



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“INCREMENTO DEL RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE CARGUÍO PARA EL MEJORAMIENTO PRODUCTIVO, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MINADO ESTACIONAL EN EL TAJO LA QUINUA, YANACOCCHA, CAJAMARCA 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Bach. Ramírez Guerrero, Aurelio Bernardino

Bach. Chávez Escalante, Edwin Piterson

Asesor:

Ing. Álvarez León, Víctor Eduardo

Cajamarca - Perú

2019

## DEDICATORIA

A Dios por darme salud, iluminar mi camino, darme las fuerzas necesarias, de ser mi guía en cada paso que doy.

A mi Familia, Madre, Esposa y mis 4 hijos que siempre tuve su apoyo de forma incondicional a lo largo de toda mi carrera Universitaria y a lo largo de toda mi vida. A todas las personas en especial que me acompañaron en esta etapa aportando a mi formación tanto profesional como ser humano.

A mi Padre a pesar de nuestra distancia física, siento que está conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos siento que este momento hubiera sido especial para Ti como lo es para Mí.

Aurelio Ramírez

A Dios por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudios. Mi madre Zoila Escalante Salazar, por darme la vida, quererme mucho y porque siempre me apoyaste. Mamá gracias por darme una carrera para el futuro, todo esto te lo debo a ti.

Edwin Chávez

## AGRADECIMIENTO

Agradecer ante todas las cosas a nuestro Creador por iluminarme en todo lo que hago, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo de fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres Aurelio y Marlene por ser los principales promotores de mis sueños, por los consejos, sus enseñanzas y creer en mí y por darme valores que me han hecho mejor persona para la Sociedad.

Agradecer a nuestros Docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Privada del Norte por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra formación Profesional.

Aurelio Ramírez

Primero me gustaría agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la Universidad Privada del Norte por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

Edwin Chávez

## INDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
1.1. Realidad problemática.....	8
1.2. Formulación del problema .....	13
1.3. Objetivos .....	14
1.4. Hipótesis.....	14
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>16</b>
2.1. Tipo de investigación .....	16
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) .....	17
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	17
2.4. Procedimiento.....	18
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
3.1. Ubicación: .....	20
3.2. Accesibilidad:.....	20
3.3. Geología del tajo la quinua sur gravas .....	21
3.4. Proceso de Producción en temporada húmeda:.....	22
3.5. Proceso de producción en época de estiaje (sin Lluvia): .....	28
3.6. Análisis Comparativo de Tonelaje de Lastre y Productividad por Temporada: .....	31
3.7. Análisis de Costos (\$/TM Prime):.....	35
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>38</b>
4.1. Discusión.....	38
4.2. Conclusiones .....	41
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>46</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Productividad en Temporada Húmeda .....	24
Tabla 2: Tonelaje de Material de Lastre requerido por Guardia (Temporada Húmeda).....	27
Tabla 3: Productividad en Temporada Seca (agosto) .....	28
Tabla 4: Material de Lastre utilizado por Guardia en Temporada Seca (agosto).....	31
Tabla 5: Análisis Comparativo por Tonelaje de Material de Lastre en la cual podemos observar que la demanda de material de lastre que se usa en la temporada de lluvia es muy superior a la usa en época de Estiaje. ....	31
Tabla 6: Tonelaje promedio de material de Lastre .....	32
Tabla 7: Productividad Promedio Por Temporada .....	33
Tabla 8: Productividad Promedio por Guardia.....	34
Tabla 9: Promedio de Material Removido por Guardia .....	35
Tabla 10: Costo Unitario de Operaciones de Carguío y Acarreo por TM Prime .....	36
Tabla 11: Comparación de Costos de Material de Lastre /Temporada .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Mapa Ubicación Yanacocha.....	20
Ilustración 2: Tajo La Quinoa - Temporada Húmeda (Lluvia). ....	23
Ilustración 3: Operaciones en Suelo Inestable Temporada Húmeda (lluvia) .....	26
Ilustración 4: Colocación de Material de Lastre en los accesos de mina. ....	27
Ilustración 5: Operaciones en Temporada Seca (agosto) sin lluvia.....	30
Ilustración 6: Carguío de material en piso estable Temporada Seca (agosto).....	30
Ilustración 7: Tonelaje de Material de Lastre. ....	32
Ilustración 8: Tonelaje de Lastre. ....	33
Ilustración 9: Productividad Promedio por Temporada .....	33
Ilustración 10: Productividad Promedio por Guardia /Temporada. ....	34
Ilustración 11: Material Removido por Guardia /Temporada. ....	35

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo incrementar el rendimiento de los equipos de carguío y la producción en el frente de explotación del Tajo la Quinoa Sur Gravas, mediante el minado estacional en Minera Yanacocha SRL, para lo cual se realizó la toma de datos en dos temporadas: seca (estiaje) y húmeda (lluvia). Con los resultados obtenidos en campo, se hizo un análisis comparativo del rendimiento de los equipos obteniendo una productividad de 2797.63 y 3360.13 en las temporadas húmeda y seca respectivamente, determinando que el minado en época de estiaje permite optimizar los recursos, mejorar la operatividad e incrementar la productividad de los equipos de carguío.

Con respecto al tonelaje se tuvo un incremento considerable de 344,695.54 Ton en la temporada seca. Con relación al lastre, una reducción de 47,692.63 Ton en la temporada mencionada anteriormente.

En términos económicos la productividad se incrementa en un nivel considerable de hasta 25% con la aplicación de Minado Estacional en el frente de explotación del Tajo la Quinoa Sur, en Minera Yanacocha SRL.

En términos económicos minar en época seca disminuye el costo de \$/ton, con respecto al lastre, en temporada húmeda los costos son de \$178,247.98 y en la temporada seca de \$27,539.27, teniendo una diferencia considerable de \$150,708.71 lo cual influye en la reducción de costos del proceso.

**Palabras clave:** Minado estacional, temporada seca, temporada húmeda, rendimiento de equipos, productividad.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La presente investigación se realizó debido a que durante época de lluvia se presentaron problemas para el minado en el Tajo la Quinua Sur, provocando una baja en el rendimiento de los equipos de carguío y aumentando el costo de \$/tn para la empresa. Mediante la propuesta de minado estacional se quiere lograr un incremento en el rendimiento de equipos de carguío y disminuir los costos que traerían consigo mejoras en la productividad de la empresa.

Minera Yanacocha es una empresa minera productora de oro más grande de América del Sur, situada a gran altura sobre la Cordillera de los Andes Peruanos a una altura de 3500 a 4000 msnm, está ubicada en los Distritos de La Encañada, Baños del Inca y Cajamarca, en la provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca, a 48 kilómetros (30 millas) al norte de la ciudad de Cajamarca. La compañía comenzó a explorar en Perú en 1982 y Minera Yanacocha inició las operaciones en el año 1993, actualmente opera cinco tajos (Maqui Maqui, Chaquicocha, La Quinua, Cerro Negro y Quécher Main). La misma está compuesta por cinco tajos a cielo abierto, cinco plataformas de lixiviación y tres plantas de recuperación de oro. (Marín, 2015)

En el Distrito Minero de Yanacocha, las formas de sílice están casi totalmente oxidadas. Alrededor de estas formas hay zonas argílicas avanzadas, y alteración argílica, que no contienen oro, sino que contienen minerales de sulfuro sin oxidar, teniendo potencial de generar ácido. La Quinua es un yacimiento fluvio-glacial cuaternario. Un glaciar cortó la parte superior y una porción del lado oeste del yacimiento Yanacocha y lo transportó 2 km al oeste al área de La Quinua. Los arroyos

y posiblemente un aluvión (huaico) re movilizaron el material glacial, extendiéndolo en un área de 9 km<sup>2</sup>, dejando la mineralización aurífera en gravas originalmente derivadas del yacimiento Yanacocha. (Aguilar y Chilón, 2019)

Minera Yanacocha S.R.L se constituyó legalmente en el año 1992 y actualmente lo conforman las empresas: Newmont Mining Corporation (Empresa norteamericana que posee el 51,35 %), Compañía de Minas Buenaventura (Empresa peruana que cuenta con el 43,65 %) y la Corporación Financiera Internacional (organización dependiente del Banco Mundial con un 5 % de las acciones).

Se inició con las exploraciones en Perú en el año 1982, y dos años después, en 1984 se descubre la primera mineralización superficial de oro. Entre los años de 1986 a 1990, son descubiertos los yacimientos Yanacocha Sur y Norte, Maqui Maqui, Carachugo, Cerro Quilish, y Cerro Negro; determinándose en el año 1992 la primera reserva de oro por de 1.28 millones de onzas. Minera Yanacocha empezó sus operaciones en el año 1993, detectándose mediante muestreos en la superficie diversas anomalías geoquímicas, en este año (1993) comenzó la producción en Carachugo y desde entonces se han recuperado más 23 millones de onzas de oro y han sido removidos más 2 billones de toneladas de material en las diferentes operaciones, llegando a convertir a Yanacocha en la operación minera en la mayor productora de oro den Sudamérica. Entre los años de 1997 a 1999 son descubiertos otros yacimientos como La Quinua, Corímayo El Tapado y Chaquicocha.

Actualmente se mantienen en operación los tajos: La Quinua, Cerro Negro, Maqui Maqui, Chaquicocha y Quécher Main, contando además con plataformas para lixiviación y plantas para la recuperación del oro.

En frentes de minado con presencia de alto contenido de finos y alta humedad, en donde se llevan a cabo las actividades de Carguío y Acarreo, se ve perjudicada la eficiencia, puesto que, se generan colas en el carguío, se presenta enfangamiento de los Camiones y de las Palas, las vías en malas condiciones por deterioro de la capa de rodadura, propiciando bajas en la productividad de estas actividades y afectando notablemente la producción Total de la Operación.

Según (Marín, 2015), en su investigación, en frentes de carguío en el cual se realiza labores de explotación de minerales, con la presencia de altos contenidos de arcillas y finos; determinan que las operaciones de carguío son menos eficientes debido a la pronta degradación del terreno. Indicando que tal situación causa esperas en los camiones y equipos de carguío y, por tanto, las vías de acarreo se tornan ineficientes por la disminución de la velocidad de los camiones.

La extracción de minerales es una importante actividad económica, con grandes volúmenes de inversión y con la imperiosa necesidad de la generación de rentabilidad económica que sustente las operaciones. De la revisión teórica científica realizada, base para esta investigación, sabemos que: La industria minera actualmente está sujeta a una demanda imprecendente por sus productos. A nivel mundial, la economía minera está en un estado de grandes cambios. Oportunidades de ventas y precios que están continuamente incrementando. Rentabilidades están a niveles que no se han visto en décadas. El capital está altamente invertido en exploración, desarrollo y expansión de recursos. (Alvarez, 2013)

Una de las actividades de mayor costo, en las operaciones mineras, son las de movimiento de tierras, esto debido a la alta mecanización que demanda, en este proceso son necesarios grandes equipos de carguío y acarreo operando permanente. El movimiento de tierras inicia con la preparación del material que va a ser movido, el material debe tener una forma y tamaño manejable, este debe encajar o entrar en el cucharón del equipo de excavación y en la tolva del equipo de acarreo. Malpica (2014). “Evaluación de rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado cerro negro Yanacocha”. Cajamarca – Perú.

Del proceso productivo definido por la Empresa Minera Yanacocha se describe al Carguío como la actividad de remover el material volado, facilitando su extracción y posterior traslado desde el tajo hacia su destino; Así mismo, se define al Acarreo como el traslado del material desde los puntos de extracción (lugar donde se realiza el carguío) hacia los destinos establecidos (planta, botaderos o algún punto intermedio).

Según Baldeón (2011) resume la tesis a la implementación de métodos de control, alternativas de solución para la mejora de la productividad, en base al análisis de las operaciones en función del tiempo, ya que el acarreo y transporte son variables que influyen en forma prioritaria en la reducción de costos; concluye que conociendo el ciclo de las operaciones (acarreo y transporte), se puede calcular la flota o equipos requeridos a mínimo costo unitario y/o máximo producción en la unidad de tiempo.

Según Vidal (2010), en su tesis “Estudio de cálculo de flota de camiones para una operación minera”, es un estudio de tipo experimental, donde se afirma que el cálculo correcto de la flota de camiones, ayuda a mantener en óptimas condiciones la relación

\$/tn para el costo de operaciones mina. El exceso o la falta de camiones incurre directamente en los costos unitarios. El siguiente trabajo es de suma importancia, para poder tener referencia de los costos unitarios.

Barrientos (2014) en su tesis: Análisis de factores operacionales en detenciones y productividad del sistema carguío y transporte en minería a cielo abierto, del 2014 infiere que: Con los análisis a los datos limpios de la información proveniente de dispatch en la faena, se concluye que el tiempo del ciclo total posee una alta correlación negativa con una estimación de la productividad por cada ciclo. Este resultado es esperado y sigue la lógica de la teoría, dado que ésta estimación de la productividad se realiza sobre la división entre el tamaño de la tolva y el tiempo que tomó de realizar el ciclo. La construcción de nuevas bases de datos a partir de la base de datos inicial permite realizar análisis más robustos sobre la productividad instantánea definida al comienzo de este estudio.

Según Chiriboga (2015) en su tesis: “Rendimiento de equipo pesado para la explotación de una cantera a cielo abierto”, expresa que: “En esta cantera el equipo pesado más importante del cual depende la producción diaria es la excavadora, ya que ella es la encargada de darle trabajo a los otros equipos, sin ella se paralizaría la producción diaria. El tractor es un equipo para movimiento de tierra de gran potencia y robustez que está diseñado para el trabajo de corte (excavar) y al mismo tiempo de empuje (transportar y estoquear). Este equipo, tiene como principal función producir material, acarrearlo y empujarlo. La excavadora es un tipo particular de máquinas autopropulsada con una superestructura capaz de efectuar una rotación de 360°, cuya función básica es la de ser capaz de remover y cargar el material.

Según Riveros (2016), los factores que afectan a la productividad en el transporte y acarreo se debe considerar que la eficiencia y el costo operativo se verán afectados por dos tipos de factores: positivos y negativos. Dentro de los factores positivos tenemos: personal altamente capacitado, mantenimiento adecuado de los equipos, control detallado de la eficiencia de equipos, etc. En los factores negativos se considera: estado de las vías, falta de recurso humano, problemas de tránsito, administración y logística ineficiente, entre otras.

El término estiaje, deriva de estío o verano, según la RAE (Real Academia Española), estiaje se define como el nivel mínimo de agua que alcanza un río o una laguna o acuíferos, dado por la disminución de la lluvia.

Para el caso del desarrollo de esta investigación, definimos como estiaje a la época con una relativa escasez de precipitaciones, considerando que geográficamente el área de influencia del proyecto, así como gran parte de la región Cajamarca corresponde a una zona de importantes precipitaciones (Octubre – Marzo). En tal sentido nos referimos al Minado Estacional como el desarrollo productivo de los equipos de Carguío y Acarreo con un planeamiento que priorice su operatividad en época de estiaje (abril - Setiembre) y permita reducir los Costos de Operación por la optimización de los recursos.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Se logrará incrementar el rendimiento y mejorar la producción de los equipos de carguío mediante la aplicación de minado estacional en el tajo La Quinoa Sur Yanacocha, Cajamarca 2019?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el incremento en el rendimiento y mejoras en la producción de equipos de carguío al realizar un Minado Estacional en el tajo La Quinoa Sur en Minera Yanacocha SRL.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar un análisis comparativo entre el rendimiento de los equipos de carguío antes y después de realizar el Minado Estacional en el tajo La Quinoa Sur en Minera Yanacocha SRL.
- Determinar el nivel de mejoramiento de la productividad en términos económicos con la aplicación de Minado Estacional en el tajo La Quinoa Sur en Minera Yanacocha SRL.
- Comprobar la disminución del uso y costo de lastre en la temporada seca en comparación con el de la temporada húmeda.

### **1.4. Hipótesis**

#### **1.4.1. Hipótesis general**

Al realizar un minado estacional se logrará determinar el incremento en el rendimiento y mejoras en la producción de los equipos de carguío en el frente de explotación La Quinoa Sur de Minera Yanacocha SRL.

#### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- Es posible determinar las diferencias considerables en el rendimiento de los equipos de carguío que existen cuando realizamos un Minado Estacional en el tajo la Quinua Sur, en Minera Yanacocha SRL.
- Se plantea tener mayores beneficios económicos como resultado del mejoramiento de la productividad con la aplicación de Minado Estacional en el frente de explotación La Quinua, en Minera Yanacocha SRL.
- Se logra comprobar una disminución considerable con respecto a los costos de lastre en la temporada seca en comparación con los costos de la temporada húmeda.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Se presenta un tipo de investigación Aplicada, Experimental con diseño cuasi-experimental, ya que se realizó la toma de datos en dos tiempos distintos, y se analizó las diferencias de ambos resultados con respecto al rendimiento y producción aplicando la propuesta de minado estacional, en donde al final se pudo observar el impacto que genero la misma.

Vargas (2009), Indica que el tipo de investigación aplicada es una forma de conocer las realidades con una prueba científica; requiere obligatoriamente de un marco teórico, sobre el cual se basará para generar una solución al problema específico que se quiera resolver.

Hernández, Fernández y Baptista (2010) “La investigación experimental se divide en pre-experimentos (experimentos puros) y cuasi experimentos los cuales miden un antes y después para identificar las variaciones en cada una de las variables consideradas”.

Esta investigación es también de tipo Experimental, con diseño Cuasi experimental porque según señala Palella y Martins (2015): el diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Asimismo, es con diseño Cuasi experimental ya que se toma los resultados en dos temporadas (seca y húmeda), luego de aplicar la propuesta de minado estacional realizando un análisis comparativo del antes y después.

## **2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

### **Población**

La Población son los frentes de carguío del tajo la Quinoa Sur Gravas de Minera Yanacocha SRL.

### **Muestra**

Un frente de Carguío en forma aleatoria, para esto se ha tomado la pala Hitachi EX 5500 en el frente de trabajo del tajo la Quinoa Sur en época de lluvia comparado el frente de minado del tajo la Quinoa Sur en época de estiaje.

## **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

La técnica principalmente usada es la Observación Directa. Además, se utilizó como instrumentos de recolección de datos, tablas en las que se registra la cantidad de tonelaje por día, por turno y por guardia del material removido en el Tajo la Quinoa, y la productividad de los equipos de carguío tanto en época de lluvia como en época de estiaje. En otra tabla de recolección de datos se registra información respecto a la cantidad de lastre utilizado por guardia en los meses de estiaje como en lluvias.

Posteriormente en el análisis de datos, se realizó la clasificación tabulada de la información, tomada tanto en campo como proporcionada por Dispatch, usando para ello herramientas informáticas como hojas de cálculo y paquetes estadísticos.

Para la toma de datos se utilizaron como instrumentos:

- Formatos de tonelaje de lastre requerido (Anexo N° 01)
- Formatos de datos – Productividad (Anexo N° 03)
- Formato de datos – Material removido (Anexo N° 04)

## **2.4. Procedimiento**

### **2.4.1. Recolección de datos:**

#### **Trabajos de Gabinete Iniciales**

Inicialmente se procede a la revisión de antecedentes, estudios previos, realizados respecto al tema, en los diferentes ámbitos, tanto local, nacional como internacional.

#### **Trabajos en Campo**

Reconocimiento del área de investigación, toma de datos de indicadores de productividad de los equipos de carguío, tanto en época de lluvias como en estiaje, para este proceso se utilizó formatos de datos Lastre (Anexo N° 01), datos productividad (Anexo N° 03), datos del material removido (Anexo N° 04) los cuales fueron tomados en cada guardia para obtener resultados precisos.

#### **Procesamiento de la Información en Gabinete**

Ordenamiento de datos obtenidos, tanto en campo como de Dispatch, el procesamiento de la información se respalda en el uso de equipos de cómputo y herramientas informáticas como hojas de cálculo, estadísticas y procesador de textos, cumpliendo las siguientes fases:

- Clasificación de la Información
- Registro de Información en software de aplicación
- Presentación de Resultados

### **Análisis de Resultados**

En base a los datos recogidos, su posterior ordenamiento - procesamiento y en función a los resultados obtenidos y presentados, se realiza el análisis correspondiente que nos permita determinar el incremento de la productividad y rendimiento de los equipos de carguío realizado en época de estiaje.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### 3.1. Ubicación:

Minera Yanacocha se encuentra situada en la Cordillera de los Andes Peruanos, a una altura de 3500 a 4000 msnm, está ubicada en los Distritos de Baños del Inca, La Encañada y Cajamarca, en la provincia de Cajamarca y el departamento de Cajamarca, a aproximadamente 48 kilómetros al norte de la ciudad de Cajamarca. (Anexo N° 05).



Ilustración 1: *Mapa Ubicación Yanacocha.* Fuente: Proyecto Yanacocha

#### 3.2. Accesibilidad:

Desde la ciudad de Lima a la ciudad de Cajamarca, la accesibilidad se puede realizar tanto por vía terrestre por un trayecto de 960 Km. así como por vía aérea, en un vuelo de aproximadamente 1h y 10 minutos.

Desde la ciudad de Cajamarca se accede por vía terrestre, por un trayecto de aproximadamente 1 hora de viaje en la carretera Cajamarca – Hualgayoc, luego por una carretera el sector de las operaciones de Minera Yanacocha:

Desde la ciudad de Cajamarca hacia el Área de seguridad en Huandoy: 32 Km (Aprox.).

Desde el Área de seguridad hacia los Tajos de Operaciones: 6 a 18 Km (Aprox.)

### **3.3. Geología del tajo la quinua sur gravas**

Los sedimentos clásticos de La Quinua llenan dos cuencas estructurales situadas al oeste de los depósitos de oro de Yanacocha Sur y Oeste. El abanico de gravas llega a un máximo de 350 metros de espesor en el lado donde la cuenca está muy cerca a la falla La Quinua. Los sedimentos varían desde bloques ubicados en la facies proximal a sedimentos areno-limosos en la facies distal. La presencia de capas de sedimentos finos sub-horizontales es más frecuente en la facies distal a medida que va disminuyendo el espesor total de las gravas. Se reconocen cinco tipos de unidades estratigráficas. Estas incluyen, de abajo hacia arriba, regolito que yace directamente sobre el basamento rocoso, depósitos de alta a baja energía de gravas y arenas compuestas por sílice, alunita y arcillas, depósitos de baja energía de lodos ricos en materia orgánica y de pantanos de hierro, gravas ferruginosas, y depósitos de alta energía de gravas de tamaños de bloques, guijas y guijarros gradando hacia la facies distal a sedimentos limo-arcillosos. Desde el punto de vista geotécnico los suelos se pueden dividir según el tamaño de los granos que lo componen, de acuerdo a la granulometría presentan distintos comportamientos, una primera clasificación de los mismos puede ser en: Suelos Gruesos: Partículas mayores a los 74  $\mu$  (0,074 mm) y Suelos Finos: Partículas menores a los 74  $\mu$ .

**Suelos Gruesos:** Las fuerzas que gobiernan su comportamiento son fundamentalmente las de gravedad. (Gravas y arenas) y los Suelos Finos: Las fuerzas que gobiernan su comportamiento en las arcillas son las de atracción y repulsión de origen físico - químicas. (Arcillas y limos).

**Suelos Finos:** Dentro de los suelos finos, conformados por partículas de tamaños menores a  $74\mu$  (Tamiz menos malla 200) tenemos:

**Limos:** Partículas que van desde los  $74\mu$  hasta los  $2\mu$  Arcillas: Partículas menores a los  $2\mu$ . (Marín, 2015)

#### 3.4. Proceso de Producción en temporada húmeda:

El proceso de producción bajo el análisis de este estudio, involucra el uso de palas Hitachi 5500 EX, Camiones CAT 793C, y Tractor oruga CATD11R, los que son operados en base a sus especificaciones técnicas, con el propósito del cumplimiento de labores eficaces.

En condiciones de trabajo con pisos saturados e inestables, por efectos del clima (lluvias intensas), se realizan mediciones de la productividad (de estos equipos), para posteriormente comparar la producción (en tonelaje) en circunstancias de condiciones estables de pisos en época de estiaje.



*Ilustración 2:* Tajo La Quinua - Temporada Húmeda (Lluvia).

Fuente: Proyecto Yanacocha

Las mediciones se realizaron en el mes de febrero de 2018, en el Tajo la Quinua, proyecto Yanacocha. El movimiento de material se ha medido en tonelaje por día y la productividad en TM/h, por cada guardia de trabajo, en ambos turnos (día y noche), observando que en el mes de febrero (mes de constantes lluvias), se ha movido un total de 1,185,840.07 TM con una productividad promedio de 2750 TM/h.

Tabla 1:

*Productividad en Temporada Húmeda*

				Fecha		Turno	G
01/02/2018	A	Guardia A	SH005	Hit 5500EX	28845.60		3096.40
01/02/2018	B	Guardia C	SH005	Hit 5500EX	27860.93		2617.30
02/02/2018	A	Guardia A	SH005	Hit 5500EX	30297.48		2920.10
02/02/2018	B	Guardia C	SH005	Hit 5500EX	29897.03		2864.10
03/02/2018	A	Guardia A	SH005	Hit 5500EX	27057.40		2786.70
03/02/2018	B	Guardia C	SH005	Hit 5500EX	30117.10		2901.50
04/02/2018	A	Guardia B	SH005	Hit 5500EX	22424.54		2432.60
05/02/2018	B	Guardia D	SH005	Hit 5500EX	23374.93		2725.00
06/02/2018	A	Guardia B	SH005	Hit 5500EX	27962.68		2741.10
06/02/2018	B	Guardia D	SH005	Hit 5500EX	27968.62		3075.40
07/02/2018	A	Guardia B	SH005	Hit 5500EX	30327.58		3140.70
07/02/2018	B	Guardia D	SH005	Hit 5500EX	21138.32		2515.80
08/02/2018	A	Guardia C	SH005	Hit 5500EX	22980.96		2833.00
08/02/2018	B	Guardia A	SH005	Hit 5500EX	26826.79		2983.10
09/02/2018	A	Guardia C	SH005	Hit 5500EX	27018.11		2885.10
09/02/2018	B	Guardia A	SH005	Hit 5500EX	20470.89		2775.20
10/02/2018	A	Guardia C	SH005	Hit 5500EX	24246.51		2598.90
10/02/2018	B	Guardia A	SH005	Hit 5500EX	24655.94		2740.60
11/02/2018	A	Guardia C	SH005	Hit 5500EX	15894.35		2476.40
11/02/2018	B	Guardia A	SH005	Hit 5500EX	18686.71		2592.50
16/02/2018	A	Guardia A	SH005	Hit 5500EX	21826.16		2504.60
16/02/2018	B	Guardia C	SH005	Hit 5500EX	26913.65		2857.70

				Hit		
17/02/2018	A	Guardia A	SH005	5500EX	27980.87	2852.50
				Hit		
17/02/2018	B	Guardia C	SH005	5500EX	28805.57	2835.60
				Hit		
18/02/2018	A	Guardia A	SH005	5500EX	26474.22	2555.70
				Hit		
18/02/2018	B	Guardia C	SH005	5500EX	20779.71	2109.90
				Hit		
19/02/2018	A	Guardia A	SH005	5500EX	25212.79	2589.90
				Hit		
19/02/2018	B	Guardia C	SH005	5500EX	28605.31	2708.90
				Hit		
20/02/2018	A	Guardia B	SH005	5500EX	28089.78	2807.10
				Hit		
20/02/2018	B	Guardia D	SH005	5500EX	27233.42	2723.00
				Hit		
21/02/2018	A	Guardia B	SH005	5500EX	24038.97	2741.50
				Hit		
21/02/2018	B	Guardia D	SH005	5500EX	24689.80	2868.10
				Hit		
22/02/2018	A	Guardia B	SH005	5500EX	21948.42	2945.40
				Hit		
22/02/2018	B	Guardia D	SH005	5500EX	27316.77	3011.60
				Hit		
23/02/2018	A	Guardia B	SH005	5500EX	29018.62	2831.00
				Hit		
23/02/2018	B	Guardia D	SH005	5500EX	29009.29	2865.50
				Hit		
24/02/2018	A	Guardia C	SH005	5500EX	32684.55	3257.80
				Hit		
24/02/2018	B	Guardia A	SH005	5500EX	24440.93	2978.50
				Hit		
25/02/2018	A	Guardia C	SH005	5500EX	33133.72	3000.00
				Hit		
25/02/2018	B	Guardia A	SH005	5500EX	22091.14	2926.50
				Hit		
26/02/2018	A	Guardia C	SH005	5500EX	29418.40	2921.60
				Hit		
26/02/2018	B	Guardia A	SH005	5500EX	24165.71	2449.30
				Hit		
27/02/2018	A	Guardia C	SH005	5500EX	18595.60	2208.90
				Hit		
27/02/2018	B	Guardia A	SH005	5500EX	26687.94	2890.50
				Hit		
28/02/2018	A	Guardia D	SH005	5500EX	24426.81	2699.80
				Hit		
28/02/2018	B	Guardia B	SH005	5500EX	24199.46	3848.50
				<b>TOTAL</b>	<b>1,185,840.07</b>	

Fuente: Área técnica de mina



*Ilustración 3:* Operaciones en Suelo inestable y saturado-Temporada Húmeda (lluvia)

Fuente: Proyecto Yanacocha

Se observa que el piso de carguío sobre el cual se desempeña la pala, se encuentra en mal estado y requiere una tarea de lastrado que permita establecer condiciones adecuadas para el mejoramiento de la operatividad de los equipos de carguío. La tarea de lastrado demanda una coordinada programación supervisada, desde la solicitud del material de lastre, la disposición de camiones de lastre y el proceso mismo de lastrado, incrementando inevitablemente los costos de operación.



Ilustración 4: *Colocación de Material de Lastre en los pisos de carguío.*

Fuente: Proyecto Yanacocha

Se observa que en el mes de febrero (en cual se hizo la medición), se tiene un total de lastre utilizado en la plataforma de carguío de 56,407.58 TM, incluyendo todas las guardias.

Tabla 2:

*Tonelaje de Material de Lastre requerido por Guardia (Temporada Húmeda)*

<b>PALA</b>	<b>DESCARGA</b>	<b>GUARDIA</b>	<b>TONELAJE</b>
SH005	IPLQS_SH005	Guardia C	8900.52
SH005	IPTO3312SH005	Guardia A	7551.25
SH005	IPTO3312SH005	Guardia B	10037.85
SH005	IPTO3312SH005	Guardia C	12946.48
SH005	IPTO3312SH005	Guardia D	9295.45
SH005	IPTO3312 SH005	Guardia A	10000.00
SH005	IPTOVIA_GRAVAS	Guardia C	7470.02
<b>TOTAL</b>			<b>56,407.58</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5. Proceso de producción en época de estiaje (sin Lluvia):

En época de estiaje, la pala dispone de un piso firme, mejorando las condiciones para el carguío; beneficiando el Rendimiento y la Productividad, tal como se observa en las mediciones realizadas sobre el mismo Tajo (La Quinoa), en el mes de agosto del 2018.

En este mes, el tonelaje de material movido, nos da un total de 1,530,535.61 TM, y la productividad es de 3360 TM/h en promedio.

Tabla 3:

*Productividad en Temporada Seca (agosto)*

Fecha	Turno	Guardia	Pala	Flota	Tonelaje (Ton)	Productividad (Ton/h)
01/08/2018	A	Guardia B	SH007	Hit 5500EX	35457.34	3577.80
01/08/2018	B	Guardia D	SH007	Hit 5500EX	36148.28	3456.40
02/08/2018	A	Guardia B	SH007	Hit 5500EX	37955.56	3651.50
02/08/2018	B	Guardia D	SH007	Hit 5500EX	26569.90	3197.40
03/08/2018	A	Guardia C	SH007	Hit 5500EX	29719.97	3285.50
03/08/2018	B	Guardia A	SH007	Hit 5500EX	34048.17	3105.20
04/08/2018	A	Guardia C	SH007	Hit 5500EX	33541.97	3238.80
04/08/2018	B	Guardia A	SH007	Hit 5500EX	34770.13	3570.70
05/08/2018	A	Guardia C	SH007	Hit 5500EX	29600.53	3227.80
05/08/2018	B	Guardia A	SH007	Hit 5500EX	35413.76	3296.90
06/08/2018	A	Guardia C	SH007	Hit 5500EX	34166.84	3325.30
06/08/2018	B	Guardia A	SH007	Hit 5500EX	32083.79	3289.10
14/08/2018	B	Guardia C	SH007	Hit 5500EX	31022.93	3456.20
15/08/2018	A	Guardia B	SH007	Hit 5500EX	32017.15	3213.80
15/08/2018	B	Guardia D	SH007	Hit 5500EX	34937.78	3545.80

				Hit		
16/08/2018	A	Guardia B	SH007	5500EX	28765.57	3039.00
				Hit		
16/08/2018	B	Guardia D	SH007	5500EX	33163.87	3197.50
				Hit		
17/08/2018	A	Guardia B	SH007	5500EX	30452.26	3093.20
				Hit		
17/08/2018	B	Guardia D	SH007	5500EX	29290.24	3527.10
				Hit		
18/08/2018	A	Guardia B	SH007	5500EX	31065.30	3113.80
				Hit		
18/08/2018	B	Guardia D	SH007	5500EX	34801.95	3260.40
				Hit		
19/08/2018	A	Guardia C	SH007	5500EX	33590.03	3504.00
				Hit		
19/08/2018	B	Guardia A	SH007	5500EX	29134.99	3211.20
				Hit		
20/08/2018	A	Guardia C	SH007	5500EX	30104.81	3399.60
				Hit		
20/08/2018	B	Guardia A	SH007	5500EX	28118.66	3482.90
				Hit		
21/08/2018	A	Guardia C	SH007	5500EX	31320.19	3411.70
				Hit		
21/08/2018	B	Guardia A	SH007	5500EX	34334.90	3546.10
				Hit		
22/08/2018	A	Guardia C	SH007	5500EX	36834.41	3532.40
				Hit		
22/08/2018	B	Guardia A	SH007	5500EX	30470.09	3214.00
				Hit		
23/08/2018	A	Guardia D	SH007	5500EX	30218.77	3105.20
				Hit		
23/08/2018	B	Guardia B	SH007	5500EX	34481.85	3491.40
				Hit		
24/08/2018	A	Guardia D	SH007	5500EX	35216.71	3120.90
				Hit		
24/08/2018	B	Guardia B	SH007	5500EX	35070.03	3524.40
				Hit		
25/08/2018	A	Guardia D	SH007	5500EX	34616.77	3275.20
				Hit		
25/08/2018	B	Guardia B	SH007	5500EX	33622.47	3405.60
				Hit		
26/08/2018	A	Guardia D	SH007	5500EX	33625.80	3438.70
				Hit		
26/08/2018	B	Guardia B	SH007	5500EX	26787.69	3142.60
				Hit		
27/08/2018	A	Guardia A	SH007	5500EX	35397.08	3387.40
				Hit		
27/08/2018	B	Guardia C	SH007	5500EX	36755.11	3792.70
				Hit		
28/08/2018	A	Guardia A	SH007	5500EX	36945.82	3820.20

				Hit		
28/08/2018	B	Guardia C	SH007	5500EX	35993.54	3704.00
				Hit		
29/08/2018	A	Guardia A	SH007	5500EX	28331.52	3433.10
				Hit		
29/08/2018	B	Guardia C	SH007	5500EX	30038.04	3109.40
				Hit		
30/08/2018	A	Guardia A	SH007	5500EX	34547.82	3616.70
				Hit		
30/08/2018	B	Guardia C	SH007	5500EX	31689.53	3277.10
				Hit		
31/08/2018	A	Guardia B	SH007	5500EX	28148.67	3096.10
				Hit		
31/08/2018	B	Guardia D	SH007	5500EX	30147.00	3214.10
				<b>TOTAL</b>	<b>1,530,535.61</b>	

Fuente: Área técnica de mina



*Ilustración 5:* Operaciones en Temporada Seca (agosto) sin lluvia.

*Fuente:* Proyecto Yanacocha



*Ilustración 6:* Carguío de material en piso estable Temporada Seca (agosto).

*Fuente:* Proyecto Yanacocha.

El lastre utilizado en época de estiaje (temporada seca, agosto) suma un total de 8,714.95 TM.

Tabla 4:

*Material de Lastre utilizado por Guardia en Temporada Seca (agosto)*

<b>PALA</b>	<b>GUARDIA</b>	<b>TONELAJE</b>
SH007	Guardia A	3113.98
SH007	Guardia B	632.92
SH007	Guardia C	1860.91
SH007	Guardia D	1864.21
SH007	Guardia C	212.40
SH007	Guardia A	205.87
SH007	Guardia C	824.69
	<b>TOTAL</b>	<b>8,714.95</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6. Análisis Comparativo de Tonelaje de Lastre y Productividad por Temporada:

Según se observa en los resultados ordenados en la siguiente tabla, la diferencia respecto al uso de material de lastre en temporada húmeda, es bastante notoria respecto a la demanda de este material en temporada seca.

Tabla 5:

*Análisis Comparativo por Tonelaje de Material de Lastre*

<b>GUARDIA</b>	<b>TONELAJE (TEMPORADA)</b>		<b>TOTAL</b>
	<b>Húmeda</b>	<b>Seca</b>	
<b>Guardia A</b>	17,551.25	3,319.84	10,871.09
<b>Guardia B</b>	10,243.86	632.92	10,876.77
<b>Guardia C</b>	19,317.03	2,897.99	32,215.02
<b>Guardia D</b>	9,295.45	1,864.21	11,159.65
<b>TOTAL</b>	56,407.58	8,714.95	65,122.54

Fuente: Elaboración Propia

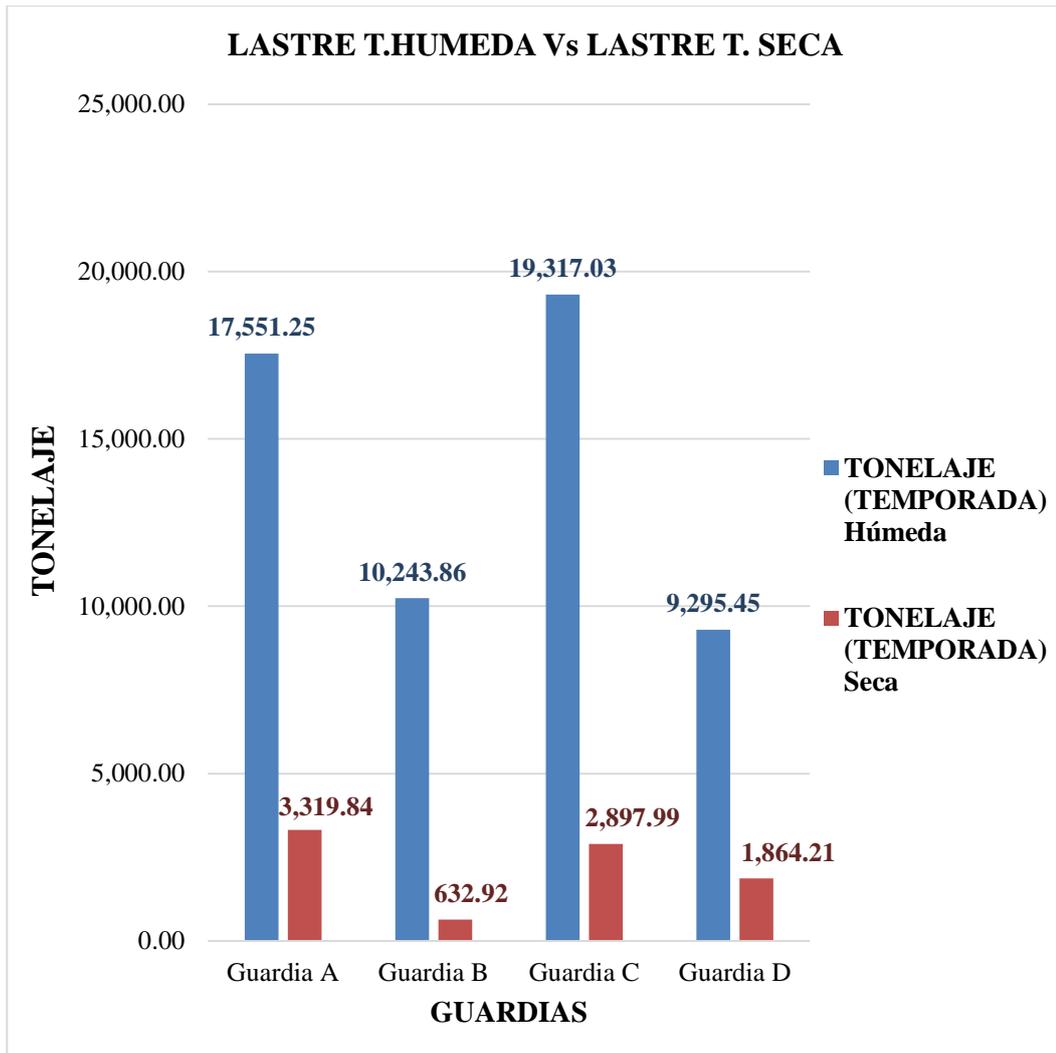


Ilustración 7: Tonelaje de Material de Lastre. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6:

*Tonelaje promedio de material de Lastre*

TEMPORADA	TONELAJE PROMEDIO
Húmeda (febrero)	56,407.58
Seca (agosto)	8,714.95
<b>Promedio Total</b>	<b>32,561.27</b>

Fuente: Elaboración Propia

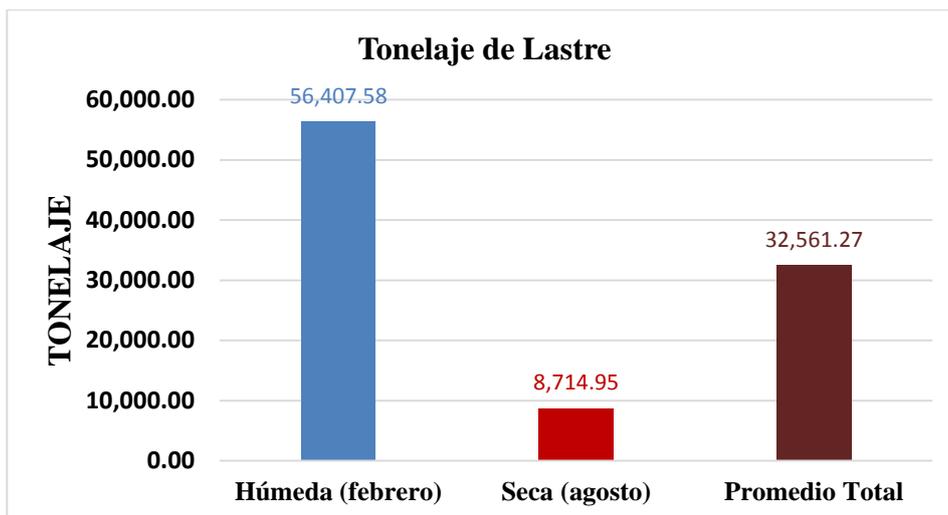


Ilustración 8: Tonelaje de Lastre. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7:

Productividad Promedio Por Temporada

TEMPORADA	PRODUCTIVIDAD PROMEDIO (TM/H)
Húmeda (febrero)	2,797.63
Seca (agosto)	3,360.13
<b>Promedio Total</b>	<b>3,078.88</b>

Fuente: Elaboración Propia

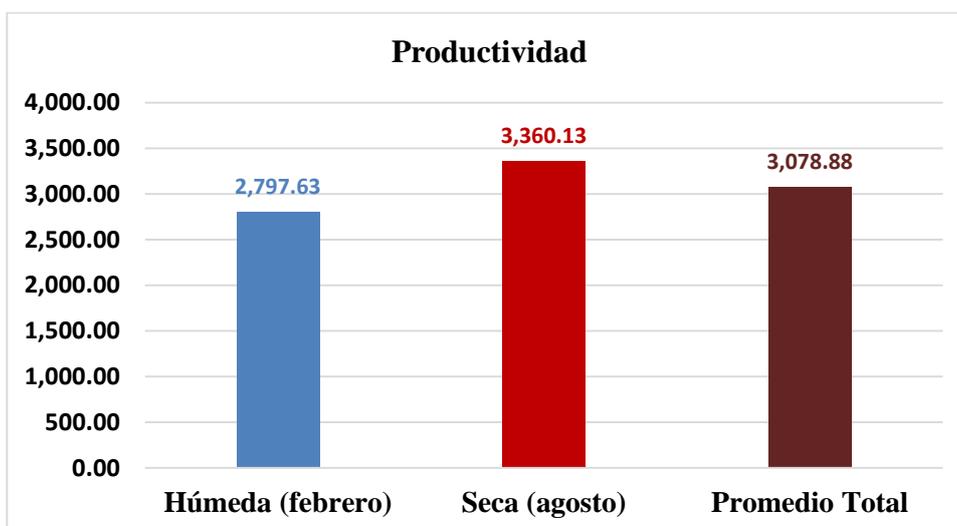


Ilustración 9: Productividad Promedio por Temporada. Fuente: Elaboración Propia

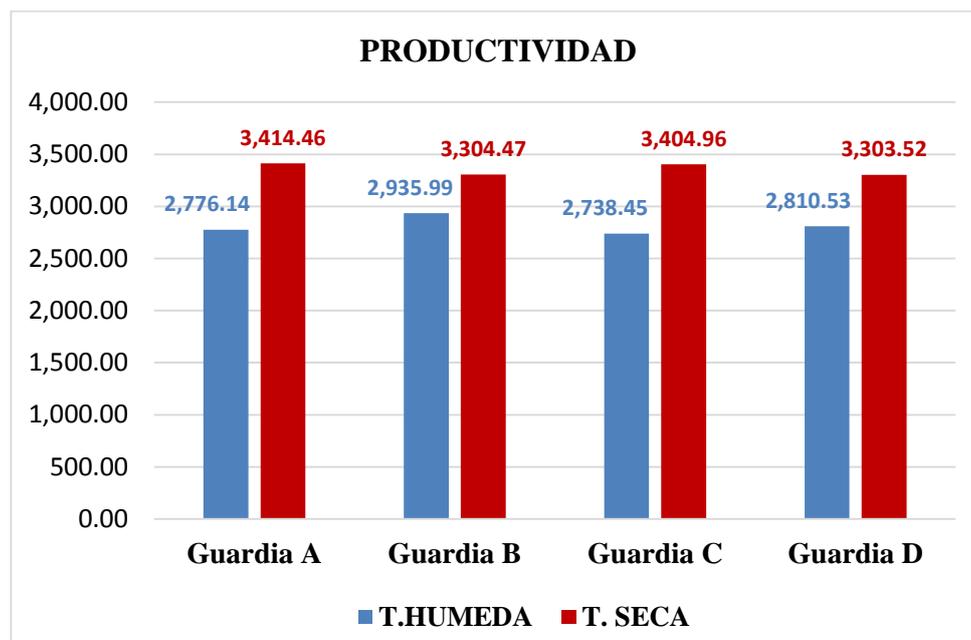
Las mediciones demuestran que la productividad es mejor en la Temporada seca (agosto), en todas las guardias el promedio de TM/h de productividad es mayor a los resultados obtenidos en temporada húmeda.

Tabla 8:

*Productividad Promedio por Guardia*

Mes	Temporada	Productividad Promedio por Guardia (TM/h)			
		Guardia A	Guardia B	Guardia C	Guardia D
Febrero	Húmeda	2,776.14	2,935.99	2,738.45	2,810.53
Agosto	Seca	3,414.46	3,304.47	3,404.96	3,303.52

Fuente: Elaboración Propia



*Ilustración 10: Productividad Promedio por Guardia /Temporada.*

Fuente: Elaboración Propia

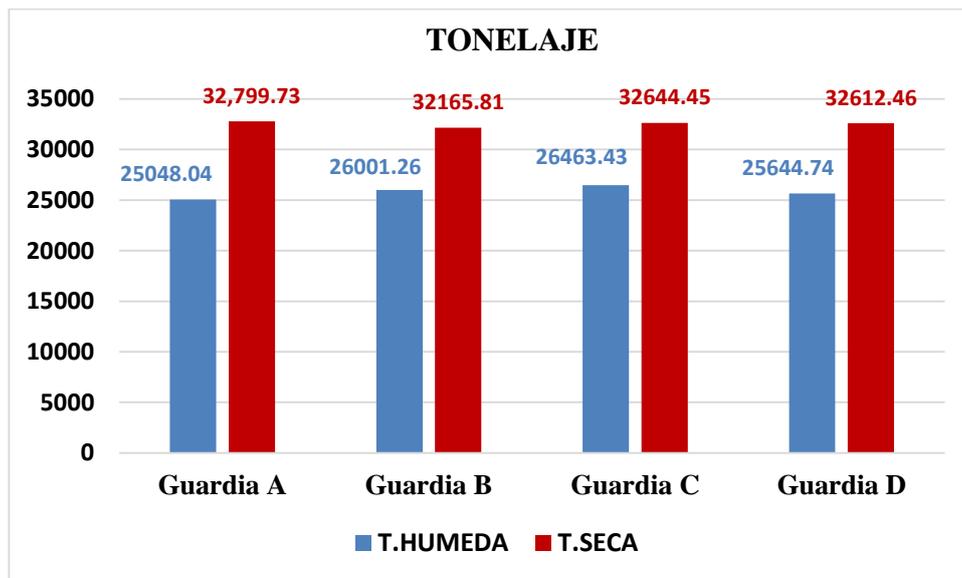
Tabla 9:

*Promedio de Material Removido por Guardia*

Temporada	Promedio de Material Removido (TM) por Guardia			
	Guardia A	Guardia B	Guardia C	Guardia D
Húmeda	25,048.04	26,001.26	26,463.43	25,644.74
Seca	32,799.73	32,165.81	32,644.45	32,612.46

Fuente: Elaboración Propia

En este grafico podemos observar la cantidad promedio de toneladas por guardia que minan por turno en época de lluvia Vs época de estiaje, la cual podemos notar que existe una diferencia muy notoria en la cantidad de toneladas minadas.



*Ilustración 11: Material Removido por Guardia /Temporada.*

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7. Análisis de Costos (\$/TM Prime):

Tabla 10:

*Costo Unitario de Operaciones de Carguío y Acarreo por TM Prime*

<b>OPERACIONES</b>	<b>Costo por TM (US \$)</b>
Loading AC (AC/	0.19
Blasting	0.20
Drilling	0.06
Hauling(Opex/prime+mining rehandle tonnes)	0.59
Auxiliar AC(AC/prime+mining rehandle tonnes)	0.59
Roads	0.08
<b>Costo Total Carguío y Transporte</b>	<b>1.71</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11:

*Comparación de Costos de Material de Lastre /Temporada*

<b>Guardia</b>	<b>Costo por TM (US\$)</b>	<b>Temporada</b>		<b>Costo Total (US\$)</b>	
		<b>Húmeda</b>	<b>Seca</b>	<b>Total Húmeda</b>	<b>Total Seca</b>
Guardia A	3.16	17,551.25	3,319.84	55,461.95	10,490.69
Guardia B	3.16	10,243.86	632.92	32,370.59	2,000.03
Guardia C	3.16	19,317.03	2,897.99	61,041.82	9,157.65
Guardia D	3.16	9,295.45	1,864.21	29,373.62	5,890.90
<b>TOTAL</b>		<b>56,407.59</b>	<b>8,714.96</b>	<b>178,247.98</b>	<b>27,539.27</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 11, podemos ver que los costos asociados al material utilizado de lastre utilizado para mejorar las condiciones de los pisos de carguío incrementan los costos de carguío y acarreo teniendo un \$/TM más caro en época de lluvia, los gastos aumentan en \$150,708.71 en la temporada húmeda.

Para el minado de materia Rahandle (Lastre), es más costoso en la cual se realiza doble carguío y acarreo por la parte operativa. Las toneladas de Rahandle hay que

sumar las toneladas Prime que es \$/ton 1.71 más \$/ton 1.45 del carguío de material de lastre procedente de los stocks (no se considera blasting y drilling), teniendo un costo total de \$/ton 3.16.

En el gráfico anterior podemos observar el costo que empleamos en época de lluvia es bastante elevado y si lo multiplicamos por toda la epoda de lluvia que son 6 meses más o menos el costo asociado sería de \$1,069,487.88, la cual es costo adicional para poder sacar estas toneladas de este tajo de la Quinoa Sur Gravas.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Según las observaciones en campo, las operaciones de carguío con presencia de arcillas en zonas húmedas, se ha visto perjudicada, por las colas en el carguío que se generan, por el enfangamiento de los Camiones y de las Palas, por las vías en malas condiciones, y se ha propiciado una importante disminución en la operatividad de estas labores influyendo notablemente en la producción Total de la Operación.

En contraste a lo descrito por (Marín, 2015), respecto a que, en frentes de carguío con la presencia de altos contenidos de arcillas y finos, en los cuales se llevan a cabo labores de explotación de minerales, en este estudio se evidencia que; en efecto, tales operaciones son menos eficientes, demandándose de mayor tonelaje de material de lastre en época de lluvia, por una cantidad de hasta 7 veces más que lo requerido en época de estiaje. Esta situación, además, propicia hasta un 23% aproximadamente menos de productividad por hora. (Ver Tabla 7. Productividad Promedio Por Temporada).

Efectivamente la inversión en proyectos mineros es importante en cantidad, y definitivamente requiere rentabilidad económica que de sustento a las operaciones. En tal sentido, lo descrito por (Alvarez, 2013), la industria minera actualmente está sujeta a una demanda improcedente por sus productos. A nivel mundial, la economía minera está en un estado de grandes cambios. Oportunidades de ventas y precios que están continuamente incrementando. Rentabilidades están a niveles que no se han visto en décadas. El capital está altamente invertido en exploración, desarrollo y expansión de recursos, respecto al valor económico necesario que debe existir en un

yacimiento para sustentar su explotación y generar beneficio para la empresa, demanda optimizar los costos incurridos en cada etapa del minado, principalmente en las labores de carguío y acarreo, consideradas operaciones sensibles, por el importante costo que generan, los que son atribuidos al alto nivel de mecanización, demanda considerable de recursos humanos y recursos no renovables como los combustibles, además de materiales de lastre necesarios para las labores de preparación del área de carguío.

Las principales limitaciones en relación a los resultados obtenidos, se orientan en función al mantenimiento de la operatividad del proceso de movimiento de materiales, al cumplimiento de las normas técnicas y los lineamientos de seguridad establecidos para las tareas de carguío y acarreo en operaciones mineras superficiales como las que se llevan a cabo en el tajo La Quinoa Sur.

En esta investigación se ha logrado demostrar que es posible reducir los costos de operación en las labores de movimiento de materiales aplicando un minado estacional, esto es, el desarrollo productivo de los equipos de Carguío y Acarreo con un planeamiento en el que se priorice su operatividad en época de estiaje (abril a setiembre). Además, según los resultados comparativos obtenidos, los costos de material de lastre utilizados para la preparación del área de carguío, son notablemente mayores en épocas más húmedas (presencia de lluvias) que en épocas secas.

Además, con este estudio, se pretende rescatar como aporte que, en operaciones mineras superficiales, en las labores de carguío y acarreo de materiales (tanto mineral

como desmonte) mediante el uso de un minado estacional es posible reducir costos operativos. En tal sentido, se recomienda su aplicación en el tajo la quinoa de la compañía minera Yanacocha, como alternativa que permita el mejoramiento de la operatividad de este proceso y el incremento de la productividad general del proyecto.

## 4.2 Conclusiones

- En relación al incremento del rendimiento de equipos de carguío y de la producción en el frente de explotación La Quinoa Sur en Minera Yanacocha SRL, se concluye que, con la aplicación de un Minado Estacional se reducen considerablemente los costos operativos asociados, mejorando la rentabilidad general del proyecto.
- En relación al análisis comparativo entre el rendimiento de los equipos de carguío antes y después de realizar el Minado Estacional en el frente de explotación La Quinoa Sur en Minera Yanacocha SRL, se concluye que el minado en época de estiaje permite optimizar los recursos, mejorar la operatividad e incrementar la productividad de los equipos de carguío.
- En términos económicos la productividad se incrementa en un nivel considerable de hasta 25% con la aplicación de Minado Estacional en el frente de explotación La Quinoa Sur, en Minera Yanacocha SRL.
- En términos económicos minar en época seca disminuye el costo de \$/ton, con respecto al lastre, en temporada húmeda los costos son de \$178,247.98 y en la temporada seca de \$27,539.27, teniendo una diferencia considerable de \$150,708.71 lo cual influye en la reducción de costos del proceso.
- El costo que empleamos en época de lluvia es bastante elevado y si lo multiplicamos por toda la época de lluvia que son 6 meses más o menos el costo

asociado sería de \$1,069,487.88, la cual es costo adicional para poder sacar estas toneladas de este tajo de la Quinoa Sur Gravas.

- Minar en época seca nos ayuda a minimizar el impacto de pérdidas por Oz Leache no colocadas en los Pads, y podemos poner en riesgo las Oz totales porque podemos correr el riesgo de no colocar toldas las Oz Leache programadas en el Presupuesto para el año a Ejecutar.
- En la época de lluvia en el caso particular del tajo la Quinoa Sur se recomienda no minar en estas condiciones y se debe priorizar el minado en los tajos del Tapado Oeste Leyback, Tajo Yanacocha y Quécher Main que tienen pisos más estables y menos saturados y no afectan la productividad de los equipos de carguío y acarreo.
- Si fuera necesario realizar el minado en el tajo la Quinoa Sur, no se debe realizar con palas Hitachi EX 5500 por ser muy pesadas (550ton), en este caso deberíamos utilizar equipos más livianos como las excavadoras Hitachi EX 2500 (250ton), de esta manera evitaríamos que los equipos de carguío se estén enfangando en las condiciones de pisos inestables y saturados.

## REFERENCIAS

- Aguilar, M. & Chilón, F. (2017). *Estimación de presiones dinámicas inducidas por voladura para definir distancias críticas para detonadores electrónicos Daveytronic en tajo La Quinua Yanacocha*. (tesis pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Alvarez, R. (2013). *Incidencia de la operatividad financiera y económica en la gestión de las empresas del sector minero*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Baldeón, Z. (2011). *Gestión en las operaciones de transporte y Acarreo para el incremento de la productividad en CIA. Minera Condestable S.A.* (tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Barrientos, G. (2014). *Análisis de factores operacionales en detenciones y productividad del sistema carguío y transporte en minería a cielo abierto*. (tesis pregrado). Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Chiriboga, M. (2015). *Rendimiento de equipo pesado para la explotación de una cantera a cielo abierto*. (tesis pregrado). Escuela Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

El proceso del oro de principio a fin, recuperado de: <http://www.yanacocha.com/wp-content/uploads/Proceso-de-producci%C3%B3n-del-Oro-Yanacocha.pdf>

Ficha técnica del Camión gigante (dumper) 793 CAT, recuperado de: [https://www.cat.com/es\\_ES/products/new/equipment/off-highway-trucks/mining-trucks/17137312.html](https://www.cat.com/es_ES/products/new/equipment/off-highway-trucks/mining-trucks/17137312.html)

Ficha técnica del Tractor sobre Orugas CATERPILLAR D11R CD, recuperado de: <https://obraplaza.com.mx/pdf/datasheet.php?id=565>

Ficha técnica de la Pala EX5500-6, recuperado de: [https://www.hitachiconstruction.com/wp-content/uploads/2015/11/EX5500-6\\_specs\\_ES.pdf](https://www.hitachiconstruction.com/wp-content/uploads/2015/11/EX5500-6_specs_ES.pdf)

Datos de la empresa, ubicación y accesibilidad, recuperado de: <http://www.yanacocha.com/>

Definición de Estiaje según la Real Academia de la Lengua Española, recuperado de: <https://dle.rae.es/srv/search?w=estiaje>.

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. 5ta Edición, McGraw-Hill / Interamericana Editores, Chile.

Malpica, C. (2014). *Evaluación de rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado cerro negro Yanacocha*. (tesis pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

Marín, C. (2015). *Incremento de la productividad en el carguío y acarreo en frentes que presentan altos contenidos de arcillas al utilizar un diseño de lastre adecuado, Minera Yanacocha*. (tesis pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

Palella, S. & Martins, F. (2015). *Metodología de la investigación cuantitativa*, Florencia, Venezuela. Recuperado de: <https://www.doccity.com/es/disenio -tipo-nivel-y-modalidad-de-palella-y-martins/2733947/>

Riveros, J. (2016). *Cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la unidad minera Arcata*. (tesis pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Vargas, R. (2009). *La Investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. Vol. (33), p.161

Vidal, L. (2010). *Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto*. (tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

## ANEXOS

ANEXO N° 01: Formato de tonelaje de material lastre requerido por guardia

<b>PALA</b>	<b>DESCARGA</b>	<b>GUARDIA</b>	<b>TONELAJE</b>
			<b>TOTAL</b>

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 02: Formato de análisis comparativo de tonelaje de lastre

<b>GUARDIA</b>	<b>TONELAJE (TEMPORADA)</b>		<b>TOTAL</b>
	<b>Húmeda</b>	<b>Seca</b>	
<b>Guardia A</b>			
<b>Guardia B</b>			
<b>Guardia C</b>			
<b>Guardia D</b>			
<b>TOTAL</b>			

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 03: Formato de Productividad promedio por guardia

<b>Mes</b>	<b>Temporada</b>	<b>Productividad Promedio por Guardia (TM/h)</b>			
		<b>Guardia A</b>	<b>Guardia B</b>	<b>Guardia C</b>	<b>Guardia D</b>
Febrero	Húmeda				
Agosto	Seca				

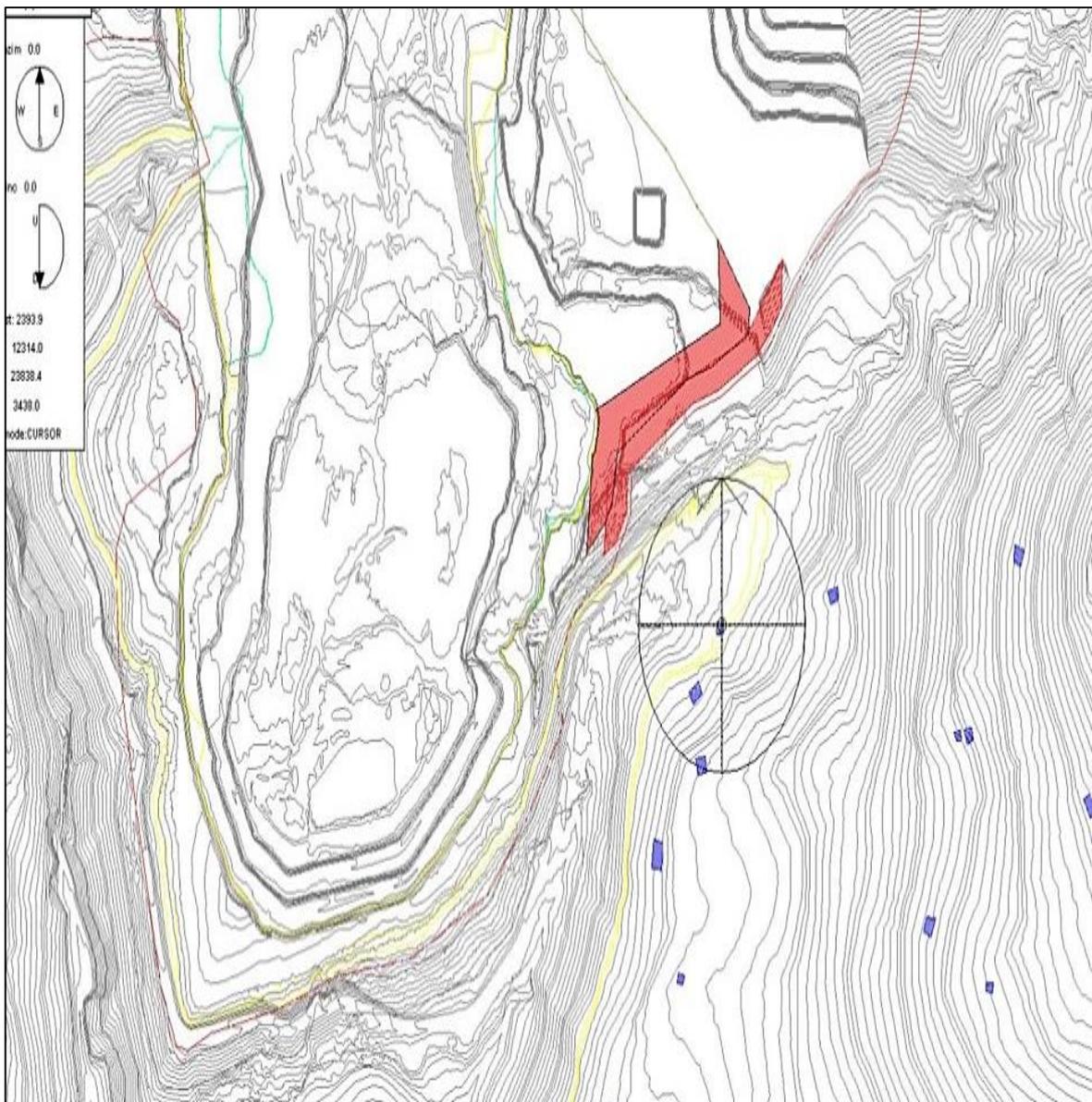
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 04: Formato de Promedio de material removido por guardia

Temporada	Promedio de Material Removido (TM) por Guardia			
	Guardia A	Guardia B	Guardia C	Guardia D
Húmeda				
Seca				

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 05: Tajo la Quinua sur.



Fuente: Área técnica de mina.

ANEXO N° 06: Fotos que evidencian el trabajo de campo



Foto 1: Pala EX5500 en su frente de minado presentando el cucharón para carguío por el lado derecho



Foto 2: Pala ERX5500 cargando por ambos lados

## ESPECIFICACIONES EX5500-6



**CAPACIDAD DEL CUCHARÓN DE LA RETROEXCAVADORA:**  
(COLMADO SAE) 29,0 m<sup>3</sup> (38,0 yd<sup>3</sup>)

**CAPACIDAD DE CUCHARÓN DE PALA (COLMADO):**  
SAE (2:1): 27,0 m<sup>3</sup> (35,5 yd<sup>3</sup>)

**PESO OPERACIONAL:**  
RETROEXCAVADORA: 522 000 kg (1 151 000 lb)  
PALA CARGADORA: 522 000 kg (1 151 000 lb)

**POTENCIA NOMINAL:**  
2088 kW (2800 hp)

Foto 3: Ficha técnica de la Pala ERX5500

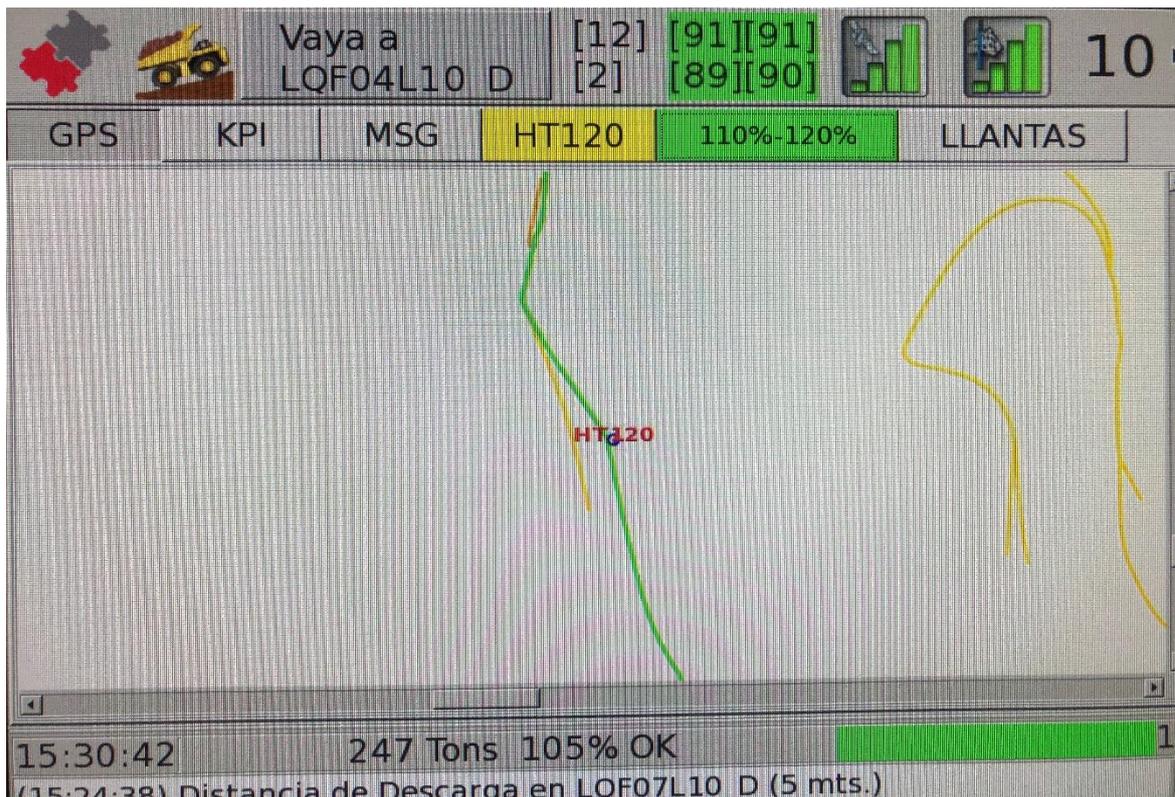


Foto 4: Pantalla del sistema Jiwsao en la cual termina de cargar y lo envía a su destino para que descerque

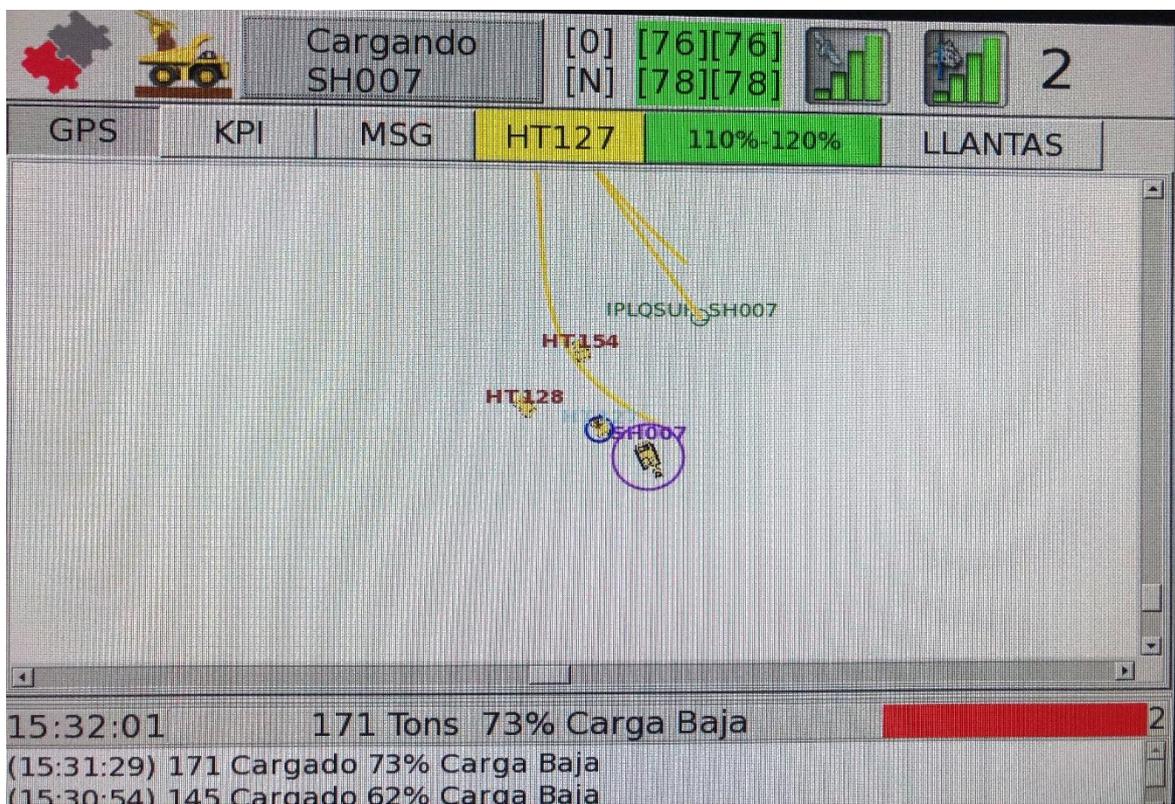


Foto 5: Pantalla Jiwsao en la pala EX 5500 en la actividad cargando



Foto 6: Carguío de camiones usando lastre.



Foto 7: Camión 793 cargado en ruta para su destino de descarga transitando por HaulRoad



Foto 8: Camión 793 en la zona de descarga

## GENERALIDADES

Dúmpster para Minería 793D

**MOTOR** UNIDADES: IMPERIAL/METRICO

Modelo del motor	3516B HD EUI
Potencia bruta - SAE J1995	1801.0 kW
Potencia nominal	1750.0 kW
Potencia neta CEE ISO 9249	1743.0 kW
Potencia neta: 80/1269/CEE	1743.0 kW
Reserva de par motor	23.0 %
Diámetro	170.0 mm
Recorrido	215.0 mm
Desplazamiento	78.0 l
Potencia neta	1743.0 kW
Net Power - SAEJ1349	1743.0 kW

Foto 9: Ficha técnica del camión 793 CAT



Foto 10: Tractor poniendo lastre en los pisos de carguío

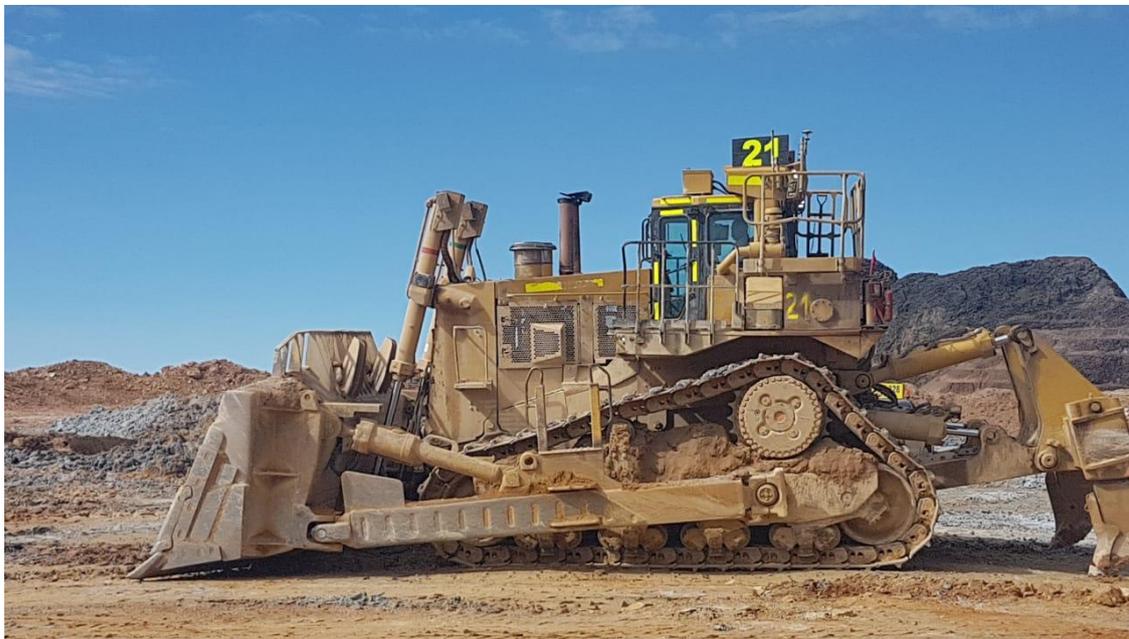


Foto 11: Tractor de orugas D11R utilizados para la limpieza y lastrado del piso de palas

**CATERPILLAR® Tractor sobre Orugas CATERPILLAR D11R CD**

Dimensiones	
Peso operativo	108658.1 Kg
A. Longitud con cuchilla	834.1 cm
B. Anchura desde pistas	360.2 cm
C. Altura a la cabina	465.8 cm
D. Longitud de la cadena en suelo	444.4 cm
E. Distancia libre de piso a máquina	62.3 cm
F. Longitud sin cuchilla	616.3 cm
G. Ancho de vía	289.6 cm
H. Tamaño estándar de la pista	91.0 cm
Altura de bote	325.5 cm
Ancho de bote	670.6 cm
Capacidad de bote	43.6 m <sup>3</sup>
Profundidad de excavación	76.6 cm
Alternador	100 amps
Capacidad de aceite de motor	106 Lt
Capacidad de aceite del tren motriz	344 Lt
Capacidad de refrigerante	231 Lt
Capacidad de sistema hidráulico	205 Lt
Capacidad de tanque de combustible	1471 Lt
Capacidad final de aceite de accionamiento	30 Lt
Voltaje	24 V
Aspiración	TURBOCHARGED
Desplazamiento de motor	34.5 Lt
Marca de motor	CATERPILLAR
Modelo	3508B
Número de cilindros	8
Potencia bruta	915 Hp
Potencia neta	850 Hp
Revoluciones del motor	1800 rpm
Número de marchas adelante	3
Número de marchas de reversa	3
Tipo de transmisión	POWERSHIFT
Velocidad máxima adelante	11.7 Km/h
Velocidad máxima de reversa	14 Km/h
Área de contacto con suelo	8.1 m <sup>2</sup>
Número de pistas por lado	41
Número de rodillos de cadena (oruga) por lado	8
Paso de la pista	31.8 cm
Presión de suelo	20 Psi
Tamaño de pista estándar	91.0 cm
Presión de válvula de escape	0 Psi

Foto 12: Ficha técnica del tractor de orugas D11R



Foto 13 y 14: Tapado Oeste Leyback parte de la Quinoa Sur