

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA.**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS.**



**TESIS**

**“MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE LA FLOTA DE EQUIPOS MEDIANTE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS RETEN EN LA U.M. LAS BAMBAS -  
APURIMAC”**

**Presentado por:**

**Bachiller Illary Sumalave Baca.**

**Para Optar al Título Profesional de Ingeniero de Minas**

**Asesor:**

**Dr. Mauro Valdivia Jordán.**

**Cusco – Perú**

2022

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.

A mis compañeros de trabajo que me acogieron y me brindaron el apoyo y conocimientos para seguir escalando en este maravilloso mundo de la minería.

Agradezco también a mis familiares, amigos que estuvieron conmigo en este camino que me permite hoy en día llegar a Optar el Título de Ingeniero De Minas.

## **DEDICATORIA**

Esta Tesis quiero dedicar a nuestro creador, a mi Mamita Victoria que se encuentra en el cielo, el ángel que guía mi camino y llevo en el corazón.

A mi amado hijo ADRIANO, por ser mi fuente de fortaleza, motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Y en especial está dedicada a mis padres EDMUNDO SUMALAVE Y AYDEE BACA, quienes han sido el cimiento, el impulso para llegar al lugar donde me encuentro hoy.

## RESUMEN

El objetivo general fue Determinar la producción de la flota de equipos mediante la implementación de equipo retén en la Unidad Minera Las Bambas - Apurímac, alcanzar una disponibilidad mecánica mayor o igual al 85%.

El tipo de investigación que se realizó fue cuantitativo, con un nivel de investigación evaluativo y propositivo, la población que se eligió fue los equipos de Minera las Bambas (Cotabambas - Apurímac) y la muestra será los servicios auxiliares que desarrolla la Empresa Melsar SAC en la Unidad Minera Las Bambas (Cotabambas – Apurímac), La técnica de muestreo utilizada es la probabilística, aleatorio simple con instrumentos de investigación de observación y recolección de datos en campo, los datos e información fueron obtenidos de Dispatch, partes diarias, reporte diario, reportes mensuales, verificando la Utilidad, Disponibilidad, Producción.

Las principales conclusiones obtenidas fueron, que la Empresa tuvo pérdidas mensuales que asciende a S/420,322.92, pero con la implementación de un equipo retén por cada flota, se podrá recuperar la cantidad total de S/326,836.93 y generar mayor rentabilidad de la empresa, la inversión que se realiza en la implementación de equipos retenes es de S/. 93,486.00 que representa el 22.24% de las pérdidas obtenidas por el incumplimiento de la DM mínima, con la inversión de este porcentaje se podrá recuperar el 77.76% del total de las pérdidas generadas en promedio mensualmente.

**Palabras Clave:** Equipos retén, disponibilidad mecánica, flota de equipos, penalidades.

## ABSTRACT

The general objective was to propose an alternative that allows us to achieve the scheduled monthly goals of the auxiliary equipment fleet of the Las Bambas - Apurímac Mining Unit, reaching a mechanical availability greater than or equal to 85%.

The type of research that was carried out was quantitative, with an evaluative and propositive level of research, the population that was chosen was the teams of Minera las Bambas (Cotabambas - Apurímac) and the sample will be the auxiliary services that the Melsar SAC Company develops in the Las Bambas Mining Unit (Cotabambas - Apurímac), the sampling technique used is probabilistic, simple random with observation research instruments and data collection in the field, the data and information were obtained from Dispatch, daily parts, daily report, monthly reports, verifying the Utility, Availability, Production.

The main conclusions obtained were that the Company had monthly losses amounting to S/420,322.92, but with the implementation of a retention team for each fleet, the total amount of S/326,836.93 can be recovered and generate greater profitability for the company, the investment made in the implementation of checkpoint equipment is S/. 93,486.00, which represents 22.24% of the losses obtained due to non-compliance with the minimum DM. With the investment of this percentage, 77.76% of the total losses generated on average monthly can be recovered.

**Keywords:** Retention equipment, mechanical availability, equipment fleet, penalties.

## INDICE

AGRADECIMIENTO .....	III
DEDICATORIA .....	IV
RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VI
INTRODUCCIÓN .....	14
CAPITULO I .....	15
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION .....	15
1. Problema.....	15
1.1. Descripción del problema .....	15
1.2. Formulación de Problema .....	16
1.2.1. Pregunta Problema .....	16
1.2.2. Problemas Específicos .....	17
1.3. Objetivos de la Investigación.....	17
1.3.1. Objetivo General.....	17
1.3.2. Objetivos Específicos.....	17
1.4. Justificación de Estudios.....	17
<b>1.4.1. Justificación económica</b> .....	17
1.5. Alcances.....	17
1.6. Variables e indicadores .....	18
1.7. Hipótesis General.....	18
1.8. Hipótesis Específicas .....	19
1.9. Tipo de Investigación.....	19
1.10. Nivel de Investigación.....	19
1.11. Unidad de Análisis .....	20
1.11.1. Población.....	20
1.11.2. Muestra .....	20
1.12. Técnica de Muestras.....	20
1.13. Instrumentos .....	20
1.14. Procesamiento de Información.....	21
CAPITULO II.....	22

AMBITO DE ESTUDIO .....	22
2.1. Ubicación .....	22
2.2. Accesibilidad.....	24
2.2.1. Terrestre .....	24
2.2.2. Vía Aérea .....	24
2.3. Tipo de Yacimiento.....	25
2.3.1. Depósitos Tipo Skarn.....	25
2.3.2. Skarn Magnesio.....	27
2.3.3. Skarn de Molibdeno .....	27
2.3.4. Skarn de Oro .....	28
2.3.4.1. Skarn de Oro Reducidos .....	28
2.3.4.2. Skarn de Oro Oxidados .....	28
2.3.4.3. Skarn de Oro Magnesio.....	28
2.3.4.4. Minerología del Skarn.....	29
2.4. Geología Regional .....	29
2.6.1. Formación Soraya o Hualhuani.....	34
2.6.2. Formación Mara.....	34
2.6.3. Formación Ferrobamba .....	35
2.6.4. Depósitos Fluvioglaciares .....	36
2.6.5. Depósitos Aluviales .....	36
2.7. Rocas Igneas .....	36
2.7.1. Monzonita Máfica .....	36
2.7.2. Monzonita Biotítica.....	37
2.7.3. Monzonita Horblendica.....	37
2.7.4. Monzonita Quarzosa .....	37
2.8. Mineralización .....	37
2.9. Geología Estructural Local .....	38
2.9.1. Falla Huancarane.....	39
2.9.2. Falla Challhuachuacho.....	39
2.9.3. Falla Jahuapaylla.....	39
2.9.4. Falla Bajo Jahuapaylla .....	39
2.9.5. Falla Record .....	40
2.9.6. Falla Manantiales .....	40
2.9.7. Falla Chuspire – Ferrobamba .....	40

CAPITULO III.....	41
MARCO TEORICO.....	41
3.1. ANTECEDENTES NACIONALES.....	41
3.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	41
3.3. MARCO CONCEPTUAL .....	44
3.3.1. Movimiento de tierras en Operaciones .....	44
3.3.2. Vías .....	44
3.3.2.1. Vías de Acceso.....	44
3.3.3. Carguío y Transporte .....	44
3.3.3.1. Carguío.....	44
3.3.3.2. Transporte .....	45
3.3.3.3. Equipos de Carguío y Transporte.....	45
3.3.3.4. Sistema de Carguío – Transporte .....	45
3.3.3.5. Criterios de un sistema de Carguío y Acarreo .....	46
3.3.3.6. Factores que afectan la productividad y costo en un sistema de carguío y acarreo .....	47
3.3.4. Equipos en las Operaciones de Movimiento de Tierras.....	48
3.3.4.1. Excavadora.....	48
3.3.5. Productividad .....	62
3.3.5.1. Importancia y Función .....	63
3.3.5.2. Factores de mejoramiento de la Productividad .....	64
3.3.5.3. Índice de Productividad Total de los Equipos.....	65
3.3.6. Costos mineros.....	67
3.3.7. Los objetivos empresariales .....	68
3.3.8. Aplicaciones del cálculo de costos.....	68
3.3.9. Tipos de Costos.....	69
3.3.9.1. Clasificación de costo según la función que cumplen.....	69
3.3.9.1.1. Costos de producción.....	69
3.3.9.1.2. Costo de comercialización .....	70
3.3.9.1.3. Costo de Administración.....	70
3.3.9.1.4. Costos de Financiamiento .....	70
3.3.10. Clasificación según su grado de variabilidad.....	71
3.3.10.1. Costos Fijos.....	71
3.3.10.2. Costos variables .....	71
3.3.11. Clasificación según su asignación.....	72

3.3.11.1.	Costos directos .....	72
3.3.11.2.	Costos indirectos .....	72
3.3.12.	Clasificación según su comportamiento.....	72
3.3.12.1.	Costo variable Unitario .....	72
3.3.12.2.	Costo Variable Total .....	73
3.3.12.3.	Costo Fijo Total .....	73
3.3.12.4.	Costo Fijo Unitario.....	73
3.3.12.5.	Costo Total.....	73
3.3.13.	Criterio de disponibilidad.....	74
3.3.13.1.	Disponibilidad del Equipo .....	75
3.3.13.2.	Relación entre Disponibilidad, Mantenimiento y Confiabilidad. ....	75
3.3.13.3.	Tipos de Disponibilidad .....	75
3.3.13.3.1.	Disponibilidad Inherente (Ai) .....	76
3.3.13.3.2.	Disponibilidad Alcanzable (Aa).....	76
3.3.13.3.3.	Disponibilidad Operacional (Ao).....	76
3.3.14.	Disponibilidad Mecánica .....	76
3.3.15.	Uso de la Disponibilidad.....	77
3.3.16.	Uso del Equipo.....	77
3.3.17.	Horas operativas.....	78
3.3.18.	Demoras operativas.....	78
3.3.19.	Stand by (sb) .....	78
3.3.20.	Utilización.....	78
3.3.21.	Rendimiento .....	79
3.3.22.	Mantenimiento .....	79
3.3.22.1.	Mantenimiento correctivo .....	79
3.3.22.2.	Mantenimiento preventivo .....	79
3.3.22.3.	Mantenimiento predictivo .....	79
3.3.23.	Confiabilidad.....	80
3.3.24.	Probabilidad .....	80
3.3.25.	Desempeño satisfactorio .....	80
3.3.26.	Tiempo promedio entre fallas .....	81
3.3.27.	Condiciones de Operaciones .....	81
3.3.28.	Equipos Retenes.....	81
CAPITULO IV.....		83

ANALISIS DEL INCREMENTO DE LA FLOTA DE EQUIPOS DENTRO DE LAS OPERACIONES .....	83
4.1 Operaciones Mineras .....	83
4.2 Trabajos dentro de la Operación del Tajo Ferrobamba .....	84
4.2.1 Trabajos de Excavadora .....	84
4.2.2 Trabajos con el Tractor sobre Orugas .....	89
4.2.3 Trabajos con la retroexcavadora .....	92
4.2.4 Flota de Equipos dentro de las Operaciones mineras.....	94
4.3 Horas Productivas de la Flota de Equipos .....	95
4.4 Disponibilidad Mecánica de la flota de equipos .....	104
4.5 Costos operativos aplicados en función de la Disponibilidad Mecánica.....	113
4.6 Perdidas por aplicación de la penalidad de los costos operativos en las Operaciones ....	115
4.6.1 Pérdidas en Excavadora .....	117
4.6.2 Pérdidas de Retroexcavadora .....	118
4.6.3 Pérdidas de Tractor sobre Orugas .....	119
4.7 Pérdidas por disponibilidad Mecánica.....	120
4.7.1 Pérdidas al no alcanzar la disponibilidad Mecánica.....	120
4.7.2 Horas compensadas .....	122
4.7.3 Horas cobradas .....	123
4.8 Análisis de los costos en la flota de equipos.....	124
4.9 Costos Operacionales de los Equipos Retén.....	125
CAPITULO V.....	126
ANALISIS DE RESULTADOS .....	126
5.1 Equipos adicionales en Stand by.....	126
5.2 Costos Operacionales de los Equipos adicionales .....	127
5.3 Comparativos de Pérdidas de los equipos con los equipos adicionales.....	128
5.4 Utilidad recuperada al tener un equipo Retén.....	129
CONCLUSIONES .....	131
RECOMENDACIONES.....	132
BIBLIOGRAFÍA .....	133
ANEXOS .....	135
CATEGORIAS DE LOS CÓDIGOS DISPATCH.....	135

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Variables e Indicadores.....	18
<b>Tabla 2</b>	Accesibilidad hacia Minera Las Bambas via terrestre.....	24
<b>Tabla 3</b>	Accesibilidad vía aérea.....	25
<b>Tabla 4</b>	Minerales característicos del skarn Calcáreo.....	26
<b>Tabla 5</b>	Flota de Equipos en la Empresa Melsar SAC.....	94
<b>Tabla 6</b>	Horas productivas de las retroexcavadoras durante un mes.....	96
<b>Tabla 7</b>	Horas productivas de excavadoras durante un mes.....	98
<b>Tabla 8</b>	Horas Productivas de Tractor sobre orugas.....	101
<b>Tabla 9</b>	Tabla de categorías para la obtención de Disponibilidad Mecánica.....	105
<b>Tabla 10</b>	Disponibilidades Mecánicas de la flota de equipos-turno día.....	106
<b>Tabla 11</b>	Disponibilidades Mecánicas de la flota de equipos - Turno Noche.....	109
<b>Tabla 12</b>	Promedio de Disponibilidades Mecánicas por el periodo de un mes.....	111
<b>Tabla 13</b>	Horas Acumuladas de trabajo de la flota de equipos durante el mes.....	112
<b>Tabla 14</b>	Comparación de disponibilidades y horas trabajadas en el mes.....	116
<b>Tabla 15</b>	Pérdidas de excavadoras durante el mes de estudio.....	117
<b>Tabla 16</b>	Pérdidas de Retroexcavadoras durante el mes de estudio.....	119
<b>Tabla 17</b>	Pérdidas de Tractor de orugas durante el mes de estudio.....	120
<b>Tabla 18</b>	Costos operacionales al tener equipos retén.....	125
<b>Tabla 19</b>	Pérdidas de la flota de equipos que se tuvo durante el mes de estudio.....	128
<b>Tabla 20</b>	Costos de inversión al tener equipos retén.....	128
<b>Tabla 21</b>	Utilidad obtenida al implementar un equipos retén.....	129
<b>Tabla 22</b>	Utilidad recuperada al tener Equipos Retén.....	129
<b>Tabla 23</b>	Comparativo de porcentaje de inversión al implementar equipos retén.....	130

## INDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1</b>	Mapa del Departamento de Apurímac .....	23
<b>Imagen 2</b>	Área de influencia del Yacimiento Minero .....	33
<b>Imagen 3</b>	Mineralización del Yacimiento .....	34
<b>Imagen 4</b>	Columna estratigráfica del Yacimiento minero .....	35
<b>Imagen 5</b>	Muestras de Mineralización en el Yacimiento .....	38
<b>Imagen 6</b>	Geología estructural Local .....	40
<b>Imagen 7</b>	Ciclo de carguío de una excavadora .....	52
<b>Imagen 8</b>	Posición de carguío más eficiente .....	53
<b>Imagen 9</b>	Sistema Hidráulico de Excavadora .....	55
<b>Imagen 10</b>	Tren de rodamiento de Excavadoras .....	56
<b>Imagen 11</b>	Tipos de accesorios o herramientas para movimiento de material .....	57
<b>Imagen 12</b>	Cucharón de excavadora .....	58
<b>Imagen 13</b>	Cucharón y dientes de penetración .....	58
<b>Imagen 14</b>	Movimientos de excavadora .....	61
<b>Imagen 15</b>	Movimientos de brazo de excavadora .....	62
<b>Imagen 16</b>	Diagrama de causal entre variables y factores .....	63
<b>Imagen 17</b>	Estructura de los tiempos para el análisis de la productividad .....	66
<b>Imagen 18</b>	Carguío de Top Soil (Construcción de Plataformas) .....	85
<b>Imagen 19</b>	Perfilado de Talud, estabilización de talud .....	86
<b>Imagen 20</b>	Perfilado de talud .....	86
<b>Imagen 21</b>	Construcción de diques .....	87
<b>Imagen 22</b>	Enrocado de alcantarillas .....	88
<b>Imagen 23</b>	Construcción de canaletas .....	88
<b>Imagen 24</b>	Limpieza de vías .....	89
<b>Imagen 25</b>	Empuje de material y lastrado .....	90
<b>Imagen 26</b>	Nivelación de plataforma para perforación .....	91
<b>Imagen 27</b>	Lastrado de material y mantenimiento de vías .....	91
<b>Imagen 28</b>	Conformación de bermas de seguridad .....	92
<b>Imagen 29</b>	Mantenimiento de vías .....	93

## INTRODUCCIÓN

Las Bambas es una mina de cobre de gran envergadura, se espera que sea uno de los activos de cobre más importantes a nivel mundial, en términos de producción.

Tiene reservas minerales de 7,2 millones de toneladas de cobre y recursos minerales de 12,6 millones. Se estima que en los cinco primeros años se producirá más de 2 millones de toneladas de cobre en concentrado.

El minado del mineral en Las Bambas se llevará a cabo en tres tajos abiertos: Ferrobamba, Chalcobamba y Sulfobamba. La operación iniciará con Ferrobamba, el cual se ubica a diez kilómetros al este de Planta Concentradora, Chalcobamba y Sulfobamba se ubican al norte y oeste de la concentradora, respectivamente.

Las operaciones de desbroce inicial comenzaron en abril de 2014 y, según lo proyectado, se moverán alrededor de 75 millones de toneladas de material de desmonte antes del inicio del procesamiento de mineral.

La mina produce concentrados de cobre que contienen oro y plata como subproductos, así como un concentrado de molibdeno separado; el procesamiento se efectúa mediante técnicas convencionales de chancado, molienda y flotación.

Se estima que la operación de Las Bambas dure más de 20 años dado que su potencial de exploración es considerable.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION**

#### **1. Problema**

##### **1.1.Descripción del problema**

La minería constituye uno de los pilares en la economía nacional del país, generando grandes ingresos al fisco por conceptos de impuestos y regalías. Los ingresos por ventas de mineral en la explotación de cuerpos mineralizados mediante métodos de minado masivos, depende principalmente de variables técnicas económicas.

La Unidad Minera Las Bambas se evidencia entre una de las minas más grandes del mundo, ubicándose en la 5° posición de las minas de Cu, adicionalmente a eso tiene la extracción de mineral de Molibdeno.

Los trabajos que realiza la empresa contratista Melsar SAC al cliente son trabajos puntuales y auxiliares, dando un soporte para llevar las operaciones de una manera óptima y productiva, es

por eso que la presente investigación evaluó e indentificó lo siguiente; La producción de los equipos de línea amarilla los cuales son: excavadora CAT 390D, Tractor CAT D10T, Retroexcavadora CAT 420F2, Montoniveladora CAT 140K, Rodillo 20 TN, Volquetes FMX500, perforadora ATLAS COPCO Rrock L-8; tienen la actividad de realizar el movimiento de tierras masivo dentro de las operaciones siendo, desbroce de material, construcción de accesos, perfilado de talud, construcción de canales, habilitación de plataformas, perforación de plataformas, construcción de presa, construcción de botadero y demás, cuyos trabajos son 28% de apoyo en la producción del ciclo de acarreo de las operaciones.

Se tiene una dimensión de 10 excavadoras, 7 tractores, 8 retroexcavadoras, 2 motoniveladoras y 8 volquetes; estos equipos son asignados efectivamente para dar el avance planificado diariamente en el soporte de los trabajos auxiliares, los trabajos que realizan los equipos como excavadoras son de exigencias mayores, si bien es cierto son de gran envergadura, pero el esfuerzo en trabajar en zonas INSITU generan el desgaste de la confiabilidad de los equipos, quedando como inoperativo en reiteradas ocasiones, siendo este último uno de los factores que influyen directamente la disponibilidad mecánica, al finalizar el mes el promedio final que cada equipo tiene actualmente es de 78% al 82 %, los cuáles no cumple con el mínimo porcentaje que es de un 85%, por ende se aplica una penalidad lo que ocasiona un descuento al momento de la valorización.

## **1.2. Formulación de Problema**

### **1.2.1. Pregunta Problema**

¿Cómo alcanzar la mejora en la producción de la flota de equipos, mediante implementación de equipos retén en la Unidad Minera Las Bambas - Apurímac?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ✓ ¿Cómo mejorar la disponibilidad mecánica de la flota de equipos auxiliares?
- ✓ ¿Cómo mejorar la confiabilidad de los equipos auxiliares al tener equipos reten?

### **1.3.Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar la producción de la flota de equipos mediante la implementación de equipo reten en la Unidad Minera Las Bambas - Apurímac.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Mejorar la disponibilidad mecánica en un 60 % para alcanzar la planificación mensual que se tiene.
- ✓ Controlar las penalidades generadas por el incumplimiento de la Disponibilidad mensual requerida.

### **1.4.Justificación de Estudios**

#### **1.4.1. Justificación económica**

La presente investigación viabilizara la mejor toma de decisión para controlar los tiempos y sobre todo las pérdidas económicas que se generan por la inoperatividad de equipos el cual refleja mensualmente por tener baja Utilidad, Disponibilidad.

### **1.5.Alcances**

En esta investigación, se pretende construir una propuesta para mejorar la Utilidad de los equipos mediante la implementación de equipos retenes para controlar las pérdidas económicas que se

tienen al momento de realizar los costos operacionales mensuales, en la U. M. Las Bambas que se ubica entre los Distritos de Challhuahuacho y Coyllurqui de la Provincia de Cotabambas, Departamento de Apurímac.

## 1.6. Variables e indicadores

**Tabla 1**

*Variables e Indicadores*

<b>VARIABLES</b>		<b>INDICADORES</b>
<b>DEPENDIENTE</b>		
Equipos Retén	Con la implementación de un equipo retén alcanzaremos las metas mensuales programadas.	Unidades
<b>INDEPENDIENTES</b>		
<b>Metas mensuales Programadas</b>		
Flota de equipos	Es la cantidad de equipos con la que cuenta la Empresa.	Unidades
Disponibilidad Mecánica	La disponibilidad mecánica está definida como la relación entre las horas trabajadas y las horas usadas en reparación.	%
Penalidades	Son los descuentos ocasionados al incumplimiento de la disponibilidad mecánica en el transcurso de un servicio.	u.m.

*Fuente.* Elaboración Propia

## 1.7. Hipótesis General

La implementación de equipos retén influye en la producción de la flota de equipos en la Unidad Minera Las Bambas - Apurimac.

### **1.8.Hipótesis Específicas**

1. Con la implementación de equipos Retén se mejorará la disponibilidad mecánica en un 60%, con ello se podrá cubrir la disponibilidad mínima que se requiere.
2. Con la implementación de equipos retenes se controlará las pérdidas económicas permitiendo así costear la implementación de los equipos retenes.

### **1.9.Tipo de Investigación**

#### **- Cuantitativo**

Con los estudios cuantitativos se pretende explicar y predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones causales entre elementos.

### **1.10. Nivel de Investigación**

#### **- Evaluativo**

La investigación evaluativa debe entenderse como un proceso riguroso, controlado y sistemático de recogida y análisis de información válida y fiable para tomar decisiones acerca del programa educativo; y así aumentar la racionalidad de las decisiones acerca de la puesta en marcha, sobre su desarrollo y evaluación

#### **- Propositivo**

La investigación es de tipo propositiva por cuanto se fundamenta en una necesidad o vacío dentro de la institución, una vez que se tome la información descrita, se realizará una propuesta de sistema de evaluación del desempeño para superar la problemática actual y las deficiencias encontradas

Se propone para incrementar la utilidad de los equipos y el avance operacional para alcanzar la planificación que se tiene.

## **1.11. Unidad de Análisis**

### **1.11.1. Población**

Se ha elegido los equipos de Minera las Bambas (Cotabambas - Apurímac) como población absoluta de datos para la información correspondiente.

### **1.11.2. Muestra**

Servicios auxiliares que desarrolla la Empresa Melsar SAC en la Unidad Minera Las Bambas (Cotabambas – Apurímac), estos datos técnicos obtenidos diariamente, verificarán la Utilidad de los equipos en la flota contractual que se tiene.

## **1.12. Técnica de Muestras**

La técnica de muestreo utilizada es la probabilística, aleatorio simple, garantiza que todos los equipos que componen la población tienen la misma oportunidad de ser incluidos en la muestra. Esta significa que la probabilidad de selección de un sujeto a estudio “x” es independiente de la probabilidad que tienen el resto de los equipos que integran forman parte de la población.

## **1.13. Instrumentos**

Se utiliza los instrumentos de investigación de observación y recolección de datos en campo, sobre el comportamiento de la flota de equipos en relación con el rendimiento y Disponibilidad mecánica.

#### **1.14. Procesamiento de Información**

De forma general, el procesamiento y análisis de datos consiste en la recolección de datos en bruto para transformarlos en información entendible como hojas de cálculo de Excel, gráficas, tablas, documentos.

## **CAPITULO II**

### **AMBITO DE ESTUDIO**

#### **2.1.Ubicación**

El proyecto minero Las Bambas, se ubica en los distritos de Challhuahuacho y Progreso, de las provincias de Cotabambas y Grau respectivamente, en el departamento de Apurímac. Se encuentra entre los 3,800 y 4,650 msnm, en la divisoria de las cuencas del río Santo Tomás (hacia el este) y del Vilcabamba (hacia el oeste), ambos pertenecientes a la cuenca del río Apurímac.

## Imagen 1

*Mapa del Departamento de Apurímac*



*Fuente.* Mapa referencial del Perú, INGEMMET

## 2.2. Accesibilidad

### 2.2.1. Terrestre

La ruta Cusco-Challhuahuacho está afirmada en 300 km de longitud y la ruta Espinar-Challhuahuacho esta asfaltada (3.4m de ancho aprox) pero está prohibida por ser una vía angosta, son las vías de acceso a este centro minero.

**Tabla 2**

*Accesibilidad hacia Minera Las Bambas vía terrestre*

CIUDADES	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (h) aprox.
Lima - Arequipa	1300.00	15.00
Arequipa - Cusco	500.00	9.00
Lima-Nazca-Abancay-Cusco-Challhuahuacho	1435.00	26.00
Lima-Arequipa-Espinar-Challhuahuacho	2100.00	24.00
Lima-Arequipa-Cusco-Challhuahuacho	2300.00	27.00

*Fuente.* INGEMMET

### 2.2.2. Vía Aérea

Lima-Cusco 1.5 h. de allí se llega por carretera afirmada hasta Challhuahuacho en 8h. Total 10h aproximadamente y helicóptero en 30 min.

**Tabla 3***Accesibilidad vía aérea*

CIUDADES	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (h)
Lima-Arequipa	1300.00	1.0
Arequipa-Cusco	500.00	0.5
Cusco-Ferrobamba (Helicóptero)	300.00	0.5

*Fuente.* INGEMMET

### **2.3.Tipo de Yacimiento**

#### **2.3.1. Depósitos Tipo Skarn**

Los depósitos tipo Skarn han sido explorados para una diferente variedad de metales como Au, Ag, Cu, Fe, Mo, Sn, Zn, U, Tierras raras, etc. Y pueden dividirse en varios tipos dependiendo del metal contenido en mayor concentración muy similar a la clasificación de los depósitos porfiríticos: pórfidos de Cu, Mo y Sn; estos depósitos comparten muchos tipos de alteración, así como características geoquímicas sin embargo se les puede distinguir fácilmente.

Los skarn son rocas calcáreas, formadas metasomáticamente en la zona de contacto de los cuerpos intrusivos entre rocas carbonatadas y en menor grado entre rocas de silicato en los casos cuando en ella se concentra una materia prima mineral valiosa, se forman yacimientos minerales de skarn los cuales también suelen llamarse yacimientos de contacto, metamórficos de contacto, metasomáticos de contacto, neumatolíticos de contacto, pirometasomáticos. Llamense rocas

circundantes al skarn las constituidas 15 principalmente por feldespatos, cuarzo, escapolita o epidota y que se hallan en el contacto con el skarn de la parte de las rocas eruptivas.

Los depósitos skarn se pueden formar adyacentes a cuerpos plutónicos, a través de fallas y zonas de cizallamiento en sistemas geotermales superficiales y en profundidades de la corteza en profundos terrenos metamórficos enterrados. De alguna forma la gran mayoría de grandes depósitos tipo skarn están directamente relacionados a las rocas ígneas, espacial y genéticamente.

**Tabla 4**

*Minerales característicos del skarn Calcáreo*

Minerales característicos del skarn calcáreo		
Grupo de minerales	Esenciales	Accesorios
Silicatos	Piroxeno, principalmente diópsidos-hedenbergita	Ortoclasa, plagioclasa, zircón, titanita,
	Granates , principalmente andradita-grosularia	Turmalina, silimanita, andalucita, cordierita,
	wollastonita, escapolita	Rodonita
Hidrosilicatos	Anfiboles, epidota, clorita	Biotita, muscovita, flogopita, sericita,
Oxidos	Magnetita, hematita, cuarzo	Espinela, casiterita, calcedonia.
Sulfuros	Pirita, calcopirita, pirrotita, molibdenita, arsenopirita	Bornita, calcosina, marcasita, covelina, antimonita.

*Fuente.* Brooks et al., 1991.

Los skarn de Mo están asociados con granitos leucocráticos y comúnmente contienen W, Cu, Zn, Au, Pb, Bi, Sn, U. Obviamente algunos son polimetálicos siendo así yacimientos económicos, el piroxeno hedenbergita es el mineral calcosilicato más común en los skarn de Mo y la wollastonita, anfíbol, y fluorita relativamente menos abundante. La mayoría de los depósitos skarn mas grandes registran una transición de un metamorfismo temprano/proximal dando lugar

a hornfels, skarn y skarnoides hacia un metasomatismo tardío/distal generándose un skarn portador de Au de granos relativamente gruesos.

### **2.3.2. Skarn Magnesio**

Es una roca skarn de alta temperatura (UHT) que contiene: forsterita, espinela, flogopita, periclasa y están formados en los contactos de rocas calcomagnesianas o rocas carbonatadas magnesianas. Típicamente los skarn magnesianos podrían hospedar menas de hierro, metales base: Au, Cu, boratos de Fe, Mg y flogopita. Los skarn magnesianos relacionados con la etapa y/o estadio magmático se caracterizan por un ensamble mineralógico: piroxeno, forsterita, espinel, enstatita.

### **2.3.3. Skarn de Molibdeno**

La mayoría de los skarn de Mo están asociados a granitos leucocráticos y van desde un alto grado de depósitos relativamente pequeños hasta depósitos gigantes de bajo grado, numerosas ocurrencias pequeñas también están presentes en cratones del precambriano asociados con pegmatitas-aplitas y otras rocas leucocráticas. La mayoría de los skarn de Mo contienen una variedad de metales incluyendo W, Cu, Zn, Pb, Bi, Sn, U. Al ser algunos depósitos polimetálicos la extracción es económica. El Molibdeno Cu-W es la asociación más común, algunos skarn de W y Cu poseen zonas de Mo recuperable; la mayoría de los skarn de Mo ocurren en rocas carbonatadas arenosas o rocas clásticas calcáreas. El piroxeno hedembergita es el mineral calcosilicato más común que se reportan en los skarn de Mo, este skarn se desarrolla en un ambiente reducido con una alta actividad de F.

### **2.3.4. Skarn de Oro**

#### **2.3.4.1. Skarn de Oro Reducidos**

Albergan el más alto grado de contenido de Au (5-15 gr/t Au), los depósitos de skarn de Au son relativamente reducidos siendo explotados solamente por su contenido de Au, carecen de concentraciones económicas de otros metales, poseen una asociación geoquímica distintiva Au-Bi-Te-As ± Co. La mayoría de skarn de Au de alto grado están asociados con complejos reducidos de plutones diorita-granodiorita, dikes y sill. Típicamente ocurren en protolitos ricos en clastos en vez de sólo calizas puras, skarn alterados de dikes y sill y unidades volcanoclásticas son comunes. Los skarn de Au en ambientes reducidos están dominados por piroxenos ricos en Fe, pero zonas proximales pueden contener abundante granate intermedio, otros minerales comunes incluyen K-feldespatico, escapolita, vesuvianita, apatitos y anfíboles.

#### **2.3.4.2. Skarn de Oro Oxidados**

Sus características principales incluyen una alta relación granate/piroxeno relativamente pobres en Fe, un contenido total bajo en sulfuros pirita-pirrotita y menores ocurrencias de calcopirita, esfalerita y galena (Brooks et al., 1991). También añadiremos que los más altos contenidos de Au no están asociados con un granate-piroxeno prógrado sino con una alteración retrógrada tardía que incluye abundante feldespato potásico (adularia) y cuarzo; otros tipos de yacimientos pueden ser considerados transicionales hacia otro tipo de mineralización de Au como los depósitos epitermales debido a sus altas temperaturas de sus fluidos.

#### **2.3.4.3. Skarn de Oro Magnesio**

La mayoría de los skarn de Au son skarn cálcicos y estos se forman de protolitos dolomíticos poseendo una mineralogía que incluye forsterita, espinela, serpentina, a pesar de que unas

variedades de fases de espinela están presentes usualmente la magnetita es dominante y por esta razón la mayoría de skarn magnesianos son explotados por Fe siendo fáciles de encontrar debido a su fuerte marca magnética. La mayoría de los skarn regionales están asociados con plutones fanerozóicos superficiales que previamente han intruido rocas sedimentarias no metamorfizadas.

#### **2.3.4.4. Minerología del Skarn**

La clasificación e identificación de un depósito skarn está basada en su mineralogía, a pesar de que los minerales skarn tienen típicas rocas que los forman, algunos son menos abundantes y la mayoría tiene variación en su composición ellos nos pueden revelar valiosa información acerca de su ambiente de formación algunos minerales como cuarzo y calcita están presentes en todos los depósitos skarn, otros minerales como humita, flogopita, talco, serpentina y brucita son típicos de los skarn magnesianos pero están totalmente ausentes en otros tipos de skarn.

#### **2.4. Geología Regional**

Geológicamente la Formación Ferrobamba cuenta con una secuencia que siempre será la misma de calizas (negras, gris oscuras), cabe precisar que en ciertos estratos se pueden evidenciar bancos calcáreos amarillento, la presencia de calizas son masivas, fuertemente compactadas se presentan en bancos de 0.5 - 2 metros al final generalmente se evidenciar calizas arenosas (gris claro y rojizos) y niveles más bajos de lutitas carbonosas, también se puede evidenciar nódulos de chert con apariencia alargada de dimensiones de hasta 15 cm de longitud (Acosta J. et. al., 2011).

Esta Formación Ferrobamba reposa conexo sobre la Formación Mara, en algunos lugares esta sobre los ateriales de cuarcitas de Formación Soraya conexo y resiste los materiales de rocas

sedimentarias continentales al interior de la Formación Anta en desavenencia paralela y a la unidad del Grupo Puno con desacuerdo angular, como se evidencia en el lugar de estudio.

En tal sentido la Formación es muy grande cubriendo toda el área de estudio y parte del cuadrángulo (Apurímac, Santo Tomas, Espinar); en tal sentido se dio las condiciones para que intrusiones magmáticas y fluidos hidrotermales con alta (presione - temperaturas) puedan enriquecer el mineral del tipo SKARN todo el Batolito ANDAHUAYLAS - YAURI.

## **2.5.Geología Económica**

### **2.5.1. Ferrobamba (Cobre, Molibdeno, Oro, Plata)**

En Nuestro lugar donde se realiza la investigación del Tajo Ferrobamba coordenadas UTM (NORTE - 8441400, ESTE - 794200) existe la intrusión de la roca de monzonitas máficas y granodioritas félsicas, faneríticas (>0.1 mm todos los cristales), euhedrales (con cristales que presentan todas sus caras cristalinas), en la Formación Ferrobamba tiene un enriquecimiento con minerales como: pirita, calcopirita, bornita y molibdenita, es un SKARN de plagioclasas, piroxenos, granate verde en la parte proximal del ENDOSKARN HIPÓGENO. Se encuentran granates verdes, marrón en un área específica del EXOSKARN SUPÉRGENO también se puede evidenciar (pórfidodioritas, cuarzo blanco), en stockwork amalgamado con minerales como calcopirita, bornita y envueltos (malaquita, crisocola), sobreposición de una alteración sericitica y argílica intermedia.

### **2.5.2. Sulfobamba (Cobre, Molibdeno, Oro)**

Esta zona está ubicado al Nor-Este del tajo Ferrobamba con Coordenadas UTM (NORTE- 8445965, ESTE-785943), encontramos enriquecimiento casi similar del tajo Ferrobamba pero con mayor cantidad de minerales como (granate marrones, piroxénos, olivinos, anfíboles), este

tipo de intrusivos de monzonita-horblendica, cuarzo-monzodioritas. Estan en la superficie encontramos SKARN de piroxenos y SKARN de epidotas, se encuentran ubicadas en el EXOSKARN supérgeno, intrusivos de cuarzomonzodioritas y monzodioritas, que contienen minerales diseminados (pirita, bornita, molibdenita, Oro, Plata), envueltos en (malaquitas, crisocola, calcantita), presenta una alteracion de minerales formados por el interperismo de la zon de estudios.

### **2.5.3. Chalcobamba (Cobre, Molibdeno, Oro)**

Esta are de estudio se encuentra en desarrollo (construcción de accesos y rampas de acceso) tiene Coordenadas UTM (NORTE - 8442200, ESTE - 786000), presenta un SKARN que tiene una forma de “U”, con presencia de mármoles (metaformismo de contacto de la caliza con el inrusivo), roca calizas parte inferior de la formación Ferrobamba (Swendseid T. et al., 2014), Abarca un yacimiento tipo pórfido mineralizado, un tipo de yacimiento pórfido estéril temprano; en nuestra zona de estudio es de alteración de SKARN mineralizada, sujeta a la intrusión más temprana, con una serie de sedimentarias cretáceas de inferior a superior de las formaciones Mara y Ferrobamba. Como en nuestro lugar donde se realiza la investigación en la formación Ferrobamba y en tal sentido Chalcobamba contiene mineralización SKARN y PORFIRÍTICA se puede evidenciar monzonitas máficas mayores a 0.5 por ciento, con un cambio visible argílica - sericítica en la parte distante, félsica.

### **2.5.4. Charcas (Cobre, Oro, Molibdeno)**

Esta zona de estudio no es muy conocida, pero es muy importante ya que se encuentra dentro de la zona donde se realiza la investigación. Charcas Coordenadas UTM (NORTE - 8441000, ESTE - 785000), dentro de su formación presenta SKARN, granate marrón en su gran mayoría y con

abundante malaquita azurita y crisocola en su parte distal, comprende monzonitas horblendicas con stockwork de bornita y calcopirita, monzonitas maficas con diseminados de pirita y calcopirita, e intrusiones de granodioritas de textura euhedral (los cristales presentan todas sus caras visibles) a subhedral (con las caras de los cristales parcialmente formados con una distribución caótica), afaníticos de piroxenos, olivinos, anfíboles en ENDOSKARN endógeno, compuesto por (granates verdes, Bornita, molibdenita, Oro, Plata). Todos estos minerales dentro de las calizas en forma de intrusión a las (calizas, mármoles, limonitas, magnetitas), en la Formación (Soraya – Ferrobamba), con un cambio (potásica, fílica, propi lítica) en el pórfido y argílica.

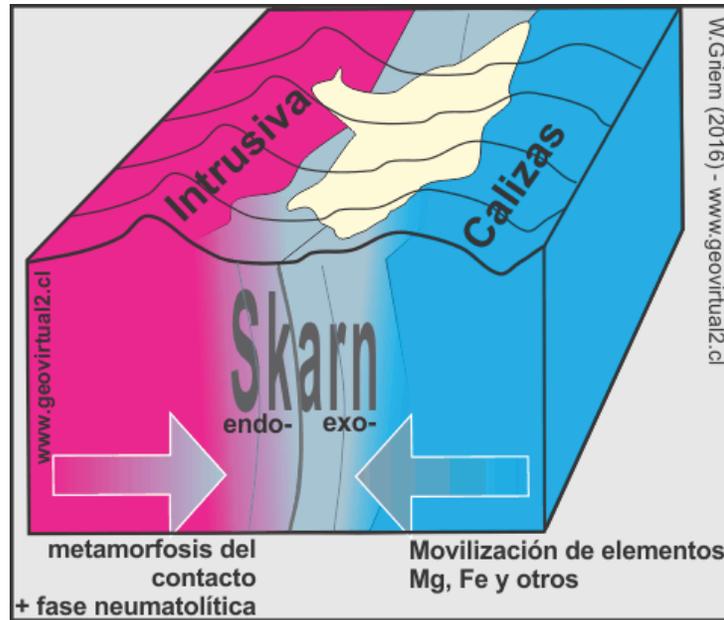
## **2.6.Geología Local**

La Formación Ferrobamba en nuestra zona de estudio tajo se encuentra ubicada al Nor-Este coordenadas UTM (NORTE - 8441468, ESTE - 794266) Ruiz & Marthur 2003. Esta comprendido con una masiva formación de calizas mármoles y limonitas intercalados con depósitos aluviales, se puede evidenciar intrusiones en l ubicación Nor-Oeste a Sur-Este, de monzonitas máficas (ricos en hierro y magnesio), con escollera de intrusiones de rocas ígneas en su exterior y se evidencia a su vez intrusiones de (pórfido-cuarzo-feldespático félsico) todos ellos con texturas fanerítica (>0.1 mm todos sus cristales) a porfiritica (se evidencia cristales definidos y grandes), son ácidas en ENDOSKARN existen SKARN de granates (verdes, marrones, epidota, plagioclasas - piroxénos). Dentro del EXOSKARN se presenta SKARN de (magnetita, granate, piroxeno, epidota) en la parte externa.



### Imagen 3

#### Mineralización del Yacimiento



Fuente. W. Griem, 2016, geo virtual (<https://www.geovirtual2.cl/>).

#### 2.6.1. Formación Soraya o Hualhuani

La Formación Soraya (Pecho, 1981) corresponde a una secuencia sedimentaria, encontramos mayor exposición al O y SO del pit Ferrobamba, está constituida por una secuencia continua de cuarzitas y areniscas cuarzíticas de color rojo y marron de grano fino a medio, forman prominentes crestas diferenciándolas de otras formaciones.

#### 2.6.2. Formación Mara

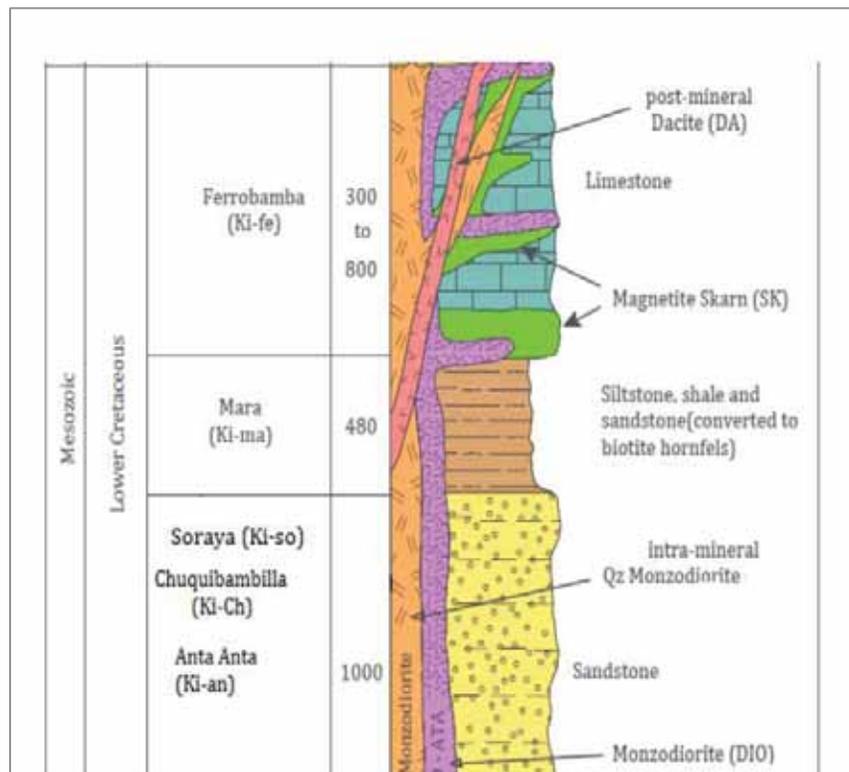
La Formación Mara-Formación Murco (William Jenks et al., 1951), consiste en afloramientos rojizos que se observan con mayor claridad en alto Jahuapayllo al NE del pit Ferrobamba y en Manantiales NE del pit, consisten en capas de areniscas lutáceas y lutitas de color rojo por su amplia extensión constituye un buen nivel guía para la interpretación estratigráfica y estructural.

### 2.6.3. Formación Ferrobamba

La Formación Ferrobamba en nuestra zona de estudio tajo NE (N 8441468, E794266, Z4385)  $33.5 \pm 0.2$  Ma. Re-Os ( Ruiz & Marthur et al., 2003) presenta un dominio de calizas marmoles y limonitas intercalados con depósitos aluviales (Ver Imagen 4), se hallan intrusiones continuas en dirección NO-SE de monzonitas máficas con diques de intrusiones ígneas en la parte externa y se observa a su vez intrusiones de pórfidocuarzo-feldespático félsico de textura fanerítica a porfirítica de naturaleza evidentemente ácida (Ver Figura 4) en el endoskarn se presenta skarn de granates verdes y marrones, epidota y plagioclásas-piroxeno en la parte próximal. En el exoskarn se presenta skarn de magnetita, granate, piroxeno y epidota en la parte exógena.

#### Imagen 4

*Columna estratigráfica del Yacimiento minero*



*Fuente.* Ruiz & Marthur et al., 2003

#### **2.6.4. Depósitos Fluvioglaciares**

Están constituidos por bloques y gravas angulosas de diferentes tipos de rocas, englobados en una matriz de arena en parte tobácea, encontrándose material arrastrado por corrientes de agua que enmascaran gran parte de la morrena. Los depósitos morrénicos más recientes se encuentran bien expuestos, y bien preservados y poco afectados por los agentes erosivos y se encuentran circunscritas especialmente a las partes altas y medias de la zona de estudio, estos depósitos también se hallan relleno de las intrusiones monzonitas máficas acompañados de calizas y magnetitas y limonitas en la parte NW del pit.

#### **2.6.5. Depósitos Aluviales**

Los depósitos aluviales están constituidos mayormente por gravas, cantos y otros elementos redondeados y angulosos, dentro de una matriz arenarcillosa presentan una amplia estratificación que se constituye entre capas de arena y arcilla. El grosor de estos depósitos varía desde unos cuantos metros a más de 100m. se hallan muy visibles en la parte NW en la zona de manantiales y camino a Tambobamba.

### **2.7. Rocas Igneas**

#### **2.7.1. Monzonita Máfica**

Posee un alto contenido de minerales máficos (hbl>>bio) plagioclasas de textura afanítica a fanerítica y cuarzo mayormente intruido en la parte norte del área del depósito y aparentemente responsable de la producción de cuerpos de granate-piroxeno > skarn magnetita en las calizas del Ferrobamba, generándose una alteración potásica produciéndose biotita secundaria, ortoclasa y magnetita.

### **2.7.2. Monzonita Biotítica**

Se observan dos tipos de intrusiones en el pit ferrobamba monzonita biotítica fina 1 con libros de biotita y monzonita biotítica 2 con pequeños cristales de biotita (Palomino L. et al., 2010). Posee granos máficos, faneríticos a porfiríticos de textura euhedral a subhedral con ojos irregulares de cuarzo, cristales de plagioclasa, piroxénos, anfíboles y olivinos. Seguidos de los stocks Jahuapaylla y Ccomerjaja ricos en horblenda ligados a mineralización de Cu y depósitos skarn.

### **2.7.3. Monzonita Horblendica**

En esta fase de textura fanerítica presenta minerales de plagioclasa tubulares cortos y horblendas prismáticos, con skarn granate piroxeno >> magnetita, enriquecido con stockwork y algunos diseminados de calcopirita, bornita, molibdenita, presentándose una alteración potásica, biotita secundaria, ortoclasa y magnetita.

### **2.7.4. Monzonita Quarzosa**

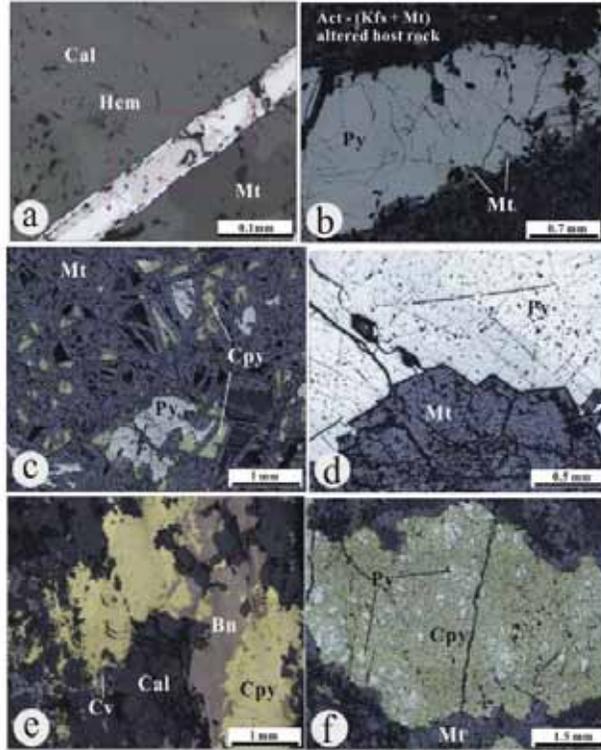
Es la fase tardía y corta a todas las unidades precedentes (Palomino L. et al., 2010) posee una textura porfirítica felsica con minerales euhedrales a subhedrales de cuarzo, plagioclasas tabulares cortadas y no presenta mineralización.

## **2.8. Mineralización**

Plutones del eoceno, clusters de sills y diques intruyeron las calizas Cretácicas tempranas de la formación Mara, Soraya y principalmente Ferrobamba (Reed Anthony & James Cannel et al., 2018). Resultando en la generación de skarn que fueron mineralizados vía fluidos hidrotermales magmáticos fluyendo a través de zonas permeable del skarn llenando poros, fallas y microfallas.

## Imagen 5

### *Muestras de Mineralización en el Yacimiento*



*Fuente.* Reed Anthony & James Cannel et al., 2018

### **2.9. Geología Estructural Local**

Los controles estructurales del PIT Ferrobamba y adyacentes están dominados por pliegues y fallas (la mayoría de ellos con orientación NO-SE y NE-SO) generados por la deflexión de Abancay influenciado también por el dominio geotéctonico del plutón Andahuaylas-Yauri (Carlotto V., Morocco R., et al., 1986).

La falla Chuspire - Fuerabamba de dirección NO-SE es la estructura principal que atraviesa la parte S del tajo Ferrobamba (además de la falla Huancarane, Challhuahuacho, Alto Jahuapaylla y

Bajo Jahuapaylla) los cuales fueron también influenciados por el emplazamiento de los plutones monzoníticos mineralizantes de nuestra zona de estudio.

Otras estructuras asociadas al fallamiento principal son las fallas compresivas NESO dispuestas principalmente en el lado N de la falla Chuspire-Fuerabamba; estas fallas secundarias son el resultado de la cinemática de esta estructura principal. Además entre otras estructuras existen numerosos lineamientos que están asociados a los planos de diaclasamiento de los diversos plutones monzoníticos del lugar (Swendseid T. et al., 2016).

### **2.9.1. Falla Huancarane**

Esta se halla ubicada NW del PIT Ferrobamba usado como Dumps del tajo, presenta un patrón NO-SE y un buzamiento NE.

### **2.9.2. Falla Challhuachuacho**

Este se halla ubicada al NO del PIT Ferrobamba atraviesa desde Charcas atravesando todo el área de estudio en la parte SE ; presenta un patrón NO-SE, con un buzamiento NE.

### **2.9.3. Falla Jahuapaylla**

Se halla ubicado al norte del PIT Ferrobamba atraviesa la parte superior del PIT y continua al SE, presenta una orientación NO-SE con un buzamiento SO.

### **2.9.4. Falla Bajo Jahuapaylla**

Esta falla se ubica en el centro y parte sur del pit Ferrobamba, presenta una orientación NO-SE con buzamiento SO.

### 2.9.5. Falla Record

Esta falla se ubica NW del PIT ferrobamba , se halla influenciada por la falla de Abancay, presentando una orientación NO-SE con buzamineto SW.

### 2.9.6. Falla Manantiales

Se halla en la parte SE del PIT Ferrobamba influencia por la falla de Cotabambas y la falla de Tambobamba, presenta una orientación NO-SE, con buzamiento NE.

### 2.9.7. Falla Chuspire – Ferrobamba

Presenta una dirección NW-SE con buzamiento SW, es una estructura principal que recorre el PIT Ferrobamba.

## Imagen 6

### *Geología estructural Local*



*Fuente.* En la imagen se muestra las fallas presentes en el yacimiento minero, fuente

INGEMMET

## CAPITULO III

### MARCO TEORICO

#### 3.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

**Alexis Montes de Oca**, (2018), *“Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería”*, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, MEDELLIN.

La industria minera constituye uno de los renglones más importantes de la economía de la mayoría de los países, desarrollarla con la mayor eficiencia posible es tarea de primer orden para la ciencia, por lo que se emplean grandes esfuerzos en el estudio de las principales operaciones que la componen con el fin de optimizar recursos. El problema que fundamenta esta investigación es la necesidad de establecer la relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero que se utiliza en la minería a cielo abierto a gran escala, partiendo del análisis de su desempeño bajo condiciones concretas de explotación. Para tal fin se ha realizado la descripción del flujo tecnológico de la mina, caracterizando el equipamiento minero que interviene en el proceso de explotación, se han evaluado las condiciones bajo las que

se realiza el reemplazo de la maquinaria y las afectaciones que las deficiencias en este proceso provocan al costo de operaciones. Se ha realizado una investigación de campo, aplicando como técnica principal el estudio de caso, cuyo resultado más relevante ha sido el cálculo del índice de productividad total del equipamiento de transporte, de excavación - carga y buldóceres al 6to año de explotación, cuyos valores han sido 51.72 %, 48.88 % y 55.51 % respectivamente, mostrando reducciones de productividad del parque me máquinas entre el 44% y el 51%. Dentro de las principales causas que han influido en la reducción del índice de productividad del parque de máquinas esta la disponibilidad técnica, acrecentada por las deficiencias en el cumplimiento de los planes de mantenimiento, que a su vez guarda estrecha relación con la modalidad de adquisición que se aplique en cada equipo en concreto y la decisión de reemplazar en el momento preciso.

### **3.2. ANTEDECENTES NACIONALES**

**Crisostomo Ramos** (2021), *“Optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la Unidad Minera Andaychagua”*.

UNIVERSIDAD CONTINENTAL. HUANCAYO.

El objetivo es optimizar el ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la unidad minera Andaychagua.

Las conclusiones son las siguientes:

1. En el estudio situacional del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral, con el diagrama de Pareto se muestra tres actividades que se sitúan antes del 80 %, la actividad crítica que es el refrigerio, es un tiempo determinado e imposible de reducirlo porque es parte del sistema de labor; sin embargo, las actividades como la cola de los volquetes y las reparaciones

mecánicas son tiempos improductivos en que optimizar y mejorar respectivamente. En el análisis de la teoría de colas se tiene dos situaciones: el actual y la óptima. Se concluye que, en la situación actual, el número de espera de volquetes es de 1, el tiempo de carguío es de 8.41 minutos y el tiempo de espera en la fila es de 3.91 minutos, lo cual genera pérdidas productivas y económicas. Por otro lado, en la situación óptima, el número de espera de volquetes es de 0, el tiempo de carguío es de 4.81 minutos y el tiempo de espera en la fila es de 0.36 minutos, lo cual es óptima sin ningún equipo parado en espera respectivamente y el tiempo de espera de 0.36 minutos refleja la concordancia de mejora en el carguío, transporte y descarga de mineral.

2. El costo total por la operación minera del carguío y transporte por kilómetro es de 1.20 \$/t-km, esto nos dice que para la unidad minera Andaychagua en la ruta 1 de la veta Salvadora a la parrilla Roberto Letts y la ruta 2 de la veta Adriana a la parrilla Roberto Letts, nos da ese mismo costo respectivamente.

3. Se debe reducir el número de volquetes tras la evaluación por la teoría de colas como en el factor de acoplamiento siendo factible 3 volquetes y 1 scooptram para cada ruta en ambas vetas.

4. La optimización del costo de carguío y transporte de la veta Salvadora en 6 \$/t, esto reflejado en el tonelaje programado por veta se tendría una optimización de 4,324 \$/t-día, para los 3 volquetes y 1 scooptram.

5. La optimización del costo de carguío y transporte de la veta Adriana en 5.76 \$/t esto reflejado en el tonelaje programado por veta se tendría una optimización de 4,151 \$/t-día. para los 3 volquetes y 1 scooptram.

### **3.3.MARCO CONCEPTUAL**

#### **3.3.1. Movimiento de tierras en Operaciones**

Equipos de carguío (excavadoras, cargadores frontales y palas), camiones de transporte, constituyen unidades primordiales en el movimiento de tierras. Los equipos auxiliares típicos incluyen tractores, máquinas niveladoras, camiones de servicio, transportadores de explosivos, perforadoras secundarias y grúas.

#### **3.3.2. Vías**

Son las estructuras viarias dentro de una operación de movimiento de tierras, a través de las cuales se extrae material, o se efectúan los movimientos de equipos y servicios entre diferentes puntos de la misma. Se caracterizan, fundamentalmente, por su anchura y su pendiente dentro de una disposición espacial determinada.

##### **3.3.2.1.Vías de Acceso**

Caminos de uso esporádico que se utilizan para el acceso de los equipos, generalmente de arranque de material de botaderos. Las anchuras son pequeñas y, pueden ser vías de un solo carril o de dos carriles, las pendientes son superiores a las de las pistas.

#### **3.3.3. Carguío y Transporte**

##### **3.3.3.1.Carguío**

Esta etapa del proceso del movimiento de tierras se ocupa de definir los sectores de carga, las direcciones de carguío (a frentes de carga, posición de equipos de carguío y nivel de pisos) y el destino de los materiales.

### **3.3.3.2. Transporte**

Las funciones involucradas en el proceso de transporte son las siguientes: En esta etapa se planifica bien la definición de las rutas de transporte y del destino de los materiales, de acuerdo con tonelajes definidos previamente.

### **3.3.3.3. Equipos de Carguío y Transporte**

La selección de los equipos de carguío y transporte se realiza una vez que se ha definido el material a transportar. Para ello se debe tener en consideración el plan, que consiste en una evaluación técnica y económica completa.

La selección de equipos se realiza, entonces, en torno a tres grupos básicos de información: las condiciones del entorno, las características del terreno, y la geometría de la extracción y sus requerimientos específicos.

El rol primordial en cuanto a los tamaños y tipos de equipos es la determinación de la productividad, selectividad y seguridad.

### **3.3.3.4. Sistema de Carguío – Transporte**

Para una óptima planificación y operación de movimiento de tierras, se consideran todos los factores que afectan los costos y productividad de estos sistemas. Los camiones y el carguío no pueden trabajar solos como una herramienta efectiva de movimiento de tierra, excepto en raras circunstancias.

Los sistemas de carguío y transporte son ampliamente usados hoy en día en las operaciones mineras por su alta flexibilidad para la extracción del material. Los sistemas de transporte y carguío tienen menos restricciones, pero esto no significa que sean económicos.

La eficiencia y el costo efectivo de estos sistemas son sensibles a varios diversos elementos, pero cada uno de ellos afecta los costos en un menor grado. La inadecuada combinación de varios factores, aunque ello parezca insignificante, puede resultar costoso en un sistema de transporte y carguío.

### **3.3.3.5. Criterios de un sistema de Carguío y Acarreo**

La principal regla para el diseño en la moderna ingeniería minera es; "La maquinaria define el sistema y la geometría del diseño del movimiento de tierras". Todo proceso de selección de maquinaria analiza un conjunto de criterios, tanto básicos como generales, así como otro grupo definido como criterios específicos.

Se considerarán lo siguientes criterios de operación en el carguío:

- Producción requerida.
- Tamaño, tipo y capacidad del equipo de carga.
- Altura y espaciamiento del banco.
- Diseño de la zona de carguío, requerimientos operacionales: amplitud o espaciamiento de la zona de carguío, nivel de piso.
- Tamaño, altura y tipo de la tolva o camión donde se descarga.
- Tipo y condiciones del material: Abrasión, adhesión, cohesión, ángulo de reposo, compresibilidad. densidad del material, friabilidad, contenido de humedad, higroscopicidad, tamaño de fragmentos, forma de fragmentos, razón de esponjamiento
- Fragmentación y forma de la pila de escombros.
- Restricciones de mezcla del material (selectividad: control de leyes).
- Condiciones climáticas y altitud.

- Disponibilidad y utilización de equipos.
- Equipos auxiliares.
- Ergonomía.
- Experiencia, destreza y capacitación del operador: eficacia del operador.

### **3.3.3.6. Factores que afectan la productividad y costo en un sistema de carguío y acarreo**

La eficiencia y el costo de efectivo de estos sistemas son sensibles a diversos elementos o factores. Estos factores deben ser comprendidos a cabalidad por los planificadores de mina, porque cada uno de ellos afecta los costos en un mayor o menor grado. La inadecuada combinación de varios factores, aunque ello parezca insignificante, puede resultar costosa en un sistema de transporte y carguío.

Los factores son los siguientes:

- a) Capacidad y selección del balde del equipo de carguío - productividad de carguío

La capacidad y selección del balde del equipo de carguío influirán directamente en la productividad de este equipo y en la eficiencia del transporte del sistema en total.

- b) Relación entre la capacidad del equipo de carguío con la capacidad del camión

El tamaño de la caja del volquete no debe ser ni muy pequeño, ni débil, en comparación con el tamaño del cucharón de la máquina de carga para no destrozarla en poco tiempo o viceversa.

- c) Fragmentación del material a cargar

Si el material no cumple con las características apropiadas (granulometría, geometría de la ola de escombros, estado del piso, etc.), la operación del carguío se verá severamente

afectada (incremento de costos y daños en equipos); así mismo el transporte será afectado al bajar sus rendimientos (ciclo de carguío mayor) y podrá sufrir daños al ser cargado con material de mayor tamaño que lo ideal.

El grado de éxito de la fragmentación tiene relación directa con la eficiencia y calidad de los procesos que se desarrollarán posteriormente, como son el carguío, transporte y el vaciado en el destino.

### **3.3.4. Equipos en las Operaciones de Movimiento de Tierras**

#### **3.3.4.1. Excavadora**

La excavadora es una máquina que se utiliza tanto en faenas de explotaciones mineras, como en obras civiles.

Las excavadoras hidráulicas tienen muchas variaciones. Pueden estar montadas sobre orugas o sobre ruedas y disponer de distintos accesorios de operación. Con cada opción de tipo, modelo, accesorios y tamaños, se tienen diferentes aplicaciones y por lo tanto, distintas ventajas económicas.

La potencia hidráulica es la clave de las ventajas que ofrecen estas máquinas. El control hidráulico de los componentes de la máquina proporciona mayor rapidez en los tiempos de los ciclos, mejor control de los accesorios, mejor eficiencia total, suavidad y facilidad de operación y un control positivo que permite una mayor precisión en el carguío de material.

#### **❖ Características Básicas y de diseño**

Las principales características de las excavadoras hidráulicas son: diseños compactos y pesos relativamente reducidos en comparación a otros equipos.

- Gran movilidad y flexibilidad en la operación.
- Capacidad de remontar pendientes de hasta el 80 % y posibilidad de realizar la operación continuada en pendientes del 60%.
- Velocidades de rotación elevadas de 2,5 a 5 rpm, y por consiguiente ciclos de carga pequeños. • Fuerzas de penetración elevadas permitiendo un buen comportamiento ante la presencia de material compacto.
- Versatilidad para orientar el cucharón en el frente de excavación, lo que permite un excelente trabajo en explotación selectiva.
- Reducción de los daños causados en la caja de los volquetes por el mayor control en la descarga.
- Exigen poco espacio para operar, lo que permite menor preparación del área de trabajo para el carguío.
- Costos de operación medios.

#### ❖ **Especificaciones técnicas**

Es de suma importancia conocer las características técnicas de cada equipo, ya que es el punto de partida para seleccionar la excavadora que mejor se adecue a las condiciones de trabajo establecidas.

A continuación se ve una serie de especificaciones técnicas o datos nominales que proporciona el fabricante, que es primordial conocerlas:

Especificaciones del Equipo

- Motor: Modelo - Serie.

- Potencia neta (kW).
- Capacidad del tanque de combustible (L).
- Peso en orden de trabajo (Kg)
- Velocidad máxima de desplazamiento (kph).
- Mecanismo de rotación - velocidad de giro (RPM)
- Medidas generales- longitud, ancho, altura, etc. (m)
- Especificaciones de Operaciones
- Profundidad máxima de excavación (m)
- Alcance máximo al nivel del suelo (m).
- Altura máxima de carga (m).
- Altura mínima de carga (m)
- Profundidad máxima para obtener superficie horizontal (m).
- Profundidad máxima con frente vertical (m).
- Altura máxima de corte (m).
- Capacidad máxima del cucharón (m<sup>3</sup>).
- Fuerza de excavación del cucharón (KN).

#### ❖ **Operación de Carguío**

Está en función a las características de diseño, especificaciones técnicas de la excavadora, y principalmente a las condiciones de trabajo que incluyen el ángulo de giro y la profundidad o altura de corte. En este tipo de máquinas el desplazamiento es mínimo considerándose nulo.

#### ❖ **Angulo de Giro**

El ángulo de giro es la rotación que ejerce la pluma en torno al carro de orugas para realizar la maniobra e carga y descarga.

Generalmente el ángulo de giro va a depender de las siguientes condiciones de carguío:

- La disposición de la pila de material a cargar.
- La zona de carguío o el espacio libre por donde tendrán acceso las unidades de acarreo.
- El número de unidades de acarreo

La altura de corte está determinada por las características de diseño de la excavadora, ya que esto depende de la movilidad del equipo de trabajo (pluma, balancín y cuchara) y de las dimensiones del equipo.

La altura de corte también está determinada por el giro y por las unidades de acarreo con las que trabaja, para esto se tiene una serie de factores que permiten reducir tiempo en los ciclos para diferentes condiciones de trabajo.

Se dice que una condición promedio de profundidad de corte varía entre el 40% y 60% de la máxima profundidad nominal especificada y ángulo de giro entre 30° y 60°.

#### ❖ **Tiempo de Ciclo de una Excavadora**

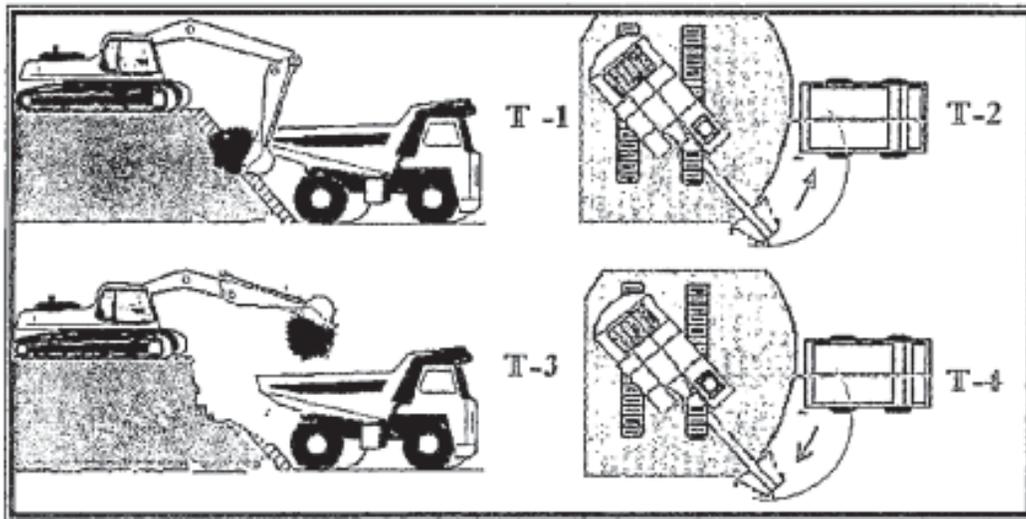
El tiempo del ciclo es una función del tipo de máquina y de las condiciones de trabajo que incluyen el ángulo de giro, la profundidad o altura de corte. Un ciclo se considera como el total de las operaciones de corte, en el trabajo realizado por una excavadora se tienen cuatro tiempos:

- Corte (T-1)
- Giro con carga (T -2)
- Descarga (T-3)

- Giro vacío. (T-4)

### Imagen 7

*Ciclo de carguío de una excavadora*



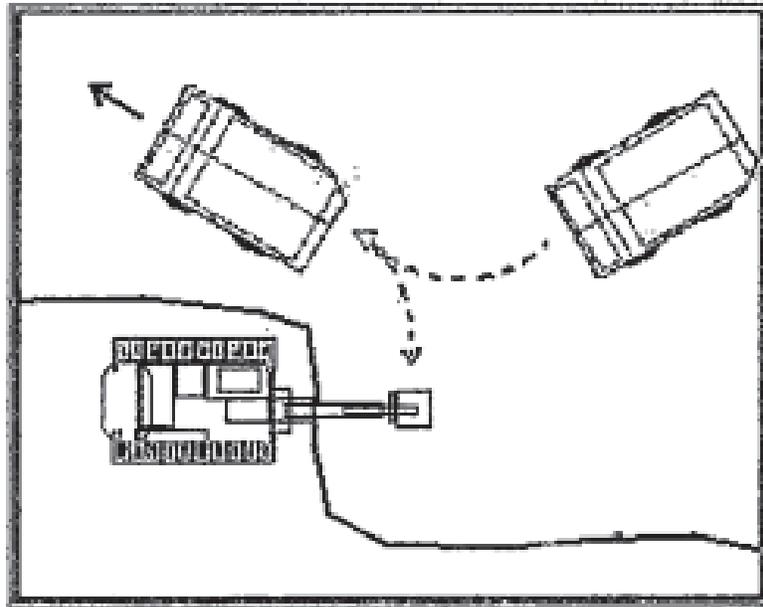
*Fuente.* Ronald Hennrry Huisa, (2017)

Es muy importante conocer el tiempo de ciclo de cada modelo de excavadora y determinar la productividad, de acuerdo al número de ciclos en determinado periodo.

El tiempo de ciclo más pequeño y por tanto, el máximo rendimiento se produce estando el volquete a un nivel inferior de la excavadora. Además, el rápido posicionado del volquete reduce los tiempos muertos en la excavadora.

## Imagen 8

*Posición de carguío más eficiente*



*Fuente.* Adaptado de Library, Ronald Hennry Huisa, (2017)

### ❖ **Tiempo a considerar en un sistema de Carguío y Acarreo**

Los tiempos en un sistema de carguío y acarreo están definidos por un ciclo de trabajo. La suma de los tiempos considerados para completar un ciclo corresponde al tiempo del ciclo, el ciclo consta de:

Carga: dependerá del equipo de carga y la capacidad de la tolva; evaluando la coincidencia entre el tamaño de la tolva y la capacidad del cucharón del equipo de carga se establece el volumen y el tiempo de carga.

Por lo tanto, el tiempo de carga será el tiempo que tarda un ciclo de carga por el número de cargas totales. Para los equipos de carguío como cargadores se considera al tiempo de carguío

con la denominación de tiempo de carga con intercambio, que viene a ser el tiempo que tarda un vehículo de acarreo en obtener la carga útil, más el tiempo que tarda en abandonar la zona de carga y en que otro se coloque para cargar.

Acarreo: Parte del ciclo en que un vehículo de acarreo cargado tarda en recorrer hasta el destino del material. Los tiempos de viaje y retorno dependerán de la potencia del motor, el peso del vehículo, las distancias de acarreo y retorno y las condiciones del camino.

Descarga y maniobras: El tiempo de descarga depende del tipo de unidad que se usa para el acarreo y la congestión en la zona de descarga. Hay que considerar que en el área de descarga hay otro equipo de apoyo. Los tractores están esparciendo el material y pueden estar trabajando otras unidades de compactación.

Retorno: Parte del ciclo en el que el vehículo de acarreo retorna vacío para obtener otra carga en la zona de carguío.

Un ciclo comprende dos tipos de tiempos: tiempo fijo y otro variable. El tiempo fijo corresponde a las maniobras, carga y descarga, y el tiempo variable es que emplea el equipo en acarrear el material.

### ❖ Sistema Hidráulico

Hoy en día las maquinas usan la hidráulica para activar implementos, sistemas de dirección, transmisiones, controles pilotos, etc. la necesidad de aumentar, la productividad de la maquina atraído como resultado el diseño y uso de sistemas de alta presión y mayor caudal con sistemas automáticos de control y de mando que requiere un mínimo esfuerzo de operación, resultando máquinas de alta confiabilidad y eficiencia.

El sistema hidráulico cumple una misión muy importante en la operación de la excavadora, ya que da el movimiento a todo el equipo. La presión del sistema hidráulico sale de dos bombas que, junto con las válvulas de control, tanque hidráulico y mangueras, todo instalado de manera compacta y cercana reduciendo las caídas de presión, dan al sistema hidráulico la presión necesaria para dar el movimiento requerido del equipo

### **Imagen 9**

*Sistema Hidráulico de Excavadora*



*Fuente. Caterpillar*

### **❖ Tren de Rodamiento**

Toda la estructura de la excavadora incluyendo el tren de rodamiento ha sido diseñado para resistir a los trabajos y entornos más difíciles y brindar el mejor desempeño en aplicaciones exigentes. Entre las estructuras se encuentra el bastidor principal, los rodillos, el contrapeso y el tren de rodamiento.

El tren de rodamiento por su parte incluye toda la estructura y componentes de las cadenas de traslación, lo que comúnmente se conocen como orugas, que permiten el desplazamiento de la excavadora.

### **Imagen 10**

*Tren de rodamiento de Excavadoras*



*Fuente. Caterpillar*

#### **❖ Cucharón**

Las excavadoras tienen entre sus principales características la versatilidad de poder utilizar diferentes herramientas según el trabajo que se requiere realizar. Entre ellas se encuentran los cucharones, martillos, trituradores, cizallas, compactadores, garfios, pulverizadores, entre otros que se pueden observar en la Figura; Cada uno de ellos está diseñado para optimizar su uso brindar el mejor rendimiento a la máquina

## Imagen 11

*Tipos de accesorios o herramientas para movimiento de material*



*Fuente. Caterpillar*

La elección por usar un tipo u otro dependerá de varios factores como son: la dureza del material, la densidad del material, la máxima capacidad de carga del equipo y sobre todo la abrasión del material lo que desencadenará en el desgaste y consumo del cucharón. La relación entre la abrasión y el impacto en el cucharón según el tipo de material. Esta relación permite identificar el tipo de cucharón que se debe utilizar y lograr la mayor duración de la vida útil del cucharón lo que afecta directamente al costo.

Los cucharones a su vez necesitan de un componente adicional para lograr la rotura del material, estos componentes, herramientas de corte, se denominan GETs por sus siglas en inglés (Ground Engaging Tools) o mejor conocido en el lenguaje popular del sector de la maquinaria pesada como uñas o dientes. Estas puntas metálicas, en la Figura., permiten desgarrar (romper) el material cada vez que se impacta el cucharón contra el terreno. La cantidad de dientes en un cucharón depende del tipo de cucharón y aplicación, lo común es colocar entre 4 a 5 dientes.

## Imagen 12

*Cucharón de excavadora*



*Fuente. Caterpillar*

### ❖ **Dientes de Penetración**

Junto con el cucharón de excavación, los dientes de penetración, son el consumible más importante de la excavadora y es que son las herramientas de corte que permiten lograr la operación de excavar la tierra. Los dientes al ser la primera parte de contacto entre la excavadora y la tierra, son los que tienen un mayor desgaste y requieren control y cambio frecuente. En la Figura se puede ver un ejemplo de los dientes.

## Imagen 13

*Cucharón y dientes de penetración*



*Fuente. Caterpillar*

Los dientes de penetración son la herramienta de corte que, cuando la excavadora ataca el material o terreno de donde se quiere mover o sacar la tierra, se encarga de separar o romper la tierra permitiendo que el cucharón pueda cargar la tierra y se pueda trasladar. Caterpillar, con el paso de los años ha desarrollado y probado varios diseños para fabricar los cucharones y dientes de penetración para lograr la mejor performance garantizando la calidad y duración. Técnicas de acero templado de alta resistencia brinda una mayor duración de la herramienta de corte sin necesidad de que el grosor de las paredes del componente sea más grueso lo cual permite lograr una mayor capacidad de carga y operatividad.

#### ❖ **Operación de la Excavadora**

Las excavadoras tienen una forma particular de operar, por el diseño y construcción, lo que hace importante entender su forma de operar y como la solución propuesta para el monitoreo del desgaste de los dientes de penetración está diseñado de acuerdo a la forma de operar de la excavadora Caterpillar 336D.

En primer lugar, se debe tener en cuenta las consideraciones críticas por las cuales se ha de elegir utilizar una excavadora Caterpillar 336D, entre ellas:

- Aplicación
- Condiciones del local de trabajo
- Requisitos de producción
- Alcance y Profundidad
- Requisitos de elevación
- Camiones con los que se moverá el material
- Tipo de herramienta de trabajo (Cucharón)
- Transporte para llevar la maquina
- Capacidad financiera
- Experiencias pasadas

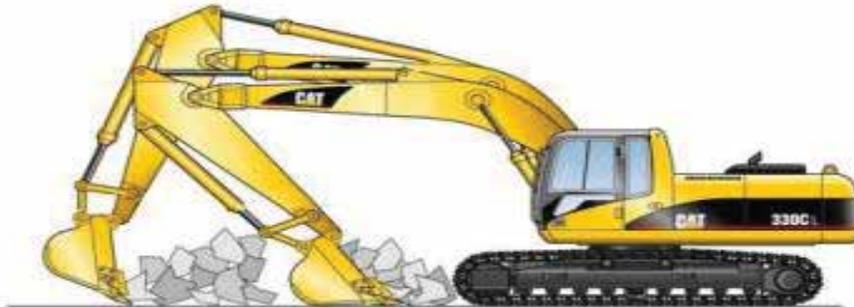
Entre las diversas aplicaciones antes mencionadas; movimiento de tierras y desmonte en general, tendido de redes de agua y desagüe, tendido de tuberías, vías urbanas, construcción en general, carguío de camiones, en canteras y agregados, desbroce de material, pequeña y mediana minería, canalizaciones, demolición, entre otras aplicaciones donde se puede adaptar una excavadora, nos centraremos en el movimiento de tierras donde se requiere excavar el material y utilizar cucharones y dientes de penetración.

La tarea de excavación de tierra consiste en mover/desplazar la tierra de un lugar a otro a través de cualquier medio manual o mecánico como es con el uso de una máquina como la excavadora.

La excavadora con todo el sistema hidráulico logrará mover toda la estructura de brazos metálicos para lograr que el cucharón con los dientes de penetración impacte en el material realizando un movimiento de retroceso para cargar el material, a diferencia de los cargadores frontales o palas eléctricas que realizan un carguío con movimiento frontal. En la Figura se puede ver como la excavadora ataca el material con un movimiento de retroceso.

### **Imagen 14**

*Movimientos de excavadora*

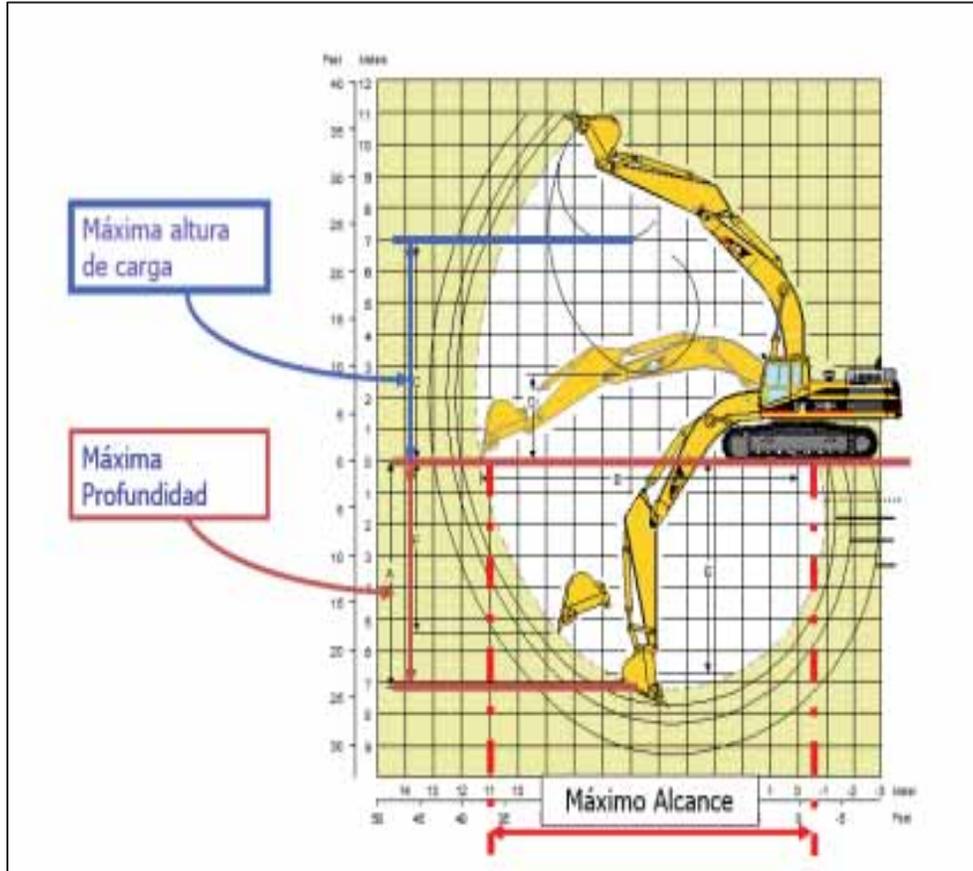


*Fuente. Caterpillar*

La pluma, el brazo y el varillaje son los componentes principales de la excavadora que le permiten lograr el proceso de movimiento y carguío del material. Estos tres componentes han sido diseñados siguiendo la composición de movimiento de las extremidades del ser humano y logran movimientos similares al brazo, antebrazo y muñeca respectivamente. Con estos tres componentes (pluma, brazo y varillaje) la excavadora puede lograr cubrir un rango determinado de alcance y movimiento. En la Figura se ve un diagrama del alcance de operación.

## Imagen 15

### *Movimientos de brazo de excavadora*



*Fuente.* Caterpillar

### **3.3.5. Productividad**

Existen muchas definiciones alrededor de la productividad, el autor Joseph Prokopenko (1989) plasma dos definiciones para este concepto: “la productividad se define como el uso eficiente de recursos - trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información - en la producción de diversos bienes y servicios” y “la productividad también puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo que lleva conseguirlos”. La productividad suele ser representada bajo la siguiente fórmula:

$$\frac{\textit{Producto}}{\textit{Insumo}} = \textit{Productividad}$$

### **3.3.5.1.Importancia y Función**

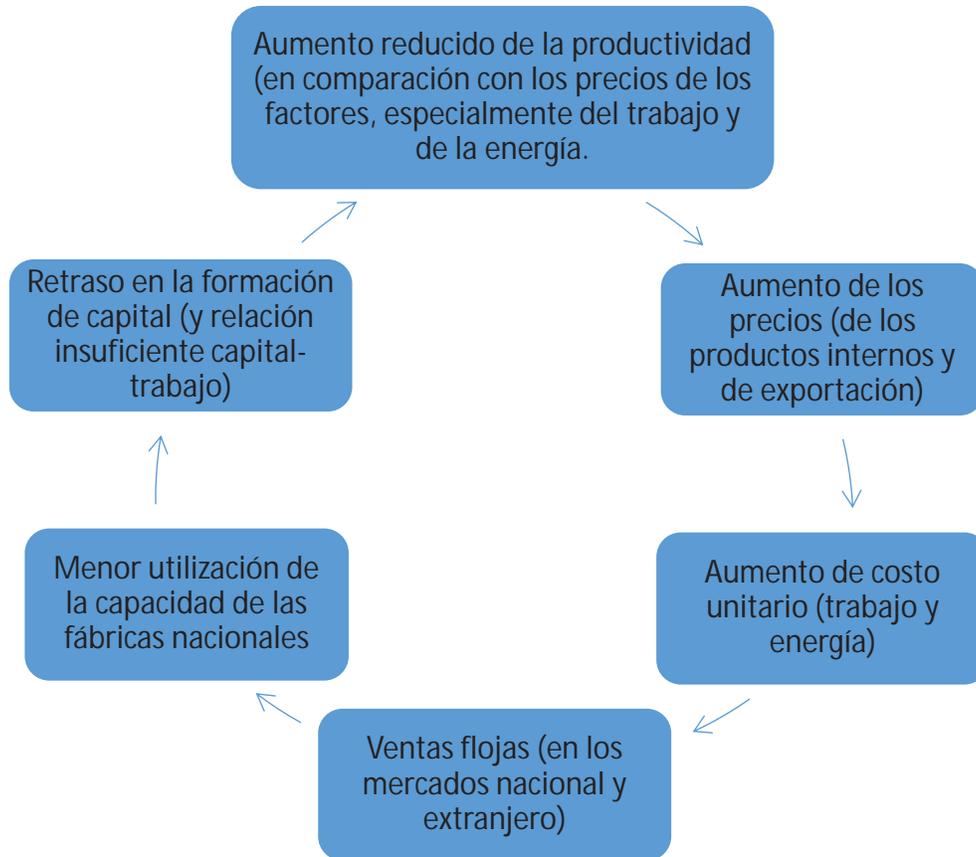
Como detalla Prokopenko, la productividad ha alcanzado una importancia para el bienestar de las naciones puesto que el incremento del PBI se ve influenciado por el incremento de la productividad. En consecuencia, se puede decir que el incremento de este factor tiene una notable influencia en los fenómenos sociales y económicos.

Por otro lado, la productividad también determina el grado de competitividad que tienen los productos de un país en el mercado. Por ejemplo, si la productividad de un país disminuye con respecto a la de otro que fabrica el mismo producto se crea un desequilibrio competitivo debido a que los costos de producción se harán mayores lo cual encarece el bien; como resultado los clientes optarán por consumir los productos más económicos.

Debido a que algunos países no logran competir con la productividad de otros, estos optan por devaluar su moneda lo cual solamente ocasiona la reducción de ingreso real ya que los bienes importados resultan más caros y aumenta la inflación interna. En el diagrama se representa un diagrama causal entre las variables y factores que afectan la productividad.

### **Imagen 16**

*Diagrama de causal entre variables y factores*



*Fuente.* Joseph Prokopenko (1989)

### 3.3.5.2. Factores de mejoramiento de la Productividad

Los factores podrían clasificarse de dos maneras:

- **Externos:** Se denominan así a los factores que no pueden ser controlados por la empresa.
- **Internos:** Se denominan así a los factores sobre los cuales la empresa tiene control.

### 3.3.5.3. Índice de Productividad Total de los Equipos

El índice de productividad total de los equipos (T) (ec.1) es un parámetro muy útil para la planificación de las operaciones, ya que indica la productividad real y efectiva (1). Se compone de los siguientes factores:

- Aprovechamiento del equipo (A): medida de utilización del equipo, representa el porcentaje del tiempo que realmente se utiliza.
- Efectividad global del equipo (G): Representa el estado de funcionamiento general del equipo. Se han considerado dos índices fundamentales para el caso de estudio:

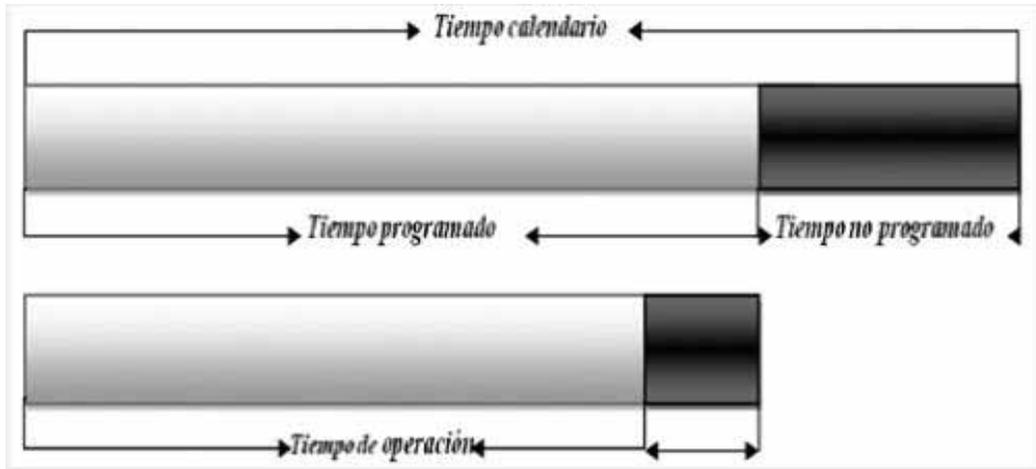
$$T = AxG; \%$$

- disponibilidad técnica y rendimiento, esto con la finalidad de ajustar la metodología a la maquinaria pesada de minería.

Para obtener la productividad real de los equipos se parte de la estimación del tiempo total en el que teóricamente estos deberían funcionar, estos tiempos se describen en la figura.

## Imagen 17

### *Estructura de los tiempos para el análisis de la productividad*



*Fuente.* Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería, Alexis Montes de Oca, 2018.

**Tiempo calendario (Ñ):** Es el tiempo total expresado en horas que el equipo puede trabajar. El valor máximo que puede tener este parámetro son 8760 horas, equivalente a los 365 días del año trabajando 24 horas al día. Es un parámetro teórico, ya que en condiciones normales aparecen afectaciones que disminuyen el tiempo efectivo de trabajo.

**Tiempo no programado (TNP):** Se mide en horas y está constituido por el tiempo que el equipo no debe trabajar según la planificación.

**Tiempo de operación (TO):** Es el número de horas efectivas en las que se espera que el equipo trabaje a plena capacidad. Excluye el tiempo por concepto de paradas programadas, ya sean por mantenimiento o tiempos improductivos vinculados a cuestiones intrínsecas del proceso de la maquinaria.

**Paradas programadas (PP):** Incluye el tiempo empleado para realizar acciones de mantenimientos periódicos y de rutina, paradas anuales y reparaciones importantes. En cada turno de trabajo como parte de las tareas cotidianas destinadas a la información de los operarios, es necesario suspender el equipo durante un corto periodo de tiempo, estas paradas deben ser consideradas dentro de las programadas.

### **3.3.6. Costos mineros**

Todo negocio, como la minería y la metalúrgica consiste en satisfacer la demanda del mercado vendiéndote un producto o servicio por más dinero de lo que cuesta su producción, de manera que permita obtener una utilidad.

Conocer los costos de la empresa es un elemento clave de la correcta gestión empresarial, para que el esfuerzo y la energía que se interviene en la empresa den los frutos esperados.

Por otra parte, no existen decisiones empresariales que de alguna forma no influyan en los costos de una empresa. Es por eso imperativo que las decisiones a tomarse tengan la suficiente calidad, para garantizar el buen desenvolvimiento de las mismas.

Como se ve, el cálculo de costo es uno de los instrumentos más importantes para la toma de decisiones y se puede decir que no basta con tener conocimientos técnicos adecuados, sino que es necesario considerar la incidencia de cualquier decisión en este sentido y las posibles o eventuales consecuencias que pueda generar.

### **3.3.7. Los objetivos empresariales**

Uno de los objetivos empresariales más importantes a lograr es la rentabilidad, sin dejar de reconocer que existen otros tan relevantes como crecer, agregar valor a la empresa, etc. Pero sin rentabilidad no es posible la permanencia de la empresa en el mediano y largo plazo.

Cuando se analizan los costos, ambos temas los cuales son costos y rentabilidad tienen muchos puntos en común.

Para que exista rentabilidad positiva, los ingresos tienen que ser mayores a los egresos. Lo que equivale a decir que los ingresos por ventas superiores a los costos.

Sin rentabilidad es imposible pensar en inversiones, mejorar los ingresos del personal, obtener préstamos, crecer, retribuir a los dueños o accionistas, soportar situaciones coyunturales difíciles, etc.

### **3.3.8. Aplicaciones del cálculo de costos**

El conocimiento adecuado de los costos de una empresa permitirá:

- ✓ Sirve de base para calcular el precio adecuado de los productos y servicios.
- ✓ Conocer que productos o servicios producen utilidades o pérdidas, y en que magnitud.
- ✓ Se utilizan para controlar los costos reales en comparación con los costos presupuestados.
- ✓ Permite comparar los costos entre:
  - Diferentes departamentos de la empresa
  - Diferentes empresas
  - Diferentes periodos
- ✓ Localiza puntos débiles de la empresa.

- ✓ Determina la parte de la empresa en la que más urgentemente se debe realizar medidas de racionalización y correctivas.
- ✓ Diseñar nuevos productos y servicios que satisfagan las expectativas de los clientes y al mismo tiempo, puedan ser producidos y entregados con un beneficio.
- ✓ Guiar las decisiones de inversión.
- ✓ Elegir entre proveedores alternativos.
- ✓ Negociar con los clientes el precio, las características del producto, la calidad, las condiciones de entrega y el servicio de satisfacer.
- ✓ Utilizar como instrumento de planificación y control.

### **3.3.9. Tipos de Costos**

Es necesario clasificar los costos de acuerdo a categorías o grupos, de manera tal que posean ciertas características comunes para poder realizar los cálculos, el análisis y presentar la información que puede ser utilizada para la toma de decisiones.

#### **3.3.9.1. Clasificación de costo según la función que cumplen**

##### **3.3.9.1.1. Costos de producción**

Son los que permiten obtener determinados bienes a partir de otros, mediante el empleo de un proceso de transformación, Por ejemplo:

- Costo de la materia y materiales que intervienen en el proceso productivo.
- Sueldos y cargas sociales del personal de producción.
- Depreciaciones del equipo productivo.
- Costos de los servicios públicos que intervienen en el proceso productivo.
- Costos de envases y embalajes.

- Costos de almacenamiento, depósito y expedición.

#### **3.3.9.1.2. Costo de comercialización**

Es el costo que posibilita el proceso de venta de los bienes o servicios a los clientes. Por ejemplo:

- Sueldos y cargas sociales del personal del área comercial.
- Comisiones sobre ventas.
- Fletes, hasta el lugar de destino de la mercadería.
- Seguros por el transporte de mercadería.
- Promoción y publicidad.
- Servicios técnicos y garantías de post – venta.

#### **3.3.9.1.3. Costo de Administración**

Son aquellos costos necesarios para la gestión del negocio. Por ejemplo:

- Sueldos y cargas sociales del personal del área administrativa y general de la empresa.
- Honorarios pagados por servicios profesionales.
- Servicios públicos correspondientes al área administrativa.
- Alquiler de oficina.
- Papelería e insumos propios de la administración.

#### **3.3.9.1.4. Costos de Financiamiento**

Es el correspondiente a la obtención de fondos aplicados al negocio. Por ejemplo:

- Interés pagado por préstamos.
- Comisiones y otros gastos bancarios.
- Impuestos derivados de las transacciones financieras.

### **3.3.10. Clasificación según su grado de variabilidad**

Esta clasificación es importante para la realización de estudios de planificación y control de operaciones, son de uso gerencial. Esta referido a la variación de los costos, según los niveles de producción.

#### **3.3.10.1. Costos Fijos**

Son aquellos costos cuyo importe permanece constante, independiente al volumen de producción de la empresa. Se pueden identificar y llamar como costos de mantener la empresa abierta, de manera tal que se realice o no la producción, se venda o no la mercadería o servicio, dichos costos igual deben ser solventados por la empresa. Por ejemplo:

1. Ventilación de mina.
2. Servicios de vigilancia externo.
3. Alquileres de servicio para uso administrativo.
4. Amortizaciones o depreciaciones.
5. Seguros.
6. Impuestos fijos.
7. Servicios públicos.
8. Sueldos y cargas sociales encargados, supervisión, gerentes, etc.

#### **3.3.10.2. Costos variables**

Son aquellos costos que varían en forma proporcional, con el nivel de producción o actividad de la empresa. Son los costos por producir o vender. Por ejemplo:

- Mano de obra directa (a destajo, por producción o por tanto).
- Materiales e insumos directos (explosivos, llantas, aire comprimido, energía, etc.).

- Impuestos específicos.
- Transporte.
- Comisión sobre ventas.

### **3.3.11. Clasificación según su asignación**

Son de uso contable.

#### **3.3.11.1. Costos directos**

Son aquellos costos que se asigna directamente a la actividad de producción. Por lo general se refieren a los costos variables.

#### **3.3.11.2. Costos indirectos**

Son aquellos que no son asignados directamente a la actividad de producción o servicio, pero que son necesaria para la producción. Se distribuyen entre las diversas unidades productivas mediante algún criterio de reparto. En la mayoría de los casos los costos indirectos son costos fijos.

### **3.3.12. Clasificación según su comportamiento**

#### **3.3.12.1. Costo variable Unitario**

Es el costo que corresponde a cada unidad de producción producido. Como ejemplo: Costo por cada tonelada de mineral producido, costo por metro de avance, etc. la fórmula del costo unitario.

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\text{Costo Producción Total}}{\text{Cantidad de producción}}$$

### **3.3.12.2. Costo Variable Total**

Es el costo que resulta de multiplicar el costo variable unitario por la cantidad de mineral producidos o servicios vendidos en un periodo determinado, sea este mensual, anual o cualquier otra periodicidad.

La fórmula del costo variable total es la siguiente:

$$***Costo Variable Total = Costo Variable Unitario x Cantidad***$$

Para el análisis de los costos variables, se parte de los valores unitarios para llegar a los valores totales.

En los costos fijos el proceso es inverso, se parte de los costos fijos totales para llegar a los costos fijos unitarios.

### **3.3.12.3. Costo Fijo Total**

Es la suma de todos los costos fijos de la empresa.

### **3.3.12.4. Costo Fijo Unitario**

Es el costo fijo total dividido por la cantidad de producción o servicios brindados.

$$***Costo fijo Unitario = \frac{Costo Fijo Total}{Cantidad}***$$

### **3.3.12.5. Costo Total**

Es la suma del costo variable más el costo fijo.

Se puede expresar en valores unitarios o en valores totales

**Costo Total Unitario = Costo variable unitario + Costo fijo unitario**

**Costo Total = Costo Variable Total + Costo Fijo Total**

### **3.3.13. Criterio de disponibilidad**

La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente. En la fase de diseño de equipos o sistemas, se debe buscar el equilibrio entre la disponibilidad y el costo. Dependiendo de la naturaleza de requisitos del sistema, el diseñador puede alterar los niveles de disponibilidad, confiabilidad y mantenimiento, de forma a disminuir el costo total del ciclo de vida. Matemáticamente la disponibilidad  $D(t)$ , se puede definir como la relación entre el tiempo en que el equipo o instalación quedó disponible para producir TMEF y el tiempo total de reparación TMPR. Es decir:

$$D(t) = \frac{\textit{Tiempos de producción}}{\textit{Tiempos de producción} + \textit{tiempo de mantenimiento}}$$

El TMPR o tiempo medio de reparación, depende en general de:

- La facilidad del equipo o sistema para realizarle mantenimiento.
- La capacitación profesional de quien hace la intervención.
- De las características de la organización y la planificación del mantenimiento.

### **3.3.13.1. Disponibilidad del Equipo**

La disponibilidad es la utilización del equipo para la ejecución de la actividad de manera inmediata el cual es medido en %, donde esto es medido de acuerdo a los tiempos productivos que tenga el equipo.

En conclusión, la disponibilidad es “Un porcentaje de medida de grado para la cual la maquinaria y equipo está en un estado operativo y estable justo en el tiempo cuando este es necesitado”

### **3.3.13.2. Relación entre Disponibilidad, Mantenimiento y Confiabilidad.**

Para aumentar la producción en un equipo, es indispensable que las tres disciplinas disponibilidad, confiabilidad y mantenimiento se relacionen entre sí, de tal manera que: Si se quiere aumentar la disponibilidad en una planta, sistema o equipo, se debe:

- Aumentar la confiabilidad, expresada por el TMEF.
- Reducir el tiempo empleado en la reparación, expresado por el Tmpr.
- Aumentar el TMEF y reducir el Tmpr simultáneamente.

Donde:

**TMEF:** Tiempos disponible para la producción o tiempo promedio entre fallas.

**Tmpr:** Tiempo en mantenimiento o tiempo promedio en reparación Como la tasa de fallas expresa la relación entre el número de fallas y el tiempo total de operación del sistema o equipo, se puede expresar el TMEF como el inverso de la tasa de fallas  $\lambda$ .

### **3.3.13.3. Tipos de Disponibilidad**

Existen tres tipos de disponibilidad:

- Inherente.
- Alcanzable.
- Operacional.

#### **3.3.13.3.1. Disponibilidad Inherente (Ai)**

Es el nivel esperado de disponibilidad debido al comportamiento del mantenimiento correctivo únicamente. Está determinada por el diseño del equipo. Asume que los repuestos y personal están 100 por ciento disponibles sin retraso alguno.

#### **3.3.13.3.2. Disponibilidad Alcanzable (Aa)**

Es el nivel esperado de disponibilidad debido al comportamiento del mantenimiento correctivo y preventivo. Depende del diseño del equipo y de la planta. También asume que los repuestos y personal están 100 por ciento disponibles sin retraso alguno

#### **3.3.13.3.3. Disponibilidad Operacional (Ao)**

Es el fundamento de la disponibilidad. Este es el valor real de la disponibilidad obtenido en la operación diaria. Este valor refleja el nivel de recursos del mantenimiento de la planta, así como la efectividad organizacional.

#### **3.3.14. Disponibilidad Mecánica**

La disponibilidad mecánica, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad mecánica se expresa como el porcentaje de tiempo resultante de la división del tiempo promedio entre fallas entre la

sumatoria del tiempo promedio de reparación y el tiempo promedio entre fallas, esto en equipos, instalaciones y sistemas que operan y/o producen continuamente.

En conclusión define el desempeño del departamento de mantenimiento y servicios, también en definición es la razón entre horas trabajadas y la suma de horas trabajadas con las horas de reparación.

### **3.3.15. Uso de la Disponibilidad**

El porcentaje de tiempo que el equipo está encendido, en producción o en demoras, respecto al tiempo que está disponible mecánicamente. Este parámetro involucra directamente a los Stand by.

$$*Uso de Disponibilidad* = \frac{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras}}{\text{Horas Totales} - \text{Horas Inoperativas}}$$

$$*Uso de la Disponibilidad* = \frac{\text{Horas Operativas}}{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras} + \text{Horas Stand by}}$$

### **3.3.16. Uso del Equipo**

El porcentaje de tiempo en que el equipo está produciendo, respecto del total de tiempo en que está con el motor encendido. Este parámetro involucra directamente a las Demoras Operativas.

$$Uso = \frac{\text{Horas Operativas}}{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras}}$$

### **3.3.17. Horas operativas**

Es el tiempo operativo del equipo que al iniciar su actividad u operación genera producción y utilidad para la empresa.

### **3.3.18. Demoras operativas**

Las demoras operativas se presentan en contra y a favor del equipo al final de cada valorización, en el tema de producción son perjudicados algunas demoras como pueden ser el tema de reinicio de operaciones cuando existe la hora de voladura, así mismo uno de los que se genera constantemente es la falta de frente, esto es puede evidenciar al momento de no generar utilidad en el equipo que implica la demorar de la actividad.

### **3.3.19. Stand by (sb)**

El estado mencionado representa a la falta de frente que se tiene en el momento que puede ser eventual por una hora o toda la guardia, esto representa un tiempo improductivo para el equipo, pero beneficioso en la disponibilidad para no infringir en alguna de las penalidades establecidas que posteriormente se mencionara.

### **3.3.20. Utilización**

Es el factor principal para ver la rentabilidad del equipo al momento de efectuar la actividad enmendada, es medido en % todo el momento sea el tiempo disponible que este efectuando la operación por lo que es la productividad que genera en el tiempo establecido.

### **3.3.21. Rendimiento**

En la producción que se establece en previos estudios, el rendimiento es reflejado en estos promedios que se tengan, siendo beneficios o teniendo preocupación en los avances, de manera inmediata se evalúa y se genera la mejora compatibilidad de equipo con la actividad.

### **3.3.22. Mantenimiento**

Es la actividad estratégica realizada para corregir las fallas presentadas en los equipos en nuestras actividades. Existen varios tipos de mantenimiento.

#### **3.3.22.1. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo o mantenimiento por avería consiste en dejar los equipos o máquinas en servicio hasta que surja la avería y en este momento el departamento de producción llama a mantenimiento para reparar el defecto. Una vez reparado, el jefe de mantenimiento deja el equipo o máquina hasta que se produce otra falla.

#### **3.3.22.2. Mantenimiento preventivo**

Las tareas de mantenimiento preventivo más comunes son sustituciones, renovaciones, revisiones generales, etc. Es necesario recalcar que estas tareas se realizan, a intervalos fijos, como por ejemplo, cada 3.000 horas de operación, cada 10.000 millas, al margen de la condición real de los elementos o sistemas.

#### **3.3.22.3. Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo consiste en el conjunto de tareas destinadas a determinar la condición operativa de los equipos o máquinas, midiendo las variables físicas y químicas más

importantes con el objeto de predecir anomalías y corregirlas usando para tal fin instrumentos y sistemas de diagnóstico.

### **3.3.23. Confiabilidad**

La confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo. Si no hay fallas el equipo es 100% confiable, si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aun aceptable, pero si la frecuencia es alta, el equipo es poco confiable. La confiabilidad está estrechamente relacionada con la calidad de un producto, una baja calidad del producto implica una disminución de su confiabilidad; entonces, la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para los cuales es diseñado, durante un periodo de tiempo específico y bajo las condiciones de operación, ambientales y del entorno se definen como confiabilidad. La confiabilidad presenta la siguiente estructura.

### **3.3.24. Probabilidad**

Las mediciones de confiabilidad se hacen en términos de probabilidad, lo cual es la relación del número de veces de los casos estudiados (eventos, favorables o no) entre el número total posible de casos; en la medida que la cantidad de ensayos o casos posibles sea mayor la probabilidad se vuelve exacta y cercana al valor real.

### **3.3.25. Desempeño satisfactorio**

Muestra que se debe establecer criterios específicos para representar lo que es considerado como una operación satisfactoria, una combinación de factores cualitativos y cuantitativos definen las funciones que el sistema debe lograr, usualmente son las especificaciones del sistema. Implica además conocer cuando el equipo falla y ya no se desempeña satisfactoriamente.

### **3.3.26. Tiempo promedio entre fallas**

Es la variable aleatoria de la definición de confiabilidad y se refiere a la duración del funcionamiento o duración de vida, que se puede ser medido en horas, días y semanas mediante instrumentos de precisión.

### **3.3.27. Condiciones de Operaciones**

Son las condiciones en las que se espera que el equipo funcione y constituye el cuarto elemento relevante de la definición básica de la confiabilidad, incluyen factores como ubicación geográfica donde se espera que el equipo opere, el medio ambiente, vibraciones, transporte, etc.

### **3.3.28. Equipos Retenes**

Los trabajos antes realizados con herramientas manuales fueron los primeros indicios de observar como la tecnología tenía mayor influencia a gran escala, y con el pasar de los años tuvo resultados en todas sus magnitudes tanto en la minería y la industria, supliendo el trabajo manual a llevarlo a un trabajo operativo donde el equivalente de muchos trabajadores lo realiza un equipo el cual puede ser hidráulico, eléctrico o mecánico.

Debido a estas observaciones los equipos eran utilizados a su máximo potencial y teniendo cálculos ya establecidos como la utilidad, rendimiento, producción, eficiencia y demás factores que influyen en su rendimiento, así como los términos mecánicos que son la confiabilidad de equipos.

En la presente investigación se aplica una cantidad expuesta y considerable de equipos para dar solución a los términos ya mencionados, donde la problemática mayor es dar un reemplazo adecuado con el que se tiene el termino **Equipo reten** este término es aplicado a un equipo sin operador pero con disponibilidad inmediata, si un equipo fuera a quedar inoperativo, siendo este

equipo denominado de esta manera porque reemplazara de manera inmediata sin perjudicar la mayor parte sea posible al equipo inoperativo y alcanzar tanto su rendimiento, eficiencia, utilidad, y demás.

## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS DEL INCREMENTO DE LA FLOTA DE EQUIPOS DENTRO DE LAS OPERACIONES**

#### **4.1 Operaciones Mineras**

Las operaciones dentro de la U.M Las Bambas es una de las más importantes en el país por su nivel de exportación en sus primeros años, siendo mundialmente ubicada entre las 5 minas más grandes de Cu, como se conoce esta Unidad tiene oficialmente la extracción de los minerales de Cu y Mb; la inversión de este proyecto actualmente es financiado por la compañía minera MMG Limited quien ejecuta y lidera sus áreas de ejecución de una manera óptima y eficiente.

Dentro de operaciones el costo operativo representa la utilidad de los equipos, siendo la más apropiada y la relación directamente proporcional en función de las horas máquina, los trabajos

operativos que se realizan dentro de las operaciones tienen una eficiencia encima de los 95%, considerados muy altos y aun así esto cada vez requiere de mejoras dentro de los procesos operativos que se llevan en el Tajo actualmente Ferrobamba, y a mediano plazo está el nuevo Tajo Chalcobamba.

El incremento de los Tajos en la U.M Las Bambas tiene como fin incrementar y recuperar los costos perdidos que se tuvieron en estos últimos años, como se sabe la explotación del Tajo Chalcobamba estuvo planificado 6 años después del Tajo Ferrobamba, así como se conoce el 2016 se dio inicio a los procesos operativos en este último Tajo, a una gran escala para dar una producción optima y eficiente.

## **4.2 Trabajos dentro de la Operación del Tajo Ferrobamba**

Los trabajos que se realizan dentro de la operación está considerado como trabajos de movimiento de tierras que tiene en generalidad a todos los trabajos auxiliares que son de apoyo en todas las áreas, se da el soporte principal a las operaciones mineras, Trabajos en la presa de relaves, Trabajos en planta y demás áreas ligadas a las Operaciones.

### **4.2.1 Trabajos de Excavadora**

Los trabajos de excavadora dentro del Tajo Ferrobamba están constituidos por diversas actividades de manera que sean el apoyo en las operaciones, sea para habilitar accesos de nuevos puntos de carguío para las palas eléctricas que se tienen en el Tajo, o la estabilización del Talud para continuar con el minado; también se consta de trabajos de construcción y drenaje para el encause de la presencia del nivel freático dentro de las operaciones que es uno de los factores

que influye directamente en el avance y planificación a largo plazo que se tiene proyectado en el Tajo.

Uno de los trabajos en los cuales se utiliza con mayor eficiencia y utilidad es en los trabajos de construcción de acceso y plataformas, esto es directamente relacionado a los trabajos de movimiento de tierras que son considerados por algunos autores como “Movimiento de Tierras y Otros” este viene hacer un trabajo de operaciones unitarias dentro de los procedimientos operativos; esto consiste en el desbroce de material INSITU, hacia los camiones para ir habilitando y aperturando una nueva vía que a futuro será un acceso para los camiones mineros, en este punto tiene mucha influencia el tipo de material que se va a desbrozar, como se sabe todo material Insitu tendrá una variación con respecto al material cubicado esta variación se tiene en el Volumen que por el factor de esponjamiento hace que incremente su volumen, esto tiene cálculos promedios de acuerdo al terreno.

### **Imagen 18**

*Carguío de Top Soil (Construcción de Plataformas)*



*Fuente. Propia*

El perfilado de Talud es uno de los trabajos que influencia en el minado de la parte inferior del punto donde se realiza esta actividad, para no generar una condición de desprendimiento de material hacia los niveles inferiores se trata de estabilizar con un ángulo evaluado por el área de geotecnia para eliminar la condición de desprendimiento de material.

### **Imagen 19**

*Perfilado de Talud, estabilización de talud*



*Fuente. Propia.*

### **Imagen 20**

*Perfilado de talud*



*Fuente. Propia*

La construcción de Diques que también es realizado por la excavadora es una actividad importante que ayuda a reducir el encause de acumulación de distintas direcciones que se tiene de la vía minera, esto es para reducir el caudal e impacto con el que se precipita el agua aún más en el tiempo de lluvias dentro de las operaciones mineras.

## **Imagen 21**

*Construcción de diques*



*Fuente. Propia*

El enrocado de alcantarillas es una de las actividades con una versatilidad del equipo para poder colocar las rocas de manera encajonante para que la alcantarilla tenga un soporte de direccionar el caudal del agua de manera fluida y constante sin obstrucciones en este conducto.

## **Imagen 22**

### *Enrocado de alcantarillas*



*Fuente. Propia*

Y por último la construcción de cunetas es uno de los trabajos auxiliares que van directamente a la fluidez del agua para poder minar en los puntos de carguío de las palas mecánicas y no generar condiciones de visibilidad en el punto de carguío, donde los neumáticos tienen un tiempo de vida útil en este proceso, y lo que menos se desea es que el equipo quede inoperativo porque no solo afectaría los costos si no también la producción que se tiene a diario.

## **Imagen 23**

### *Construcción de canaletas*



*Fuente. Propia*

#### **4.2.2 Trabajos con el Tractor sobre Orugas**

Los trabajos auxiliares con el Tracto de Orugas son un soporte principal para las distintas áreas como operaciones, mantenimiento de vías, perforación y planta; principalmente la función que aplican es múltiple, pero realizan la utilización de su lampón al momento de realizar las distintas actividades que se tienen.

Uno de los trabajos es la limpieza de cunetas en cualquier temporal que se tiene dentro de las operaciones, aún más énfasis se da cuando se tiene el temporal de lluvia es donde las cunetas se saturan por la precipitación del agua de todas las direcciones del terreno, es por eso que con este aspecto el material se satura y no permite la fluidez del agua, haciendo que el agua ingrese dentro de las vías mineras haciendo que estos se deterioren y generen condiciones en las vías mineras haciendo que el ciclo de acarreo por algunas partes se incrementen y generen una pérdida de número de viajes.

#### **Imagen 24**

*Limpieza de vías*



*Fuente. Propia*

La nivelación de plataformas de perforación son uno de los factores principales para todo el ciclo de acarreo, como se sabe las operaciones unitarias dentro del Tajo se inicia con la perforación de taladros, es por eso que este es uno de los trabajos iniciales y con mayor énfasis, la desviación de taladros es un factor importante para la secuencia de las operaciones donde implica mucho este factor para tener la granulometría de material según el tipo de material que se Fragmentará.

## **Imagen 25**

*Empuje de material y lastrado*



*Fuente. Propia*

La conformación y habilitación de plataformas con el tractor sobre orugas es una de las actividades más importantes que se tiene en las operaciones, donde el material y volumen movido es de considerable magnitud es por eso por lo que se tiene equipos de gran envergadura dentro de las operaciones como son los de la marca CATERPILLAR de los modelos D8T, D9T y D10T, cuyas capacidades mínimas de cucharón tiene de 18 m<sup>3</sup> hasta los 36 m<sup>3</sup>.

### **Imagen 26**

*Nivelación de plataforma para perforación*



*Fuente. Propia.*

El lastrado de material dentro de las vías es con material lastre, debido al ancho de la vía este material es tendido con los camiones mineros obstaculizando en ciertos puntos por toda la capacidad de material que se hecha en las vías, es por eso que estos equipos tienen que realizar el tendido de este material dentro de la vía.

### **Imagen 27**

*Lastrado de material y mantenimiento de vías*



*Fuente. Propia*

### **4.2.3 Trabajos con la retroexcavadora**

Los trabajos de la retroexcavadora son puntuales, pero de mucha importancia dentro de las operaciones del Tajo, así como realizar la construcción y conformación de bermas mayormente con esto se delimita el área de trabajo correspondiente dentro de las operaciones.

### **Imagen 28**

*Conformación de bermas de seguridad*



*Fuente. Propia*

En últimas oportunidades se dio mejoras en las operaciones al incluir una retroexcavadora en zonas puntuales para reemplazar a equipos de gran magnitud como es la motoniveladora 24M que tiene el rendimiento adecuado para hacer el mantenimiento de vías de un ancho de vías mayor a 24 m; la retroexcavadora actualmente está ubicado para la limpieza de material que queda en las vías dando una mejor utilidad a los demás equipos auxiliares.

### **Imagen 29**

#### *Mantenimiento de vías*



*Fuente. Propia*

Todos estos trabajos son de una necesidad primordial dentro de las operaciones para mejorar en los puntos de carguío y no generar afectación en los neumáticos de los camiones mineros, también en el acarreo cuando se realiza mantenimiento de vías en el ciclo de acarreo que se tiene y la conformación de bermas y limpieza de terreno de acuerdo con su capacidad.

#### 4.2.4 Flota de Equipos dentro de las Operaciones mineras

Los equipos de mayor cantidad son los acumulados y descritos anteriormente donde en su mayor parte son estos los que generan la utilidad de la empresa por los costos operativos que se tiene y la cantidad en la que se arrienda.

**Tabla 5**

*Flota de Equipos en la Empresa Melsar SAC*

EQUIPO		
FLOTA	MODELO	CODIGO
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120
		EC-95
		EC-96
		EC-121
		EC-97
	CAT 345	EC-10
	CAT 390DL	EC-08
		EC-09
	KOMATSU PC 450	EC-60
		EC-61
RETRO CARGADORA	CAT 420F BE	RE-16
		RE-12
	JBC 3CX	RE-14
		RE-15
		RE-13
	NEW HOLLAND	RE-22
	BOMAG 219DH	RE-23
		RE-24
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D10T	TR-15
		TR-16
		TR-64
		TR-65
	CAT D8T	TR-10
		TR-11
		TR-12

*Fuente.* Elaboración Propia

Como se verifica en la flota de equipos los de mayor cantidad y de mayor movimiento que se tiene es de los de línea amarilla como la excavadora, retroexcavadora y tractor sobre orugas que

son un total de 25 equipos, estos tienen la necesidad de un equipo adicional como más adelante se detallará.

Así mismo haciendo comentario se considera a estos equipos por la dimensión y la capacidad que tienen dentro de operaciones la función principal de dar el soporte a todas las operaciones auxiliares y cumplir lo planificado, pero al momento que uno de ellos queda inoperativo no solo no trae utilidades a la empresa, si no también perjudica el avance de la planificación de minado, aún más puede traer demoras en el carguío y acarreo que haciendo comparación con esta flota de equipos es algo que afecta en la producción diaria.

Normalmente estos equipos quedan inoperativos por la falla mecánica, son constantes en el ámbito hidráulico, en lo eléctrico y accesorios de equipos.

#### **4.3 Horas Productivas de la Flota de Equipos**

Las horas acumuladas mensualmente de cada unidad normalmente deberían alcanzar un total de 11.25 hrs, de las 12 horas solo se tiene un descanso de 45 min y más eso se tiene 5 min de precalentamiento del equipo que se contempla en el contrato de las operaciones, uno de los factores también es la disponibilidad mecánica que debe tener un mínimo de disponibilidad de 85% que esto es lo más efectivo para las minerías de gran envergadura, es por eso que los equipos deben tener continuidad en todas sus actividades para alcanzar los trabajos de planificación a corto plazo y también son importantes en el momento que son del soporte de los trabajos principales, a continuación se adjunta los cuadros mencionados y acumulados.

a) Horas Productivas de las Retroexcavadoras.

Tabla 6

Horas productivas de las retroexcavadoras durante un mes

EQUIPO			17/08/2021		18/08/2021		19/08/2021		20/08/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
RETRO CARGADORA	CAT 420F BE	RE-16	9.95		9.48		9.77		4.12	
		RE-12	9.63		10.53		10.78		6.82	
	JBC 3CX	RE-14	10.32		10.43		10.42		9.53	
		RE-15	8.45		9.50		10.02		9.95	
		RE-13	7.13		8.37		3.88			
	NEW HOLLAND BOMAG 219DH	RE-22	8.23		10.02		10.40		9.03	
		RE-23	9.63		10.45		10.52		9.60	
		RE-24	7.38		9.92		2.37		7.45	

EQUIPO			21/08/2021		22/08/2021		23/08/2021		24/08/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
RETRO CARGADORA	CAT 420F BE	RE-16	3.50		7.70		9.90		7.10	
		RE-12	8.43		9.00		5.10		4.32	
	JBC 3CX	RE-14	8.65		10.55		10.52		10.58	
		RE-15	8.08		10.00		7.73		10.37	
		RE-13	8.90		8.98		10.77		5.95	
	NEW HOLLAND BOMAG 219DH	RE-22	5.70		7.35		8.15		9.72	
		RE-23	7.95		5.88		7.68		9.55	
		RE-24	7.25		6.40					

EQUIPO			25/08/2021		26/08/2021		27/08/2021		28/08/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
RETRO CARGADORA	CAT 420F BE	RE-16			7.80		9.93		8.53	
		RE-12					3.05		5.22	
	JBC 3CX	RE-14	10.38		9.25		7.87		9.15	
		RE-15	10.25		9.58		9.85		9.42	
		RE-13	10.70		10.25		10.70		9.45	
	NEW HOLLAND BOMAG 219DH	RE-22	5.93		8.77		10.20		8.28	
		RE-23	10.30		2.80				7.38	
		RE-24								

EQUIPO			29/08/2021		30/08/2021		31/08/2021		01/09/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
RETRO CARGADORA	CAT 420F BE	RE-16	9.90		10.03		10.15		10.30	
		RE-12	8.38		10.50		5.37		4.40	
	JBC 3CX	RE-14	8.50		7.63		9.17		5.95	
		RE-15	10.03		10.30		10.22		10.00	
		RE-13	10.62		10.32		7.82		9.75	
	NEW HOLLAND BOMAG 219DH	RE-22	9.83		9.58		1.25		10.33	
		RE-23	8.73		10.40		0.90			
		RE-24								

EQUIPO			02/09/2021		03/09/2021		04/09/2021		05/09/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
RETRO CARGADORA	CAT 420F BE	RE-16	10.38		4.90		6.30		10.38	
		RE-12					3.25			
	JBC 3CX	RE-14	6.82		2.85		6.30		8.40	
		RE-15	10.28		9.78		8.85		10.37	
		RE-13	10.53		10.32		9.12		10.15	
	NEW HOLLAND BOMAG 219DH	RE-22	10.28		10.17		7.93		10.47	
		RE-23	8.17				5.42		9.20	
		RE-24								

EQUIPO			06/09/2021		07/09/2021		08/09/2021		09/09/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
RETRO CARGADORA	CAT 420F BE	RE-16	10.40		10.68		10.42		10.50	
		RE-12	8.18						7.84	
	JBC 3CX	RE-14	6.98		9.43		10.38		10.07	
		RE-15	9.28		9.90		10.08		10.38	
		RE-13	7.77		9.37		10.30		10.43	
	NEW HOLLAND BOMAG 219DH	RE-22	4.05		9.58		7.43		9.50	
		RE-23	7.40		10.10		9.97		8.95	
		RE-24	10.45		10.27		9.93		10.55	

EQUIPO			10/09/2021		11/09/2021		12/09/2021		13/09/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
RETRO CARGADORA	CAT 420F BE	RE-16	9.95		8.32		5.65		3.50	
		RE-12	9.33		3.51		8.4		3.6	
	JBC 3CX	RE-14	8.70		5.92		7.80		10.03	
		RE-15	10.30		8.33		10.32		10.33	
		RE-13	10.90		9.10		9.83		9.48	
	NEW HOLLAND BOMAG 219DH	RE-22	10.27		8.00		10.23		10.08	
		RE-23			6.28		7.37		8.50	
		RE-24	10.67		7.25		8.98		10.62	

EQUIPO			14/09/2021		15/09/2021		16/09/2021		Total
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	
RETRO CARGADORA	CAT 420F BE	RE-16	10.38		7.97		4.52		252.41
		RE-12	4.9						150.54
	JBC 3CX	RE-14	10.23		10.15		6.00		268.96
		RE-15	10.22		10.20		10.10		302.47
		RE-13	10.70		9.87		5.95		277.41
	NEW HOLLAND	RE-22	10.20		8.67		9.33		268.96
	BOMAG 219DH	RE-23	9.67		0.45				203.25
		RE-24	9.82		6.67	9.68			145.66

*Fuente.* En las tablas anteriores se muestran las horas productivas de las retroexcavadoras durante el periodo de 17 de agosto al 16 de septiembre del 2021. Elaboración propia.

#### b) Horas productivas de Excavadoras dentro de las Operaciones

**Tabla 7**

*Horas productivas de excavadoras durante un mes*

EQUIPO			17/08/2021		18/08/2021		19/08/2021		20/08/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	10.55	5.60	10.32	10.57	7.62	10.50	10.52	10.63
		EC-95	7.25		8.48		1.20			
		EC-96					4.33		8.58	
		EC-121								
	CAT 345	EC-97	10.63	5.40	10.52	10.83	10.20	10.67	10.50	10.75
		EC-10	8.30	5.87	1.73	10.22	5.38	10.28	9.48	9.45
	CAT 390DL	EC-08	10.13		4.18		7.87		8.28	
		EC-09			1.27					
KOMATSU PC 450	EC-60									
	EC-61		5.65	9.87	9.92	9.57	9.92	7.95	9.88	

EQUIPO			21/08/2021		22/08/2021		23/08/2021		24/08/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	8.78	10.73	10.48	10.73	10.57	10.60	10.67	7.63
		EC-95							8.93	
		EC-96	8.00		10.50		10.85		9.80	
		EC-121								
		EC-97	7.32	10.50	9.33	10.42	10.02	10.70	10.38	8.23
	CAT 345	EC-10	7.80	10.30	7.62	5.92	4.93	10.50	8.78	0.20
	CAT 390DL	EC-08	5.30	9.95	10.40	3.00	10.78		10.75	5.10
		EC-09			7.50					
	KOMATSU PC 450	EC-60								
EC-61		2.08			6.00	5.00	10.57	7.00	8.00	

EQUIPO			25/08/2021		26/08/2021		27/08/2021		28/08/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	9.90	9.67	10.67	10.37		7.67	8.63	10.77
		EC-95	10.60		10.20		10.15		9.37	
		EC-96	10.62		10.20		9.70		9.65	
		EC-121								
		EC-97	8.97	9.92	9.92	10.70	8.88	8.93	8.80	10.72
	CAT 345	EC-10	9.63	6.52	9.68	10.78	4.67	6.78	8.23	0.77
	CAT 390DL	EC-08	7.70		6.95		10.60			
		EC-09					9.63		8.52	
	KOMATSU PC 450	EC-60								
EC-61		8.00	9.90	10.63	10.72	9.82	7.63	7.93	8.72	

EQUIPO			29/08/2021		30/08/2021		31/08/2021		01/09/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	10.63	10.73	10.27	10.02	10.52	5.30	10.03	10.68
		EC-95	10.20		10.55		8.97		7.23	
		EC-96	10.45		10.32		7.20		9.87	
		EC-121	6.32	10.68	10.77	10.83	10.35	5.20	10.07	10.68
		EC-97	3.45		10.73	10.78	10.57	5.17	9.18	10.35
	CAT 345	EC-10	9.55	9.83	8.80	10.57	9.45	5.20	9.25	9.57
	CAT 390DL	EC-08								
		EC-09	10.75		9.63		9.93		9.25	
	KOMATSU PC 450	EC-60								
EC-61		7.98	10.72							

EQUIPO			02/09/2021		03/09/2021		04/09/2021		05/09/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	10.60	10.73	10.63	10.73	9.50	10.72	10.67	10.73
		EC-95	10.43		10.45		9.10		8.05	
		EC-96	10.53		10.55		8.90		8.40	
		EC-121	9.37	1.87				10.58	10.47	6.88
		EC-97	9.67	10.57	9.03	10.65	8.53	10.57	10.60	10.55
	CAT 345	EC-10	9.85	7.78	9.98	9.80	6.10			
	CAT 390DL	EC-08								
		EC-09	9.97		10.23		8.78		10.73	
	KOMATSU PC 450	EC-60					4.00	2.93	10.00	10.50
		EC-61		4.93	8.97	10.70	9.00	4.00	10.57	2.72

EQUIPO			06/09/2021		07/09/2021		08/09/2021		09/09/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	10.32	9.10	10.78	5.20	10.08	10.10	10.30	10.52
		EC-95	9.52		9.60		10.23		10.53	
		EC-96	9.95		9.77		3.80		9.95	
		EC-121					2.73	10.60	9.80	10.50
		EC-97	7.87	10.60	10.25	5.60	4.93	8.30	10.10	10.62
	CAT 345	EC-10								
	CAT 390DL	EC-08			10.20		4.08		10.85	
		EC-09	10.80		9.17					
	KOMATSU PC 450	EC-60	10.00	10.23	10.00	5.00	9.87	10.00	10.00	10.72
		EC-61	10.00	10.00		4.78	4.00			

EQUIPO			10/09/2021		11/09/2021		12/09/2021		13/09/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	8.62	10.28	8.75	10.80	10.65	10.35	10.63	10.60
		EC-95	10.42		8.93		10.40		9.50	
		EC-96	9.47		9.03		8.87		9.70	
		EC-121	10.03	10.10	8.18	6.57	7.40	10.00	7.87	9.55
		EC-97	7.02	10.70	7.30	10.55	8.87	10.22	10.52	10.52
	CAT 345	EC-10								
	CAT 390DL	EC-08								
		EC-09	8.68		8.08		10.75		10.30	
	KOMATSU PC 450	EC-60	10.00	10.82	7.98	10.63	9.88	10.70	8.95	10.83
		EC-61								

EQUIPO			14/09/2021		15/09/2021		16/09/2021		Total
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	10.72	5.72	10.23	10.65	9.92	10.53	601.52
		EC-95	10.58		9.90	8.95	5.60		255.32
		EC-96	10.33		9.80		4.92		264.04
		EC-121	8.65	5.35	9.27	10.17	8.57	10.33	269.74
		EC-97	10.70	5.70	7.73	7.65	9.47	10.82	569.68
	CAT 345	EC-10							289.55
	CAT 390DL	EC-08							136.12
		EC-09	10.05		9.80	10.10	10.27	10.13	214.32
	KOMATSU PC 450	EC-60	10.00	4.97	9.95	10.63	9.90	9.95	238.44
		EC-61							273.13

*Fuente.* En las tablas anteriores se muestran las horas productivas de las excavadoras durante el periodo de 17 de agosto al 16 de septiembre del 2021. Elaboración propia.

### c) Horas Productivas de Tractor sobre Orugas

**Tabla 8**

*Horas Productivas de Tractor sobre orugas*

EQUIPO			17/08/2021		18/08/2021		19/08/2021		20/08/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D10T	TR-15	8.73		9.32		10.07		7.15	
		TR-16	4.53		3.87		4.90		7.65	
		TR-64								
		TR-65								
	CAT D8T	TR-10	10.52	5.32						
		TR-11			9.47	10.57	9.67	10.68	10.72	10.80
		TR-12	2.07							

EQUIPO			21/08/2021		22/08/2021		23/08/2021		24/08/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D10T	TR-15							8.00	
		TR-16	8.00	6.05	10.75	9.82	10.53	10.80		
		TR-64								
		TR-65							7.50	
	CAT D8T	TR-10					10.55		10.72	5.10
		TR-11	8.47		10.63					
		TR-12	5.10		9.12		6.20			

EQUIPO			25/08/2021		26/08/2021		27/08/2021		28/08/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D10T	TR-15	7.47				6.75		9.38	
		TR-16	9.85		10.90		10.42		9.55	
		TR-64								
		TR-65			9.47					
	CAT D8T	TR-10	8.62	10.68	10.60	10.70	9.40	10.75		
		TR-11							8.78	10.78
		TR-12								

EQUIPO			29/08/2021		30/08/2021		31/08/2021		01/09/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D10T	TR-15	8.60		9.03		7.58			
		TR-16	10.88		8.62		10.73		10.28	
		TR-64								
		TR-65								
	CAT D8T	TR-10							4.27	10.63
		TR-11	10.27	10.67	10.62	10.53	9.92	5.72	5.42	
		TR-12								

EQUIPO			02/09/2021		03/09/2021		04/09/2021		05/09/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D10T	TR-15	5.82		7.77		7.12		10.02	
		TR-16	10.75							
		TR-64			10.83		9.45		6.60	
		TR-65								
	CAT D8T	TR-10	7.55	10.47	10.18	10.43	8.18	10.67		10.67
		TR-11							10.77	
		TR-12								

EQUIPO			06/09/2021		07/09/2021		08/09/2021		09/09/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D10T	TR-15	8.22		8.62		7.00		2.37	
		TR-16								
		TR-64	10.40		10.85		9.20		5.72	
		TR-65								
	CAT D8T	TR-10	9.27	8.23	9.18	5.35			6.57	10.67
		TR-11					8.70	10.62	6.75	10.78
TR-12										

EQUIPO			10/09/2021		11/09/2021		12/09/2021		13/09/2021	
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	D	N
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D10T	TR-15	7.12	10.65	6.35		7.05		10.33	
		TR-16					9.32		9.73	
		TR-64	9.48		8.87					
		TR-65								
	CAT D8T	TR-10	10.57		9.08		10.15	10.27	10.82	10.83
		TR-11								
TR-12										

EQUIPO			14/09/2021		15/09/2021		16/09/2021		Total
FLOTA	MODELO	CODIGO	D	N	D	N	D	N	
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D10T	TR-15	8.85		8.68		9.90		217.95
		TR-16	10.63		9.53	10.07	10.75	10.75	239.66
		TR-64							81.40
		TR-65							16.97
	CAT D8T	TR-10	10.82		10.07	10.80	10.47	10.80	349.96
		TR-11		5.38					216.72
TR-12								22.49	

*Fuente.* En las tablas anteriores se muestran las horas productivas de los Tractores de orugas durante el periodo de 17 de agosto al 16 de septiembre del 2021. Elaboración propia.

Estos cuadros van directamente relacionado a la disponibilidad mecánica que se tiene por Termino de contrato siendo el mínimo 85% para no tener menor rendimiento y Utilidad de equipo, para alcanzar la planificación diaria y mensual como soporte en los trabajos Auxiliares dentro de las operaciones del Tajo Ferrobamba.

#### 4.4 Disponibilidad Mecánica de la flota de equipos

A continuación se adjunta las tablas de las disponibilidades mecánicas que se obtuvo diariamente por cada equipo, cabe mencionar que estos datos se obtienen directamente del DISPATCH.

La fórmula que se utiliza para obtener las disponibilidades mecánicas es:

$$Disponibilidad = \frac{(Disp + S\ tan + DOpe + MntO + ExDO + EspO + DSeg + ExDi - Cod162)}{TiempoTotal} \times 100$$

#### Tiempo Total

$$TiempoTotal = Disp + Stan + Serv + DOper + EspM + MntO + MntN + ExMa + MntP + DEst + ExDO + EspO + DSeg + ExDo$$

Para ello a continuación se tiene una tabla con las abreviaturas y categorías

**Tabla 9**

*Tabla de categorías para la obtención de Disponibilidad Mecánica*

<b>N°</b>	<b>ABREV.</b>	<b>CATEGORIA</b>
1	<i>Disp</i>	<i>Tiempo Disponible</i>
2	<i>Stan</i>	<i>Tiempo en Stanby</i>
3	<i>Serv</i>	<i>Tiempo en Servicio</i>
4	<i>Dope</i>	<i>Demora Operativa</i>
5	<i>EspM</i>	<i>Tiempo esperando Mantenimiento</i>
6	<i>MntO</i>	<i>Mantenimiento Operativo</i>
7	<i>MntN</i>	<i>Mantenimiento no Programado</i>
8	<i>ExMa</i>	<i>Mantenimiento Externo</i>
9	<i>MntP</i>	<i>Mantenimiento Programado</i>
10	<i>DEst</i>	<i>Demoras Establecidas</i>
11	<i>ExDO</i>	<i>Demoras Operativas Externas</i>
12	<i>NOPr</i>	<i>Demoras No Programadas</i>
13	<i>EspO</i>	<i>Esperando</i>
14	<i>Dseg</i>	<i>Demora por seguridad</i>
15	<i>ExDi</i>	<i>Tiempo Disponible Externo</i>

*Fuente.* Para la obtención del código visualizar la tabla en los Anexos, Fuente propia (DISPATCH).

a) **DISPONIBILIDAD MECANICA - TURNO DIA**

**Tabla 10**

*Disponibilidades Mecánicas de la flota de equipos-turno día*

FLOTA	MODELO	EQUIPO	17-ago	18-ago	19-ago	20-ago	21-ago	22-ago	23-ago	24-ago	25-ago	26-ago	27-ago
			% DISP										
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	89.17	88.89	65.97	90	74.86	89.03	90.56	90.56	82.5	88.89	0
		EC-121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EC-95	90.56	91.67	10	0	0	0	0	89.44	89.44	89.44	87.64
		EC-96	0	0	39.31	91.25	90.56	89.17	91.11	90.14	89.31	90.28	91.11
		EC-97	88.61	89.44	90.69	90	73.89	89.03	90.83	87.22	86.94	89.58	89.72
	CAT 345	EC-10	88.19	88.89	88.47	85.97	73.89	91.81	91.25	87.22	86.25	86.81	90.14
	CAT 390DL	EC-08	85.14	35.83	88.47	91.11	68.33	87.5	90.69	90	90.83	90.42	91.67
		EC-09	90.56	59.03	0	0	0	79.86	0	0	0	0	88.19
	KOMATSU PC 450	EC-60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EC-61	0	85.97	88.47	85.42	18.75	0	88.89	90.14	79.17	90.83	91.94
RETRO CARGADORA	CAT 420F BE	RE-16	91.53	90.42	90.97	90.97	74.17	90.42	89.86	90.42	0.56	66.53	88.47
		RE-12	54.2	56.33	56.2	54.2	54.8	58.3	56.1	55.2	55.15	56.13	58.17
	JBC 3CX	RE-14	89.86	90.14	91.53	90.56	75.69	91.25	90.56	90.69	90.14	90.83	86.53
		RE-15	88.33	88.47	87.78	89.31	72.5	88.61	70.56	90.83	90.56	87.36	90.69
		RE-13	90.14	88.75	87.22	87.5	72.5	89.58	90.69	87.78	82.5	89.72	89.17
	NEW HOLLAND	RE-22	90	90.14	90.56	90.97	69.72	89.44	90.42	90.69	90.42	89.58	88.61
	BOMAG 219 DH	RE-23	75.42	89.86	91.25	86.53	70.42	62.64	0	0	0	0	0
		RE-24	55.97	89.86	88.61	80.56	75.42	91.53	90.83	91.11	79.31	90.42	88.33
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D10T	TR-15	73.61	90.69	90.14	79.86	0	0	0	91.25	90	0	90.97
		TR-16	91.11	90.97	90.42	88.06	75.97	91.53	89.86	0	88.75	91.67	87.64
		TR-64	0	0	0	0	72.78	90.56	90.69	91.53	90.28	91.67	91.53
		TR-65	0	0	0	0	0	0	0	69.58	0	81.39	0
		TR-10	88.06	0	0	0	0	0	90.28	90.56	82.22	90.28	88.47
	CAT D8T	TR-11	0	81.25	85.97	91.11	72.36	90.42	0	0	0	0	0
		TR-12	18.06	0	0	0	63.61	87.08	90	0	0	0	0

			28-ago	29-ago	30-ago	31-ago	01-sep	02-sep	03-sep	04-sep	05-sep	06-sep	07-sep	
FLOTA	MODELO	EQUIPO	% DISP											
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	79.17	88.61	88.19	89.44	86.67	91.25	89.58	80	89.86	86.81	90.83	
		EC-121	0	55.42	90.42	87.08	83.89	87.64	0	0	87.22	0	0	
		EC-95	79.31	90.42	90.14	88.47	86.53	90.28	91.81	78.19	89.31	90.42	91.81	
		EC-96	81.53	89.17	90.28	90.42	86.81	90.69	90.14	90.28	90.83	90.56	90.83	
		EC-97	80.14	30.28	90.28	90	88.19	89.31	89.17	80.69	90.28	90.56	85.42	
	CAT 345	EC-10	79.03	85.97	86.67	86.81	87.5	90.69	91.39	80.42	0	0	0	
	CAT 390DL	EC-08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85.83
		EC-09	80.69	90.56	90.56	89.58	86.25	85.83	90.14	78.06	89.44	90	90	77.08
	KOMATSU PC 450	EC-60	0	0	0	0	0	0	0	90.14	40.97	88.89	83.33	89.86
		EC-61	73.06	88.33	0	0	0	0	0	81.53	75	90	87.5	0
RETRO CARGADORA	CAT 420F BE	RE-16	79.17	86.39	90.42	90	89.86	91.53	41.67	67.64	89.31	89.58	91.81	
		RE-12	55.2	55.25	55.15	56.13	56.14	56.13	55.25	55.6	55.7	56.3	55.88	
	JBC 3CX	RE-14	80.83	88.89	64.86	86.11	87.92	90.83	90.56	79.44	79.72	90	90.69	
		RE-15	81.53	88.06	90.83	90.56	86.67	91.25	91.25	90.14	90.28	89.31	90.42	
		RE-13	73.61	81.94	91.11	13.19	86.94	89.86	90.97	77.5	90.69	35.28	88.75	
	NEW HOLLAND	RE-22	79.86	88.61	87.22	85.83	91.53	90.28	90.69	74.58	91.25	89.58	91.67	
	BOMAG 219 DH	RE-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87.08	89.58
		RE-24	78.47	91.67	89.72	89.44	90.83	90.83	90.56	80.69	90.42	90.28	90.28	88.06
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D10T	TR-15	80.42	89.44	90	88.06	0	89.31	90.97	74.31	86.53	87.64	87.36	
		TR-16	82.08	90.69	90.42	89.44	89.03	90.42	0	0	0	0	0	
		TR-64	81.81	87.22	91.53	90.56	0	0	0	0	0	0	0	
		TR-65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CAT D8T	TR-10	0	0	0	0	35.69	90.42	90.28	78.47	0	89.44	87.36	
		TR-11	78.89	89.86	90	90.28	46.53	0	0	0	89.72	0	0	
		TR-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

			08-sep	09-sep	10-sep	11-sep	12-sep	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	TOTAL	
FLOTA	MODELO	EQUIPO	% DISP										
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	88.47	89.17	91.53	75.42	91.25	91.11	90.14	85.28	88.89	83.94	
		EC-121	31.25	87.64	85	71.39	77.36	90.42	90.97	77.22	82.78	38.25	
		EC-95	88.47	88.61	90.69	76.39	91.67	90.83	90.69	90.42	91.25	74.64	
		EC-96	33.33	84.72	83.06	77.78	75.97	91.11	91.11	90	83.89	79.19	
		EC-97	78.75	90.14	82.08	64.44	81.67	88.47	90.14	89.72	80.56	84.39	
	CAT 345	EC-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53.14	
	CAT 390DL	EC-08	81.53	91.53	0	0	0	0	0	0	0	0	37.71
		EC-09	0	0	91.53	76.81	90.42	90.56	88.33	85.83	87.22	60.53	
	KOMATSU PC 450	EC-60	90.69	89.17	90.97	68.06	86.67	88.19	89.72	84.31	84.58	37.60	
		EC-61	34.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40.29
RETRO CARGADORA	CAT 420F BE	RE-16	89.44	91.53	90	91.11	53.75	30.14	89.58	90.14	90.14	80.24	
		RE-12	54.3	54.12	55.27	55.1	55.2	55.17	52.1	51.25	50.1	55.17	
	JBC 3CX	RE-14	89.58	87.22	90.83	74.17	88.19	90.14	90.56	90.28	89.44	87.03	
		RE-15	88.33	90.28	89.86	74.03	90.83	90.28	90.56	89.17	91.25	87.74	
		RE-13	91.81	85	91.67	75.28	89.86	90.42	90.42	89.17	90.97	82.90	
	NEW HOLLAND	RE-22	87.78	90.83	89.58	72.78	74.44	90.42	90.14	87.78	91.39	87.32	
	BOMAG 219 DH	RE-23	90.97	90.83	90.42	78.47	90.97	90.56	90.42	89.17	80.97	46.63	
		RE-24	90.14	71.94	90.97	78.75	89.03	90.83	90.97	90.56	91.53	86.38	
	TRACTOR DE ORUGAS	CAT D10T	TR-15	91.39	74.03	89.44	71.67	87.64	90	82.22	91.11	87.22	72.11
			TR-16	0	0	0	0	77.64	90.56	89.86	88.47	89.58	59.81
TR-64			0	0	0	72.78	90.56	90.69	91.53	90.28	91.72	49.92	
TR-65			0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.87	
CAT D8T		TR-10	0	57.64	89.86	75.69	85.42	90.69	90.69	90.14	87.78	53.85	
		TR-11	73.33	57.5	0	0	0	0	0	0	0	33.46	
		TR-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.35	

Fuente. En las tablas anteriores se muestra las disponibilidades mecánicas de la flota de equipos durante el periodo de 17 de agosto al 16 de septiembre del 2021 en el turno de día, elaboración propia.

**b) DISPONIBILIDAD MECANICA - TURNO NOCHE**

**Tabla 11**

*Disponibilidades Mecánicas de la flota de equipos - Turno Noche*

FLOTA	MODELO	EQUIPO	17-ago	18-ago	19-ago	20-ago	21-ago	22-ago	23-ago	24-ago	25-ago	26-ago	27-ago
			% DISP										
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	89.44	90.14	88.33	89.58	90.42	90.28	89.17	89.58	90.42	90.56	91.39
		EC-121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EC-95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EC-96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EC-97	88.75	90.28	88.89	89.58	87.5	86.81	89.17	89.44	84.31	90.83	76.53
	CAT 345	EC-10	91.39	90.97	86.39	88.47	90.69	50	90.42	3.06	90.69	90.69	89.44
	CAT 390DL	EC-08	0	0	0	0	87.92	25.83	0	90.42	0	0	0
		EC-09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	KOMATSU PC 450	EC-60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC-61		90.28	86.53	83.47	83.33	0	58.19	89.86	90	85.83	89.72	90	
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D8T	TR-10	89.72	0	0	0	0	0	0	66.11	90.42	90.56	90.56
		TR-11	0	89.44	89.17	90.14	0	0	0	0	0	0	0

FLOTA	MODELO	EQUIPO	28-ago	29-ago	30-ago	31-ago	01-sep	02-sep	03-sep	04-sep	05-sep	06-sep	07-sep
			% DISP										
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	91.53	90.28	91.11	91.67	89.03	89.44	89.44	89.31	91.25	88.47	43.33
		EC-121	0	89.58	90.56	91.39	90	16.94	0	90.28	60.14	0	0
		EC-95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EC-96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EC-97	90.97	0	90.69	90.42	87.78	89.58	90.56	89.86	89.58	90.28	48.47
	CAT 345	EC-10	90.97	89.03	90.56	90.83	87.5	87.92	85.56	0	0	0	0
	CAT 390DL	EC-08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EC-09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	KOMATSU PC 450	EC-60	0	0	0	0	0	0	0	24.44	88.89	86.53	42.92
EC-61		87.5	90	0	0	0	41.39	90.97	38.06	23.61	85.42	47.5	
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D8T	TR-10	0	0	0	0	89.31	88.61	88.33	89.86	90.28	87.5	45.69
		TR-11	91.11	88.89	88.19	90.69	0	0	0	0	0	0	0

			08-sep	09-sep	10-sep	11-sep	12-sep	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	TOTAL	
FLOTA	MODELO	EQUIPO	% DISP										
EXCAVADORA DE ORUGAS	CAT 336	EC-120	85.42	88.75	86.81	90.83	86.25	88.33	91.81	91.25	90.28	88.19	
		EC-121	90.14	90.14	89.86	82.5	87.92	87.36	48.61	88.06	88.19	41.34	
		EC-95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
		EC-96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
		EC-97	70.56	88.47	89.17	87.92	88.89	89.03	89.17	89.86	90.83	84.01	
	CAT 345	EC-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47.89	
	CAT 390DL	EC-08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.59
		EC-09	0	0	0	0	0	0	0	0	85	84.44	5.47
	KOMATSU PC 450	EC-60	88.33	90	90.83	88.61	89.86	90.97	87.5	90.28	90.28	85.42	33.70
		EC-61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.60
TRACTOR DE ORUGAS	CAT D8T	TR-10	0	89.58	0	89.31	90.69	90.28	0	90.97	91.25	49.97	
		TR-11	88.75	90	0	0	0	0	89.31	0	0	28.89	

*Fuente.* En las tablas anteriores se muestra las disponibilidades mecánicas de la flota de equipos durante el periodo de 17 de agosto al 16 de septiembre del 2021 en el turno de la noche, elaboración propia.

En total se tiene el siguiente cuadro en resumen de las disponibilidades y el factor que influencia al momento de realizar la valorización.

**Tabla 12**

*Promedio de Disponibilidades Mecánicas por el periodo de un mes.*

<b>FLOTA</b>	<b>MODELO</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>% DISP DIA</b>	<b>% DISP NOCHE</b>	<b>PROMEDIO % DISP</b>
<b>EXCAVADORA DE ORUGAS</b>	<b>CAT 336</b>	<b>EC-120</b>	83.94	88.19	<b>86.06</b>
		<b>EC-121</b>	38.25	41.34	<b>39.79</b>
		<b>EC-95</b>	74.64	0.00	<b>74.64</b>
		<b>EC-96</b>	79.19	0.00	<b>79.19</b>
		<b>EC-97</b>	84.39	84.01	<b>84.20</b>
	<b>CAT 345</b>	<b>EC-10</b>	53.14	47.89	<b>50.52</b>
	<b>CAT 390DL</b>	<b>EC-08</b>	37.71	6.59	<b>22.15</b>
		<b>EC-09</b>	60.53	5.47	<b>33.00</b>
	<b>KOMATSU PC 450</b>	<b>EC-60</b>	37.60	33.70	<b>35.65</b>
		<b>EC-61</b>	40.29	43.60	<b>41.95</b>
<b>RETRO CARGADORA</b>	<b>CAT 420F BE</b>	<b>RE-16</b>	80.24		<b>80.24</b>
		<b>RE-12</b>	55.17		<b>55.17</b>
	<b>JBC 3CX</b>	<b>RE-14</b>	87.03		<b>87.03</b>
		<b>RE-15</b>	87.74		<b>87.74</b>
		<b>RE-13</b>	82.90		<b>82.90</b>
	<b>NEW HOLLAND</b>	<b>RE-22</b>	87.32		<b>87.32</b>
	<b>BOMAG 219 DH</b>	<b>RE-23</b>	46.63		<b>46.63</b>
		<b>RE-24</b>	86.38		<b>86.38</b>
<b>TRACTOR DE ORUGAS</b>	<b>CAT D10T</b>	<b>TR-15</b>	72.11		<b>72.11</b>
		<b>TR-16</b>	59.81		<b>59.81</b>
		<b>TR-64</b>	49.92		<b>49.92</b>
		<b>TR-65</b>	4.87		<b>4.87</b>
	<b>CAT D8T</b>	<b>TR-10</b>	53.85	49.97	<b>51.91</b>
		<b>TR-11</b>	33.46	28.89	<b>31.17</b>
		<b>TR-12</b>	8.35		<b>8.35</b>

*Fuente.* En la tabla se muestra el promedio de disponibilidad mecánica de la flota de equipos durante el transcurso de un mes, en los turnos día y noche, elaboración propia.

Las horas productivas se tiene en el siguiente cuadro para ir analizando punto a punto y tener las pérdidas en horas y luego se llevará a los costos operativos.

**Tabla 13**

*Horas Acumuladas de trabajo de la flota de equipos durante el mes*

<b>FLOTA</b>	<b>MODELO</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>Horas Acumuladas</b>
<b>EXCAVADORA DE ORUGAS</b>	<b>CAT 336</b>	<b>EC-120</b>	<b>601.52</b>
		<b>EC-121</b>	<b>269.74</b>
		<b>EC-95</b>	<b>255.32</b>
		<b>EC-96</b>	<b>264.04</b>
		<b>EC-97</b>	<b>569.68</b>
	<b>CAT 345</b>	<b>EC-10</b>	<b>289.55</b>
	<b>CAT 390DL</b>	<b>EC-08</b>	<b>136.12</b>
		<b>EC-09</b>	<b>214.32</b>
	<b>KOMATSU PC 450</b>	<b>EC-60</b>	<b>238.44</b>
		<b>EC-61</b>	<b>273.13</b>
<b>RETRO CARGADORA</b>	<b>CAT 420F BE</b>	<b>RE-16</b>	<b>252.41</b>
		<b>RE-12</b>	<b>150.54</b>
	<b>JBC 3CX</b>	<b>RE-14</b>	<b>268.96</b>
		<b>RE-15</b>	<b>302.47</b>
		<b>RE-13</b>	<b>277.41</b>
	<b>NEW HOLLAND</b>	<b>RE-22</b>	<b>268.96</b>
	<b>BOMAG 219DH</b>	<b>RE-23</b>	<b>203.25</b>
		<b>RE-24</b>	<b>145.66</b>
<b>TRACTOR DE ORUGAS</b>	<b>CAT D10T</b>	<b>TR-15</b>	<b>217.95</b>
		<b>TR-16</b>	<b>239.66</b>
		<b>TR-64</b>	<b>81.40</b>
		<b>TR-65</b>	<b>16.97</b>
	<b>CAT D8T</b>	<b>TR-10</b>	<b>349.96</b>
		<b>TR-11</b>	<b>216.72</b>
		<b>TR-12</b>	<b>22.49</b>

*Fuente.* Elaboración propia

Este último cuadro es el resumen de las horas acumuladas en promedio de cada valorización, es por eso que se evaluará con respecto a estos últimos datos, adicionalmente se indica que los contratos de equipos están de acuerdo a si es un turno es 180 hrs diarias mínimas y si es a doble turno son 300 hrs.

#### **4.5 Costos operativos aplicados en función de la Disponibilidad Mecánica**

Los costos en los trabajos de movimiento de tierras se encuentran directamente ligados a la disponibilidad mecánica esto es para alcanzar la máxima utilidad de estas unidades debido al costo operativo, así mismo se tiene como referencia los siguientes ítems que son para visualizar los costos unitarios de cada equipo en función de la disponibilidad, luego se verificará su aplicabilidad para realizar el comparativo del último cuadro adjunto.

<b>RESUMEN DE VALORIZACION EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS DE SETIEMBRE – 2021</b>
---

PERIODO:	CONTRATISTA	MELSAR SAC	CONTRATO ADENDA N°	
	EQUIPO	TRACTOR DE ORUGAS	MARCA	CATERPILLAR
17/08/2021	DIAS CALENDARIO	31	MODELO	D8
HASTA:	TARIFA DIRECTA S/.	540.58	PLACA/SERIE	0
16/09/2021	HORAS CALENDARIO		TARIFA INDIRECTA S/.	0.00
	4400084335		HORAS MINIMAS MES	300.00
CODIGO DE EQUIPO	TR-65		HORAS MINIMAS COMPUTABLES	300.00

<b>RESUMEN DE VALORIZACION EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS DE SETIEMBRE - 2021</b>
---

	CONTRATISTA	<b>MELSAR</b>	CONTRATO ADENDA N°	
PERIODO:	EQUIPO	<b>RETROEXCAVADORA</b>	MARCA	<b>JBC</b>
<b>17/08/2021</b>	DIAS CALENDARIO	<b>31</b>	MODELO	<b>3C</b>
HASTA:	TARIFA DIRECTA S/.	<b>125.51</b>	PLACA/SERIE	<b>2110958</b>
<b>16/09/2021</b>	HORAS CALENDARIO		TARIFA INDIRECTA S/.	<b>0.00</b>
	4400084335		HORAS MINIMAS MES	<b>180.00</b>
CODIGO DE EQUIPO	<b>RE-12</b>		HORAS MINIMAS COMPUTABLES	<b>180.00</b>

<b>RESUMEN DE VALORIZACION EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS DE SETIEMBRE - 2021</b>
---

	CONTRATISTA	<b>MELSAR</b>	CONTRATO ADENDA N°	
PERIODO:	EQUIPO	<b>EXCAVADORA SOBRE ORUGAS</b>	MARCA	<b>CATERPILLAR</b>
<b>17/08/2021</b>	DIAS CALENDARIO	<b>31</b>	MODELO	<b>336</b>
HASTA:	TARIFA DIRECTA S/.	<b>228.46</b>	PLACA/SERIE	<b>OZCT00805</b>
<b>16/09/2021</b>	HORAS CALENDARIO		TARIFA INDIRECTA S/.	<b>0.00</b>
	4400084335		HORAS MINIMAS MES	<b>300.00</b>
CODIGO DE EQUIPO	<b>EC-97</b>	<b>CATERPILLAR</b>	HORAS MINIMAS COMPUTABLES	<b>300.00</b>

Estos cuadros verifican de que fecha a que fecha calendario son valorizados los equipos de línea amarilla que tenemos el énfasis de la excavadora, retroexcavadora y tractor sobre orugas, cuya flota es mayor en cantidad y costos unitarios por eso son el modelo de la investigación para generar una alternativa de mejora sea comparativa entre los costos operacionales que tenemos actualmente.

#### **4.6 Perdidas por aplicación de la penalidad de los costos operativos en las Operaciones**

Realizando un comparativo entre la disponibilidad y las horas acumuladas se verificará la pérdida que generamos al momento de no alcanzar con la disponibilidad mecánica mínima que es 85% esto perjudica directamente la rentabilidad de la empresa, y no genera productividad y utilidad económica.

Por este motivo se verifica y analiza los datos siguientes para tener los cálculos correspondientes.

**Tabla 14***Comparación de disponibilidades y horas trabajadas en el mes*

EQUIPOS	DIA	NOCHE	PROMEDIO	Horas Acumuladas	Horas Minimas	Costo Operativo	Disp Min	Sub total	Disp Faltante	Descuento	Total
EC-120	83.94	88.19	<b>86.06</b>	601.52	300	228.46	85%	137423.26	-	0	137423.26
EC-121	38.25	41.34	<b>39.79</b>	255.32	300	228.46	85%	58330.41	45.21	26368.78	31961.62
EC-95	74.64		<b>74.64</b>	264.04	180	228.46	85%	60322.58	10.36	6248.47	54074.11
EC-96	79.18		<b>79.18</b>	269.74	180	228.46	85%	61624.80	5.82	3583.74	58041.06
EC-97	84.40	84.01	<b>84.20</b>	569.68	300	228.46	85%	130149.09	0.80	1037.83	129111.26
EC-10	53.14	47.89	<b>50.52</b>	289.55	300	228.46	85%	66150.59	34.48	22811.81	43338.79
EC-08	37.71	6.81	<b>22.26</b>	136.12	300	228.46	85%	31097.98	62.74	19511.48	11586.50
EC-09	60.53	5.47	<b>33.00</b>	214.32	300	228.46	85%	48963.55	52.00	25460.27	23503.27
EC-60	37.60	33.7	<b>35.65</b>	238.44	300	228.46	85%	54474.00	49.35	26883.31	27590.69
EC-61	40.29	43.6	<b>41.95</b>	273.13	300	228.46	85%	62399.28	43.05	26865.63	35533.65
RE-16	80.24		<b>80.24</b>	252.41	180	125.51	85%	31679.98	4.76	1507.35	30172.63
RE-12	55.17		<b>55.17</b>	150.54	180	125.51	85%	18894.28	29.83	5635.79	13258.48
RE-14	87.03		<b>87.03</b>	268.96	180	125.51	85%	33757.17	-	0.00	33757.17
RE-15	87.74		<b>87.74</b>	302.47	180	125.51	85%	37963.01	-	0.00	37963.01
RE-13	82.90		<b>82.90</b>	277.41	180	125.51	85%	34817.73	-	0.00	34817.73
RE-22	87.32		<b>87.32</b>	268.96	180	125.51	85%	33757.17	-	0.00	33757.17
RE-23	46.63		<b>46.63</b>	203.25	180	125.51	85%	25509.91	38.37	9787.94	15721.97
RE-24	86.38		<b>86.38</b>	145.66	180	125.51	85%	18281.79	-	0.00	18281.79
TR-15	72.11		<b>72.11</b>	81.4	180	540.58	85%	44003.21	12.89	5673.89	38329.32
TR-16	59.81		<b>59.81</b>	16.97	180	540.58	85%	9173.64	25.19	2310.67	6862.97
TR-64	49.92		<b>49.92</b>	349.96	180	540.58	85%	189181.38	35.08	66359.01	122822.37
TR-65	4.87		<b>4.87</b>	216.72	180	540.58	85%	117154.50	80.13	93875.81	23278.68
TR-10	53.85	49.97	<b>51.91</b>	22.49	300	540.58	85%	12157.64	33.09	4022.78	8134.86
TR-11	33.46	28.89	<b>31.17</b>	216.72	300	540.58	85%	117154.50	53.83	63059.12	54095.38
TR-12	8.35		<b>8.35</b>	22.49	180	540.58	85%	12157.64	76.65	9319.23	2838.42
								<b>1446579.08</b>			<b>1026256.16</b>

*Fuente. Elaboración propia*

Estos datos nos permitirán analizar información de las operaciones para poder verificar las pérdidas que se tiene mensualmente, no solo en la utilidad y rentabilidad de la empresa que pone en disposición de la minera, sino también el cliente por tener demoras operativas en sus actividades constantes.

#### 4.6.1 Pérdidas en Excavadora

De las muestras y en la totalidad de cantidad de equipos que se tiene en este último cuadro adjunto se tiene los siguientes resúmenes.

**Tabla 15**

*Pérdidas de excavadoras durante el mes de estudio*

EQUIPOS	DIA	NOCHE	PROMEDIO	Horas Acumuladas	Horas Mínimas	Costo Operativo	Disp Min	Sub total	Disp Faltante	Descuento
EC-120	83.94	88.19	<b>86.06</b>	601.52	300	228.46	85%	137423.26	-	0
EC-121	38.25	41.34	<b>39.79</b>	255.32	300	228.46	85%	58330.41	45.21	26368.78
EC-95	74.64		<b>74.64</b>	264.04	180	228.46	85%	60322.58	10.36	6248.47
EC-96	79.18		<b>79.18</b>	269.74	180	228.46	85%	61624.80	5.82	3583.74
EC-97	84.40	84.01	<b>84.20</b>	569.68	300	228.46	85%	130149.09	0.80	1037.83
EC-10	53.14	47.89	<b>50.52</b>	289.55	300	228.46	85%	66150.59	34.48	22811.81
EC-08	37.71	6.81	<b>22.26</b>	136.12	300	228.46	85%	31097.98	62.74	19511.48
EC-09	60.53	5.47	<b>33.00</b>	214.32	300	228.46	85%	48963.55	52.00	25460.27
EC-60	37.60	33.7	<b>35.65</b>	238.44	300	228.46	85%	54474.00	49.35	26883.31
EC-61	40.29	43.6	<b>41.95</b>	273.13	300	228.46	85%	62399.28	43.05	26865.63

*Fuente.* En este cuadro se muestra el resumen de todos los datos obtenidos de excavadoras durante el mes. Elaboración propia

Las pérdidas totales que se tuvo durante el mes de estudio en las Excavadoras es de S/ 158,771.32.

Aquí se visualiza que la mayoría de estos equipos tienen disponibilidades menores a 85% esto es debido a las fallas mecánicas que tienen, por las actividades que se tiene dentro de operaciones y uno de los factores que influencia directamente es también el traslado de estos por motivos que estas unidades no tienen un soporte de traslado que les ayude a controlar el desgaste general de

las orugas, debido a esto el desgaste de componentes en su transmisión es considerable, también es por el tipo de terreno, como se sabe estos equipos realizan el desbroce de material pero en muchas oportunidades cuando se realiza las actividades dentro de operaciones se realiza en zonas de material INSITU, lo cual puede generar el desgaste de los componentes de cucharón, y al momento de quedar inoperativo no solo se tiene este equipo, también se presenta los casos que en mantenimiento se encuentran otras unidades, lo mencionado fue respecto a una flota solo de línea amarilla, porque las demás unidades realizan las actividades de manera puntual y cualquier reparación no son tan considerables como los de estos 3 equipos.

#### **4.6.2 Pérdidas de Retroexcavadora**

Las pérdidas de retroexcavadoras es también considerable por motivos de la limpieza de vías en zonas puntuales como se mencionó anteriormente se implementó este equipo de manera particular para disminuir costos operativos e improductividad en las unidades de mayor magnitud como es la motoniveladora 24M, que tiene la capacidad y rendimiento para el mantenimiento de vías del Haul Road, y aún más que en el presente dentro de sus prioridades se encuentra la conformación y habilitación del Nuevo Tajo Chalcobamba, con proyección y la dimensión de la flota de equipos de acarreo se necesitará una unidades de esta capacidad a corto plazo, siendo una de las pérdidas de la siguiente manera y se verificará la disponibilidad mecánica de los equipos mensualmente con respecto a sus horas.

**Tabla 16***Pérdidas de Retroexcavadoras durante el mes de estudio*

EQUIPOS	DIA	NOCHE	PROMEDIO	Horas Acumuladas	Horas Minimas	Costo Operativo	Disp Min	Sub total	Disp Faltante	Descuento
RE-16	80.24		<b>80.24</b>	252.41	180	125.51	85%	31679.98	4.76	1507.35
RE-12	55.17		<b>55.17</b>	150.54	180	125.51	85%	18894.28	29.83	5635.79
RE-14	87.03		<b>87.03</b>	268.96	180	125.51	85%	33757.17	-	0.00
RE-15	87.74		<b>87.74</b>	302.47	180	125.51	85%	37963.01	-	0.00
RE-13	82.90		<b>82.90</b>	277.41	180	125.51	85%	34817.73	-	0.00
RE-22	87.32		<b>87.32</b>	268.96	180	125.51	85%	33757.17	-	0.00
RE-23	46.63		<b>46.63</b>	203.25	180	125.51	85%	25509.91	38.37	9787.94
RE-24	86.38		<b>86.38</b>	145.66	180	125.51	85%	18281.79	-	0.00

*Fuente.* En este cuadro se muestra el resumen de todos los datos obtenidos de Retro excavadoras durante el mes. Elaboración propia

Las pérdidas totales que se tuvo durante el mes de estudio en las retroexcavadoras por no acumular la disponibilidad mínima es de S/. 16,931.09.

Estos equipos como se verifican en este último no tienen mucha pérdida en su disponibilidad mecánica, pero de igual manera se analizará los costos operacionales para evaluar la compensación de un equipo adicional a estos.

#### **4.6.3 Pérdidas de Tractor sobre Orugas**

Este equipo es de mucha importancia dentro de las operaciones unitarias del Tajo, donde la función es múltiple por la necesidad constante y cambio dentro de las operaciones, como se sabe este equipo da el soporte de lastrado de material para mantenimiento de vías, habilitación de accesos y uno de los factores que influencia directamente es el aspecto de la perforación que es para tener un piso nivelado y no tener desviación de taladros, como se conoce el rendimiento de efectividad de la perforación en la U.M Las Bambas tiene un 96% de efectividad en este proceso; estos equipos de orugas también suplen la función en algunas veces en el botadero para ir acopiando desmonte.

**Tabla 17***Pérdidas de Tractor de orugas durante el mes de estudio*

EQUIPOS	DIA	NOCHE	PROMEDIO	Horas Acumuladas	Horas Mínimas	Costo Operativo	Disp Min	Sub total	Disp Faltante	Descuento
TR-15	72.11		<b>72.11</b>	81.4	180	540.58	85%	44003.21	12.89	5673.89
TR-16	59.81		<b>59.81</b>	16.97	180	540.58	85%	9173.64	25.19	2310.67
TR-64	49.92		<b>49.92</b>	349.96	180	540.58	85%	189181.38	35.08	66359.01
TR-65	4.87		<b>4.87</b>	216.72	180	540.58	85%	117154.50	80.13	93875.81
TR-10	53.85	49.97	<b>51.91</b>	22.49	300	540.58	85%	12157.64	33.09	4022.78
TR-11	33.46	28.89	<b>31.17</b>	216.72	300	540.58	85%	117154.50	53.83	63059.12
TR-12	8.35		<b>8.35</b>	22.49	180	540.58	85%	12157.64	76.65	9319.23

*Fuente.* En este cuadro se muestra el resumen de todos los datos obtenidos de Tractor de orugas durante el mes. Elaboración propia.

Las pérdidas totales que se tuvo durante el mes de estudio en las retroexcavadoras por no acumular la disponibilidad mínima es de S/. 244,620.52.

#### **4.7 Pérdidas por disponibilidad Mecánica**

Según contrato el mínimo de disponibilidad mecánica es de 85%, el cliente antes de que las unidades empiecen a operar realiza un requerimiento y evaluación con esto comprobando de que se podrá cubrir el mínimo del 85% de DM, también verificando que alternativas de mejora tiene cada empresa para ejecutar el proyecto, es por eso que al no alcanzar este mínimo de disponibilidad tiene una amonestación económica para indicar que al tener unidades inoperativas no solo afecta en la producción y secuencia del minado si no también esto debe ser canalizado a todos los involucrados.

En las siguientes expresiones se verificará todas las pérdidas.

##### **4.7.1 Pérdidas al no alcanzar la disponibilidad Mecánica**

Como se indica al no tener el mínimo mensual del 85% en promedio acumulado se tiene las siguientes pérdidas estipuladas y validadas.

**Disponibilidad mínima = 85%**

**Disponibilidad de la EC-09 = 33 %**

**Horas Acumuladas / mes = 214.32**

Lo que indica en la cláusula es de la siguiente manera, al no llegar a la disponibilidad se restará lo faltante aplicado en sus costos acumulados totales, siendo de la siguiente manera

**Costo / Hora = 228.46**

**Costo Total = 228.46 \* 214.32**

**Costo Total = 48, 963.55**

Esto es el total de cobrar por la unidad mensualmente, pero como se mencionó al no alcanzar se disminuirá lo faltante directamente al costo Total, esto se aplica de la siguiente manera.

**Y = 85% - 33%**

**Y = 52 %**

Siendo:

Y: Faltante de la disponibilidad mínima

Entonces la Utilidad Final o neta es la siguiente

**U = CT - Y \* CT**

**U = 48, 963.55 - 52% \* (48, 963.55)**

**U = 48, 963.55 - 25,460.27**

**U = s/ 23,503.27**

Como se verifica se tiene una pérdida de s/ **25,460.27** en solo una unidad, la pérdida es la cuarta parte de las horas acumuladas, siendo específicos no solo se pierde esta cantidad, sino que también aquí juega una importante función del personal de mantenimiento para planificar sus prioridades y no generar estos aspectos, pero en la mayoría de los casos es algo que no se puede controlar por la falla mecánica de los equipos.

#### **4.7.2 Horas compensadas**

Este aspecto tiene un beneficio mientras el aspecto mecánico y la disponibilidad del equipo esté a disposición del cliente para realizar las actividades solicitadas y planificadas por las áreas que necesiten de este equipo.

Como podemos verificar en los cuadros anteriormente adjuntados ninguno calza para lo proyectado, como se indicó anteriormente estos equipos son adjuntados en la presente investigación porque son de mayor cantidad y analizados son los que mayor rentabilidad generan a la empresa.

Se realizará la simulación del camión Volquete

**Disponibilidad Mínima = 85 %**

**Disponibilidad Mensual/equipo = 89%**

**Hora Acumuladas / mes = 122.48**

**Contrato de Horas mínimas = 180 hrs**

**Hora maquina = 125.77**

La Utilidad como se indica es la multiplicación de las horas por el costo unitarios de estos equipos, pero aquí existe el caso de la compensación como se verifica:

$$U = 122.48 * 125.77$$

$$U = 15,404.31$$

Pero como se indica es una compensación por la disponibilidad del equipo y cumple con la necesidad del cliente de estar apto y útil en el momento que se necesite de sus actividades, como vemos la disponibilidad alcanzada es de 89% esto indica que estuvo por encima del mínimo, pero las horas no alcanzaron, entonces esto se aplica por las horas mínimas de contrato siendo aplicado de la siguiente manera

$$U = 180 * 125.77$$

$$U = S/ 22,638.60$$

La diferencia de esto es de la siguiente manera.

$$U \text{ neta} = X - Y$$

$$U \text{ neta} = S/ 22,638.60 - S/ 15,404.31$$

$$U \text{ neta} = 7,234.29$$

Se obtuvo una ganancia de S/ 7,234.29 por compensación de disponibilidad.

#### **4.7.3 Horas cobradas**

Esta opción es lo aplicado con normalidad, está estipulado y por el cual se contrató a la empresa que prestará los servicios dentro de operaciones, adjuntando que la flota de equipos tendría soluciones inmediatas para poner operativo estos equipos, pero como anteriormente se indica es

un detalle que no se soluciona de manera inmediata por ser equipos de grandes capacidades, estos detalles se observan en la siguiente muestra a tomar.

**RE-15** como se ve en el cuadro adjunto se detalla de la siguiente manera.

**Horas mínimas = 180**

**Disponibilidad Mínima = 85%**

**Horas Acumuladas = 302.47**

**Disponibilidad / mes = 87.74%**

**Costo / Hora = 125.51**

Entonces aquí no se aplica ningún descuento ni compensación que es a lo que se debe alcanzar mensualmente, pero se verifica de la siguiente manera.

**U = 302.47 \* 125.51**

**U = S/ 37,963.01**

Esto es la ganancia neta que se debería tener en todos los equipos, pero no logran esta operación por las fallas mecánicas que se tienen.

#### **4.8 Análisis de los costos en la flota de equipos**

Se verificará detalladamente los equipos con mayor hora y menor disponibilidad, como se tiene algunos que no cumplen este aspecto ya no se detallará, sacando cálculos algunos presentan pérdidas mayores a los ingresos es por eso que se detallará con las especificaciones de las horas mínimas y disponibilidad.

#### 4.9 Costos Operacionales de los Equipos Retén

Los costos están evaluados a las horas mínimas de los equipos, tenemos los costos arrendados y propuesto como empresa, es decir los costos evaluados de algunas unidades son reducidos por no ser de su propiedad, siendo este el caso se muestra a continuación los costos alquilados de las unidades principales.

**Tabla 18**

*Costos operacionales al tener equipos retén*

Equipos	Disp Min (%)	Horas minimas	Costo/Hora	Costo Total
Excavadora	85.00	120	189.59	22750.80
Retroexcavadora	85.00	120	101.26	12151.20
Tractor sobre Orugas	85.00	120	488.20	58584.00

*Fuente.* En la tabla se muestra el costo de tener equipos retén, para la flota de equipos.

Elaboración propia, adaptado de cotización de la Empresa Melsar SAC.

Al tener estos equipos arrendados adicionalmente y de manera particular permitirá tener a la disposición este equipo sea de turno día y noche, pero teniendo en cuenta el promedio diario de los equipos sería realizar 6 horas de trabajo como mínimo al día, pero como se indica es mínimo, se verifica el trabajo de la flota de estos equipos es constante y sobre pasa las horas mínimas por la continuidad y la necesidad de los equipos para trabajar dentro de todas las operaciones.

La disponibilidad para estos equipos se obviará para tener la ganancia a ese nuevo arrendador y así tener la disponibilidad del equipo a nuestras exigencias y de ser el caso e idea es reemplazar de manera inmediata a alguna unidad que quede inoperativo y continuar con la actividad para no perjudicar la planificación diaria.

## **CAPITULO V**

### **ANALISIS DE RESULTADOS**

#### **5.1 Equipos adicionales en Stand by**

Los equipos adicionales están a la disposición en cuanto una unidad este inoperativo con la finalidad de no detener las operaciones y llegar a alcanzar la planificación diaria, que es el factor que se controla hora a hora constantemente, todo equipo necesita alcanzar la disponibilidad mínima requerida no solo para no generar improductividad si no tener rentabilidad en la empresa que presta servicio para estas actividades, así generar las utilidades y eliminar los descuentos adicionales.

Como se verificó con los cálculos anteriores solo se tienen 3 muestras, la excavadora, retroexcavadora y Tractor sobre Orugas quienes son los principales equipos en dar un soporte de

los trabajos auxiliares dentro de las operaciones mineras, son el soporte de las operaciones unitarias principales y los que dan condiciones a unas operaciones continuas y seguras.

## 5.2 Costos Operacionales de los Equipos adicionales

Los costos están evaluados a las horas mínimas de los equipos, tenemos los costos arrendados y propuesto como empresa, es decir los costos evaluados de algunas unidades son reducidos por no ser de su propiedad, siendo este el caso se muestra a continuación los costos alquilados de las unidades principales.

Equipos	Disp Min (%)	Horas minimas	Costo/Hora	Costo Total
Excavadora	85.00	120	189.59	22750.80
Retroexcavadora	85.00	120	101.26	12151.20
Tractor sobre Orugas	85.00	120	488.20	58584.00

Al tener estos equipos arrendados adicionalmente y de manera particular permitirá tener a la disposición este equipo sea de turno día y noche, pero teniendo en cuenta el promedio diario de los equipos sería realizar 6 horas de trabajo como mínimo al día, pero como se indica es mínimo, se verifica el trabajo de la flota de estos equipos es constante y sobre pasa las horas mínimas por la continuidad y la necesidad de los equipos para trabajar dentro de todas las operaciones.

La disponibilidad para estos equipos se obviará para tener la ganancia a ese nuevo arrendador y así tener la disponibilidad del equipo a nuestras exigencias y de ser el caso e idea es reemplazar de manera inmediata a alguna unidad que quede inoperativo y continuar con la actividad para no perjudicar la planificación diaria.

### 5.3 Comparativos de Pérdidas de los equipos con los equipos adicionales

A continuación, se realiza la comparación de los equipos al incluir adicionalmente en relación con las pérdidas que se generaron mensualmente este parámetro es constante para todos los meses en estas horas y disponibilidades en promedio.

**Tabla 19**

*Pérdidas de la flota de equipos que se tuvo durante el mes de estudio.*

Flota de Equipos	Subtotal	Total	Descuento
Excavadoras	710935.54	552164.22	158771.32
Retroexcavadora	234661.03	217729.94	16931.09
Tractor sobre Orugas	500982.52	256362.00	244620.52

*Fuente.* Elaboración propia

De la tabla podemos decir que las pérdidas por flota de equipo es de S/. 420,322.92.

**Tabla 20**

*Costos de inversión al tener equipos retén*

Equipos	Disp Min (%)	Horas mínimas	Costo/Hora	Costo Total
Excavadora	85.00	120	189.59	22750.80
Retroexcavadora	85.00	120	101.26	12151.20
Tractor sobre Orugas	85.00	120	488.20	58584.00

*Fuente.* Elaboración propia

El primer cuadro representa las pérdidas que se tiene mes a mes de la flota de equipos, entonces es por eso que ahora verificaremos si se tiene aún ganancias o al menos para no generar improductividad dentro de las operaciones de la compañía, siendo uno de los objetivos principales cumplir con la planificación y las operaciones solicitadas de manera inmediata.

**Tabla 21***Utilidad obtenida al implementar un equipos retén*

Equipos	Disp Min (%)	Horas minimas	Costo/Hora	Costo Total	Descuentos	Utilidad/ Equipo
Excavadora	85.00	120	189.59	22750.80	158771.32	136020.52
Retroexcavadora	85.00	120	101.26	12151.20	16931.09	4779.89
Tractor sobre Orugas	85.00	120	488.20	58584.00	244620.52	186036.52

*Fuente.* Elaboración Propia

Como se verifica estos cálculos tienen una pérdida compensada los que se optan para cubrir la necesidad y agregar a la flota de equipos, esto nos refleja que la opción es viable, además cabe resaltar que al momento que este equipo ingrese de manera inmediata nos da la oportunidad de atender a la falla mecánica que este vaya a pasar, así mismo se dará continuidad de los trabajos operativos para no perjudicar la producción.

#### 5.4 Utilidad recuperada al tener un equipo Retén

Se verifica primeramente si esto compensa y cubre con las pérdidas que se tiene la adquisición particularmente de una unidad adicional a la que se tiene en la flota, entonces se suma el cuadro de diferencia de costos y se tendrá la Utilidad recuperada en beneficio de la empresa.

**Tabla 22***Utilidad recuperada al tener Equipos Retén*

Equipos	Disp Min (%)	Horas minimas	Costo/Hora	Costo Total	Descuentos	Utilidad/ Equipo	Ganancia/Flota
Excavadora	85.00	120	S/ 189.59	S/ 22,750.80	S/ 158,771.32	S/ 136,020.52	
Retroexcavadora	85.00	120	S/ 101.26	S/ 12,151.20	S/ 16,931.09	S/ 4,779.89	S/ 326,836.93
Tractor sobre Orugas	85.00	120	S/ 488.20	S/ 58,584.00	S/ 244,620.52	S/ 186,036.52	

*Fuente.* Elaboración propia**Retroexcavadora = S/ 4,779.89**

**Excavadora = S/ 136,020.52**

**Tractor de Orugas = S/ 186,036.52**

**Total, de perdidas Recuperadas = 4,779.89 + 136,020.52 + 186,036.52**

**Total, de perdidas Recuperadas = S/ 326,836.93**

### **Tabla 23**

*Comparativo de porcentaje de inversión al implementar equipos retén*

	<b>Perdida Total/ Flota Recuperacion</b>	
	420322.92	326836.93
<b>Porcentaje</b>	100%	77.76%

*Fuente.* Elaboración propia

Este monto es el recuperado y en beneficio de la rentabilidad de la empresa para mejorar los beneficios y utilidades de las actividades que se realizan mensualmente.

## CONCLUSIONES

1. La Empresa tuvo pérdidas mensuales que asciende a S/420,322.92, pero con la implementación de un equipo retén por cada flota, se podrá recuperar la cantidad total de S/326,836.93 y generar mayor rentabilidad de la empresa.
2. La inversión que se realiza en la implementación de equipos retenes es de S/. 93,486.00 que representa el 22.24% de las pérdidas obtenidas por el incumplimiento de la DM mínima, con la inversión de este porcentaje se podrá recuperar el 77.76% del total de las pérdidas generadas en promedio mensualmente.
3. Al implementar un equipo retén de excavadora fuera de contrato con el cliente Minera las Bambas, se recuperará un total de S/136 020.53 que fue producto de las penalidades generadas por el incumplimiento del mínimo de Disponibilidad Mecánica.
4. La implementación de un equipo retén de Tractor sobre Orugas dentro de las operaciones con la finalidad de dar continuidad y avance de los trabajos permitirá recuperar la cantidad de S/ 186,036.52.
5. La implementación de un equipo retén para la flota de retroexcavadoras no es viable, porque solo estaríamos generando una utilidad de S/ 4,779.89, y es un monto que no es considerable para realizar la inversión de mantener un equipo retén.

## RECOMENDACIONES

1. El incremento de la flota de equipos permitirá incrementar la producción y utilidad del pool de equipos.
2. Se controlará las pérdidas en las valorizaciones mensuales y permitirá compensar la producción de los equipos al quedar inoperativos.
3. Los equipos retenes reemplazar de manera inmediata a todo los equipos al momento de quedar inoperativos o tengan mantenimiento preventivo y correctivos.
4. Los equipos retenes generarán un incremento de Utilidad a la empresa, dando mejores alternativas de adquisición de equipos de línea amarilla.
5. Al alcanzar la producción de los equipos al mínimo de 85% dará una rentabilidad a la empresa así como una efectividad en los trabajos planificados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Betancour, M. C. (16 mayo 2018). Productividad en Minería. La tercera. Recuperado de <https://www.latercera.com/pulso/noticia/productividad-en-mineria/166441/>
- Campaña, P. E, y Rodríguez, M. G. (2014). Análisis de los factores de productividad en el sector de explotación de Minas y Canteras, periodo 2000-2014”. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.
- Centro de investigación del carbón. 1998. Mejoramiento de la productividad de la minería en la cuenca de La Sinifaná utilizando como base la normalización y estandarización de las operaciones mineras. pp. 35.
- Crane and Machinery. (2019). Maquinaria Minera. Recuperado de [https://www.gruasyaparejos.com/maquinaria/maquinaria-minera/#maquinaria\\_mineria\\_subterranea](https://www.gruasyaparejos.com/maquinaria/maquinaria-minera/#maquinaria_mineria_subterranea)
- Gaimes, D. A. (2019). Optimización del ciclo de minado para incrementar la productividad diaria en la Cooperativa Minera Limata Ltda. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ.
- Irwin, J., 1998. Mejora de la Productividad Minera. Parte de Minería (Perú). pp. 813.
- León, R. G. (2017). Eficiencia del método ecológico sin mercurio respecto al tradicional con mercurio en la extracción de oro en minería artesanal en Ollachea – Puno. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.
- Muller, R. (1970). Administración de Empresas Mineras y Comercio de Minerales y Metales. 1 ED. Editado por R.M.H.
- Prokopenko, J. (1989). La gestión de la productividad. Ginebra.

- Rojas, M. (2009). Descripción cuantitativa de los procesos de extracción y reducción de mineral en la minería de cobre a cielo abierto. UNIVERSIDAD DE CHILE.
- Ruiz de Almodóvar, G., y Pérez, Rafael. Recursos Minerales
- Sanders, M. y Peay, J. (1988). Human Factors in Mining. Information Circular 9182.

## ANEXOS

### CATEGORIAS DE LOS CÓDIGOS DISPATCH

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ABR_CATEGORÍA	CATEGORIA
1	Produccion	DISP	Produccion
2	Ingenieria	DISP	Ingenieria
3	Geologia	DISP	Geologia
4	Geotecnia	DISP	Geotecnia
5	Perforacion General	DISP	Perforacion General
6	Voladura General	DISP	Voladura General
7	Voladura Primaria	DISP	Voladura Primaria
8	Voladura Secundaria	DISP	Voladura Secundaria
9	Traslado	DISP	Traslado
10	Cargando Huecos	DISP	Cargando Huecos
11	Cargando Explosivos	DISP	Cargando Explosivos
12	Perf. Diamantina	DISP	Perf. Diamantina
13	Botaderos	DISP	Botaderos
14	Drenaje	DISP	Drenaje
15	Alta Tension	DISP	Alta Tension
16	Entrenamiento en Caliente	DISP	Entrenamiento en Caliente
17	Chancadora	DISP	Chancadora
18	Mant. Vias	DISP	Mant. Vias
19	Zona Critica	DISP	Zona Critica
20	Construccion	DISP	Construccion
21	Acarreo General	DISP	Acarreo General
22	Carguio General	DISP	Carguio General
28	Carreteras de Transportes / Integracion	EXDI	Carreteras de Transportes / Integracion
29	Plataforma de Entrenamiento	EXDI	Plataforma de Entrenamiento
30	Trabajo Externo Las Bambas	EXDI	Trabajo Externo Las Bambas
35	Falta Area de Trabajo	DOPE	Falta Area de Trabajo
36	Inspeccion del Area de Trabajo	DOPE	Inspeccion del Area de Trabajo
37	Parado Por Vigias	DOPE	Parado Por Vigias
38	Control Topografico	DOPE	Control Topografico
39	Tolva Intermedia Llena	DOPE	Tolva Intermedia Llena

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ABR_CATEGORÍA	CATEGORIA
40	Tolva de Descarga Llena	DOPE	Tolva de Descarga Llena
41	Limpieza del Area de Trabajo	DOPE	Limpieza del Area de Trabajo
42	Abastecimiento de Combustible	DOPE	Abastecimiento de Combustible
43	Nec. Fisiologicas	DOPE	Nec. Fisiologicas
44	Otras Operaciones	DOPE	Otras Operaciones
45	Traslado a Otro Taladro	DOPE	Traslado a Otro Taladro
46	Pre - Traslado Operativo	DOPE	Pre - Traslado Operativo
47	Liberando Area de Disparo	DOPE	Liberando Area de Disparo
48	Rellenando Agua	DOPE	Rellenando Agua
49	Cambio de Barreno / Broca / Reamer	DOPE	Cambio de Barreno / Broca / Reamer
50	Sin Tension / Energia por Operaciones	DOPE	Sin Tension / Energia por Operaciones
51	Manipuleo / Aumentando Cables	DOPE	Manipuleo / Aumentando Cables
52	Cambio de Cable Energia	DOPE	Cambio de Cable Energia
53	Acomodando Puente	DOPE	Acomodando Puente
54	Atollo	DOPE	Atollo
55	Cambio de Operador	DOPE	Cambio de Operador
56	Movimiento Corto	DOPE	Movimiento Corto
57	Movimiento Largo	DOPE	Movimiento Largo
58	Otros Chancadora	DOPE	Otros Chancadora
59	Pala Desquinchando	DOPE	Pala Desquinchando
60	Atoro por Mineral Humedo	DOPE	Atoro por Mineral Humedo
66	Fatiga / Cansancio	DOPE	Fatiga / Cansancio
70	Llenado de Formatos de Seguridad	DSEG	Llenado de Formatos de Seguridad
71	Charla de Seguridad	DSEG	Charla de Seguridad
72	Extintores	DSEG	Extintores
73	Inspeccion Por Seguridad	DSEG	Inspeccion Por Seguridad
78	Condiciones Climaticas Adversas, Lluvia, Tormenta, Niebla, etc.	EXDO	Condiciones Climaticas Adversas, Lluvia, Tormenta, Niebla, etc.
79	Derrumbes / Deslizamiento de Tierras	EXDO	Derrumbes / Deslizamiento de Tierras
80	Huelgas / Paros	EXDO	Huelgas / Paros
81	RRCC - Parada por Transito de Comuneros y Animales	EXDO	RRCC - Parada por Transito de Comuneros y Animales

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ABR_CATEGORÍA	CATEGORIA
82	RRCC - Coordinacion con Comuneros	EXDO	RRCC - Coordinacion con Comuneros
83	RRCC - Falta Area de Trabajo	EXDO	RRCC - Falta Area de Trabajo
84	RRCC - Esperando	EXDO	RRCC - Esperando
85	Capacitacion	EXDO	Capacitacion
86	Corte de Energia	EXDO	Corte de Energia
87	Traslado de Personal	EXDO	Traslado de Personal
88	Demora por Terceros	EXDO	Demora por Terceros
92	Esperando Topografo	ESPO	Esperando Topografo
93	Falta Vigias / Ploteo	ESPO	Falta Vigias / Ploteo
94	Espera en Botadero	ESPO	Espera en Botadero
95	Espera en Chancadora	ESPO	Espera en Chancadora
96	Esperando Volquetes	ESPO	Esperando Volquetes
97	Espera de Supervisor en Trabajo Critico	ESPO	Espera de Supervisor en Trabajo Critico
98	Atoro en Chancadora	ESPO	Atoro en Chancadora
99	Esperando Combustible	ESPO	Esperando Combustible
100	Atoro en Chute de Faja	ESPO	Atoro en Chute de Faja
101	Disparo	ESPO	Disparo
102	Espera Cable Alimentador	ESPO	Espera Cable Alimentador
103	Espera Traslado	ESPO	Espera Traslado
104	Falta Malla de Perforacion	ESPO	Falta Malla de Perforacion
105	Espera Accesorios de Perforacion	ESPO	Espera Accesorios de Perforacion
106	Falta de Agua / Esperando Agua	ESPO	Falta de Agua / Esperando Agua
107	Atascamiento de Broca	ESPO	Atascamiento de Broca
115	Limpieza de Tolva	MNTO	Limpieza de Tolva
116	Calibracion	MNTO	Calibracion
117	Inspeccion / Aseo / Limpieza	MNTO	Inspeccion / Aseo / Limpieza
130	Cambio de Turno	DEST	Cambio de Turno
131	Refrigerio	DEST	Refrigerio
150	Falta Area de Perforacion	STAN	Falta Area de Perforacion
151	Falta de Supervisor en Trabajos Criticos	STAN	Falta de Supervisor en Trabajos Criticos

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ABR_CATEGORÍA	CATEGORIA
152	Falta Comunicacion Radial	STAN	Falta Comunicacion Radial
153	Falta Pala	STAN	Falta Pala
154	Condiciones Inseguras	STAN	Condiciones Inseguras
155	Falta Material	STAN	Falta Material
156	Entrenamiento	STAN	Entrenamiento
157	Falta Taladros	STAN	Falta Taladros
158	Falta Planificacion / Planeacion	STAN	Falta Planificacion / Planeacion
159	Aprovechamiento por Mantenimiento	STAN	Aprovechamiento por Mantenimiento
160	Programado	STAN	Programado
161	Con Operador	STAN	Con Operador
162	Sin Operador (Falta)	STAN	Sin Operador (Falta)
163	Falta Volquete	STAN	Falta Volquete
164	Falta de frente de trabajo	STAN	Falta de frente de trabajo
170	No Programado	NOPR	No Programado
171	Celebraciones Varias	STAN	Celebraciones Varias
172	Huelgas / Paros	STAN	Huelgas / Paros
173	Condiciones Climaticas Adversas, Lluvia, Tormenta, Niebla, etc	STAN	Condiciones Climaticas Adversas, Lluvia, Tormenta, Niebla, etc
174	RRCC - Falta Liberacion Area de Trabajo	STAN	RRCC - Falta Liberacion Area de Trabajo
175	Falta D2 por factores ajenos a operacion, mantto, logistica	NOPR	Falta D2 por factores ajenos a operacion, mantto, logistica
180	Mantenimiento Preventivo	MNTP	Mantenimiento Preventivo
181	Mantenimiento Correctivo programado	MNTP	Mantenimiento Correctivo programado
182	PM por Terceros	MNTP	PM por Terceros
183	Prep. para Mantenimiento	EXMA	Prep. para Mantenimiento
185	Falta de Supervisión (Contratista)	EXMA	Falta de Supervisión (Contratista)
189	Overhaul / Reparacion General	MNTP	Overhaul / Reparacion General
190	Corte de Energia Programada	MNTP	Corte de Energia Programada
196	Inspecciones Programadas (Mitto / Terceros)	MNTP	Inspecciones Programadas (Mitto / Terceros)
197	Lubricacion / Engrase / Chequeo de Niveles - Toma de Muestras	MNTP	Lubricacion / Engrase / Chequeo de Niveles - Toma de Muestras
198	Prueba de Funcionamiento	MNTP	Prueba de Funcionamiento
199	Cambio de Cable de Izar	MNTP	Cambio de Cable de Izar

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ABR_CATEGORÍA	CATEGORIA
200	Parada por Seguridad - Contratistas	MNTP	Parada por Seguridad - Contratistas
205	Torqueo / Inspeccion / Cambio de Llantas	MNTN	Torqueo / Inspeccion / Cambio de Llantas
206	Falla / Corte / Nivelacion de LLantas	MNTN	Falla / Corte / Nivelacion de LLantas
208	Falla Mecanica	MNTN	Falla Mecanica
215	Cuchillas / Cantoneras	MNTN	Cuchillas / Cantoneras
216	Soldando Componentes	SERV	Soldando Componentes
217	Enlainado de Montura (imprevista)	MNTN	Enlainado de Montura (imprevista)
218	Dientes	MNTN	Dientes
219	Protectores de Cucharon	MNTN	Protectores de Cucharon
220	Cucharon	MNTN	Cucharon
221	Cable de Compuerta	MNTN	Cable de Compuerta
222	Pluma	MNTN	Pluma
223	Orugas / Carrileria	MNTN	Orugas / Carrileria
224	Falla en el Levante de Tolva	MNTN	Falla en el Levante de Tolva
225	Falla / Rajaduras en Tolva, Chasis, Estructura, Escalera	MNTN	Falla / Rajaduras en Tolva, Chasis, Estructura, Escalera
226	Falla de Suspensiones	MNTN	Falla de Suspensiones
227	Rueda Motriz	MNTN	Rueda Motriz
228	Castillo / Mastil y Accesorios	MNTN	Castillo / Mastil y Accesorios
229	Llave de Acople (Lagarto)	MNTN	Llave de Acople (Lagarto)
230	Articulacion Central / Eje Pivot	MNTN	Articulacion Central / Eje Pivot
231	Cadenas de Carrileria	MNTN	Cadenas de Carrileria
233	Cables de Suspension	MNTN	Cables de Suspension
235	Ripper y Brazo	MNTN	Ripper y Brazo
236	Labios	MNTN	Labios
237	Pines	MNTN	Pines
238	Rodillos	MNTN	Rodillos
247	Bujes Mando Final	MNTN	Bujes Mando Final
249	Cable Reel	MNTN	Cable Reel
250	Cadena de Cable Reel	MNTN	Cadena de Cable Reel
253	Escalera de Abordaje	MNTN	Escalera de Abordaje

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ABR_CATEGORÍA	CATEGORIA
261	Bastidor	MNTN	Bastidor
300	Esperando Combustible	SERV	Esperando Combustible
301	Falla / Fuga Sistema de Lubricacion o Engrase	MNTN	Falla / Fuga Sistema de Lubricacion o Engrase
302	Servicio / Lubricando	SERV	Servicio / Lubricando
303	Cambio de Aceite	MNTN	Cambio de Aceite
304	Valvulas, Accesorios, Lubricacion	MNTN	Valvulas, Accesorios, Lubricacion
305	Bomba de Lubricacion	MNTN	Bomba de Lubricacion
306	Linea de Lubricacion	MNTN	Linea de Lubricacion
307	Tanque de Lubricacion	MNTN	Tanque de Lubricacion
315	Falla / Fuga Sistema de Refrigeracion	MNTN	Falla / Fuga Sistema de Refrigeracion
316	Panel de Operador Dispatch	MNTN	Panel de Operador Dispatch
317	Cabina del Operador	MNTN	Cabina del Operador
318	Aire Acondicionado	MNTN	Aire Acondicionado
319	Bomba de Agua	MNTN	Bomba de Agua
320	Baterias	SERV	Baterias
322	Llave de Barreno	MNTN	Llave de Barreno
323	Luces / Circulina	MNTN	Luces / Circulina
324	Bocina	MNTN	Bocina
326	Pre-Traslado por Mantenimiento	SERV	Pre-Traslado por Mantenimiento
327	Radio	MNTN	Radio
329	Transformador de Auxiliares	MNTN	Transformador de Auxiliares
330	Servicio de Agua	SERV	Servicio de Agua
331	Tomafuerza	MNTN	Tomafuerza
332	Motobomba	MNTN	Motobomba
333	Sistema de Aspercion (Pinocho)	MNTN	Sistema de Aspercion (Pinocho)
334	Sistema de Aspercion (Barra)	MNTN	Sistema de Aspercion (Barra)
335	Falta de Repuestos	ESPM	Falta de Repuestos
350	Falla / Fuga Mandos Finales, Convertidor, Transmision	MNTN	Falla / Fuga Mandos Finales, Convertidor, Transmision
351	Falla en Sistema Electrico	MNTN	Falla en Sistema Electrico
352	Descarga de Informacion de Equipo en Campo	MNTN	Descarga de Informacion de Equipo en Campo

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ABR_CATEGORÍA	CATEGORIA
353	Sistema Contraincendio (AFEX)	MNTN	Sistema Contraincendio (AFEX)
400	Falla en Sistema de Izar/Pulldown	MNTN	Falla en Sistema de Izar/Pulldown
401	Falla en Carro de Rotacion	MNTN	Falla en Carro de Rotacion
402	Armadura de Traccion	MNTN	Armadura de Traccion
403	Magnetorque	MNTN	Magnetorque
407	Motor de Izar	MNTN	Motor de Izar
409	Motor de Ventilador de Radiador	MNTN	Motor de Ventilador de Radiador
420	Valvula y Motor de Arranque	MNTN	Valvula y Motor de Arranque
440	Falla en Sistema de Empuje	MNTN	Falla en Sistema de Empuje
441	Falla en Sistema de Giro	MNTN	Falla en Sistema de Giro
442	Falla en Sistema de Izaje	MNTN	Falla en Sistema de Izaje
443	Sistema Electronico de Potencia	MNTN	Sistema Electronico de Potencia
444	Falla en Motor o Turbo / Perdida de Potencia	MNTN	Falla en Motor o Turbo / Perdida de Potencia
445	Motor Principal Diesel / Electrico	MNTN	Motor Principal Diesel / Electrico
480	Falla en sistema de Propulsion	MNTN	Falla en sistema de Propulsion
489	Correas / Fajas	MNTN	Correas / Fajas
499	Trasmision - Caja de cambios	MNTN	Trasmision - Caja de cambios
530	Falla / Fuga del Sistema Hidraulico	MNTN	Falla / Fuga del Sistema Hidraulico
531	Falla en la Direccion	MNTN	Falla en la Direccion
532	Gata de Nivelacion / Cilindro Hidraulico	MNTN	Gata de Nivelacion / Cilindro Hidraulico
544	Mangueras (Linea Hidraulica)	MNTN	Mangueras (Linea Hidraulica)
560	Falla en Sistema de Aire	MNTN	Falla en Sistema de Aire
580	Falla en Cables de Alimentación	MNTN	Falla en Cables de Alimentación
581	Falla de Energía en Lineas de Alta Tension	MNTN	Falla de Energía en Lineas de Alta Tension
582	Falla de Energía en Subestaciones	MNTN	Falla de Energía en Subestaciones
583	Falla en Enrollador de Cable	MNTN	Falla en Enrollador de Cable
600	Frenos	MNTN	Frenos
811	Esperando a Mantenimiento	ESPM	Esperando a Mantenimiento
911	Emergencias	DSEG	Emergencias
990	Mantenimiento externo (Propietario)	EXMA	Mantenimiento externo (Propietario)
999	Incidente	EXMA	Incidente