innovación, el uso del método de conformación en tándem en la unidad

minera y esta tiene condiciones favorables para la aplicación del método como:

- Pendiente negativa de 20 a 28%.
- Material con granulometría uniforme.
- Áreas de conformación horizontal.
- Equipos con potencia igual.
- Operadores con conocimiento del método de conformación.

A. Distribución de equipos

Para aprovechar el tiempo y no perder la humedad en el material conformado, se coloca en secuencia a los tractores D8T. La capa que aún queda por dar un refine, y que los equipos de compactación, tengan mejor contacto con el piso, a este trabajo se designa un tractor D6R con una hoja topadora extra ancho que pueda garantizar el avance. Para lograr una hoja extra ancha se aumentó 1 metro de hoja adicional a ambos lados del Bulldozer con una debida evaluación por el área técnica, garantizando la estructura de fabricación original.

El equipo queda operativo para el trabajo asignado para el refine. El refine va a un ritmo simultaneo a manera que van avanzando los tractores D8T, guardando una distancia de seguridad de dos anchos de tractor, para luego dar paso a los equipos de compactación.

B. Compactación

Posterior a la conformación de la capa de relaves con un espesor de 0.25 cm. en pendiente de 28%, se realiza la compactación, en caso se envíe primero a los rodillos vibratorios de compactación tendrían el problema en la tracción debido a que el material de relaves aún está sin compactar.

Para asegurar la tracción de los rodillos compactadores asignamos primero un tractor D6R remolcado de una rola compactadora debido a que esta no es autopulsada en efecto, su remolque.



Figura 19. Rola Compactador remolcable

Fuente: <https://emaresa.cl/producto/rodillo-doble-tambor-bw-75-h/>

De manera que el tractor y la rola aseguren la densidad de compactación inicial a un 30% para que puedan traccionar los rodillos compactadores en los ciclos segundo y tercero de compactación.



Figura 20. Proceso de compactación con Rola.

Fuente: Elaboración propia.

Los rodillos compactadores normalmente trabajan en pisos horizontales con una pendiente Max. De 10% equipado con neumáticos convencionales.



Figura 21. Rodillo compactador con neumático convencional.
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, queremos optimizar el uso de equipos, para ello y para una pendiente de 28%, cambiamos los neumáticos modelo agrícola para que el rodillo vibratorio se desplace sin problemas en el talud de la presa, en el proceso de compactación.

Finalmente, para el cuarto ciclo de compactación se emplea otra rola para asegurar la densidad de compactación requerida que es el 100%.

C. Maximización de uso de rolas en el proceso de compactación de capas de relaves

Las rolas son equipos de compactación que no son autopropulsadas y que requieren de un tractor D6R para ser remolcada y efectivizar las tareas de compactación.

En el Proceso de compactación de relaves para conseguir las densidades deseadas se da 8 pasadas “4” ciclo, de rodillos y rolas, para maximizar el uso de las rolas que no tendrán problemas en el patinaje porque son remolcadas con tractores a orugas, se emplea para el primero y el cuarto ciclo de compactación, facilitando a los rodillos autopropulsados con dos llantas posteriores, en los ciclos 2 y 3 de manera que en el cuarto ciclo, asegurará la calidad de compactación de relaves.



Figura 22. Rodillo compactador con neumático modelo agrícola.
Fuente: Elaboración propia.

D. Uso de los rodillos de compactación BOMAG

Para maximizar su utilización de los rodillos BOMAG en el talud de la presa, se trata de mantener su crecimiento vertical del muro de la presa con un 30% de inclinación y una humedad óptima de las arenas 11-12% para crear un piso estable y no tener dificultad en la tracción de las ruedas posteriores en el desplazamiento durante el trabajo.

Para reforzar las condiciones de tracción y evitar el patinaje de las ruedas posteriores en la pendiente cambiamos las llantas por unas de cocada mayor (modelo agrícola).

De esta manera, queda al 100% su utilización en la compactación de capas de relaves en la presa.

La compactación de capas de relaves se hace para conseguir la densidad deseada en las capas de relaves que es el 100%.

4.2.3 Productividad del método tándem:

Según lo visto anteriormente, se propone utilizar el tándem como forma de trabajo, el tándem es la unión o el trabajo en conjunto de dos componentes, los cuales a la vez son complementarios, las unidades que componen un tándem colaboran entre sí.

La configuración en tándem, refiere a trabajo de dos o más tractores juntos espaciados lateralmente a 20 cm., con la finalidad de ganar material entre las uniones de los lampones, logrando que se multiplique el volumen de relaves con lo cual se obtiene mayores ventajas en el acarreo de materiales a mayores distancias; además la

capacidad de carga en cada tractor aumenta en 65% por cada junta entre tractores. Por lo tanto, los 2 tractores forman 2 juntas y acarrear:

$$Total\ de\ acarreo = (21m^3 \times 2) + (65 \times 21m^3 / 100 * 2)$$

$$Total\ de\ acarreo = 69.3\ m^3$$

Entonces para conformar relaves en una longitud de 100 m. toma 5 minutos, haciendo un total de 69.3 m³

Si se utiliza más de dos equipos, el porcentaje de carga aumenta por cada junta, en la siguiente tabla se muestra la cantidad de relave conformado según la cantidad de equipos, durante un ciclo de acarreo

Tabla 7.

Detalle acarreado en tándem

Cantidad de equipos	Cantidad de Juntas	Relave (m ³) por ciclo	Relave (m ³) por hora
1	0	21	252
2	2	69.3	831.6
3	4	117.6	1411.2
4	6	165.9	1,990.8

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el tiempo que demora en conformar en una hora se realizan los siguientes cálculos

$$165.9\ m^3 \quad - \quad 5\ min.$$

$$x \quad - \quad 60\ min.$$

$$x = 1990.8\ m^3/h.$$

La productividad con el método de acarreo en tándem ha mejorado notoriamente en una hora con 4 tractores. Por lo tanto, la producción con el método tándem es de 1990.8 m³/h. Lo cual al mes se traduce en 1194480.00 m³ conformado y compactado. teniendo en consideración que se labora durante todo el mes en dos turnos de 10 horas, esta cifra supera ligeramente la meta propuesta por la empresa.

Para dar seguimiento al método tándem observamos la siguiente tabla:

Tabla 8.

Cantidad de relave acarreado en tándem

Mes	Logro (m ³)	% de logro	Meta (m ³)
Julio	994,783	99.47%	1,000,100
Agosto	978,662	98.36%	995,000
Septiembre	896,064	96.87%	925,000
Octubre	964,275	97.50%	989,000
Noviembre	981,873	98.09%	1,001,000
Diciembre	969,252	98.90%	980,000
Promedio	964,151	98.20%	981,683

Fuente: Informe de producción del área de conformación y compactación

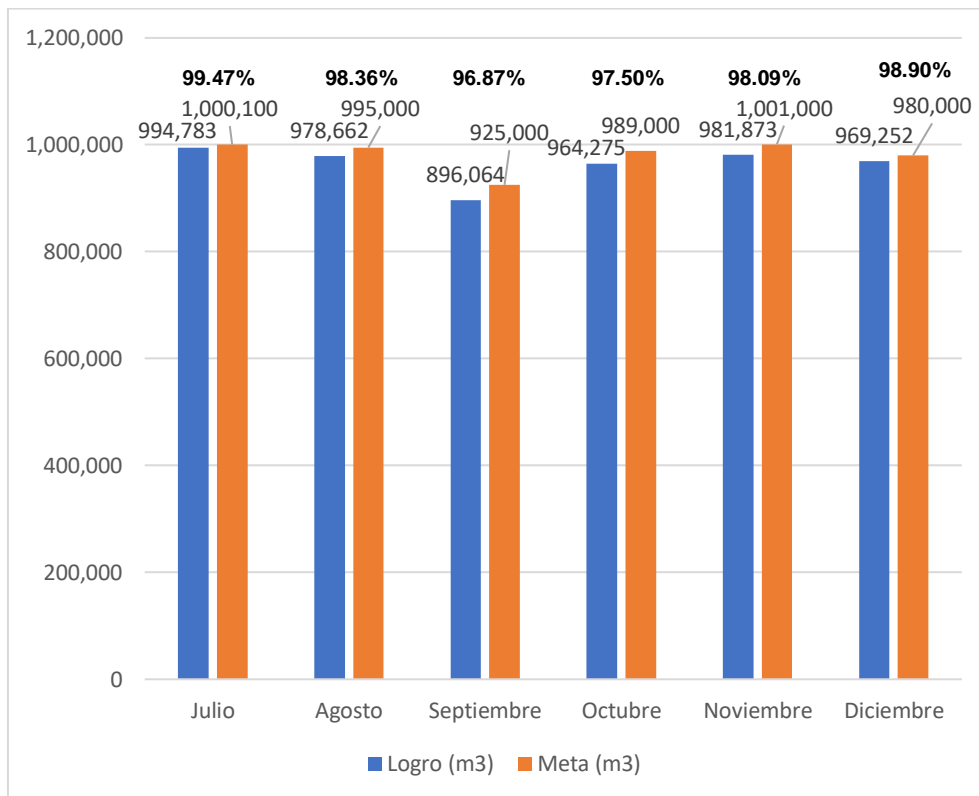


Figura 23. Cantidad de relave acarreado en tándem.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla y figura anterior, el porcentaje de logro alcanzó el 98.02% evidenciando un incremento considerable a la productividad.

4.3 Análisis de resultados

4.3.1 Comparación entre el método tradicional y el método tándem

Con el método tradicional se obtiene que, al mes utilizando cuatro equipos, se conforma y compacta en promedio 604,824 m³, mientras que para el método tándem, utilizando también cuatro equipos, se trabaja un total de 964,151 m³

Tabla 9.

Método tradicional vs Método tándem

	Método Tradicional	Método tándem
Área (m ²)	32,000	32,000
Equipo (unid)	4	4
Tiempo (h)	1	1
Productividad (m ³ /h)	1,008	1,990.8

Fuente: Elaboración propia.

La comparación de los métodos de conformación se dio durante el primer y segundo semestre del 2020, se determinó que la productividad por equipo, para el método tradicional es de 1,008 m³/h, mientras que para el método tándem es de 1,990.8m³/h, logrando una diferencia de 982.8 m³/h, lo cual mensualmente se traduce a 359,327.00 m³ de diferencia como se muestra la tabla y figura siguiente.

Tabla 10.

Comparación de relave compactado (m³)

Meses	Relave compactado (m ³)	
	Método Tradicional	Método tándem
ene-julio	630,806	994,783
feb-agost	651,870	978,662
marzo-setiem	625,344	896,064
abril-octub	605,061	964,275
mayo - nov	573,620	981,873
junio- dici	542,246	969,252
Promedio Total	604,824	964,151

Fuente: Elaboración propia.

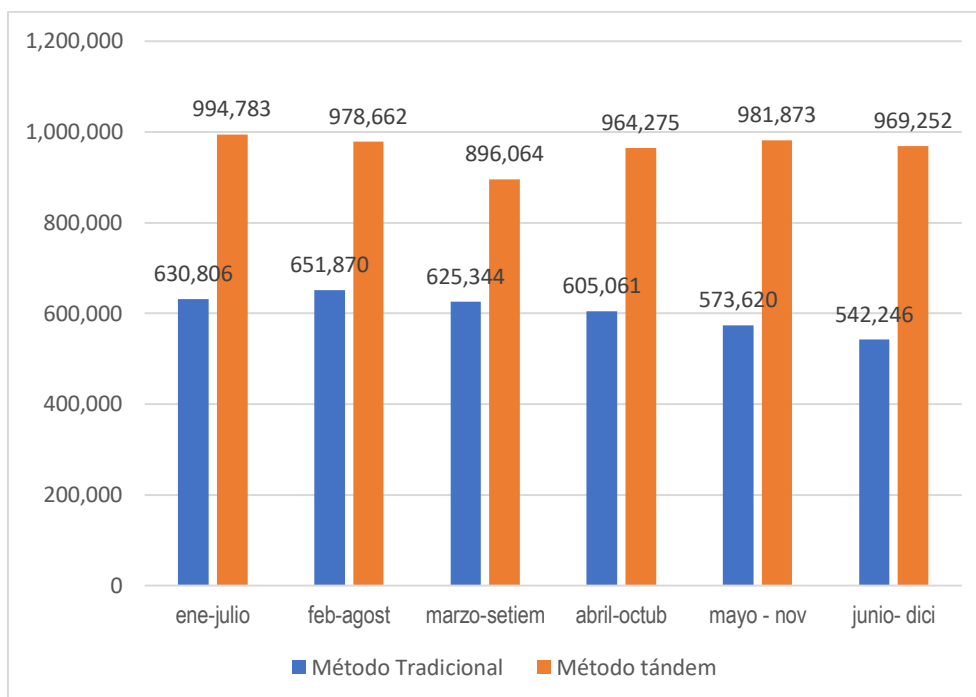


Figura 24. Comparación del método tándem
Fuente: Elaboración propia.

Con un nivel de confianza del 95%, se realizó el análisis estadístico de los datos obtenidos durante un año, para ello se utilizó la prueba estadística de T de Student, el cual consiste en medir la diferencia de las medias obtenidas antes y después de aplicar el método tándem.

Tabla 11.

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Método tradicional	277,292	542,578	187,651
	Método Tándem	475,312	345,598	93,587

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12.

Correlaciones de muestras emparejadas

		Correlación	Sig.
Par 1	Método tradicional & Método Tándem	,358	,065

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13.*Prueba de muestras emparejadas*

	Diferencias emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Método tradicional - Método Tándem	-3144,587	398,174	185,489	-2744,257	-1845,410	-14,875	5	,000	

Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene que el valor de t es de – 14.875, con 5 grados de libertad y la significancia bilateral es 0.000 el cual es menor a 0.05 por lo que sí existe diferencia significativa entre la primera (método tradicional) y la segunda medición (método tándem)

En cuanto al porcentaje de logro, se obtuvo un aumento de cumplimiento del 30.30% en comparación entre el método tradicional y el tándem, como se muestra en la tabla y figura siguiente.

Tabla 14.*Comparación de relave compactado % de logro*

Meses	% de logro de relave compactado (m ³)	
	Método Tradicional	Método tándem
Promedio total	60.84%	98.20%
Diferencia	37.36%	

Fuente: Elaboración propia.

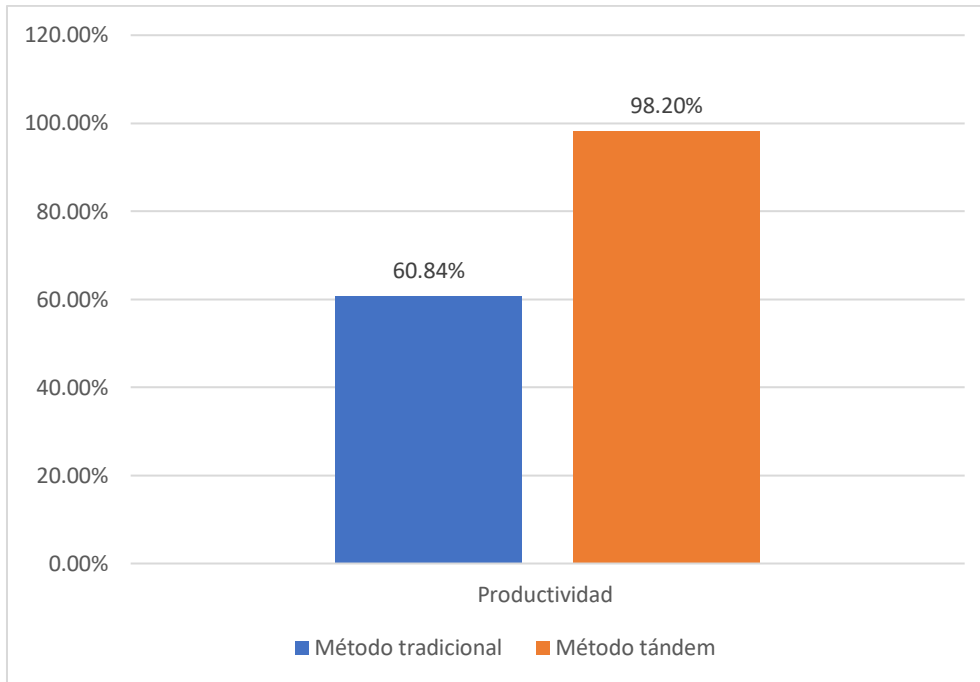


Figura 25. Comparación de relave compactado % de logro
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Productividad Horas/hombre

En total la cantidad de personal que labora en la mina en estudio en el área de conformación y compactación es 67 personas entre operarios y supervisores, los cuales se dividen en 4 turnos o guardias que consta de 15 operarios, los 7 restantes son supervisores e ingenieros a cargo del área de relaves.

Cantidad de horas para completar 1,000,000m³ de toneladas:

Método tradicional

$$horas = \frac{1,000,000}{1008}$$

$$horas = 992.063$$

Método tándem

$$horas = \frac{1,000,000}{1,990.8}$$

$$horas = 502.31$$

Tabla 15.

Relave trabajo por mes

Método	Operadores	Total, de horas hombre	Total, de horas mes	Trabajo mensual
Método tradicional	4	992	600	1.65
Método tándem	4	502	600	0.84

Fuente: Elaboración propia.

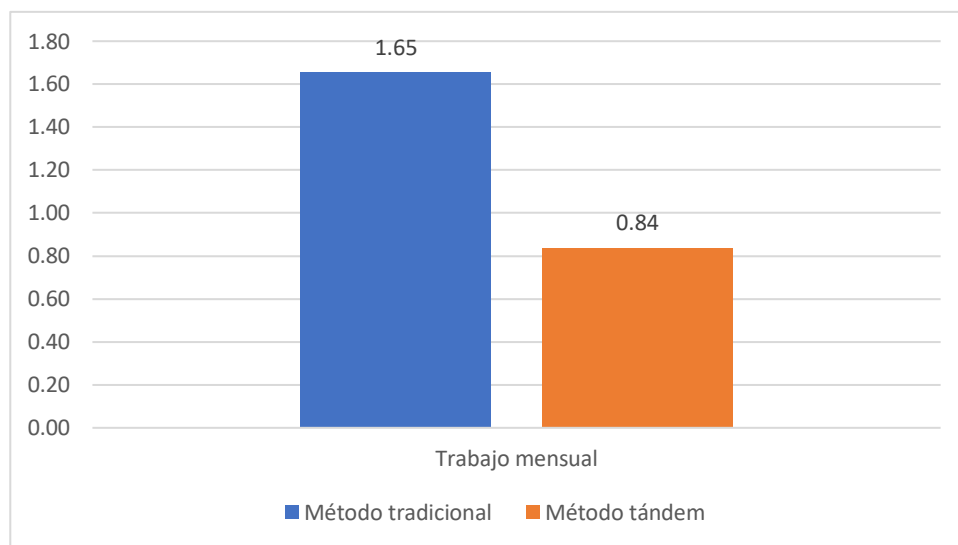


Figura 26. Relave trabajo por mes.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la tabla anterior con la aplicación del método tándem, mejoró la productividad del área de relaves, y teniendo en cuenta que mensualmente se laboran 10 horas por cada turno, se obtiene que al mes se laboran 600 horas, por lo que con el método tradicional se necesita 1.65 meses, es decir, más de un mes y medio, en tanto, el método tándem logra 0.84 de un mes, es decir, menos de un mes aproximadamente.

En cuanto al tiempo para lograr compactar 1,000,000m³ es de 992 horas para el método tradicional, mientras que para el método tándem se necesita 502 horas, si se tiene en cuenta que

Para determinar la productividad se utilizará la siguiente fórmula.

$$\text{Productividad} = \text{eficiencia} * \text{calidad}$$

$$Productividad = \frac{Tiempo\ real}{Tiempo\ disponible} * \frac{Unidades\ producidas}{Unidades\ planificadas}$$

En el método tradicional se tiene:

$$Productividad = \frac{600}{992.0635} * \frac{604824}{994000}$$

$$Productividad = 0.605 * 0.6085 * 100\%$$

$$Productividad = 36.80\%$$

En el método tándem se tiene:

$$Productividad = \frac{600}{502.3106} * \frac{964151}{981683}$$

$$Productividad = 1.19 * 0.98214 * 100\%$$

$$Productividad = 117.31\%$$

Como se observa la productividad con el método tradicional es de 36.80%, mientras que en el método tándem es de 117.31%, aumentando así en 80.51%, trayendo diversos beneficios a la empresa como la disminución del tiempo en el proceso de conformado y compactando, aumento de productividad, disminución en el uso de combustible, además que la implementación causó gastos significativos para la empresa ya que se utilizó equipos con los que ya se contaban.

4.3.3 Mejora en el consumo de combustible.

Luego de la aplicación de la mejora con el método de acarreo en tándem, se observa una mejora considerable en el consumo de combustible en los equipos, el consumo de combustible en galones con el método tradicional fue de 2,721,600, mientras que para el método tándem es de 4,490,640, lo cual equivale a un ahorro de \$ 6191,640.00 por conformar 500,000 m3, lo cual se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 16.

Comparación del consumo de combustible

	Método Tradicional	Método tándem	Diferencia
Relave (m ³)	1,000,000	10,00,000	-
Equipo	4	4	-
horas	992	502	-
Galones/hora	9	9	-
Consumo Galones	8,928.60	4,520.79	4,407.80
Costo por Galón	\$ 3.5	\$ 3.5	-
Costo Total	\$ 31,250.00	\$ 15,822.785	\$ 15,427.00

Fuente: Elaboración propia.

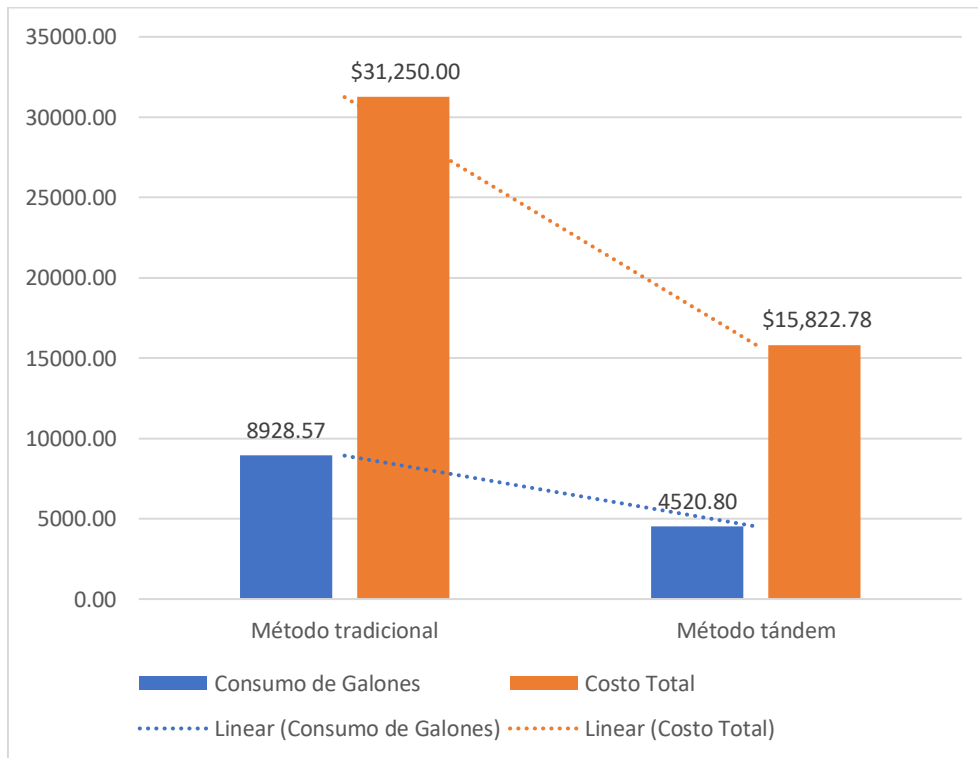


Figura 27. Comparación del consumo de combustible

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.4 Otros consumos

Además del combustible existen otros consumibles que utiliza la maquinaria participante en el proceso conformación y compactación como los lubricantes, filtros, grasas, neumáticos, reservas para reparaciones y elementos de desgaste especial.

Cabe resaltar que el costo no varía en el método tradicional y en el método tándem ya que el uso de las máquinas vendría a ser el mismo para ambos métodos, donde se observa gran variación es en el tiempo de utilización de la máquina el cual abarca mayor área en un menor tiempo.

A. Lubricantes, filtros y grasas

Los lubricantes, filtros y grasas son muy importantes para el correcto funcionamiento de la maquinaria involucrada en la conformación y compactación.

El gasto por hora de estos insumos es de \$ 9.0 dólares por equipo.

B. Tren de rodaje

El tren de rodaje es utilizado para mover sistemas de transporte. Es importante diferenciar el tren de rodaje montado en rieles y sin rieles. Los trenes de rodaje pequeños como los carros en grúas cuentan usualmente con impulsos centrales con ruedas conectadas a ejes rígidos o articulados.

Para la estimación del costo horario de los neumáticos, es preciso determinar la vida útil de los mismos. En trabajos suaves, el desgaste de los equipos se produce por diversas causas como deformación excesiva, cortes en los flancos, separación de gomas.

El costo para el mantenimiento del tren de rodaje es de 9.34 dólares.

C. Reserva de reparaciones

La Gestión del Mantenimiento de Equipos pesados, incluye Gestión Administrativa del Mantenimiento y la Gestión de Ingeniería del Mantenimiento.

Este ítem incluye todos los gastos relativos a averías del equipo, considerando tanto materiales como mano de obra; el costo estimado destinado para la reserva de reparaciones es de 9.35 dólares.

D. Elementos de desgaste especial

Entre los elementos de desgaste generales están incluidos las puntas, protectores, rejón, cuchillas las cuales por el uso diario se irán desgastando, esto debido a diversos factores; se estima que el costo por estos elementos es de 1.24 dólares.

4.3.5 Seguridad en el desarrollo de los métodos de distribución de equipos en la conformación y compactación.

Con la implementación del método tándem, hubo cambios en el aspecto de seguridad, el cual se vio una mejora, a continuación, se mostraban casos que sucedieron mientras el método tradicional estuvo vigente.

Incidente 1

Un operador que se encontraba trabajando con un tractor D6R En las labores de conformación de relaves de manera unilateral, se quedó dormido en su equipo aún en marcha o posición de trabajo, de manera que pasó la barrera de control hacia el embalse o laguna de material fino, el equipo no se hundió rápidamente debido a la densidad, dándole tiempo al operador y sus compañeros socorrieran al rescate; posteriormente también rescatar al equipo hundido con la ayuda de diversos equipos, como resultado del incidente el operador salió ileso, sin embargo, al equipo se le tuvo que reparar en un 90% y a la empresa el incidente le demandó fuertes gastos en el rescate del equipo.

Incidente 2

Un tractor D8T se encontraba trabajando en la conformación de relaves en el talud de la presa de relaves, trabajando distanciado de los otros equipos, que por versiones del operador se había distraído de la presencia de estación de control de humedad en la presa.

Como consecuencia tuvo un impacto a la estructura de la estación de control de humedad, ocasionando la pérdida total de la estación, lo cual significo gastos múltiples a la empresa, en la reparación de la estructura (perforación de una nueva plataforma).

Incidente 3

Un operador de un tractor D8T se encontraba trabajando en la conformación de relaves apartado de sus compañeros a una distancia aproximada de 4 anchos de tractor, este equipo avanzaba en retroceso, impactó a la estructura de JACKIN HEADER (estructura de tuberías de relaves) después de las investigaciones se supo que el operador se había quedado dormido por fatiga, debido a que en sus horas de descanso había descansado menos de las horas regulares.

Incidente 4

El operador de una rola estuvo trabajando en el talud de la presa en labores de compactación de la capa conformada, llevando el último ciclo, de compactación, cuando

retornaba en retroceso en pendiente negativa, el operador pierde control del equipo y se desvía a 45° impactando parte de la estructura de la rola con la oruga del tractor.

Dejando como resultado la rotura del punto de acople entre la rola y el tractor; Después de una investigación del departamento de seguridad, informaron que el operador se había distraído en el uso de su teléfono celular. Como medida de acción el operador fue retroalimentado en los principios de seguridad (normas de operación de equipo pesado).

Según los incidentes antes mencionados se observa un factor común; la distracción de los operadores y el exceso de confianza, estos se dan en el método tradicional porque existen tiempos libres en el cual los operadores se distraen, además de ser una labor repetitiva.

Por otro lado, el método tándem requiere toda la atención de operador por lo cual la posibilidad de un accidente disminuye ya que se trabaja en equipo y en alerta, considerando que se tiene que mantener una distancia constante, además de esto, los operadores deberán de realizar la identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de sus controles (IPERC).

Se obtuvieron un total de 4 incidentes utilizando el método tradicional lo que equivale al 80% del total, mientras que con el método Tándem se logró la disminución de los incidentes ya que el método requiere mayor concentración del operario siendo solo el 20% del total lo que equivale a un solo incidente.

Tabla 17.

Incidentes en el método tradicional y tándem

Incidente	Cantidad de incidentes
Método tradicional	4
Método Tándem	1
Total	5

Fuente: Elaboración propia.

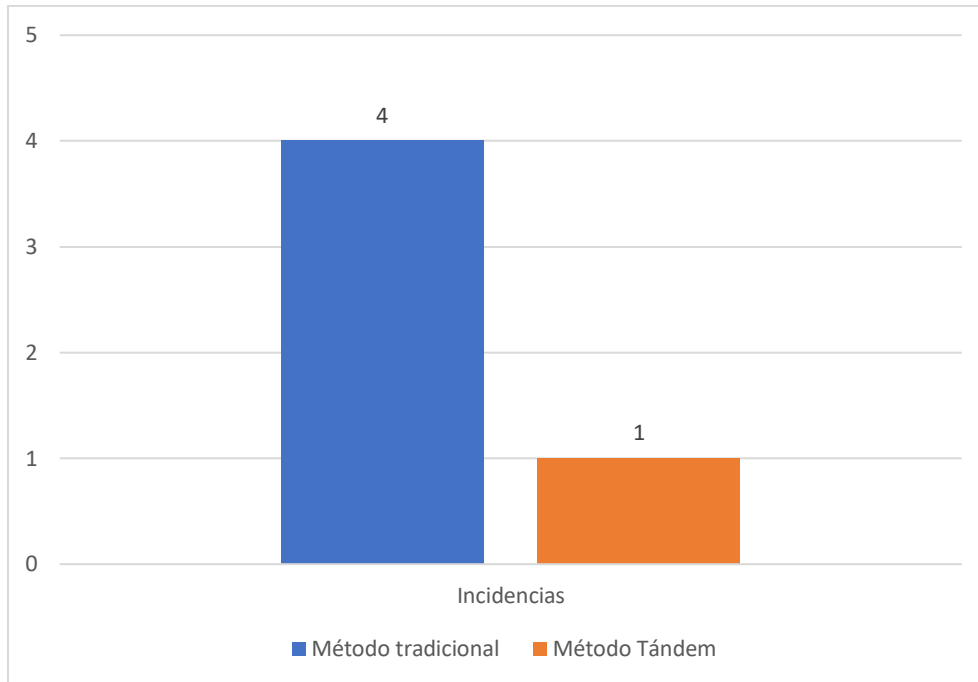


Figura 28. Incidentes en el método tradicional y tándem
Fuente: Elaboración Propia

La identificación de peligros y evaluación de riesgos, constituye uno de los elementos del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Para ello antes del inicio de los trabajos, se evalúan todas las actividades que se ejecutarán durante el desarrollo del proceso productivo, identificando los peligros asociados a cada una de ellos y valorándolos, los cuales se identifican en una "Matriz de Riesgos" donde las variables son Probabilidad y Consecuencia.

Para la implementación del método tándem se ha establecido un Procedimiento de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, el cual se describe a continuación:

4.3.6 Indicadores de seguridad

Por la forma del trabajo en conjunto, se crea una dependencia entre trabajadores, lo cual los obliga a mantener atentos en todo momento con lo cual se reducen los incidentes, debido a que el método tándem exige cuidados, concentración para no impactar entre equipos, acarrear relaves de manera dinámica, satisfacción de los operadores de equipos, que el proceso de conformación y compactación avanza significativamente y que al mismo tiempo sean apoyados y/o motivados por sus supervisores por la calidad del trabajo en equipo y en el tiempo requerido, todo ello hace que cada operador de maquinaria, se sienta identificado con su trabajo y se mantenga

alerta ante cualquier eventualidad, por ello el método de conformación TÁNDEM garantiza la seguridad.

Los indicadores de seguridad están dados por los índices de frecuencia y los índices de severidad en el área de construcciones de la minera en estudio, durante el primer y el segundo semestre del año 2020.

$$IF = \frac{\text{nro de accidentes} \times 1000000}{\text{HHT}}$$

$$IS = \frac{\text{dias perdidos} \times 1000000}{\text{HHT}}$$

Comparando los métodos de conformación los indicadores de seguridad están dados por:

IF = índice de frecuencia.

IS= índice de severidad.

HHT= Horas hombres trabajadas.

Las horas hombre trabajadas (HHT) se obtuvieron de la siguiente forma:

$$\text{HHT} = 60 \text{ trabajadores} \times \frac{24 \text{ hrs}}{\text{dia}} \times \frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} \times 6 \text{ meses}$$

$$\text{HHT} = 259200$$

Datos obtenidos en el primer semestre del 2020

$$IF = \frac{4 \times 1000000}{259,200}$$

$$IF = 15.43$$

$$IS = \frac{15 \times 100000}{259,200}$$

$$IS = 57.87$$

Datos obtenidos durante el segundo semestre del 2020

$$IF = \frac{1 \times 1000000}{259,200}$$

$$IF = 3.86$$

$$IS = \frac{0 \times 100000}{259,200}$$

$$IS = 0$$

Durante la aplicación del método tándem se logró mejorar los índices de seguridad ya que el nuevo método ofrece mayor seguridad a los trabajadores. Como se

observa el índice de frecuencia disminuyó de 15.43 a 3.86, mientras que el índice de severidad disminuyó de 3.86 a 0.

4.3.7 Identificación del Peligro

El supervisor de seguridad y salud en el trabajo, está encargado de inspeccionar diversas áreas de trabajo y los procesos que están implicados en la realización de la actividad, con el objetivo de identificar peligros que estén relacionados a los procesos como se muestra en el anexo 4.

Luego de identificar los peligros de cada actividad y proceso, se realiza el llenado de la matriz de evaluación de riesgos (anexo 4), se evalúan los riesgos y peligros de cada actividad, teniendo en cuenta los parámetros de probabilidad y consecuencia

Cuando se analiza los peligros de las actividades se les da un nivel de probabilidad que ejecute un daño, nivel de exposición, consecuencias y la valoración de los riesgos:

Es importante establecer un índice de probabilidad (IP), la exposición al riesgo (ER), el cual será la frecuencia con la que se está expuesto a la exposición al riesgo, este valor se determina según el tiempo que se permanece en un área de trabajo, el contacto de herramientas y máquinas, el tiempo de operaciones o tareas, etc.

Para lograr la determinación del riesgo residual de la actividad se realizará una reevaluación de los valores de consecuencia y probabilidad, para ello es necesario utilizar la matriz "Matriz de Evaluación de Riesgos de FCX" (Ver Anexo 05) para cada actividad y tarea teniendo en cuenta la efectividad de los controles.

Cuando se logra obtener el valor residual, se deben fijar medidas de control adicionales (acciones de mejora) de considerarse lo siguiente:

- Riesgo Alto (Accionable): Se debe evaluar incluir la tarea en el Programa de Gestión de Riesgos Críticos del Programa Anual de Seguridad y Salud Ocupacional (PASSO). Se debe implementar el Permiso Escrito para Trabajo de Alto Riesgo (PETAR) previo a la ejecución de la tarea.
- Riesgo Monitoreable / Medio: Se debe monitorear la ejecución de la tarea regularmente, para asegurar la eficiencia y continuidad de los controles establecidos.
- Riesgo Bajo: Monitorear la ejecución de la tarea a juicio de la Supervisión.

4.3.8 Consideraciones para la identificación y evaluación de peligros y riesgos

Para la identificación de los peligros y riesgos, se debe tener en cuenta:

- Actividades rutinarias y no rutinarias.
- Actividades de las personas con acceso al lugar de trabajo, se incluyen contratistas, clientes y visitas.
- Factores humanos, aptitudes, comportamiento y otros.
- Los peligros que se pueden originar fuera del lugar de trabajo y que pueden afectar a la salud y seguridad del personal.
- Los peligros generados en el área del lugar de trabajo y que afecte o pueda afectar a poblaciones cercanas son controlados por la organización.
- Materiales, equipos e infraestructura de trabajo, ya sean otorgado por la organización o por otros.
- Modificaciones al SGSST, incluyen cambios temporales y su impacto en las actividades.
- Cualquier obligación normativa estará relacionada con la valorización de la implementación de los controles necesarios y de riesgo.
- Inspecciones.
- Resultados de las auditorías de la gestión de SGSST.
- Política de SGSST.
- Peligros nuevos resultado de acciones correctivas/preventivas propuestas.
- Información de las consultas en SGSST a los empleados, revisiones y actividades de mejoramiento en el sitio de trabajo.
- Registros de incidentes de SGSST.
- No conformidades en materia de SGSST.
- Registros de los ATS.
- Tener comunicación activa con los empleados y de otras partes interesadas.

CONCLUSIONES

- PRIMERA** : Es importante la conformación de capas de relaves en el proceso constructivo de la presa de relaves, pues con ello aseguramos la estabilidad de la presa y evitar las consecuencias ambientales; así mismo, se cumple con la normativa ambiental vigente, sin embargo, la conformación de capas con tractores D8T utilizando el método tradicional (acarreo en zanja) era ineficiente llegando solo al 60% de la meta planificada.
- SEGUNDA** : Por los resultados obtenidos se vio la necesidad de evaluar otras alternativas más eficientes para cubrir la demanda de conformación de capas de relaves, siendo la más apropiada el método TÁNDEM unión de 2 tractores o más, con una separación lateral de 20 cm. entre tractores, listos para el acarreo simultáneo y ganar material entre las juntas de los lampones, en lugar de derramar material a los costados.
- TERCERA** : Se evidenció las mejoras notorias del método de conformación TÁNDEM respecto al método tradicional, con ello no solo nos beneficiamos en producción, se redujo también las horas hombre, combustible y mejoras en la seguridad.

RECOMENDACIONES

- PRIMERA** : Es importante revisar nuevas alternativas en esta actividad de conformación de capas de relaves, en la construcción de la presa debido al incremento de zonas por conformar y el aprovechamiento de la reducida flota de equipos para la construcción, y las capacitaciones del personal.
- SEGUNDA** : Si bien es cierto que aún no hemos logrado el 100% en la conformación de capas de relaves, pues la búsqueda de soluciones en la descarga, compactación y conformación de relaves, permitirá cumplir en lo programado.
- TERCERA** : La mejora continua es un valor en la operación minera, esta se debe interiorizar como un valor en el personal y aplicar en temas de producción, seguridad y gestión ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTURÉN, R. Evaluación técnica y económica para la renovación de maquinaria pesada de la Gerencia Regional de Agricultura – Lambayeque. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2018. 119 p. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2111/BC-TESTMP-980.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BRAVO, A. Manejo de relaves y recuperación de agua. 2018.
- CAMERO, P. Encapsulamiento concurrente de la Pirita en Presas de Relaves. Tesis (Título de Magister en Medio Ambiente). Potosí: Universidad Autónoma Tomas Frías, 2000. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/27845862/TESIS-DE-MAESTRIA>
- CAT. Tractores Topadores. D8T. 2005. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2019]. Disponible en: https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/dozers/large-dozers/1000031708.html
- CATERPILLAR. Manual de Rendimiento Caterpillar. Edición 46. Illinois. 2016. Disponible en: https://www.academia.edu/27839257/Caterpillar_Performance_Handbook_January_2016_SEBD0351_46
- ESPÍN, D. Manejo, gestión, tratamiento y disposición final de relaves mineros generados en el proyecto Rio Branco. Tesis (Título de Magister en Gestión Ambiental) Sangolqui: Universidad de las Fuerzas Armadas. 2018. 157 p. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14002/1/T-ESPE-057836.pdf>
- HERRERA, W. Movimiento de Tierras para la Construcción de la Presa de Relaves Enlozada de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. 2020. 107 p. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11287/IMhehew.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- HUAÑA, O. 2015. Diseño de depósitos de relaves filtrados. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 2015. 300 p. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4418/1/huana_go.pdf
- LÓPEZ, C. Y LÓPEZ, E. Manual de Conformación y Compactación. 2013.

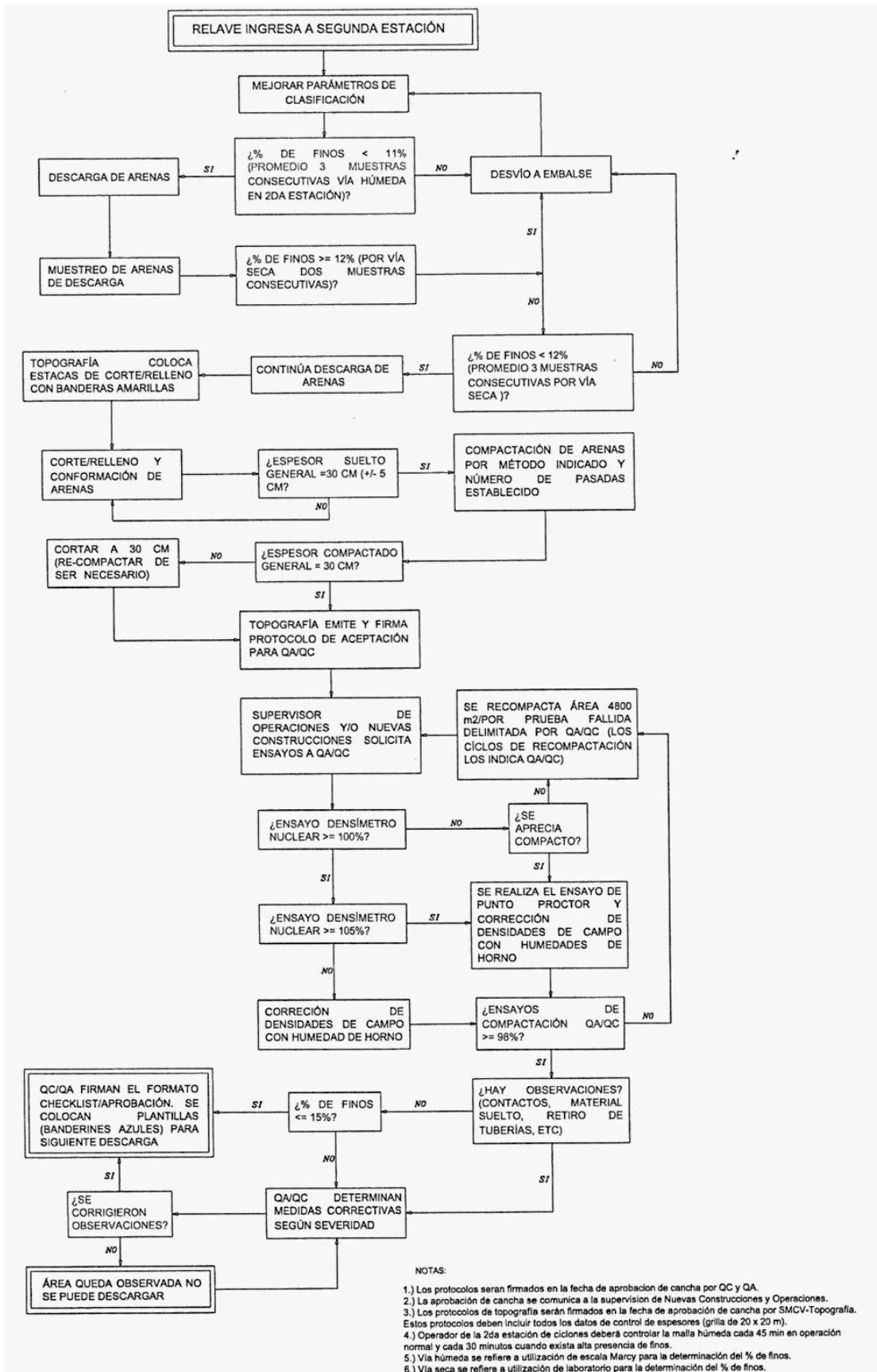
- MOTA-ENGIL. Minería. Nuestras Obras. 2014. [Fecha de Consulta: 15 de junio de 2019]. Disponible en: <http://www.mota-engil.pe/areas-de-negocio-ingenieria-y-construccion-infraestructura-mineria-presa-de-relaves-las-bambas-y-obras-complementarias.html>.
- PACO, J. Optimización del sistema de control de maquinarias para movimiento de tierras en la construcción de una presa de relaves. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 2017. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5958>
- QUISPE, D. Mantenimiento preventivo de maquinaria pesada utilizada en la construcción. Huaral – Acos, Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Eléctrico). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2017. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/17666>
- RAE. Diccionario de la lengua Española. Relave. 2015. Disponible en: <https://dle.rae.es/relave>.
- SALAS, D. Optimización del Proceso de Construcción de Diques de Relave mediante el Método en Tándem. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú. 2019. 102 p. Disponible en: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/1635/David%20Salas_Tesis_Titulo%20Profesional_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SAMANIEGO, J. Sección Ingeniería de Minas - "Apuntes del curso de Mecánica de Rocas". Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2004.
- SERNAGEOMIN. Preguntas frecuentes sobre relaves. Santiago de Chile: Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. 2018. Disponible en: <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/01/Preguntas-frecuentes-sobre-relaves.pdf>
- VILLAVICENCIO, G., BREUL, P., ESPINACE, R. Y VALENZUELA, P. Control de compactación con penetrómetro ligero en tranques de relaves, considerando su variabilidad material y estructural. Revista de la construcción. 2012,11(1) 119-133. ISSN: 0718-915X.

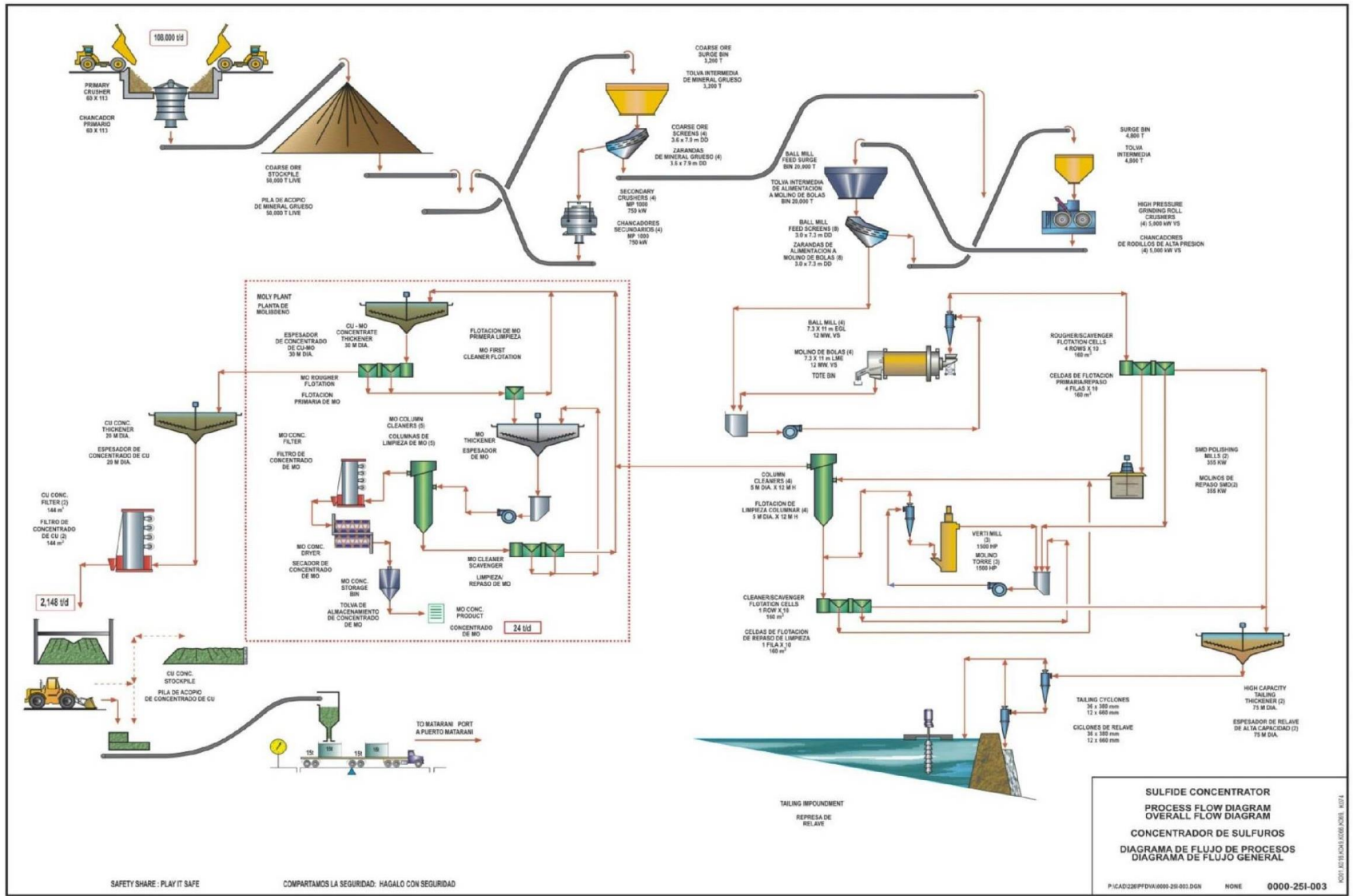
ANEXOS

Anexo 1
Ficha de recolección de datos

Mes	Logro (m³)	Meta (m³)
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		
Agosto		
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		

Anexo 2





Anexo 3

Falta el nombre de este anexo

TRAC58 BAHIA2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:40009883676 reserva:14209912 CL TRAC58 CALIBRACION DE VÁLVULAS 40009883676-10 BO TRAC58 CMBIO VALVULA CONTROL RIPPER OT:40009748878 BO TRAC58 CMBIO VALVULA VENITEO OT:40009864279 BO TRAC58 CAMBIO VALVULA DE CORTE COMBUSTIBLE (40009864279) OT:40009875749 PG VERIFICACION DEL ESTADO DOZER (POSIBLE CAMBIO) OT:40009310912 PG TRAC58 METRADO MALLAS *ZAMINE 40009883676-20 PG TRAC58 METRADO PLANCHAS ROLADAS MF*ZAMINE 40009883676-30 RCM TRAC58 MUESTREO ACEIT*HYD*ISO↑ 40009777502-10 RCM TRAC58 CBIO FILTRO HYD*ISO↑ 40009777502-20 RCM TRAC58 MUEST ACEIT MFRH*(↓)VIS[21] 40009779639-30 AV TRAC58 FUGA ACEITE POR CONVERTIDOR OT:10009985146 AV TRAC58 ESCALERA DOBLADA OT:10009985145	PM250 24 hrs.	MOTO19 BAHIA2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:40009883139 reserva:14209071 BO MOTO19 CMBIO DE FUSIBLE TERMICO DE A/C OT:40009741661 BO MOTO19 CMBIO COVER RUEDA RH OT:4000972071 PG MOTO19 TERMINO DE INSTALACION PUNTOS ANCLAJE*ITEMAQ 40009883139-10 RCM MOTO19 MUESTREAR MOTOR*Fe*Si*DF 40009396431-50 RCM WY MOTO19 EVA MOTOR*Fe[111]*Si[72] 40009396431-60 AV MOTO19 EVALUAR EXCESO ACEITE DE MOTOR OT:100010019897 AV MOTO19 MANGUERA GRASA VERTEDERA ROTA OT:100010019839 AV MOTO19 FUG ACEI CIL DE DESPLAZAMIENTO OT:100010019893 AV MOTO19 SOPORTE ZAPATA TORNAMESA RAJAD OT:100010019895 AV MOTO19 PUNTAS DEL RIPPER GASTADAS OT:100010019892 AV MOTO19 PERNOS PIN CENTRAL SUELTOS OT:100010019894 AV MOTO19 VENTILADOR DE CABINA MALOGRADO OT:100010019837 AV MOTO19 FUGA ACEITE X MOTOR DE GIRO OT:100010019891 AV MOTO19 CORREDERAS DE HOJA GASTADAS OT:100010019890 AV MOTO19 FALTA CORREDERAS DE HOJA OT:100010045895	PM1000 18 hrs.
TRAC50 BAHIA2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:40009883112 reserva:14209045 CL TRAC50 CALIBRACION DE VÁLVULAS 40009883112-10 BO REP MANDO FINAL CMBIO RETEN * CONTAMINACION CON ACITE TX STAND BY OT:40009741413 BO REP MANDO FINAL CMBIO RETEN * CONTAMINACION CON ACITE TX STAND BY OT:40009741414 BO TRAC50 REPONER SEGURO DE PUERTA ACCESO FILTRO PRIMARIO COMBUSTIBLE OT:40009857157 RCM TRAC50 EVAL ENFRIADOR HYD*Cu[106] 40009772179-30	PM250 14 hrs.	EXC6 BAHIA2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:40009892460 reserva:14221270 PG EXC6 CMBIO DE CADENAS *DESGASTE DE BUJE / SPROCKET OT:40009891891 BO EXC6 CMBIO DE TK EXPANSION SWITCH DE NIVEL DE REFRIGERANTE OT:40009859678 PG EXC6 INSTALACION LAMINA ANTIMPACTO*GENESIS OT:40009607005 PG EXC6 INSTALACION FILTRO UV*GENESIS OT:40009607013	PM250 24 hrs.
TRAC49 BAHIA2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:40009892461 reserva:14221271 RCM TRAC49 WY EVAL MF LH*Fe[119] 40009834239-30 AV TRAC49 ESCALERA POSTERIOR RH DOBLADA OT:100010045876 AV TRAC49 HOJA TOPADORA FISURADA OT:100010045875 AV TRAC49 PROTECTOR TRANSMISION SUELTA OT:100010045878	PM1000 12 hrs.	TRAC69 TRELAVES	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:40009865326 reserva:14184419 RCM TRAC69 CBIO ACET MFLH*Si[154]*Fe[220] OT:40009531396 CAMBIO DE GRECAS PUERTAS/VENTANAS OT:40009865326 PG TRAC69 ASEGURAMIENTO PUERTA CORTACORR OT:40009641797 GC TRAC69 CAMBIO DE SEGMENTOS OT:40009893264 GC TRAC69 CAMBIO DE CADENAS OT:40009893265	PM2000 12 hrs.
TRAC34 TRELAVES	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:40009864925 reserva:14183987 RCM TRAC34 MUESTREO MF RH*Fr[42]Si[43] OT:40009507194 BO TRAC34 CBIO BOMBA DE REFRIGERANTE OT:40009787186 BO TRAC34 CBIO TUBERIA MEDIDOR ACEITE MOTOR OT:40009787194 BO TRAC34 CAMBIO PIN DE TIRO	PM250 18 hrs.	TRAC71 TRELAVES	CM TRAC71 CAMBIO DE TRANSMISION OT:400007333692 reserva:11081799	PM1000 24 hrs.















<p>EXC14 BAHIA2</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:40009871088 <i>reserva:14192915</i> RCM EXC14 EVAL SIST HYD*Cu[27] 400009488190-20 BO EXC14 CMBIO PERILLA TRABA HIDRAULICA Y ESPEJO LH OT:400009689532 PG EXC14 INSTALACION LAMINA ANTIMPACTO*GENESIS OT:400009607006 AV EXC14 PLUMILLA TRICO MAL ESTADO OT:100009998700 AV EXC14 BASE DEL ESPEJO LH ROTO OT:100009998688 AV EXC14 AMBAS BARANDAS DOBLADAS OT:100009998681 AV EXC14 PARABRISAS CON QUIÑADURA OT:100009998686 AV EXC14 PELDAÑOS DOBLADOS OT:100009998684 AV EXC14 FUG ACEI MANGUERAS DEL MARTILLO OT:100009998683</p>	<p>PM500 12 hrs.</p>	<p>TRAC55 BAHIA2</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883121 <i>reserva:14209053</i> BO TRAC55 CAMBIO DE CONECTORES DE BRAZO DE LAMPON A BRAZOS DE OT:400009813309 BO TRAC55 CAMBIO DE YOKE DE CILINDRO DE LEVANTE Y CAMBIO DE SOPC OT:400009813311 BO TRAC55 CAMBIO NIPLE VISOR ACEITE TX OT:400009855553 RCM TRAC55 EVAL TRANSMISIÓN*Cu[89] 400009871473-10 RCM TRAC55 EVAL SISTEMA HYD*Cu[15]Al[31] 400009871476-10 PG TRAC55 VERIFICACION DEL ESTADO DEL TK COMBUSTIBLE 400009883121-10 AV TRAC55 LIMPIAPARABRISAS DELINT MALOGR OT:100010045821 AV TRAC55 FUGA ACEITE POR LA CORONA OT:100010045779 AV TRAC55 ESCALERAS POSTERIORES DOBLADAS OT:100010045820 AV TRAC55 ESQUINA PARABRISAS RAJADO OT:100010045778</p>	<p>PM1000 16 hrs.</p>
<p>RETRO21 BAHIA2</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009892486 <i>reserva:14221715</i> BO RETRO21 ELIMINAR FUGA HIDRAULICA BOMB OT:400009644731 BO RETRO21 CMBIO MANGUERA BAJA A/C & DRYER OT:400009800904 AV RETIRO REFUERZO PROTECTORES LABIO OT:100009986027 RCM RETRO21 MUEST DIF POST*Fe[393]Si[44] 400009536069-20 RCM RETRO21 MUEST MF POST LH*Fe[530]</p>	<p>PM500 12 hrs.</p>	<p>EXC6 BAHIA2</p> <p>PG EXC6 CMBIO DE CADENAS *DESGASTE DE BUJE OT:400009891891</p>	<p>24 hrs.</p>
<p>TRAC87 BAHIA2</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883205 <i>reserva:14209197</i> AV CAM REVISIÓN ESTADO DE MANGUERAS DE COMBUSTI OT:100010023470 AV TRAC87 EVALUAR TAPA BARRO LH ABOLLADO OT:100010045954</p>	<p>PM500 10 hrs.</p>	<p>TRAC65 BAHIA2</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883721 <i>reserva:14209917</i> PG VERIFICACION DEL ESTADO DOZER (POSIBLE CAMBIO) OT:400009772067 BO TRAC65 REEMPLAZO COMPONENTES INTERNOS CONTROL DIRECCION Y OT:400009815879 RCM TRAC65 EVAL SIST. HYD*Si[57]Al[29] 400009875736-10 RCM TRAC65 CBIO ACEITE HYD*Si[57]Al[29] 400009875736-20</p>	<p>PM250 12 hrs.</p>

<p>RETRO18 BAHIA2</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009833350 reserva:14142598 RCM RETRO18 EVAL SIS HID*Si[35]Pb[5] 400009536077-30</p>	<p>PM250 6 hrs.</p>	<p>TRAC92 BAHIA2</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009892479 reserva:14221703 AV TRAC92 FALTA ESCALERA OT:100010045892 AV TRAC92 PASA MANOS LH DOBLADO OT:100010045893 AV TRAC92 FUGA ACEITE TAPON CONVERTIDOR OT:100010045894</p>	<p>PM2000 16 hrs.</p>
<p>TRAC44 TRELAVES</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009868947 reserva:14190052 CL TRAC44 CALIBRACION VALVULAS INYECTORES OT:400009893139 BO TRAC44 CAMBIO CINTURON DE SEGURIDAD OT:400009808121 RCM TRAC44 EVAL MF LH*Fe[175]Si[101]↓VIS OT:400009745950 RCM TRAC44 CBIO SELLO DUOCONE MFLH*Si*Fe OT:400009745950</p>	<p>PM250 12 hrs.</p>	<p>TRAC32 TRELAVES</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009864922 reserva:14183984 BO TRAC32 CAMBIO PIN DE TIRO OT:400009872373 BO TRAC32 CBIO DISPLAY CONSOLA OT:400009822046 RCM TRAC32 EVAL TX*PASE ACEIT MF↓VIS[12] OT:400009870376 RCM WY TRAC32 EVAL MOTOR*OX↑[17.7] OT:400009649250</p>	<p>PM250 12 hrs.</p>
<p>TRAC73 TRELAVES</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009893266 reserva:14222725 BO TRAC73 CAMBIO PIN DE TIRO OT:400009872378 PG TRAC73 INSTALACION PORTACONOS OT:400009711717 INSPECCION BARRA TIRO/PIN TIRO-L.PENETRA OT:400009893266</p>	<p>PM500 10 hrs.</p>	<p>COMPAC9 TRELAVES</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009893819 reserva:14223384</p>	<p>PM250 6 hrs.</p>
<p>TRAC64 BAHIA2 JJE DE YOKE</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883720 reserva:14209916 RCM TRAC64 EVAL MOTOR*SOOT[50.6] 400009863817-10 RCM TRAC64 MUEST ACEIT HYD*Si[50]*Cr[4] 400009816290-20 AV TRAC64 FUGA ACEITE POR EL EJE PIVOT OT:100010019901 AV TRAC64 FUGA ACEITE CIL DE INCLINACION OT:100010019899 AV TRAC64 EVALUAR ZAPATAS GASTADAS OT:100010019898 AV TRAC64 FUGA ACEITE CIL LH DE LEVANTE OT:100010023294</p>	<p>PM500 10 hrs.</p>	<p>TRAC89 BAHIA2</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883219 reserva:14209211 AV CAM REVISIÓN ESTADO DE MANGUERAS DE COMBUSTI OT:100010023472 AV TRAC89 FUGA ACEITE TANQUE HIDRAULICO OT:100009853678 AV TRAC89 JEBE TAPA BARRO LH MAL ESTADO OT:100009853731 AV TRAC89 FUGA ACEIT TAPA MANDOS FINALES OT:100009853679 AV TRAC89 EVALUAR CANTONERAS GASTASDAS OT:100010045984</p>	<p>PM500 12 hrs.</p>
<p>TRAC78 BAHIA2</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883140 reserva:14209072 AV CAM REVISIÓN ESTADO DE MANGUERAS DE COMBUSTI OT:100010023454 RCM TRAC78 EVAL MF DEL RH*Cu[113] 400009892734-10 RCM TRAC78 EVALUAR DIF POST*Cu[93] 400009777529-20 RCM TRAC78 EVAL MF POS RH*Cu[91] 400009777530-20 RCM TRAC78 EVAL MF POST LH*Cu[94]</p>	<p>PM250 10 hrs.</p>	<p>MOTO23 BAHIA2</p> <p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009871090 reserva:14192918 BO MOTO23 CAMBIO DE VALVULA DE VENITE Y CORTE DE COMBUSTIBLE OT:400009772076 BO MOTO23 CMBIO TAPA FRONT AXLE OT:400009803554</p>	<p>PM500 12 hrs.</p>

TRAC53 BAHIA2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883674 reserva:14209910 PG TRAC53 INSTALACION DE PLATAFORMA*ZAMINE BO TRAC53 CMBIO RETEN BARRA ECUALIZADORA LADO RH OT:400009815941 BO TRAC53 CMBIO RETEN INTERNO MANDO FINAL LH OT:400009815942 BO TRAC53 INSTALACION GUARDA CILINDRO INCLINACION LH(REPONER TRAC29) OT:400009836036 PG TRAC53 METRADO MALLAS *ZAMINE 400009883674-10 PG TRAC53 METRADO PLANCHAS ROLADAS MF*ZAMINE 400009883674-20 RCM TRAC53 EVAL MOTOR*DF[7]*Si[12] 400009875843-10 RCM TRAC53 EVAL SIST HYD*CONTAM Si[44] 400009882692-10 RCM TRAC53 CBIO ACEITE TX*↑VISC[12.1] 40000950112-40 RCM TRAC53 CBIO SELLO INT MF LH*CONT TX 400009779642-20 RCM TRAC53 CBIO ACEITE MFLH*CONT TX 400009779642-30	PM250 24 hrs.	MOTO17 BAHIA2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883124 reserva:14209056 AV MOTO17 SIST HIDRAULICO SE BLOQUEA X OT:100010019835 AV MOTO17 BUJES DEL DCM GASTADOS OT:100010019836 AV MOTO17 TEMPLADOR DEL RIPPER DOBLADO OT:100010019819 AV MOTO17 GUARDAFANGO LADO RH ROTO OT:100010019830 AV MOTO17 GUARDALADO RH MOTOR SIN SEGURO OT:100010019831 AV MOTO17 CORREDERAS DE HOJA GASTADAS OT:100010023292	PM2000 16 hrs.
TRAC83 BAHIA2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883189 reserva:14209162 BO TRAC83 CAMBIO DE GUARDA DE TRANSMISION OT:400009545494 PG TRAC83 INSTALACION LAMINA ANTIMPACTO*GENESIS OT:400009607000 AV CAM REVISIÓN ESTADO DE MANGUERAS DE COMBUSTI OT:100010023456	PM250 10 hrs.	TRAC61 BAHIA2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009892585 reserva:14221738 BO TRAC61 CAMBIO DE VALVULA DE VENTEO Y Y CORTE DE COMBUSTIBLE OT:400009779284 BO TRAC61 CMBIO RETEN MANDOS FINALES POR PASE ACEITE DE MANDOS OT:400009803550 RCM TRAC61 EVAL TX*CONT AC MF*↑VISC[12.6 400008552295-30	PM1000 18 hrs.
TRAC42 TRELAVES	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009864926 reserva:14183988 GC TRAC42 CBIO RODILLOS SUPERIORES OT:400009823271 BO TRAC42 CBIO TAPA CORTACORRIENTE OT:400009808182 BO TRAC42 CBIO CONJUNTO LIMPIAPARAB.POSTERIOR OT:400009808196 RCM TRAC42 EVAL MOTOR*SOOT[60]*Si[11]*Fe OT:400009561127	PM500 16 hrs.	TRAC72 TRELAVES	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009893261 reserva:14222556 BO TRAC72 CBIO CONECTOR DE BULLDOZER OT:400009641710 GC TRAC72 CBIO RUEDAS GUIA DELANTERAS OT:400009893260 RCM WY TRAC72 EVAL MOTOR*H2O[40.4]*DF[22 OT:400009871186 RCM WY TRAC72 EVAL TX*Pb[32]Cu[19] OT:400009698624	PM250 12 hrs.
TRAC85 TRELAVES	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009866280 reserva:14185733 BO TRAC85 CBIO RTOS UNION BULLDOZER OT:400009787192 BO TRAC85 CBIO SELLO TAPON VALV COMPENSADORA OT:400009808194 TRAC85 WY EVAL MFRH*Si[69]*Fe[145] OT:400009834651	PM500 12 hrs.	TRAC31 TRELAVES	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009890744 reserva:14219459 GC TRAC31 CBIO RODILLOS SUPERIORES OT:400009893262 BO TRAC31 KIT A/C CBIO MOTOR OT:400009788017 BO TRAC31 CAMBIO PIN DE TIRO OT:400009872372	PM500 12 hrs.

MOTO20 BAHIA2	<p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883142 reserva:14209074</p> <p>BO MOTO20 CMBIO CILINDRO HYD DESPLAZAMIENTO HOJA VERTEDERA OT:400009693224</p> <p>BO MOTO20 CAMBIO SEGMENTOS CIRCULO OT:400009752196</p> <p>PG MOTO20 TERMINO DE INSTALACION PUNTOS ANCLAJE*ITEMAQ 400009883142-10</p> <p>AV MOTO20 CORREDERAS DE HOJA GASTADAS OT:100010045956</p> <p>AV MOTO20 PASA MANOS DOBLADOS OT:100010045957</p> <p>AV MOTO20 LINEA GRASA VERTEDERA LH ROTA OT:100010045959</p> <p>AV MOTO20 PUNTA DEL RIPPER ROTA OT:100010045955</p> <p>AV MOTO20 SOPORTE ZAPATA TORNAMEZA OT:100010045980</p> <p>AV MOTO20 FUG ACEI CIL DESPLAZAMIENTO HO OT:100010045981</p>	PM500 16 hrs.	TRAC67 BAHIA2	<p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883111 reserva:14209044</p> <p>BO TRAC67 CMBIO PELDAÑOS ESCALERAS POSTERIORES OT:400009875591</p> <p>RCM TRAC67 EVAL HYD*Pb[12]Cu[74]Si[22] 400009892250-10</p> <p>RCM TRAC67 CBIO ACEI/MUES HYD*Pb[12]Cu 400009892250-20</p> <p>AV TRAC67 ESCALERA CABINA LADO RH DOBLAD OT:100009892841</p> <p>AV TRAC67 GUARDA LH DE MOTOR NO CIERRA OT:100009892842</p> <p>AV TRAC67 PROTECTOR BRAZO LH DOBLADO OT:100009892843</p> <p>AV TRAC67 PROTECTOR CIL HOJA DOBLADO OT:100009892807</p> <p>AV TRAC67 EVALUAR CUCHILLAS GASTADAS OT:100010019243</p>	PM250 8 hrs.
TRAC56 BAHIA2	<p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883119 reserva:14209051</p> <p>BO TRAC56 CAMBIO COVER CABINA OPERADOR OT:400009815940</p> <p>RCM TRAC56 EVAL MOTOR*DF[12] 400009891960-10</p> <p>RCM TRAC56 EVAL TRANSMISIÓN*DF[56]H2O[25] 400009892081-10</p> <p>RCM TRAC56 MUESTRA ACEIT TX*DF[56]H2O[25] 400009892081-20</p>	PM250 8 hrs.	TRAC63 BAHIA2	<p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO OT:400009883679 reserva:14209915</p> <p>RCM TRAC63 EVAL MOTOR*SOOT[51]*Si[12] 400009732886-20</p>	PM250 12 hrs.

Anexo 4 – IPERC CONTINUO

IPERC CONTINUO														
DATOS GENERALES														
IDENTIFICACION/NOMBRE DE LA TAREA:							SUPERVISOR A CARGO:			EMPRESA :				
UBICACION DE LA TAREA:							RESPONSABLE DEL EQUIPO DE TRABAJO:			FECHA:				
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO (PETS): EN CASO QUE EL PETS NO CONCUERDE CON EL TRABAJO A EJECUTAR, SE DEBE PARAR LA ACTIVIDAD Y DESARROLLAR UN ATS CON TODOS LOS INVOLUCRADOS														
¿EXISTE UN PROCEDIMIENTO PARA LA TAREA DISPONIBLE EN EL LUGAR DE TRABAJO?							<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			SI NO EXISTE PETS Y UNA DE LAS 14 REGLAS DE VIDA ESTÁ INCLUIDA SE DEBE DESARROLLAR ATS				
¿EL PROCEDIMIENTO HA SIDO REVISADO ANTES DE INICIAR LA TAREA?							<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			TODOS LOS INTEGRANTES DEBEN CONOCER EL PROCEDIMIENTO DEL TRABAJO A EJECUTAR				
¿SE TIENE LA SUFICIENTE CANTIDAD DE RECURSOS (¿PERSONAL, HERRAMIENTAS, COMPETENCIAS, EQUIPOS)?							<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			SE DEBE ASEGURAR/COMPROMETER DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS TAREAS				
REGLAS DE VIDA: ASEGURAR QUE TODOS LOS CONTROLES CRITICOS ESTAN IMPLEMENTADOS DE MANERA EFECTIVA ANTES DE REALIZAR LA TAREA/PASO QUE INVOLUCRE UNA REGLA DE VIDA. FIRMA DEL RESPONSABLE DEL EQUIPO DE TRABAJO. / SE RECOMIENDA USAR LA GUIA DE 14 REGLAS DE VIDA														
PIC	PELIGRO	RIESGO	DE LA TAREA	DEL ENTORNO	NO ANTES	A	M	R	MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR (NOTAS Y COMENTARIOS)	A	M	R	LOS CONTROLES SE IMPLEMENTARON Y VERIFICARON (NOMBRE Y FIRMA)	HORA
	Trabajos en equipos temporalmente desenergizados (LOTOTO): Equipos identificados en el IPERC continuo deben consignarse en la tarjeta de auditoria	Atrapamiento Contacto con sustancias peligrosas Contacto con energía eléctrica												
	Trabajo en espacios confinados.	Atrapamiento Atmosfera deficiente o enrarecida												
	Aberturas en pisos, plataformas, pasillos (open hole)	Caídas a distinto nivel												
	Operación de Equipos de Izaje / Cargas suspendidas	Caída de carga suspendida Volcaduras en maniobra Contacto con líneas eléctricas energizadas Colisión con equipos móviles o fijos												
	Trabajo en altura o desnivel	Caídas a distinto nivel												
	Excavaciones	Atrapamiento Contacto con líneas eléctricas energizadas / tuberías enterradas Caída de material												
	Trabajo en caliente	Quemaduras Incendios Volcaduras												
	Operación de equipos móviles (pesado y liviano)	Colisión con equipos móviles o fijos Atropellos / atrapamientos												
	Trabajos con equipos/circuitos energizados	Atrapamiento Contacto con sustancias peligrosas Contacto con energía eléctrica												
	Trabajos en o próximo a partes en movimiento	Atrapamientos Golpes en distintas partes del cuerpo												
	Almacenamiento, transporte o uso de productos químicos	Quemaduras por contacto Incendios Intoxicación / sofocación / asfixia												
	Trabajos con explosivos	Explosiones Incendios Proyecciones de fragmentos o partículas												
	Almacenamiento, transporte y manipulación de tuberías flexibles y HDPE	Atrapamiento Golpes Caída de cargas suspendidas Energía potencial almacenada Contacto con equipos en movimiento												
	Ingreso a áreas restringidas sin autorización	Exposición a energías peligrosas												
PUNTOS DE BLOQUEO PARA LA TAREA:														

OTROS PELIGROS Y RIESGOS DE LA TAREA Y EL ENTORNO DE TRABAJO																																																				
PELIGRO	RIESGO	DE LA TAREA	DEL ENTORNO	NO APLICABLE	A	M	B	MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR (NOTAS Y COMENTARIOS)	A	M	B	LOS CONTROLES SE IMPLEMENTARON Y VERIFICARON (NOMBRE Y FIRMA)	HORA																																							
Trabajos en o próximo a taludes suelos conformados	Colapso de taludes naturales Colapso de taludes conformados Colapso de suelos conformados																																																			
Almacenamiento, transporte y manipulación de tuberías y elementos circulares	Atrapamiento Golpes Caída de carga suspendida Contacto con equipos en movimiento																																																			
Acarreo / transporte de material a granel (uso de fajas transportadoras)	Caída de material Atrapamiento																																																			
Trabajo en o próximo a agua o embalses de líquidos peligrosos y/o no peligrosos	Caída de personas Caída de equipos																																																			
Trabajos con fluidos a alta presión / temperatura	Lesiones Quemaduras																																																			
Trabajos con equipos o herramientas de poder	Golpes en distintas partes del cuerpo Electrocución																																																			
Trabajos con equipos o herramientas manuales	Golpes en distintas partes del cuerpo																																																			
Trabajo con gases comprimidos	Explosión																																																			
Trabajos simultáneos en la misma área	Exposición a diversas energías - línea de fuego																																																			
Caída de Objetos, rocas, materiales	Golpes / Atrapamientos																																																			
Presencia de Fatiga en los integrantes	Desconcentración																																																			
Consumo de medicamentos o drogas sin prescripción	Desorientación / adormitamiento																																																			
OTROS PELIGROS Y RIESGOS DE LA TAREA Y EL ENTORNO DE TRABAJO																																																				
MEDIO AMBIENTE (debe implementar medidas de control):																																																				
Potencial fuga /derrame <input type="checkbox"/>			Potencial afección a la flora, fauna o habitats naturales <input type="checkbox"/>			Potencial daño a sitios arqueológicos <input type="checkbox"/>			Generación de emisiones (polvo, gases, vapores) y residuos <input type="checkbox"/>																																											
PREPARACION Y RESPUESTA A EMERGENCIAS																																																				
LOS TRABAJADORES CONOCEN EL PROCEDIMIENTO DE COMUNICACIÓN EMERGENCIAS Y RECONOCEN SU PUNTO DE ENCUENTRO MAS CERCAÑO								<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO PARA COMUNICAR UNA EMERGENCIA, UTILICE EL BOTÓN NARANJA DE SU RADIO Y/O LLAMAR AL 2222 0 943412020																																												
LOS SISTEMAS DE ALARMA, EQUIPOS DE RESCATE, DUCHAS DE EMERGENCIA, LAVAJOS, EXTINTORES DEL ÁREA ESTAN OPERATIVOS Y ACCESIBLES								<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO DE NO SER ASÍ, COMUNICAR A LA CENTRAL DE EMERGENCIAS 2222 0 943412020																																												
LAS RUTAS DE EVACUACION EN CASO DE EMERGENCIA SE ENCUENTRAN DESPEJADAS Y EN CONDICIONES DE SER UTILIZADAS EN CUALQUIER MOMENTO								<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO DE NO SER ASÍ, COMUNICAR A LA CENTRAL DE EMERGENCIAS 2222 0 943412020																																												
SECUENCIA PARA CONTROLAR EL PELIGRO Y REDUCIR EL RIESGO																																																				
1.-	4.-	7.-	10.-	2.-	5.-	8.-	11.-	3.-	6.-	9.-	12.-																																									
COMPROMISO CON LA PRODUCCIÓN SEGURA: TODO EL EQUIPO DE TRABAJO DEBERA ESTAR DE ACUERDO CON LA IDENTIFICACION Y EVALUACION DE RIESGOS Y FIRMAR EN SEÑAL DE CONFORMIDAD - SI ALGUNO DE LOS INTEGRANTES NO ESTÁ DE ACUERDO, NO DEBERÁ PARTICIPAR DEL TRABAJO. TODOS LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO SE COMPROMETEN A DETENER LA ACTIVIDAD SI CONSIDERAN QUE LAS CONDICIONES EVALUADAS CAMBIAN O LOS CONTROLES NO SE CUMPLEN ADECUADAMENTE DE MANERA EFECTIVA. LAS COLUMNAS DE VERIFICACION DE CONTROLES SERAN LLENADAS CUANDO SE HAYA ASEGURADO QUE LOS CONTROLES DE SEGURIDAD HAN SIDO IMPLEMENTADAS																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE Y APELLIDO</th> <th>DNI</th> <th>FIRMA</th> <th>NOMBRE Y APELLIDO</th> <th>DNI</th> <th>FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>													NOMBRE Y APELLIDO	DNI	FIRMA	NOMBRE Y APELLIDO	DNI	FIRMA																																		
NOMBRE Y APELLIDO	DNI	FIRMA	NOMBRE Y APELLIDO	DNI	FIRMA																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS FCX 4x4</th> <th>CONSECUENCIA</th> </tr> <tr> <th>4</th> <th>8</th> <th>12</th> <th>16</th> <th>Salud y Seguridad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3*</td> <td>6*</td> <td>9</td> <td>12</td> <td>Catastrófico (4) Fatalidades múltiples que pueden resultar de un evento físico (falla de talud, accidente de transporte de personal), evento de fuga de sustancias químicas, o grupos de cáncer o enfermedades terminales.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>Significativo (3) Una o más fatalidades, discapacidades permanentes, o cánceres aislados o terminales/ enfermedad incapacitante.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>Moderado (2) Tratamiento médico o labores restringidas o lesión incapacitante, o efectos reversibles en la salud, o pérdida auditiva.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>Menor (1) Lesión mínima o primeros auxilios</td> </tr> <tr> <td>Improbable (1)</td> <td>Possible (2)</td> <td>Probable (3)</td> <td>Casi Seguro (4)</td> <td>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA</td> </tr> <tr> <td>Muy improbable que ocurra durante la vida de una operación / proyecto.</td> <td>Evento que puede ocurrir durante la vida de una operación / proyecto.</td> <td>Evento que puede ocurrir (~una vez al año).</td> <td>Evento recurrente durante la vida de la operación/ proyecto o > una vez al año.</td> <td>Monitoreable Nota: Durante la valoración si se identifica un riesgo como MONITOREABLE en el IPERC CONTINUO se debe considerar dentro del nivel de clasificación MEDIO</td> </tr> </tbody> </table>													MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS FCX 4x4				CONSECUENCIA	4	8	12	16	Salud y Seguridad	3*	6*	9	12	Catastrófico (4) Fatalidades múltiples que pueden resultar de un evento físico (falla de talud, accidente de transporte de personal), evento de fuga de sustancias químicas, o grupos de cáncer o enfermedades terminales.	3	6	6	8	Significativo (3) Una o más fatalidades, discapacidades permanentes, o cánceres aislados o terminales/ enfermedad incapacitante.	2	4	6	8	Moderado (2) Tratamiento médico o labores restringidas o lesión incapacitante, o efectos reversibles en la salud, o pérdida auditiva.	1	2	3	4	Menor (1) Lesión mínima o primeros auxilios	Improbable (1)	Possible (2)	Probable (3)	Casi Seguro (4)	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	Muy improbable que ocurra durante la vida de una operación / proyecto.	Evento que puede ocurrir durante la vida de una operación / proyecto.	Evento que puede ocurrir (~una vez al año).	Evento recurrente durante la vida de la operación/ proyecto o > una vez al año.	Monitoreable Nota: Durante la valoración si se identifica un riesgo como MONITOREABLE en el IPERC CONTINUO se debe considerar dentro del nivel de clasificación MEDIO
MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS FCX 4x4				CONSECUENCIA																																																
4	8	12	16	Salud y Seguridad																																																
3*	6*	9	12	Catastrófico (4) Fatalidades múltiples que pueden resultar de un evento físico (falla de talud, accidente de transporte de personal), evento de fuga de sustancias químicas, o grupos de cáncer o enfermedades terminales.																																																
3	6	6	8	Significativo (3) Una o más fatalidades, discapacidades permanentes, o cánceres aislados o terminales/ enfermedad incapacitante.																																																
2	4	6	8	Moderado (2) Tratamiento médico o labores restringidas o lesión incapacitante, o efectos reversibles en la salud, o pérdida auditiva.																																																
1	2	3	4	Menor (1) Lesión mínima o primeros auxilios																																																
Improbable (1)	Possible (2)	Probable (3)	Casi Seguro (4)	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA																																																
Muy improbable que ocurra durante la vida de una operación / proyecto.	Evento que puede ocurrir durante la vida de una operación / proyecto.	Evento que puede ocurrir (~una vez al año).	Evento recurrente durante la vida de la operación/ proyecto o > una vez al año.	Monitoreable Nota: Durante la valoración si se identifica un riesgo como MONITOREABLE en el IPERC CONTINUO se debe considerar dentro del nivel de clasificación MEDIO																																																
LIDERAZGO ACTIVO - SUPERVISION:																																																				
ACCIONES TOMADAS: COMENTARIOS A LA CONCLUSION DEL TRABAJO																																																				
<input type="checkbox"/> SE CONTINUO SIN PROBLEMAS <input type="checkbox"/> SE MEJORARON ALGUNOS PUNTOS CON EL EQUIPO DE TRABAJO <input type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/> SE REFORZARON LAS BUENAS PRÁCTICAS <input type="checkbox"/> SE DETUVO EL TRABAJO Y SE REEVALUARON LOS RIESGOS <input type="checkbox"/> Otro:																																																				
NOMBRE, APELLIDO Y FIRMA DEL SUPERVISOR:																																																				

Anexo 5 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE FCX

El riesgo se debe calificar mediante un esfuerzo de buena fe por parte del personal con conocimiento de las tareas, procesos y exposiciones relevantes. El riesgo con potencial de lesiones graves debe monitorearse con cuidado para asegurar que los controles para la mitigación de riesgo se usen de manera efectiva y consistente. Todos los riesgos con potencial de consecuencias catastróficas requieren supervisión administrativa adicional para asegurar que la probabilidad extremadamente baja no resulte en complacencia con respecto a los controles.

Revisión :
Enero 10, 2018

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS FCX 4x4				CONSECUENCIA	Salud y Seguridad	Legal / Cumplimiento	Medio Ambiente*	Stakeholders (Regional, Nacional, Internacional)	Capacidad de Producción	Financiero										
4	8	12	16	Catastrófico (4)	Fatalidades múltiples que pueden resultar de un evento físico (falla de salud, accidente de transporte de personal), evento de fuga de sustancias químicas, o grupos de cáncer o enfermedades terminales.	Asunto de incumplimiento mayor y/o crónico, acción de clase/orden administrativo, demanda legal con fundamentos.	Degradación mayor en el sitio o daño ambiental irreparable fuera del sitio.	Pérdida de licencia social y /o apoyo de la comunidad o expresiones tangibles de desconfianza en toda la comunidad, que rijan la agenda de los que toman decisiones y de los stakeholders clave.	Parada	>\$100 M										
3*	6*	9	12	Significativo (3)	Una o más fatalidades, discapacidades permanentes, o cánceres aislados o terminales/enfermedad incapacitante.	Asunto de incumplimiento significativo con requisito regulatorio NOV con potencial de multa >\$100K	Degradación significativa - impactos en el sitio, o impactos locales fuera del sitio o impactos reversibles.	Oposición organizada a las operaciones o expresiones tangibles de desconfianza entre una mayoría de los miembros de la comunidad con significativa influencia en la opinión pública y en los encargados de tomar decisiones.	~50%	\$100 - \$50M										
2	4	6	8	Moderado (2)	Tratamiento médico o labores restringidas o lesión incapacitante, o efectos reversibles en la salud, o pérdida auditiva.	Asunto de incumplimiento moderado con requisitos regulatorios NOV/NOC con multa mínima.	Impacto a corto plazo en el sitio, corregible y reparable.	Oposición de grupos organizados o expresiones tangibles de desconfianza entre una minoría de miembros de la comunidad con influencia moderada en la opinión pública y en los que toman decisiones.	~75%	\$50 - \$26M										
1	2	3	4	Menor (1)	Lesión mínima o primeros auxilios	No es incumplimiento, con requisitos regulatorios menores o notificación informal	Impacto temporal, mínimo y medible en el sitio.	Reacción mínima de partes externas o expresiones tangibles de desconfianza entre pocos miembros de la comunidad con algo de influencia en la opinión pública y en los encargados de tomar decisiones.	≥95%	\$25M - \$0										
<table border="1"> <tr> <td>Improbable (1)</td> <td>Possible (2)</td> <td>Probable (3)</td> <td>Casi seguro (4)</td> </tr> <tr> <td>Muy improbable que ocurra durante la vida de una operación / proyecto.</td> <td>Evento que puede ocurrir durante la vida de una operación / proyecto.</td> <td>Evento que puede ocurrir (<una vez al año).</td> <td>Evento recurrente durante la vida de la operación/ proyecto o > una vez al año.</td> </tr> </table>				Improbable (1)	Possible (2)	Probable (3)	Casi seguro (4)	Muy improbable que ocurra durante la vida de una operación / proyecto.	Evento que puede ocurrir durante la vida de una operación / proyecto.	Evento que puede ocurrir (<una vez al año).	Evento recurrente durante la vida de la operación/ proyecto o > una vez al año.	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA								
Improbable (1)	Possible (2)	Probable (3)	Casi seguro (4)																	
Muy improbable que ocurra durante la vida de una operación / proyecto.	Evento que puede ocurrir durante la vida de una operación / proyecto.	Evento que puede ocurrir (<una vez al año).	Evento recurrente durante la vida de la operación/ proyecto o > una vez al año.																	
										Nivel de Calificación										
										Accionable										
										Monitoreable										
										Medio										
										Bajo										

*Para riesgos H&S, riesgos con consecuencias "significativas" potencialmente fatales o frecuencia "improbable", el Nivel de Calificación es "Medio" (Amarillo), que requiere un esfuerzo de monitoreo consistente con el Programa de Prevención de Fatalidades de Freeport-McMoRan. Para riesgos de Salud y Seguridad con probabilidad "improbable" y consecuencias "catastróficas", o probabilidad "posible" y consecuencias "significativas", el Nivel de Calificación es "Monitoreable" (Naranja) que requiere un plan de monitoreo.

** Para riesgos identificados bajo la categoría de Biodiversidad en el Formato de Evaluación de Riesgos SD, por favor use el formato de Descripción de Consecuencias a la Biodiversidad, además de las categorías de consecuencia en esta matriz.

Revise la Guía Complementaria para información adicional sobre cómo aplicar los puntajes de frecuencia y consecuencia.

Guía Complementaria para calificar las Consecuencias y la Probabilidad de Salud y Seguridad

Puntajes de Consecuencia

	Las puntuaciones de consecuencia se asignan con la suposición de que ha ocurrido un suceso no deseado. La probabilidad del evento se considera por separado. Por ejemplo, es razonablemente probable que una colisión de un camión de acarreo resulte en una fatalidad. Si se establecen controles para reducir la probabilidad de una colisión, la puntuación de probabilidad cambiaría. Sin embargo, si una colisión es todavía posible, la consecuencia sigue siendo una fatalidad.
	Una sola fatalidad es inaceptable. Una consecuencia catastrófica, con puntaje de 4, cubre los resultados con un gran número de fatalidades. Estos podrían incluir:
	- un evento con fatalidades masivas (falla de talud con potencial de sepultar a varias personas, destrucción de un vehículo de transporte de personal, incendio subterráneo y similares).
	- una liberación de gas capaz de afectar a varias personas (ej. liberación de cloro o H2S cerca de un edificio ocupado).
	- una exposición generalizada a una sustancia que podría causar posteriormente un grupo de casos de cáncer u otra enfermedad debilitante (por ejemplo, sobreexposición generalizada a asbesto, sílice, arsénico o cromo hexavalente).
	Una consecuencia significativa, con puntaje de 3, cubre incidentes con el potencial de causar una o más fatalidades o lesiones permanentemente incapacitantes, o casos aislados de enfermedad mortal o debilitante. Estos incidentes son inaceptables. La calificación de 3 no disminuye esto. Estos podrían incluir:
	- Un incidente de vehículos ligeros
	- Caída de altura o atrapamiento en equipo
	- Un pequeño número de personas excesivamente expuestas a un carcinógeno.
	Las consecuencias moderadas, calificadas como 2, son generalmente significativas pero reversibles. Se incluirán lesiones reportables (tratamiento médico, labor restringida y lesiones incapacitantes) y los efectos reversibles sobre la salud. La pérdida de audición leve a moderada podría incluirse aquí, pero una pérdida auditiva más significativa que tenga impactos que alteren la vida debe ser un 3.
	Los incidentes con potencial de causar sólo primeros auxilios o menos serían 1.
	Si un evento de Salud y Seguridad podría involucrar a personas ajenas a nuestra fuerza laboral (por ejemplo, miembros de la comunidad), revise las consecuencias de "Stakeholders" para considerar los posibles impactos en Relaciones Comunitarias y en la licencia social. En algunos casos, esto podría resultar en una mayor puntuación de consecuencia.
	Las consecuencias financieras y regulatorias son predictores poco fiables del riesgo de Salud y Seguridad. Las calificaciones de las consecuencias de seguridad son independientes de las consecuencias. Si la puntuación de la consecuencia en seguridad es 4, pero la consecuencia financiera relacionada con el mismo riesgo es 3, la puntuación de la consecuencia sigue siendo 4.
	Legal/Cumplimiento puede ser una consideración importante para Salud y Seguridad. Puede haber casos en que las consecuencias de Salud y Seguridad sean relativamente bajas, pero la consecuencia del incumplimiento sea considerable.
	- Mayor cumplimiento regulatorio: Paralización del trabajo; multas o penalidades máximas; violaciones repetidas.
	- Cumplimiento regulatorio significativo: Acciones correctivas obligatorias; Multas/penalidades moderadas; violaciones repetidas

Puntajes de probabilidad	
	Los puntajes de probabilidad se asignan en función de la probabilidad del evento no deseado. Las puntuaciones no se asignan en función a la frecuencia de la tarea.
	Se incluyen probabilidades para proporcionar una orientación general y para aclarar los términos improbable, posible, etc. La intención es resaltar las diferencias entre las distintas calificaciones, no proporcionar una probabilidad definida de ocurrencia.
	Se debe considerar la probabilidad basada en la industria global como base, no sólo en la experiencia de un sitio individual.
	Considere la confiabilidad y la efectividad de los controles cuando se asignen probabilidades. Los controles que son altos en la jerarquía de controles son más confiables y efectivos.
	Los riesgos que se califican como Improbables, 1, se mitigarían con controles confiables y efectivos. Teniendo en cuenta la experiencia de la industria, es muy poco probable que ocurran durante la vida de la operación o proyecto.
	La asignación de puntajes relacionados a la exposición a sustancias tóxicas requiere el aporte de profesionales de Salud y Seguridad con comprensión de la higiene industrial. Considere el nivel de exposición, el límite de exposición ocupacional, la duración de la exposición y los posibles efectos sobre la salud. El sulfuro de hidrógeno y el dióxido de nitrógeno pueden ser letales después de una sola sobreexposición considerable. Hace falta una sobreexposición a largo plazo al sílice para causar silicosis o cáncer
Calificaciones y Respuestas	
	Los riesgos accionables son inaceptables y deben abordarse a través de la jerarquía de controles. El liderazgo debe determinar si es seguro continuar con el trabajo hasta que se implementen planes de acción para reducir el riesgo. Pueden ser necesarios controles provisionales, o detener la actividad hasta que se implementen controles adicionales.
	Los riesgos con consecuencias potencialmente catastróficas, que es "muy improbable que ocurran durante la vida de una operación/proyecto" (celda 1-4, calificada como Anaranjada) y riesgos con consecuencias significativas de seguridad y posibilidad de ocurrencia "durante la vida de una operación/proyecto" (celda 2-3, también Anaranjada) requieren un proceso de monitoreo formal. Considere el proceso utilizado por Desarrollo Sostenible como una guía.
	Las fatalidades son inaceptables. Freeport-McMoRan cubre todos los riesgos mortales a través de nuestro Programa de Prevención de Fatalidades, que está en constante evolución. Las calificaciones de esta matriz ayudan a priorizar este esfuerzo. Los riesgos con potencial de una sola fatalidad se clasifican de manera diferente de los riesgos con potencial de fatalidades masivas. La intención no es disminuir el enfoque en la fatalidad individual, sino aumentar el enfoque en incidentes potencialmente catastróficos

Anexo 6 PETS

Procedimientos y consideraciones para la conformación y compactación de relaves actualizado, aprobado, revisado por la Superintendencia del Área de Construcciones de la Minera en Estudio.

1) OBJETIVO(S)

Establecer las actividades para realizar el terraplenado y conformación de capas de relave en la base de los pórticos del jacking Header del Underflow y Overflow de la corona, contactos con el talud de los cerros y a lo largo de todo el talud externo de la presa de relaves, de acuerdo con las especificaciones del Manual de operaciones.

2) ALCANCE

Este procedimiento aplica a todo el personal del área de construcciones y empieza con la orden para el movimiento de equipos y termina cuando se completa la conformación de la capa de 0.30 m en el lugar indicado, comprende todos los pasos que se realicen para llevar a cabo el drenaje y terraplenado de relave a lo largo de toda la presa (talud, corona, drenes, estructuras de Jacking Header, entre otros).

3) RESPONSABLES

3.1) Supervisor del Área de Construcciones

- Coordina con la supervisión de Operaciones y Mantenimiento de Relaves en el retiro de equipos, herramientas y materiales de la zona donde se desarrollará las tareas.
- Inspecciona que la zona de trabajo esté libre de obstáculos, equipos, altura de pórticos señalizaciones y delimitación del área de trabajo, debe cumplir con llenado del formato de inspecciones de alto riesgo.
- Comunicar por radio motorola Frecuencia: el cierre temporal de la zona a trabajar.
- Coordina con el Área de topografía los cortes en la zona a conformar y verificar que el personal realice el corte de espesores requeridos.
- Delega funciones al personal asignado para el cierre del Área de trabajo.

3.2) Personal Asignado

- Técnico II, III, IV del Área Construcciones a la realización de una función específica, ya sea operando un equipo pesado o cumpliendo labores de soporte a la operación.
- Personal debe contar con Acreditación para trabajos de alto riesgo actualizada según el procedimiento SSO pr 0008 Obtención acreditación de trabajos de alto riesgo.
- Emplea las mejores prácticas operacionales para reducir el empleo de los tractores de orugas.
- Solicita apoyo topográfico cuando no hay señalización precisa de los cortes y/o rellenos a realizar.
- Coordina con el personal asignado a los equipos de manera permanente
- Cumple responsabilidades de vigía cuando la necesidad del trabajo y las condiciones de seguridad lo exijan.
- Colabora con el terraplenado en forma manual cerca de las estructuras del Jacking Header, escaleras y piezómetros.
- Conserva y/o repone la señalización topográfica para facilitar una adecuada conformación.

4) DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

4.1) Definiciones

- Overflow (o/f) Flujo de relave que va al lado del embalse, lado interno de la presa. Aguas arriba.
- Underflow (u/f) Flujo de relave que va a la cara externa de la presa. Aguas abajo.
- Jacking Header Estructuras de sostenimiento y tuberías para el transporte y la descarga de relaves en la corona de la presa.
- Cara interna Superficie inclinada que conforma el talud interno de la presa
- Cara externa Superficie inclinada que conforma el talud externo de la presa
- Muro de seguridad Es la barrera de protección con la arena que se coloca alrededor de los piezómetros con el fin de asegurar su seguridad interna durante la descarga y compactación de arenas.
- Borde interno Cresta, hombro donde se interceptan la superficie inclinada de la cara interna de la presa con la superficie horizontal de la corona de la presa.

- Borde libre Altura entre el nivel de embalse y el nivel de la corona de la presa.
- Manguerote Tubería de jebe por las que se descarga los “finos” procedente de los ciclones en el embalse.
- Pórticos Par de postes de soporte de las estructuras del Jacking Header.
- Corona Superficie horizontal en la parte alta de la presa de relaves.
- Cara interna Superficie inclinada que conforma el talud interno de la presa.
- Cara externa Superficie inclinada que conforma el talud externo de la presa.
- Manual de operación de relaves Conjunto de normas técnicas, procedimientos de construcción y parámetros de control que garantizan la ejecución según el diseño.
- Dren Tubería instalada para desaguar el agua almacenada en la corona proveniente de la descarga.
- Personal de apoyo Técnicos II, III, IV, personal de operaciones relaves y supervisores del área construcciones, designados para el apoyo a los equipos pesados.
- Piezómetro Estructuras que sobresalen del nivel de piso y registran datos.
- Cerchado Operación realizada por el tractor para facilitar el flujo del relave
- Encallamiento Situación en que un equipo queda atrapado en las arenas saturadas.
- Eles Tubería de descarga de relaves ubicados al largo del talud de la presa.
- Check list Lista operacional de verificación del equipo.
- Tarea conexas Tarea relacionada a la tarea que se está ejecutando.

4.2) Abreviaturas

- EPP: Equipo de protección personal.
- ARO: Análisis de riesgo operacional.
- POE: Procedimiento de operación Estándar.
- QA/QC: Control de aseguramiento / control de calidad.
- HDPE: Tubería (polietileno de alta densidad).

5) REQUERIMIENTOS

5.1) Requerimiento de personal

Cantidad	Descripción
01	Supervisor área construcciones
01	Personal Asignado (Técnico II, III, IV)

5.2) Requerimiento de Equipo de Protección Personal

Cantidad	Descripción
01	EPP básico de uso obligatorio
01	Respirador para polvo
01	Chaleco de seguridad
01	Protectores auditivos

5.3) Requerimiento de Equipos

Cantidad	Descripción
01	Tractor de Orugas D6 / D8 / D9
01	Cargador frontal (opcional)
01	Excavadora (opcional)

6) DESCRIPCIÓN

6.1) Parámetros de Control

a) Peligros y Riesgos

N°	Peligro	Riesgo	Control Operacional
8	Operación de equipos móviles (pesado y liviano)	Volcaduras / Colisión con equipos móviles o fijos / Atropellos / Atrapamientos	Manejo a la defensiva
17	Trabajos en o próximo a agua o embalses de Líquidos peligrosos y / o no peligrosos	Caída de personas / Caída de equipos	Se construyen muros de seguridad no menores a $\frac{3}{4}$ del vehículo más grande que circula
21	Trabajos en o próximo a partes en movimiento	Atrapamientos/Golpes en distintas partes del cuerpo	Realizar un Check list detallado.

b) Aspectos e Impactos Ambientales

N°	Peligro	Riesgo	Control Operacional
----	---------	--------	---------------------

4	Disposición de relaves en la presa	El riesgo es el colapso de la presa de Relaves que podría generar impactos ambientales, daño a las personas, pérdidas financieras, daño a la comunidad e incumplimiento legal.	Informe de QA/QC de operaciones relaves sobre aprobaciones estado de la presa de relaves.
13	Emisión de Polvo	El riesgo es que la emisión de polvo pueda generar impacto sobre la calidad del aire, incumplimiento legal y/o daño a la reputación.	Riego con cisterna de agua
31	Manejo de Relaves	El riesgo es que el manejo inadecuado de relaves genere impactos ambientales e incumplimiento legal	Cumplimiento de las especificaciones técnicas de la construcción de la presa de relaves

6.2) Procedimiento

El crecimiento de la presa de relaves en el talud y en la corona, se realiza conformando capas de 0.30 m de espesor.

Una vez que el relave es descargado se procede a drenarlo (en la mayoría de casos mientras se está descargando el relave) y terraplenarlo (corte y relleno) con la ayuda del tractor de orugas o similares y conformarlo en capas de 0.30 m., mientras que para áreas cercanas a estructuras, piezómetros, postes, manguerotes, escaleras, o donde el espacio de trabajo es reducido y no pueden ingresar los tractores de orugas en forma segura se hace con la ayuda manual.

LINEAMIENTOS GENERALES:

El personal asignado a la realización de la tarea:

- Usa los implementos de seguridad de acuerdo a su labor y atendiendo el Estándar
- SSO st 0018: selección, Distribución y uso de EPP de la Empresa.
- Realiza la inspección pre operacional del equipo asignado y llena el formato “ Check list” de acuerdo al procedimiento SGI0001: Estándar para la inspección de herramientas, Equipos e Instalaciones, en caso detecte una fuga de aceite hidráulico, refrigerante o combustible aplicar lo indicado en el plan General para el manejo de Residuos MApg0016 correspondiente;

además, inspecciona periódicamente su equipo durante la realización de la tarea, en caso de encontrar anomalías de potencial fuga de combustible o derrame de aceite y/o grasas que tengan un efecto negativo sobre la calidad del suelo, se reporta de inmediato al supervisor del área y mantenimiento mecánico, para tener como contingencia bandejas de contención, paños absorbentes en caso se presente el derrame.

- Opera el equipo asignado de acuerdo con las instrucciones consignadas en el Manual de operaciones que corresponda.
- Mantiene la postura del cuerpo de acuerdo a lo establecido en el estándar SSOst0015 estándar de ergonomía para evitar probables lesiones por la vibración normal del equipo.
- El personal Asignado, verifica el orden y el aseo dentro y fuera de su equipo, realiza la inspección y si encuentra residuos comunes, de trapos impregnados con hidrocarburos, residuos de madera, etc. estos producen impacto negativo en la estructura del suelo, efecto negativo sobre la calidad del aire y agua, para ello el personal tiene establecido el recojo de los residuos y estos eliminarlos en los contenedores ubicados en el Mirador de topografía de acuerdo al estándar MAppg0016 Plan general para el manejo de residuos.
- Paraliza el trabajo ante cualquier circunstancia, condición insegura, evento o situación da aviso al supervisor del Área.
- Para el abastecimiento de combustible de los equipos, el personal asignado a la tarea coordina, mediante radio de comunicación en la frecuencia del área de operación, la ubicación del equipo a abastecer y el lugar de abastecimiento.
- El personal asignado a la tarea, se asegura de que el lugar de abastecimiento de combustible es amplio y seguro, nivelado, estable e iluminado antes de proceder con la operación, según SSOst0020 Estándar de seguridad para el transporte y Almacenamiento de Hidrocarburos.
- El espacio usado para el abastecimiento se ubica a una distancia mínima de 50.00 m. del equipo para iniciar el abastecimiento.
- El operador del camión cisterna de Combustible, verifica que el o los equipos a abastecer se encuentren detenidos o estacionados y que el personal asignado al equipo ha descendido del mismo; a continuación, realiza la maniobra de acercamiento a baja velocidad (10km/h).

Instrucciones Preliminares

El Supervisor del área de construcciones, realiza una inspección detallada antes del inicio del turno y lo registra en el formato de inspecciones de zonas de alto riesgo (Corona de la Presa), como se muestra en formatos. Al inicio de turno da indicaciones sobre el trabajo a realizar y asigna el personal y los equipos a emplear.

Para ejecutar trabajos en taludes y pie de taludes el Supervisor realiza una inspección detallada antes del inicio de turno y lo registra en el formato de inspecciones de zonas de alto riesgo (Taludes – General), al inicio de turno da indicaciones sobre el trabajo a realizar y asigna el personal y los equipos a emplear, asimismo culmina con el cierre del respectivo formato.

El personal involucrado que realiza la tarea, llena el formato ARO antes de iniciar sus labores identifica los peligros y riesgos e indica las medidas de control y se asegura del cumplimiento de los controles establecidos.

El personal involucrado en la operación de equipos de producción del área (tractores y rodillos), verifica y utiliza de manera obligatoria sus EPP (tapones, orejeras y respiradores) y de manera responsable, en caso no tuviera, solicita al Supervisor del Área

El Supervisor del área asegura el cumplimiento del programa de mantenimiento mecánico indicado al personal asignado, el cronograma para el traslado de los equipos al taller.

El personal asignado, coloca los dispositivos de seguridad para restringir el acceso al área de trabajo de acuerdo al SSOst0010: Estándar de señalización y demarcación de áreas, verificando que la señalización se encuentre en su lugar y retiran la señalización cuando se concluya la tarea, previa coordinación y autorización del supervisor del área. El Supervisor se asegura de que las zonas a conformar estén libres de obstáculos debidamente señalizadas y poseen muros de seguridad estándar en todo el recorrido.

El Supervisor del área designa y autoriza al personal de apoyo necesario para el desarrollo de la tarea.

El traslado por la cara del talud es en forma perpendicular al Jackin Header y por lugares coordinados previamente con el supervisor del área.

El personal asignado para realizar el trabajo en el terreno:

- Antes de hacer su ingreso a la zona de descarga, inspecciona el área de trabajo, observando la ubicación de todas las tuberías de HDP (drenes en la corona y las eles en el talud), con la finalidad de no dañarlas al momento de la realización del trabajo.
- Requiere movilizar su equipo por lugares donde hay personal trabajando en el piso, tener en cuenta la distancia mínima de 50.00 m. del personal ajeno a las operaciones y 10.00 m. del personal relacionado de la tarea.
- Si en su trayectoria encuentra una tubería y necesita pasar sobre ella puede colocar una capa de relave de 0.30 m. como mínimo sobre la tubería para evitar que esta se dañe al pasar, comuníquese al supervisor del área de construcciones el pase respectivo (señalizar con conos el paso).
- Limpie su equipo y de ser necesario solicite al supervisor de construcciones el cisterna de agua para lavarlo (el cisterna expulsa agua a alta presión pudiendo producir lesiones al operador y daño al equipo, por lo que el personal asignado debe mantener las ventanas de la cabina del equipo cerradas en todo momento a la hora de realizar el lavado respectivo y este no debe hacerse en forma perpendicular a los vidrios, en el caso de los tractores no debe ser en forma directa al ventilador si no es forma oblicua).
- El personal asignado como vigía será:
 Vigía de piso: Si las condiciones de terreno están saturadas o inundadas para la corona y talud.
 Vigía c/tractor: Cuando las condiciones de terreno están saturadas o inundadas para la corona y talud.

Terraplenado y conformación en la corona, talud, drenes y blanket de la presa:

- 1) El personal Asignado del Área de construcciones, debe verificar antes de hacer su ingreso a la zona a conformar la inspección del área de trabajo, observando que todas las tuberías de HDP hayan sido retiradas (drenes en corona y las “eles” en talud) y/o señalizadas y ubicadas fuera del área de trabajo; en caso contrario comunica al supervisor de construcciones para coordinar su retiro o su señalización y evitar romperlas durante el drenaje y/o la conformación.
- 2) El personal asignado antes de realizar la conformación de la corona, debe verificar las tuberías flexibles que salen del U/F, que estén debidamente

retiradas antes de su conformación en caso de que no fueran retiradas, comunica al supervisor de construcciones, quien coordina con el personal de operaciones relaves para su retiro inmediato de la zona de trabajo.

- 3) Supervisor de construcciones coordina con el personal de topografía para que procedan a colocar los banderines en las zonas a trabajar, además verifica que el personal de topografía relacionado con la realización de la tarea cuente con su chaleco reflectivo, radio de comunicaciones en turno día y además de linterna para ser visualizado de noche en la zona de trabajo.
- 4) Mantenga comunicación radial y visual con el personal de topografía en todo momento y lugar, asimismo, el personal de topografía deberá comunicar su ingreso y su salida del área de trabajo vía radial.
- 5) Realizar el cerchado de las arenas con los equipos asignados de acuerdo a la capacidad de carga, para reducir el sobre esfuerzo de los mismos y para facilitar la distribución de las arenas.
- 6) Cuando se está drenando, tenga en cuenta el material que se encuentra cerca de los piezómetros y trabajar de acuerdo al SNCpr0026: Conformación y Compactación de arenas alrededor del piezómetro.
- 7) La conformación en TÁNDEM del talud, se realiza cuando sea necesario y con conocimiento de la supervisión, el cual debe cumplir los siguientes requisitos:
 - El relave del talud debe estar parcialmente nivelado (cerchado) y las máquinas en un mismo plano.
 - La separación entre tractor y tractor la dan las cantoneras y el desplazamiento de los tractores debe ser en la misma marcha.
 - Terminado el traslado del material o la pasada, en coordinación, los tractores retroceden en orden primero uno y luego el otro, manteniendo distancia entre equipos, pero nunca juntos o al mismo tiempo, evite choques y/o rozamientos entre los equipos.
- 8) Recuerde conformar cruzando el material a las zonas donde el relave no ha llegado y de acuerdo a la información de los banderines colocados por el personal de topografía.
- 9) El trabajo de conformación de la corona, se debe realizar de preferencia perpendicular al eje de la presa, dando frente al espejo de agua del embalse, la estructura del JH donde se encuentran cables energizados a una altura de 5.00 m. no causa ningún riesgo a la tarea realizada por los tractores,

desde el JH se puede generar caídas de objetos y/o materiales hacia la parte inferior donde está trabajando el tractor que puede ocasionar daño al equipo, el control a realizar será no trabajar debajo del JH al ejecutar esta tarea; si se requiere hacer la actividad el personal asignado debe verificar en todo momento el JH y comunicar al supervisor de construcciones si el personal de relaves está trabajando en el JH para tomar otra medida de control como la colocación de un vigía.

- 10) Para realizar el terraplenado y conformación de capas en la corona de la presa hacerlo delimitando el área de trabajo con la colocación de muros de seguridad u otros dispositivos de seguridad según SSOst0010: Estándar de Señalización y demarcación de Áreas y terraplenado preferentemente en forma perpendicular al Jacking Header con dirección al embalse para facilitar su drenaje y evitar encallamientos.
- 11) Al terraplenar el borde interno de la presa, hacerlo de acuerdo con lo especificado en el procedimiento SNCpr0024: Conformación del borde interno de la presa de relaves y teniendo en cuenta la posición de los manguerotes de descarga del Overflow.
- 12) Verificar que la superficie de ingreso esté libre de grietas y alejado de equipos, luminarias, tuberías, piezómetros, escaleras y otros equipos que puedan ser dañados o que estén mal ubicados y/o no señalizados. NO INGRESAR, si hay dudas o riesgos no previstos.
- 13) Para entrar o salir de la cabina del equipo, debe estar en un lugar estable y estacionado de acuerdo con el manual de operación del equipo pesado respectivo, aplicar freno de servicio y apagar el equipo.
- 14) Cuando por condiciones climáticas adversas se dificulte la realización normal de la tarea, el personal asignado a la misma y el supervisor evalúan la condición y consideran detener los trabajos mientras dure el fenómeno climático, tomando como base el SSOst0024: Estándar de Tormentas Eléctricas.

7) DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Manual de operación de tractor de orugas.
- SGIst0001: Estándar de inspección de equipos e instalaciones.
- SSOst0010: Estándar de Señalización y Demarcación de áreas.
- SSOst0015: Estándar de ergonomía.

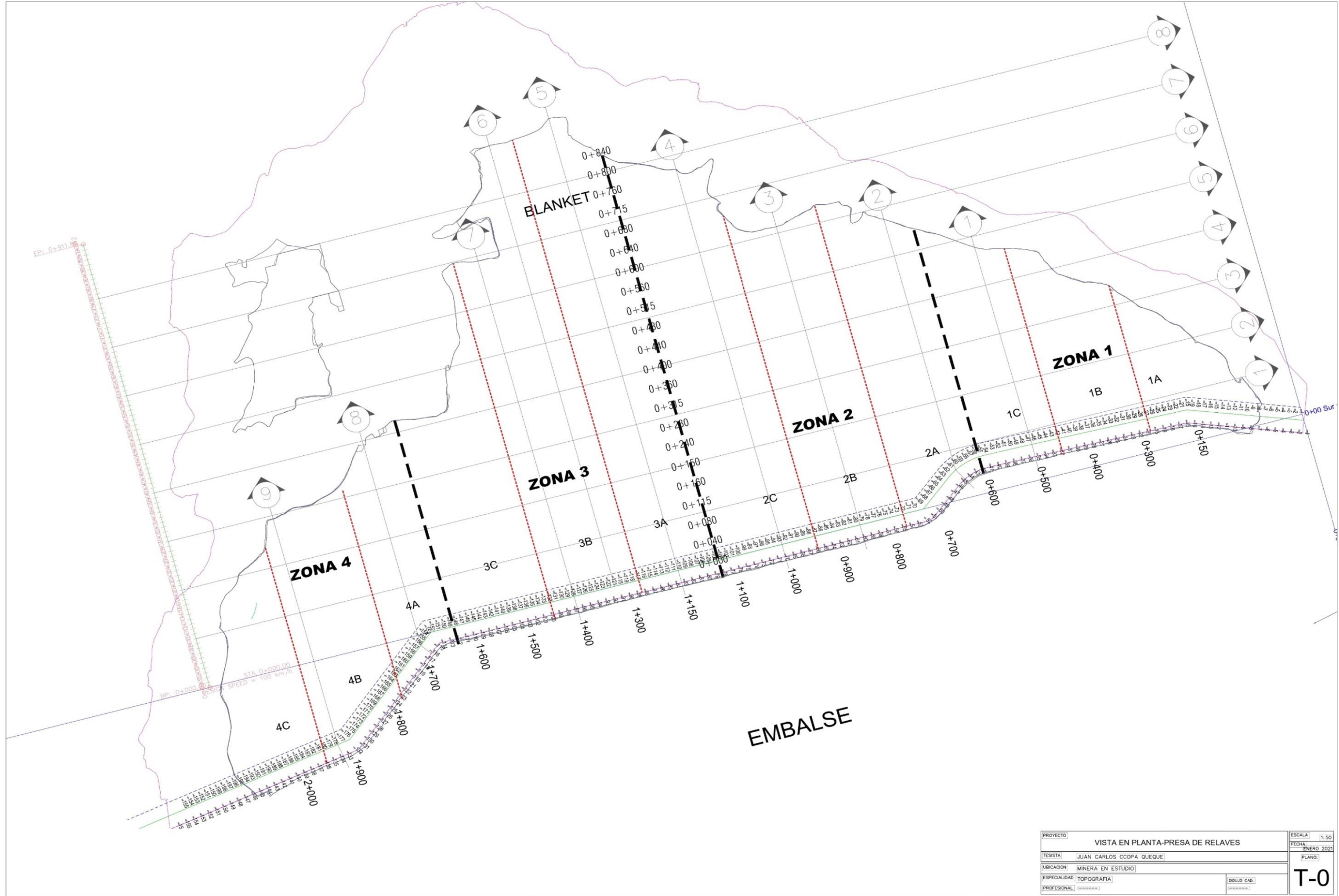
- MApp0016 Plan General para el manejo de residuos.
- SSOst0018: Estándar de selección, distribución y uso del EPP.
- SSOst0020: Estándar de seguridad para Transporte y almacenamiento de hidrocarburos.
- SSOst0024: Estándar de Tormentas Eléctricas.
- SNCpr0024: Procedimiento de Conformación del borde interno de la presa de relaves.
- SNCpr0026: Procedimiento de Conformación y compactación de piezómetros de la presa de relaves-
- Formato ARO: Análisis de Riesgo Operacional.
- Formato de inspección en zonas de alto riesgo (Corona de la Presa)
- Formato de inspecciones en zonas de alto riesgo (Taludes- General)
- SSOpr0008 Obtención Acreditación de trabajos de alto riesgo.

Anexo 7 QA/QC

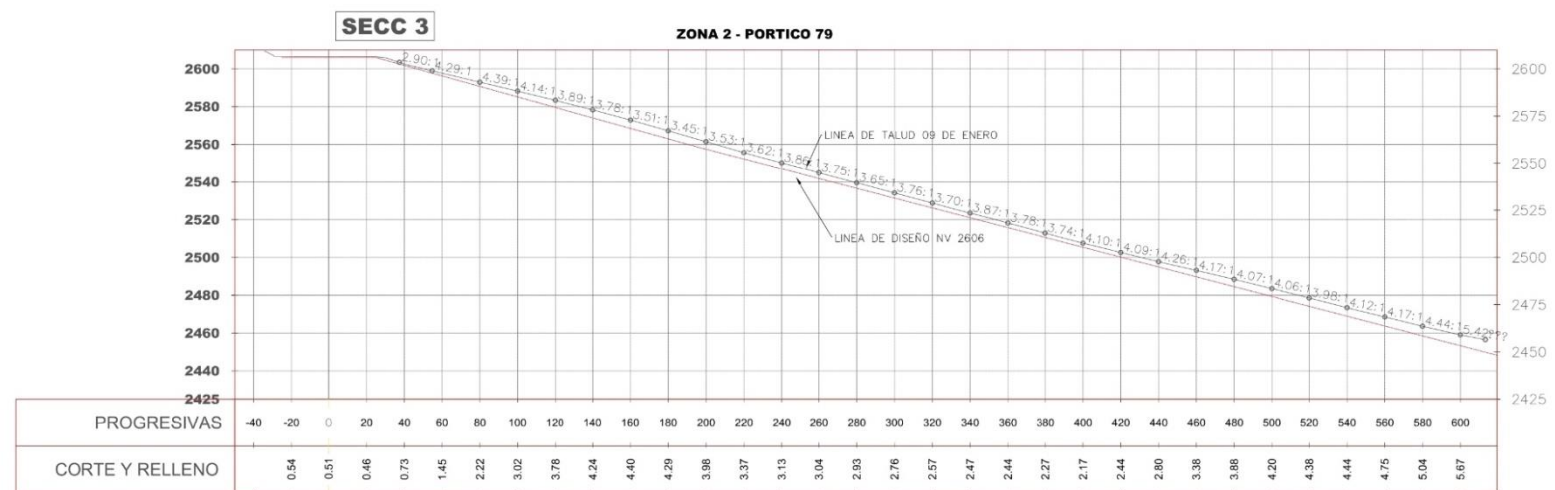
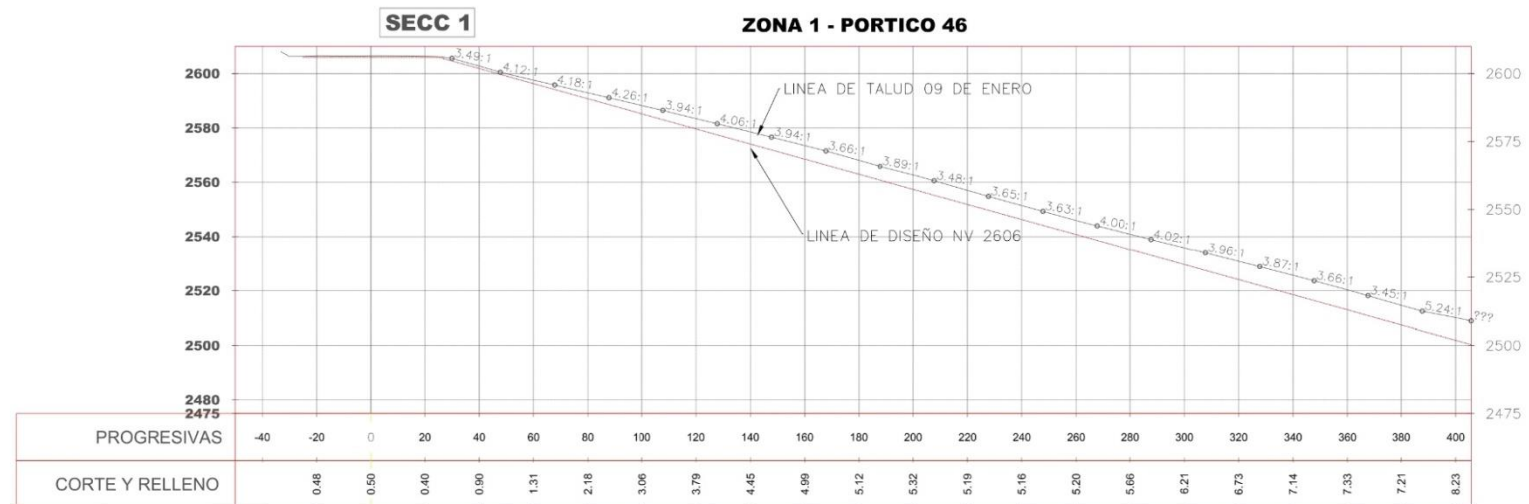
Control de Calidad Presa de Relaves		DENSIDAD DE CAMPO CONO DE ARENA ASTM D1556					
Proyecto	: Presa de Relaves	Reporte N°:	QC-CA-210219-B				
Propietario	: Minera en estudio	Código de ensayo:	CA-210059				
Gerencia	: Relaves y Aguas	Tipo de material:	Arena de relaves				
Area	: Operaciones Relaves C1	Ubicación:	Talud Presa de Relaves				
Guardia N°	: 4	Fecha:	19/02/2021				
Fecha Muestreo:	19/02/2021	B	Muestreado por:				
Fecha Ensayo:	19/02/2021	B	Cono Ensayado por:				
Ubicacion ensayo:	Cancha 3L , Sp 34		Granul. ensayado por:				
Procedencia:	Underflow de relaves ciclones N°2		Revisado por:				
CONO DE ARENA							
Datos generales		Contenido de humedad		Muestra	Pto proctor		
Cancha-Zona	3L	N° Tara		4	40		
Spray Bar (Sb) - Spool (Sp) - Pórtico (P)	Sp 34	Peso suelo húmedo + tara (g)		1105.10	1031.40		
Progresiva de Presa (E-O)	1+120.14	Peso suelo seco + tara (g)		1068.80	988.80		
Distancia a eje de Presa (aguas abajo) (S-N)	0+520.66	Peso de la tara (g)		774.10	722.10		
Cota de elevación (msnm)	2469.71	Peso del agua (g)		36.30	42.60		
Cono número	27	Peso del suelo seco (g)		294.70	266.70		
Equipo utilizado	B13T/D6R+B6T	Contenido de humedad (%)		12.3%	16.0%		
N° de pasadas	8	Peso seco total (g)		294.70			
Datos del ensayo y resultados		Punto proctor, selección de curva y resultados					
Peso del material bruto (g)	5348	P. mat. + mold	P. molde	P. material	vol. mold	D. húmeda	D. seca
Peso de la tara (g)	10	5989.0	4172.5	1816.5	942.7	1.927	1.662
Peso del suelo húmedo (g)	5338	Curva adoptada				PRM-01060	
Peso de la arena + frasco (g)	7800	Máxima densidad seca (g/cm ³)				1.661	
Peso de la arena del cono (g)	1794	Humedad óptima (%)				16.0	
Peso de la arena que queda + el frasco (g)	1582	Porcentaje de compactación (%)				98.4	
Peso neto de la arena empleada (g)	4424	Compactación especificada (%)				98%	
Densidad de la arena (g/cm ³)	1.521	Profundidad de ensayo (m)				0.15	
Volumen del hueco (cm ³)	2909	Valor asignado a densímetro (gr/cm ³)				1.661	
Densidad del suelo húmedo (g/cm³)	1.835	Porcentaje de compactación según densímetro (%)				98.6	
Humedad contenida en el suelo (%)	12.3%	Pasó/Falló				Pasó	
Densidad del suelo seco (g/cm³)	1.634	Ensayo de Densímetro asociado, código				DN-210590	
GRANULOMETRIA							
		Tamices ASTM	Abertura (µm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Acum.	% Pasa
		N° 8	2360	0.0	0.0	0.0	100.0
		N° 16	1180	0.0	0.0	0.0	100.0
		N° 30	600	1.1	0.4	0.4	99.6
		N° 40	425	4.8	1.6	2.0	98.0
		N° 50	300	23.7	8.0	10.0	90.0
		N° 70	212	59.4	20.2	30.2	69.8
		N° 100	150	72.7	24.7	54.9	45.1
		N° 200	75	96.9	32.9	87.8	12.2
		Fondo		36.10	12.2	0.0	0.0
Observaciones:							
Participan		Nombres			Firmas		
Ensayo cono arena -Técnico QA/QC							
Ensayo granulometría - Técnico QA/QC							
Revisa - Supervisor QC							
Verifica - Supervisor QA							

Control de Calidad		DENSIDAD DE CAMPO - METODO NUCLEAR							
Presa de Relaves		ASTM D6938							
Proyecto	: Presa de Relaves	Reporte N°	: QC-DN-210219-B						
Propietario	: Minera en estudio	Ensayo	: Compactación de campo						
Gerencia	: Relaves y Aguas	Tipo de material	: Arena de relaves						
Area	: Operaciones Relaves C1	Ubicación general	: Talud de la presa						
Guardia QC N°	: 4	Supervisor:	SZ		Fecha	: 19/02/2021		Turno	: B
DATOS GENERALES									
Código de ensayo		DN-210587	DN-210588	DN-210589	DN-210590				
Cancha - Zona		2H	2H	2H	3L				
Spool (Sp) - Pórtico (P)		P80 UF	P72 OF	JH	Sp 34				
Progresiva de presa (E-O)		0+862.91	1+034.42	1+060.73	1+120.14				
Distancia a eje de presa (aguas abajo) (S-N)		0+019.10	-0+021.87	-0+005.66	0+520.66				
Cota de elevación (msnm)		2607.12	2607.10	2607.12	2469.71				
Equipo utilizado		B3.3T	B3.3T	B13T	B13T/D6R+B6T				
Número de pasadas		8	8	6	4/4				
Número total de pasadas		8	8	6	8				
Profundidad de fuente (m)		0.3	0.3	0.3	0.3				
Número de densímetro		61455	61455	61455	61455				
Valor de corrección para humedad, (K)		61.82	61.82	61.82	61.82				
DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD CON DENSÍMETRO NUCLEAR (ASTM D2922, ASTM D3017)									
		Val. Dens.	Val. Corr.	Val. Dens.	Val. Corr.	Val. Dens.	Val. Corr.	Val. Dens.	Val. Corr.
Conteo estándar de densidad		2104	0.8	2104	0.8	2104	0.8	2104	0.8
Conteo estándar de humedad		639	0.0	639	0.0	639	0.0	639	0.0
Operador		ECH		ECH		ECH		ECH	
Conteo de densidad (DC)		667		477		533		624	
Conteo de humedad (MC)		79		122		89		70	
Densidad suelo húmedo (g/cm ³)		1.804		1.978		1.922		1.840	
Densidad suelo seco (g/cm ³)		1.614	1.614	1.716	1.695	1.710	1.705	1.661	1.638
Contenido de humedad con densímetro-(%)		11.8%		15.3%		12.4%		10.8%	
Contenido de humedad en horno (%)			11.8%		16.7%		12.7%		12.3%
PUNTO PRÓCTOR (ASTM D 698 - MÉTODO A)									
Densidad Seca del Punto Próctor									
Agua añadida (%)									
Peso del molde + suelo (g)			5964						5989
Peso del molde (g)			4172.5						4172.5
Peso suelo compactado (g)			1792						1817
Volumen molde (cm ³)			942.7						942.7
Densidad húmeda (g/cm ³)			1.900						1.927
Contenido de humedad (%)			16.0%						16.0%
Densidad seca (g/cm ³)			1.638						1.661
Contenido de Humedad en Laboratorio (ASTM D2216)									
		Hum Lab	Hum.Pto	Hum Lab	Hum.Pto.	Hum Lab	Hum.Pto.	Hum Lab	Hum.Pto.
Tara N°		1	30	2		3		4	40
Peso muestra húmeda + tara (g)		767.60	1055.50	746.60		751.20		756.20	1031.40
Peso muestra seca + tara (g)		720.50	1009.70	685.50		702.50		710.10	988.80
Peso tara (g)		319.90	723.00	320.20		318.30		336.40	722.10
Agua contenida (g)		47.10	45.80	61.10		48.70		46.10	42.60
Peso de la muestra seca (g)		400.60	286.70	365.30		384.20		373.70	266.70
Contenido de humedad (%)		11.8%	16.0%	16.7%		12.7%		12.3%	16.0%
EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN									
		Val. Dens.	Val. Corr.	Val. Dens.	Val. Corr.	Val. Dens.	Val. Corr.	Val. Dens.	Val. Corr.
Código Curva Proctor		PRM-01060	Pto.Pr.	PRM-01060		PRM-01060		PRM-01060	PRM-01060
Máxima densidad seca de la curva (g/cm ³)			1.638						1.661
Contenido de humedad óptimo (%)			16.0						16.0
Próctor asignado al densímetro (g/cm ³)		1.661		1.661		1.661		1.661	
% de compactación		97.2%	98.5%	103.3%	102.0%	103.0%	102.7%	100.0%	98.6%
Compactación específica mínima (%)		98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
Diferencia humedad CHO - Punto próctor (%)									
Pasó/Falló		Pto.Pr.	Pasó	Pasó	Pasó	Pasó	Pasó	Pasó	Pasó
Código ensayo de cono de arena asociado								CA-210059	
Retest									
Observaciones:	La densidad máxima seca asignada al densímetro corresponde al último ensayo proctor.								
Participan		Nombres				Firmas			
Ensayo - Técnico QA/QC									
Revisa - Supervisor QC									
Verifica - Inspector QA									

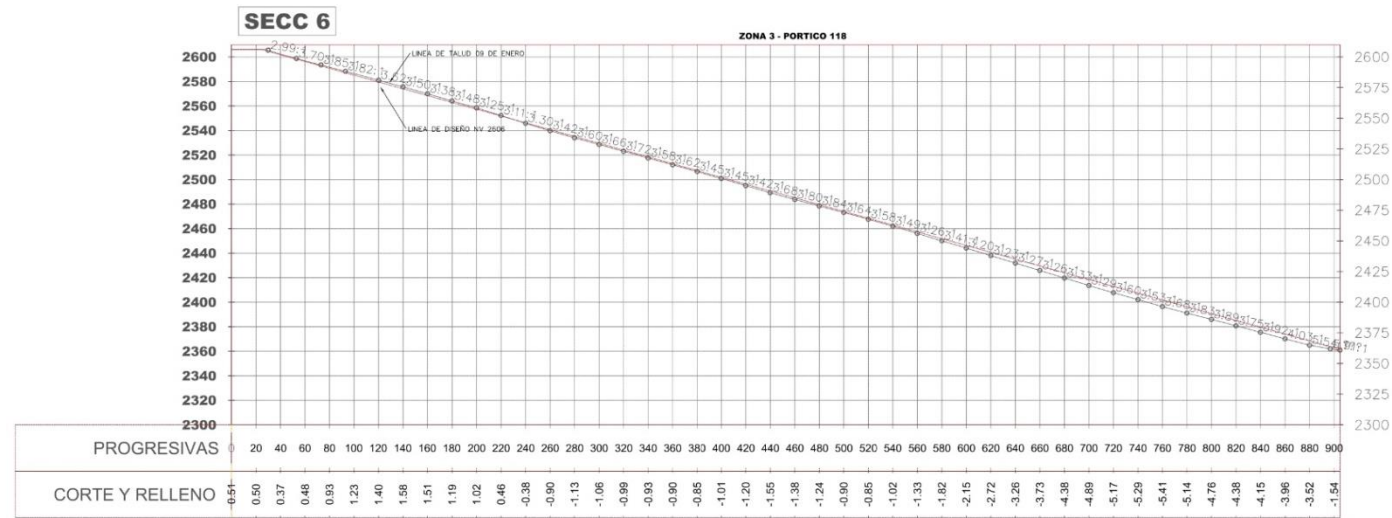
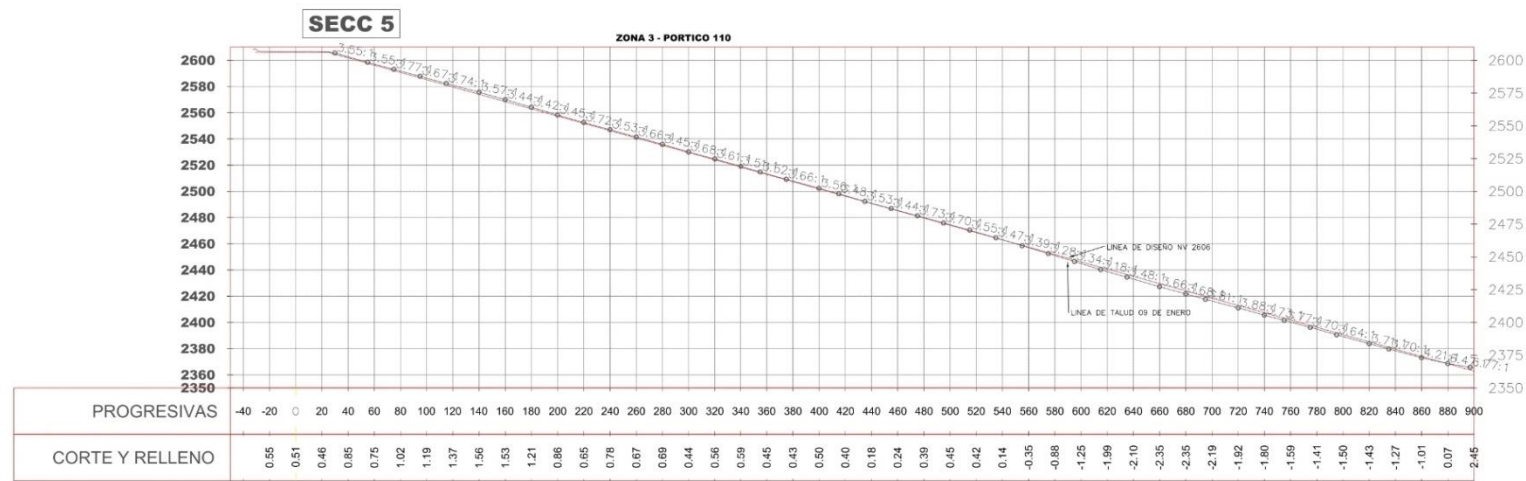
Anexo 8 Planos



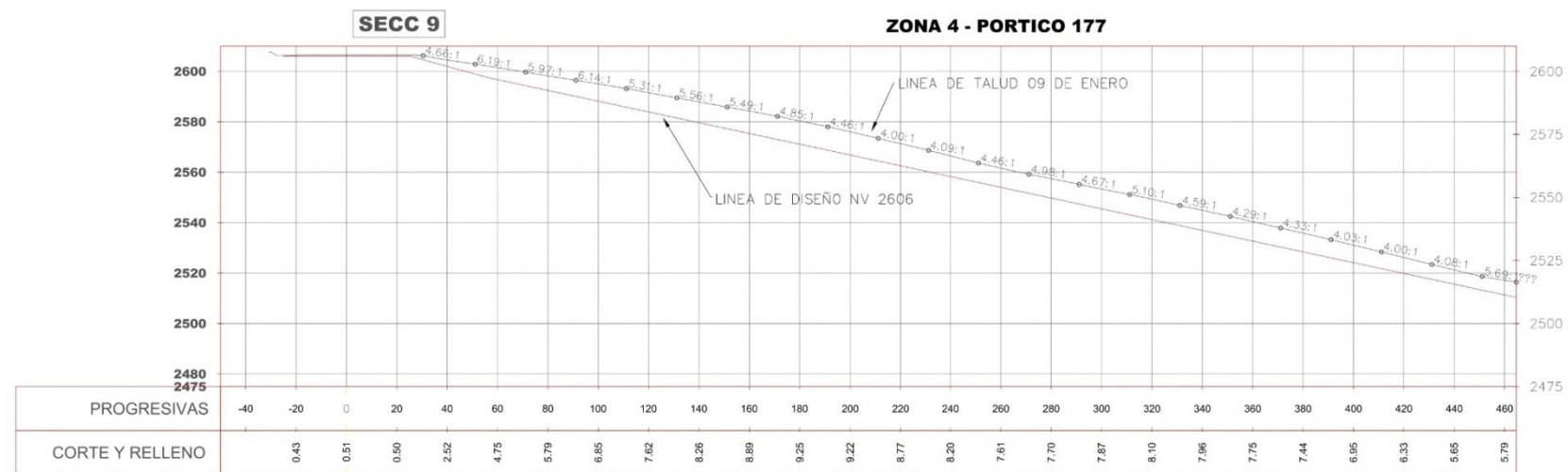
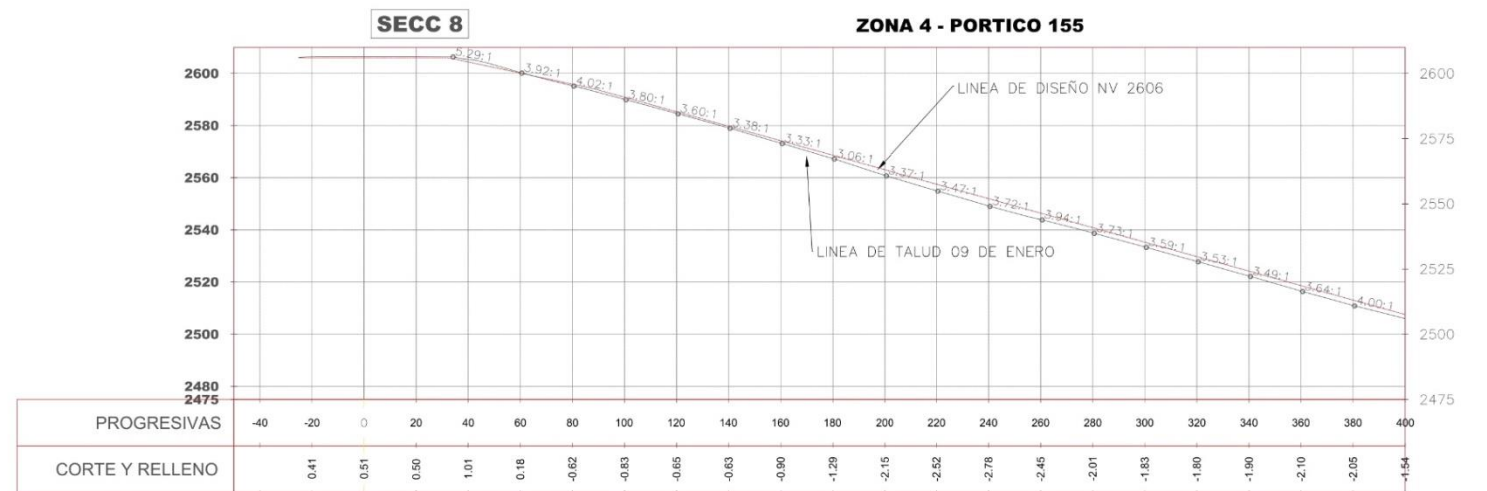
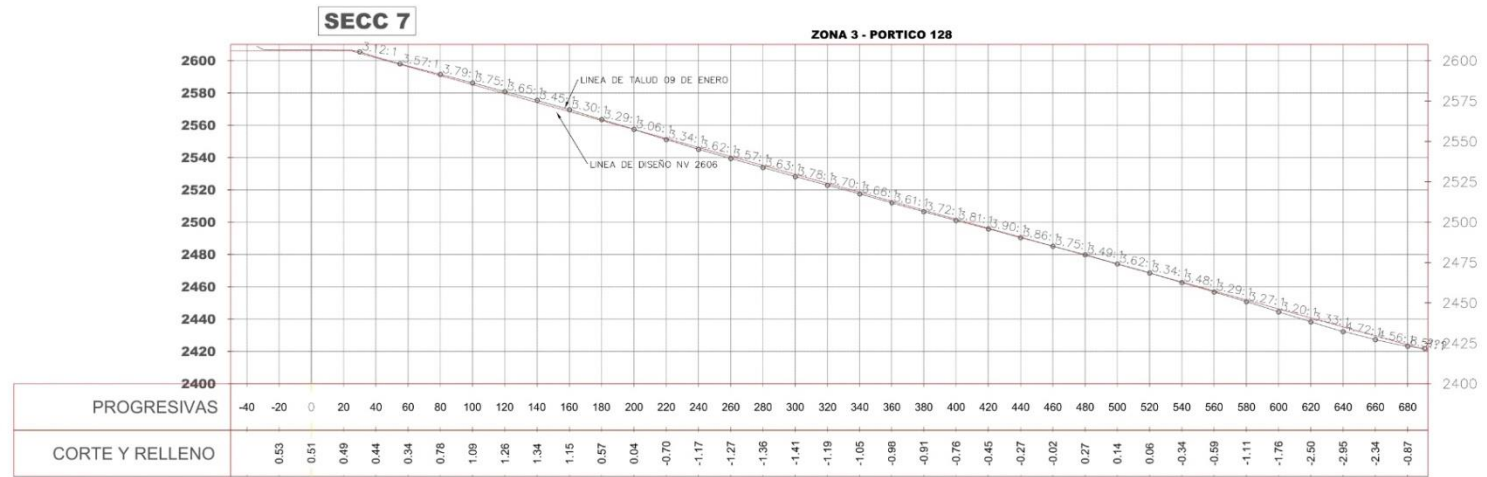
PROYECTO	VISTA EN PLANTA-PRESA DE RELAVES	ESCALA	1:50
TESISTA	JUAN CARLOS CCOPIA QUEQUE	FECHA	ENERO 2021
UBICACION	MINERA EN ESTUDIO	PLANO	T-0
ESPECIALIDAD	TOPOGRAFIA	DISUJO CAD	
PROFESIONAL			



PROYECTO	SECCIONES ESPECIFICAS 1-2-3 PRESA DE RELAVE		ESCALA	1:50
TESISTA	JUAN CARLOS CCOPIA QUEQUE		FECHA	ENERO 2021
UBICACION	MINERA EN ESTUDIO		PLANO	T-1
ESPECIALIDAD	TOPOGRAFIA	DIBUJ. CAR.		
PROFESIONAL				

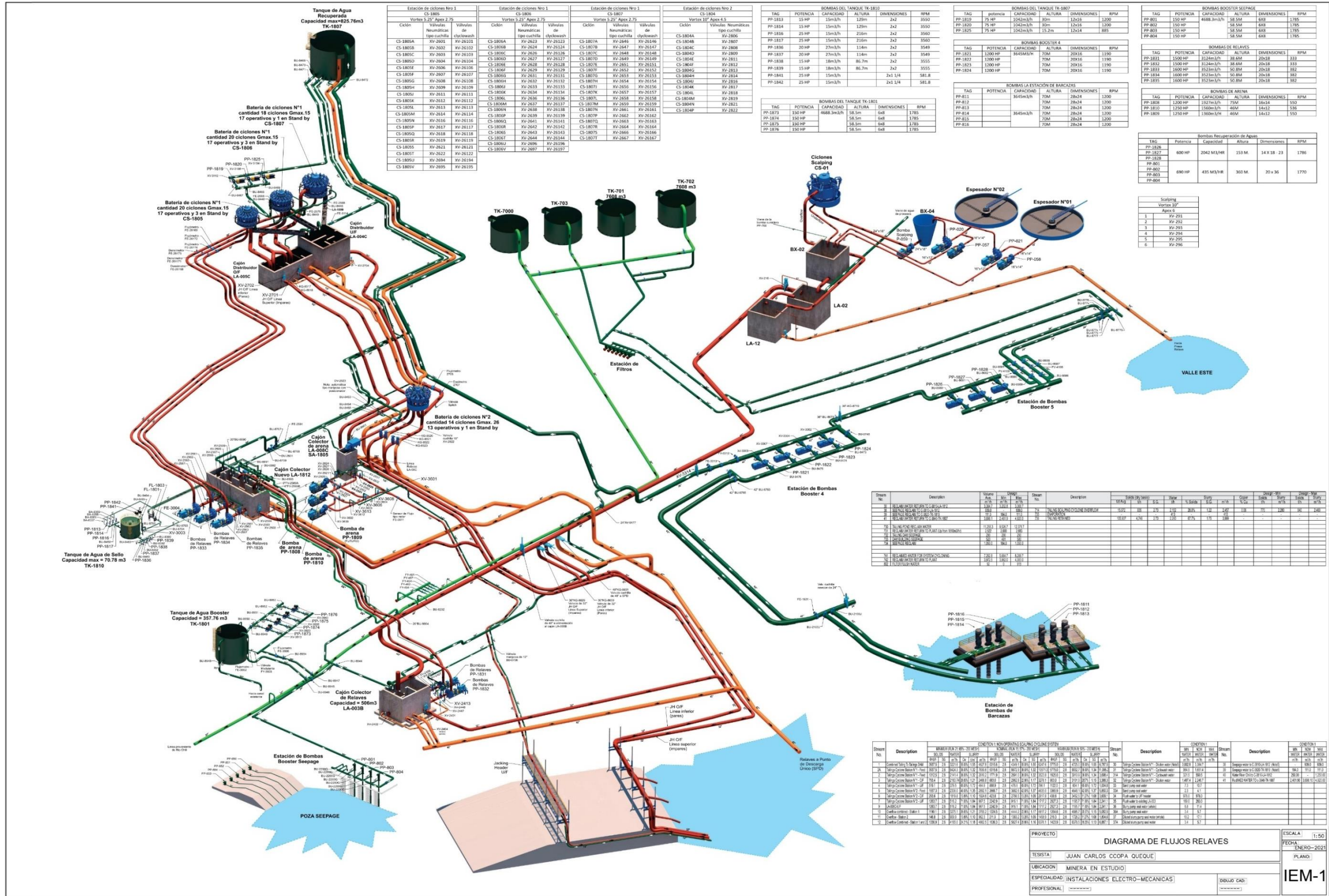


PROYECTO	SECCIONES ESPECIFICAS 4-5-6 PRESA DE RELAVES	ESCALA	1:50
TESISTA	JUAN CARLOS COOPA QUEQUE	FECHA	ENERO 2021
UBICACION	MINERA EN ESTUDIO	PLANO	T-2
ESPECIALIDAD	TOPOGRAFIA	DIBUJO CAD	
PROFESIONAL	[.....]		



PROYECTO	SECCIONES ESPECIFICAS 7-8-9 PRESA DE RELAVES	ESCALA	1:50
TESISTA	JUAN CARLOS COOPA QUEQUE	FECHA	ENERO 2021
UBICACION	MINERA EN ESTUDIO	PLANO	T-3
ESPECIALIDAD	TOPOGRAFIA	DIBUJO CAD:	
PROFESIONAL			

Anexo 9 Diagrama de Flujo de Relaves



Anexo 10 Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema General ¿Cómo se puede optimizar el uso de equipos en la conformación y compactación de relaves para aumentar su efectividad, del área de relaves de la Minera?</p> <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo influye la configuración de equipos en la conformación y compactación de relaves en la presa de la minera en estudio? • ¿Cómo se puede mejorar la configuración de equipos en la conformación y compactación de relaves para optimizar la operación? • ¿Cómo se puede evaluar las mejoras con el cambio de configuración de los equipos en la conformación y compactación de relaves en la minera en estudio? 	<p>Objetivo General Optimizar el uso de equipos para la conformación y compactación de relaves, en la presa de la mineral.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar la distribución de equipos en la conformación y compactación de relaves, en la presa de la minera. • Diseñar una nueva configuración para los equipos, mediante el método tándem en la conformación y compactación de relaves, en la presa de la minera. • Analizar las mejoras de la nueva configuración de equipos en la conformación y compactación de relaves, en la presa minera. 	<p>Hipótesis General La operación del uso de maquinarias en la conformación y compactación de relaves en la presa, aumentará significativamente la productividad de estos equipos, mejorando la capacidad operativa del área de operación.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • La configuración actual de equipos en la actividad de conformación y compactación de relaves, es susceptible a mejorar, debido a que se tiene pérdidas de producción debido a que los equipos trabajan unilateralmente. • Implementando un nuevo diseño de configuración de equipos con el nuevo método tándem, mejorará la efectividad de esta operación. • Los beneficios se incrementan con la productividad de los equipos, la reducción de costos de horas HH de personal, componentes de desgaste, combustible y lubricantes. 	<p>Variable independiente: Configuración de equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de equipos • Equipos <p>Variable dependiente: Productividad de los equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Productividad 	<p>Método de análisis, descriptivo, estudio cuasi experimental, transaccional al momento de la medición de tiempos de operación. El tipo de investigación según la naturaleza de los datos y la información, es Cuantitativa</p> <p>Población: La población está conformada por 22 equipos de línea amarilla</p>