

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**TESIS**

**“REDUCCION DE COSTOS OPERACIONALES CON USO DE SCOOPTRAM DE 4  
YARDAS CUBICAS REPOTENCIADOS EN TAJO 2829N MINA BALCON  
UNIDAD MINERA HORIZONTE”**

**PRESENTADO POR: Br. JOSE CLAUDIO  
JAIMES CHOQUE**

**Para optar al Título Profesional de  
INGENIERO DE MINAS**

**ASESOR: Mgt. Ing. TOMAS  
ACHANCCARAY PUMA**

**CUSCO - PERÚ**

**2023**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
VICE RECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**INFORME DE ORIGINALIDAD**

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe asesor del trabajo de investigación titulado: "REDUCCION DE COSTOS OPERACIONALES EN EL ACARREO DE MATERIALES CON USO DE SCOOPTRAM DE 4 YARDAS CUBICAS REPOTENCIADOS EN TAJO 2829N MINA BALCON UNIDAD MINERA HORIZONTE"

Presentado por **Jose Claudio Jaimes Choque**, con código universitario Nro. **073160** para optar al Título Profesional de: **INGENIERO DE MINAS**. Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03 (Tres) veces, mediante el software antiplagio Turnitin, conforme al Artículo 6° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de: **10 % (diez por ciento)**.

**Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación, tesis, textos, libros, revistas, artículos científicos, material de enseñanza y otros (Art. 7, inc. 2 y 3)**

Porcentaje	Evaluación y acciones.	Marque con una X
Del 1 al 10 %	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30%	Devolver al usuario para las correcciones.	-----
Mayores a 31 %	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a ley.	-----

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software antiplagio.

Cusco, 30 de enero de 2023.

FIRMA

POST FIRMA: Ing. Tomas Achanccaray Puma  
DNI Nro.: 23991386

ORCID ID: 0000-0002-5316-1452

Se adjunta:

1. Reporte Generado por el sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio:  
<https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:201469892?locale=es>

NOMBRE DEL TRABAJO

**REDUCCION DE COSTOS OPERACIONAL  
ES EN EL ACARREO DE MATERIALES CO  
N USO DE SCOOPTRAM DE 4 YARDAS C  
UBIC**

AUTOR

**JOSE CLAUDIO JAIMES CHOQUE**

RECUENTO DE PALABRAS

**25472 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**137393 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**134 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**6.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jan 30, 2023 11:37 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jan 30, 2023 11:39 AM GMT-5**

● **10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 30 palabras)
- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente

***DEDICATORIA***

*Mi profunda gratitud a mis padres, por  
haberme guiado por la senda del bien, por ellos  
soy alguien en la vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a:*

*Al DIOS todopoderoso por sus grandes  
bendiciones en mi vida diaria.*

*A mis padres por haber apoyado en lo emocional y económico en el desarrollo en toda  
mi vida.*

*A mis maestros en diferentes etapas de mi vida sobre todo a mis docentes universitarios  
por haberme inculcados con los conocimientos necesarios para alcanzar este título profesional*

## INTRODUCCION

El siguiente trabajo se ha realizado con el fin de comparar 2 equipos de bajo perfil los denominados scooptram 4YD<sup>3</sup> con el fin de evaluar los costos de operar un equipo nuevo o uno repotenciado para ello se ha planteado el siguiente estudio con el objetivo de encontrar el equipo que tenga el mejor performance en la mina.

**En el capítulo 1** se ha hecho el diseño del estudio en el plan de investigación donde se muestra la problemática que así también se ofrecen las diferentes hipótesis todo esto relacionado a los costos operativos que generan estos equipos.

**En el capítulo 2** se muestra la metodología que se va a seguir para realizar el estudio en esta parte sobresalen los diferentes Overhauls que se realizan a estos equipos esta información es relevante para poder determinar el equipo con mejor performance y mejor costo. se hace la revisión de los diferentes conceptos relacionados a estos equipos en esta parte se resaltan los términos de disponibilidad y confiabilidad de equipos así también resaltamos el rendimiento ya que está directamente relacionada con la operación mina, también se hace la revisión de diferentes conceptos que pudieran estar relacionados con el presente estudio y que nos ayudarán a realizar la evaluación correspondiente.

**En el capítulo 3** en este capítulo se muestra el ámbito de estudio, la descripción de las operaciones mina así también los conceptos más relevantes como son la ubicación y geología en general en esa parte se realiza la evaluación en base a los Overhauls de los equipos la revisión que se hace es respecto al tiempo de vida de las diferentes partes del equipo, vida útil del motor, línea cardiana, chasis, llantas, sistema eléctrico y sistema de transmisión en esta parte se hace un estudio particular de los costos de un equipo nuevo y repotenciado ambos en operación mina.

**En el capítulo 4** se realiza una comparación de resultados obtenidos, entre un equipo nuevo y uno repotenciado para lo cual se ha considerado tiempos de vida, disponibilidad confiabilidad y costos.

Al final en la conclusiones y recomendaciones se muestran cuáles son los equipos con mejor performance y con mejor costo operativo, todo el estudio se realiza con el fin de determinar si los equipos repotenciados son una opción y podrían mejorar el proceso de minado.

## RESUMEN

En el presente estudio se ha encontrado que la diferencia de costos entre un equipo nuevo y uno repotenciado llega a \$14 633 .48, esta diferencia incluye los overhauls en el equipo repotenciado, esta diferencia coloca a los equipos repotenciados como los más rentables, hay que tomar en cuenta que los equipos repotenciados tienen partes que aún tienen vida útil y se encuentran en condiciones óptimas para el trabajo en mina.

Por otra parte la disponibilidad del equipo repotenciado aumenta en 23.68% respecto al equipo nuevo en operaciones, la confiabilidad del equipo también se incrementa en 38.11%, por último el rendimiento en equipo repotenciado se incrementa en 15.73% con lo cual queda comprobado que un equipo repotenciado tiene mejor performance a uno nuevo.

La parte del equipo Scooptram 4YD<sup>3</sup> que necesita ser cambiada es el motor, que para un repotenciado se incrementa de 231 HP a 250HP, el motor es la parte fundamental del equipo pero se ve afectado por diferentes factores donde pierde fuerza hasta que ya no es adecuado para las operaciones mina llevando a un alta y cambio del motor respectivo.

Para el repotenciado los ajustes y modificaciones que se le hace al equipo no son drásticas ni cambian al equipo en su totalidad, solo es un ajuste en el chasis para ensamblar el motor con la línea cardiana, todo esto lleva a optar por la opción de repotenciado como la más optima y efectiva para la toma de decisiones.

Hay que resaltar que la vida útil del equipo se ve afectado por las condiciones de minado que afectan directamente al motor como son el poco oxígeno, combustible no apto y condiciones de trabajo todo esto lleva a que la curva de potencia del motor baje con el tiempo.



## ABSTRACT

In the present study it has been found that the cost difference between a new equipment and a repowered one reaches \$14,633.48, this difference includes the overhauls in the repowered equipment, this difference places the repowered equipment as the most profitable, it is necessary to Take into account that repowered equipment has parts that still have a useful life and are in optimal conditions for work in the mine.

On the other hand, the availability of the repowered equipment increases by 23.68% compared to the new equipment in operations, the reliability of the equipment also increases by 38.11%, finally, the performance of the repowered equipment increases by 15.73%, which proves that a team repowered has better performance than a new one.

The part of the Scooptram equipment that needs to be changed is the engine, which for a repowered one increases from 231 HP to 250.HP, the engine is the fundamental part of the equipment but it is affected by different factors where it loses strength until it is no longer suitable for mine operations leading to a discharge and change of the respective engine.

For the repowering, the adjustments and modifications that are made to the equipment are not drastic nor do they change the equipment in its entirety, it is only an adjustment to the chassis to assemble the motor with the cardian line, all this leads to opting for the repowering option. as the most optimal and effective for decision making.

It should be noted that the useful life of the equipment is affected by mining conditions that directly affect the engine, such as low oxygen, unsuitable fuel and working conditions, all of which leads to a lower engine power curve over time

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	2
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	3
<b>INTRODUCCION</b> .....	4
<b>RESUMEN</b> .....	6
<b>ABSTRACT</b> .....	7
<b>INDICE DE GRAFICOS</b> .....	20
<b>CAPÍTULO I</b> .....	21
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	21
<b>1.1.- Descripción del Problema</b> .....	21
<b>1.2.- Formulación del Problema</b> .....	22
<b>1.2.1.- Problema General</b> .....	22
<b>1.2.2.- Problema Específico</b> .....	22
<b>1.3.- Objetivos investigación</b> .....	22
<b>1.3.1.- Objetivo General</b> .....	22
<b>1.3.2.- Objetivo Especifico</b> .....	22
<b>1.4.- Justificación</b> .....	23
<b>1.5.- Alcances</b> .....	23
<b>1.6.- Hipótesis</b> .....	23

<b>1.6.1.- Hipótesis General</b> .....	23
<b>1.7.- Variables e indicadores</b> .....	24
<b>1.8.- Tipo y nivel de investigación</b> .....	25
<b>1.9.- Nivel de Investigación</b> .....	25
<b>1.10.- Población y Muestra</b> .....	25
<b>1.11.- Técnica recolección de datos</b> .....	26
<b>1.12.- Procesamiento y análisis de datos</b> .....	27
<b>1.13.- Técnica Análisis de datos</b> .....	27
<b>CAPÍTULO II</b> .....	28
<b>MARCO TEORICO</b> .....	28
<b>2.1.- Antecedentes de la Investigación</b> .....	28
<b>2.1.1.- Antecedentes Nacionales</b> .....	28
<b>2.2.-Bases Teóricas</b> .....	29
<b>2.2.1.- Equipos Scooptram</b> .....	29
<b>2.2.2.- Acarreo</b> .....	31
<b>2.2.3.- Transporte de Mineral</b> .....	32
<b>2.2.4.- Sistemas de acarreo</b> .....	32
<b>2.2.5.- Tipos de mantenimiento</b> .....	33
<b>2.2.6.- Costos de Operación</b> .....	36
<b>CAPÍTULO III</b> .....	42

<b>AMBITO DE ESTUDIO .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1.- Ubicación Geográfica.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.- Características Geológicas.....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.1.- Geología Regional .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.2.- Geología Local.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.3.- Geología Estructural.....</b>	<b>45</b>
<b>3.2.4.- Geología Económica.....</b>	<b>48</b>
<b>3.3.- Operación Mina .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.1.- Capacidad Producción .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.2.- Método Explotación .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.3.- Equipos y Maquinaria Utilizada .....</b>	<b>54</b>
<b>3.3.4.- Ciclo de minado.....</b>	<b>55</b>
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>61</b>
<b>REDUCCION DE COSTOS DE ACARREO DE SCOOPTRAM DE 4YD<sup>3</sup>.....</b>	<b>61</b>
<b>4.1.- Evaluación Vida Útil Equipos Scooptram 4YD<sup>3</sup> en mina.....</b>	<b>61</b>
<b>4.1.1.- Análisis del Overhaul Equipos Scooptram 4YD<sup>3</sup> .....</b>	<b>61</b>
<b>4.1.2.- Análisis vida útil por partes del Equipo Scooptram 4YD<sup>3</sup>.....</b>	<b>67</b>
<b>4.2.- Repotenciado Equipos Scooptram 4YD<sup>3</sup> .....</b>	<b>72</b>
<b>4.2.1.- Partes del Equipo Scooptram 4YD<sup>3</sup> a repotenciar.....</b>	<b>72</b>
<b>4.2.2.- Proceso de Repotenciado .....</b>	<b>74</b>

EVALUACION CON EQUIPOS SCOOPTRAM 4YD <sup>3</sup> NUEVO Y REPOTENCIADOS .....	77
<b>4.3.- Evaluación con Equipos Scooptram 4YD<sup>3</sup> nuevos</b> .....	77
4.3.1.- Evaluación vida útil del equipo completo y por partes.....	77
4.3.2.- Evaluación Confiabilidad y Disponibilidad .....	84
4.3.3.- Evaluación Costo y Rendimiento.....	86
<b>4.4.- Evaluación con Equipos Scooptram 4YD<sup>3</sup> Repotenciados</b> .....	94
4.4.1.- Evaluación vida útil del equipo Repotenciado completo y por partes ....	98
4.4.2.- Evaluación Confiabilidad y Disponibilidad .....	102
<b>4.5.-Evaluación de Rendimiento Scooptram 4YD<sup>3</sup> Nuevo y Repotenciado de Acarreo en el Tajo 2829N</b> .....	114
4.5.1.- Resultados del uso de Equipos Repotenciados Scooptram 4YD <sup>3</sup> .....	120
4.5.2.- Resultados de Costos y Rendimiento.....	123
<b>CONCLUSIONES</b> .....	127
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	128
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	129
<b>Anexo N°1 Matriz de consistencia</b> .....	130
<b>Anexo N°2 Plano de Ubicación Mina Balcon UMH</b> .....	131
<b>Anexo N°3 Plano Geologico Mina Balcon UMH</b> .....	131

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N° 1 Variables dependientes e independiente .....</b>	<b>24</b>
<b>Cuadro N° 3 Coordenadas UTM y Geográficas .....</b>	<b>42</b>
<b>Cuadro N° 4 Resumen de reservas.....</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro N° 5 Resumen Método de Minado.....</b>	<b>54</b>
<b>Cuadro N° 6 Equipos Utilizados en la Unidad Minera .....</b>	<b>54</b>
<b>Cuadro N° 7 Resumen Columna de Carga.....</b>	<b>57</b>
<b>Cuadro N° 8 Selección de sostenimiento en base a calidad de roca .....</b>	<b>59</b>
<b>Cuadro N° 9 Vida Útil Motor Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011 .....</b>	<b>78</b>
<b>Cuadro N° 10 Vida Útil Convertidor Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	<b>79</b>
<b>Cuadro N° 11 Vida Útil Caja Transmision Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011.....</b>	<b>79</b>
<b>Cuadro N° 12 Vida Útil Línea Cardiana Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011.....</b>	<b>80</b>
<b>Cuadro N° 13 Vida Útil Diferencia Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011...80</b>	
<b>Cuadro N° 14 Vida Útil Sistema Hidraulico Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011.....</b>	<b>81</b>
<b>Cuadro N° 15 Vida Útil Frenos Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011.....</b>	<b>81</b>
<b>Cuadro N° 16 Vida Útil Chasis Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011 .....</b>	<b>82</b>
<b>Cuadro N° 17 Vida Útil Sistema Electrico Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011.....</b>	<b>82</b>
<b>Cuadro N° 18 Vida Útil Neumáticos Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011.83</b>	
<b>Cuadro N° 19 Resumen Vida Útil Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011.....</b>	<b>83</b>

<b>Cuadro N° 20 Disponibilidad Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	85
<b>Cuadro N° 21 Resumen Método de Minado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	86
<b>Cuadro N° 22 Costos Overhaul Motor Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	87
<b>Cuadro N° 23 Costos Overhaul Convertidor Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	88
<b>Cuadro N° 24 Costos Overhaul Caja Transmicion Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	88
<b>Cuadro N° 25 Costos Overhaul Linea Cardiana Transmicion Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	89
<b>Cuadro N° 26 Costos Overhaul Diferencial Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	90
<b>Cuadro N° 27 Costos Overhaul Sistema Hidraulico Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	91
<b>Cuadro N° 28 Costos Overhaul Frenos Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	91
<b>Cuadro N° 29 Costos Overhaul Chasis Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	92
<b>Cuadro N° 30 Costos Overhaul Sistema Electrico Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	92
<b>Cuadro N° 31 Costos Overhaul Neumaticos Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011</b>	93

<b>Cuadro N° 32 Resumen Costos Overhaul Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C /</b>	
<b>0011.....</b>	<b>94</b>
<b>Cuadro N° 33 Rendimiento Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011.....</b>	<b>97</b>
<b>Cuadro N° 34 Rendimiento Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098...97</b>	
<b>Cuadro N° 35 Vida Util Motor Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b>	
<b>.....</b>	<b>98</b>
<b>Cuadro N° 36 Vida Util Convertidor Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C /</b>	
<b>0098.....</b>	<b>99</b>
<b>Cuadro N° 37 Vida Util Transmicion Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C /</b>	
<b>0098.....</b>	<b>99</b>
<b>Cuadro N° 38 Vida Util Linea Cardiana Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST</b>	
<b>4C / 0098.....</b>	<b>99</b>
<b>Cuadro N° 39 Vida Util Diferencial Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C /</b>	
<b>0098.....</b>	<b>100</b>
<b>Cuadro N° 40 Vida Util Sistema Hidraulico Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup></b>	
<b>ST 4C / 0098 .....</b>	<b>100</b>
<b>Cuadro N° 41 Vida Util Frenos Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b>	
<b>.....</b>	<b>101</b>
<b>Cuadro N° 42 Vida Util Chasis Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b>	
<b>.....</b>	<b>101</b>
<b>Cuadro N° 43 Vida Util Sistema Electrico Repotenciado Scooptram ST 4C / 0098</b>	<b>101</b>
<b>Cuadro N° 44 Vida Util Neumaticos Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C /</b>	
<b>0098.....</b>	<b>102</b>



<b>Cuadro N° 45 Resumen Vida Util Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	102
<b>Cuadro N° 46 Disponibilidad Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	102
<b>Cuadro N° 47 Confiabilidad Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b>	103
<b>Cuadro N° 48 Costo Repotenciado del Motor Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	103
<b>Cuadro N° 49 Costo Repotenciado del Convertidor Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	105
<b>Cuadro N° 50 Costo Repotenciado de la Linea Cardiana Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	105
<b>Cuadro N° 51 Costo Repotenciado de la Articulacion Central Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	105
<b>Cuadro N° 52 Costos Totales del Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	106
<b>Cuadro N° 53 Costo Overhaul en Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> ....	107
<b>Cuadro N° 54 Resumen Costos Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	107
<b>Cuadro N° 55 Costos Overhaul Motor Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	108
<b>Cuadro N° 56 Costos Overhaul Convertidor Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	109
<b>Cuadro N° 57 Costos Overhaul Caja Transmicion Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	109

<b>Cuadro N° 58 Costos Overhaul Linea Cardiana Equipo Repotenciado Scooptram</b>	
<b>4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	110
<b>Cuadro N° 59 Costos Overhaul Diferencial Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup></b>	
<b>ST 4C / 0098</b> .....	110
<b>Cuadro N° 60 Costos Overhaul Sistema Hidráulico Equipo Repotenciado</b>	
<b>Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	111
<b>Cuadro N° 61 Costos Overhaul Frenos Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST</b>	
<b>4C / 0098</b> .....	111
<b>Cuadro N° 62 Costos Overhaul Chasis Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST</b>	
<b>4C / 0098</b> .....	112
<b>Cuadro N° 63 Costos Overhaul Sistema Electrico Equipo Repotenciado Scooptram</b>	
<b>4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098</b> .....	112
<b>Cuadro N° 64 Costos Overhaul Neumaticos Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup></b>	
<b>ST 4C / 0098</b> .....	113
<b>Cuadro N° 65 Resumen Overhaul Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C /</b>	
<b>0098</b> .....	113
<b>Cuadro N° 66 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C /</b>	
<b>0011</b> .....	114
<b>Cuadro N° 67 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C /</b>	
<b>0011</b> .....	115
<b>Cuadro N° 68 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C /</b>	
<b>0011</b> .....	116

<b>Cuadro N° 69 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup></b>	
<b>ST 4C / 0098</b> .....	117
<b>Cuadro N° 70 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup></b>	
<b>ST 4C / 0098</b> .....	118
<b>Cuadro N° 71 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup></b>	
<b>ST 4C / 0098</b> .....	119
<b>Cuadro N° 72 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C /</b>	
<b>0011</b> .....	119
<b>Cuadro N° 73 <i>Rendimiento Efectivo (ton/h)</i> Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup></b>	
<b>ST 4C / 0098</b> .....	120

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1 Equipo Scooptram 4yd<sup>3</sup></b> .....	30
<b>Figura N° 2 Diagrama de Flujo tipico</b> .....	38
<b>Figura N° 3 Diagrama de Flujo CAUE</b> .....	39
<b>Figura N° 4 Columna estatigrafica Mina Balcon – U.M.H.</b> .....	47
<b>Figura N° 5 Método de Minado Corte y Relleno Mecanizado</b> .....	51
<b>Figura N° 6 Metodo de Minado SubLevel Stopping</b> .....	52
<b>Figura N° 7 Metodo Bench and Fill</b> .....	53
<b>Figura N° 8 Diseño de Tajeo en Mina Balcon – U.M.H.</b> .....	53
<b>Figura N° 9 Malla de Perforación</b> .....	55
<b>Figura N° 10 Curva Mantenimiento Correctivo</b> .....	62
<b>Figura N° 11 Curva Mantenimiento Preventivo</b> .....	64
<b>Figura N° 12 Curva Mantenimiento Sistemático</b> .....	65
<b>Figura N° 13 Curva Mantenimiento Predictivo</b> .....	66
<b>Figura N° 14 Curvas de Potencia de Motores</b> .....	73
<b>Figura N° 15 Pines de Articulación</b> .....	76
<b>Figura N° 16 Perfil Acarreo Equipo Scooptram 4yd<sup>3</sup></b> .....	95
<b>Figura N° 17 Carguio Equipo Scooptram 4yd<sup>3</sup> a Volquete</b> .....	95

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

<b>Fotografía N° 1 Motor Diésel Detroit Series 60 .....</b>	<b>72</b>
<b>Fotografía N° 2 Scooptram 4yd<sup>3</sup> .....</b>	<b>74</b>
<b>Fotografía N° 3 Convertidor de Torque .....</b>	<b>75</b>
<b>Fotografía N° 4 Cardan Equipo Scooptram 4yd<sup>3</sup> .....</b>	<b>77</b>

## INDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico N° 1 Comparativa Vida Util Equipo Nuevo y Repotenciado.....</b>	<b>121</b>
<b>Gráfico N° 2 Comparativa Disponibilidad Equipo Nuevo y Repotenciado.....</b>	<b>122</b>
<b>Gráfico N° 3 Comparativa Confiabilidad Equipo Nuevo y Repotenciado .....</b>	<b>123</b>
<b>Gráfico N° 4 Comparativa Costo Equipo Nuevo y Repotenciado .....</b>	<b>124</b>
<b>Gráfico N° 5 Comparativa Overhaul Equipo Nuevo y Repotenciado .....</b>	<b>125</b>
<b>Gráfico N° 6 Comparativa Rendimiento Equipo Nuevo y Repotenciado.....</b>	<b>126</b>

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1.- Descripción del Problema

En la mina Balcon de la Unidad Minera Horizontes en operaciones mineras los equipos de fabrica tipo scooptram4yd<sup>3</sup> para acarreo de material, impactan considerablemente por los altos costos que tienen, porque los scooptram4yd<sup>3</sup> con el pasar del tiempo disminuye considerablemente su rendimiento en el acarreo de material por diferentes factores. En la mayoría de casos se da de baja a scooptram4yd<sup>3</sup> que no rinden porque ya no se puede dar mantenimiento a una parte clave del equipo, sin embargo, en muchos casos quedan intactos tanto el chasis como llantas, pero al perder las partes esenciales del scoop se tiene que dar de baja por completo y adquirir uno nuevo.

El motor y la transmisión son partes claves para el scooptram 4yd<sup>3</sup>, son los que le dan la potencia para el acarreo, al dejar de funcionar y no poder realizar el mantenimiento se tiene que cambiar por un equipo nuevo, pero últimamente se está utilizando equipos repotenciados, son equipos que se les cambia las partes clave y conservan partes que aún tienen vida útil, esto permite ahorrar costos, pero repotenciar scooptram 4yd<sup>3</sup> y usarlos en la mina será rentable? y sobre todo rendirán al momento de realizar el acarreo en la mina?.

Los problemas que se generan por el uso de equipos scooptram4y d<sup>3</sup> en mal estado son:

1. Disminución del rendimiento en el acarreo de material
2. Disminución de producción

3. Aumento de tiempos muertos por Mantenimiento Correctivo
4. Incremento de costos Operativos

## **1.2.- Formulación del Problema**

### **1.2.1.- Problema General**

¿A qué se debe la deficiencia en el acarreo de materiales de equipos scooptram4yd<sup>3</sup> y su incremento de los costos operacionales en el tajo 2829N en la unidad minera?

### **1.2.2.- Problema Específico**

- a) ¿Cuándo tiene baja disponibilidad mecánica reducen el rendimiento de un scooptram4yd<sup>3</sup> en la unidad minera?
- b) ¿Cómo se puede mejorar el acarreo de material con un equipo scooptram4yd<sup>3</sup> que no sean nuevos en la unidad minera?
- c) ¿Por Qué se incrementan los costos operacionales con el uso de equipo scooptram4yd<sup>3</sup>?

## **1.3.- Objetivos investigación**

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

Mejorar el acarreo de materiales al implementar scooptram de 4yd<sup>3</sup> repotenciados y así reducir los costos operacionales.

### **1.3.2.- Objetivo Especifico**

- a) Determinar los factores que influyen en la reducción de rendimiento de un scooptram 4yd<sup>3</sup>



- b) Encontrar métodos para incrementar el rendimiento en los equipos scooptram 4yd<sup>3</sup> en la unidad minera
- c) Determinar las diferencias de costos entre un scooptram 4yd<sup>3</sup> nuevo y otro repotenciado de 4yd<sup>3</sup>

#### **1.4.- Justificación**

Se justifica el estudio porque el incremento de costos en el acarreo de material con un scooptram de 4yd<sup>3</sup> impacta en las utilidades generando costos adicionales por la disminución en la productividad del acarreo y aumento de costos debido al constante mantenimiento que se tiene que dar a estos equipos.

#### **1.5.- Alcances**

El alcance es reducir los costos por equipos mecanizados no solo de los scooptram 4yd<sup>3</sup> ya desgastados si no determinar cómo es el funcionamiento de un equipo repotenciado y su desempeño en las operaciones.

#### **1.6.- Hipótesis**

##### **1.6.1.- Hipótesis General**

Con la implementación de equipos scooptram de 4yd<sup>3</sup> repotenciados aumentara la productividad en el acarreo de materiales y se va optimizar los costos operacionales en el tajo 2829N de la unidad minera.

##### **1.6.2.- Hipótesis Específico**

- a) Las condiciones del área de trabajo y el tipo de material acarreado por los scooptram4yd<sup>3</sup> influyen en el rendimiento del equipo.
- b) Con el correcto overhaul a los equipos scooptram4yd<sup>3</sup> repotenciados se podrá incrementar el rendimiento en el acarreo de materiales
- c) Los factores que pueden afectar el rendimiento de un scooptram4yd<sup>3</sup> será disponibilidad mecánica, distancia recorrida, esponjamiento del material.

### 1.7.- Variables e indicadores

Las variables independientes serán los costos de operación relacionados y el rendimiento relacionado a los equipos Scooptram4yd<sup>3</sup> nuevos, usados y repotenciados.

**Cuadro N° 1 Variables dependientes e independiente**

<b>Variables dependientes</b>	<b>Factores</b>	<b>Indicadores</b>
Costos Operativos	Costos operativos de acarreo de material	\$/TM
Rendimiento de Equipos Scooptram 4yd <sup>3</sup>	Rendimiento de Equipos Scooptram nuevos y repotenciados	TM/HR
<b>Variable dependientes</b>	<b>Factores</b>	<b>Indicadores</b>
Características equipos scooptram de 4yd <sup>3</sup>	Vida Útil	Horas
	Disponibilidad	%
	Confiabilidad	%
	Rendimiento	TM/ Hora
Acarreo de material	Vías de Acceso	Buena, Regular y Mala
	Nivel de fragmentación	mm
	Esponjamiento	%

**Fuente: Análisis Propio**

**Nota: el cuadro anterior son las variables dependientes y dependiente que se van a estudiar**

Las características de los equipos scooptram4yd<sup>3</sup> serán nuestras variables independientes que influirán en los costos de los equipos nuevos y repotenciados, así también debemos considerar algunos factores en el acarreo de material tales como las vías, esponjamiento y fragmentación de material.

### **1.8.- Tipo y nivel de investigación**

El estudio va ser de tipo Aplicativo porque busca solucionar un problema que se tiene en la mina que son los costos operacionales por equipo nuevo.

El estudio va ser experimental porque se va manipular una de las variables que es el equipo scooptram4yd<sup>3</sup> repotenciado y los resultados que se tiene con éste en especial los de rendimiento y costos.

### **1.9.- Nivel de Investigación**

Nivel descriptivo se va a buscar explicar algunas propiedades que tienen los diferentes equipos scooptram4yd<sup>3</sup> tanto nuevos como equipos repotenciados, lo que se busca es encontrar los resultados al operar con equipos scooptram4yd<sup>3</sup> repotenciados. Se va a describir como es un equipo scooptram4yd<sup>3</sup> repotenciado y cómo es su performance en el acarreo de material.

### **1.10.- Población y Muestra**

- a) Universo: Equipos scooptram4yd<sup>3</sup> en la unidad minera
- b) Población Equipos scooptram de 4yd<sup>3</sup> repotenciados en la unidad minera
- c) Muestra: Equipos repotenciados scooptram de 4yd<sup>3</sup> en Tj 2829N en la unidad minera.

Se va utilizar el muestreo aleatorio simple para muestra probabilísticas finitas como en la siguiente formula:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \times N \times p \times q}{i^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Donde:

- $Z_{\alpha=0.5}^2 = 1.96$
- $N = 4$
- $p = 0.7$
- $q = 1 - p$
- $i = 10\%$

Reemplazando en la Formula anterior tenemos:  $n = \frac{3.84 \times 2 \times 0.7 \times 0.3}{0.01 \times (2-1) + 3.84 \times 0.7 \times 0.3}$

$$n = \frac{3.2256}{0.03 + 0.8064} = 1.97 = 2$$

En total la muestra será de **2 equipos scooptram4yd<sup>3</sup>**

### 1.11.- Técnica recolección de datos

La técnica de recolección de datos será la observación estructural ya que se hará el seguimiento a los diferentes overhauls realizados en los equipos repotenciados scooptram4yd<sup>3</sup> así también para realizar la comparativa se observará el overhaul de equipos scooptram4yd<sup>3</sup> nuevos en la mina.

El formato para recolección de datos se encuentra en el Anexo N°2- Formato de Overhaul para recolección de datos de equipo scooptram4yd<sup>3</sup>.

### **1.12.- Procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento de datos será de los diferentes overhauls así también de los costos de de la operación de los diferentes equipos tanto repotenciados como nuevos

El procesamiento de los datos se va a realizar utilizando las diferentes herramientas de la estadística descriptiva.

### **1.13.- Técnica Análisis de datos**

Se hará un análisis comparativo entre equipos scooptram4yd<sup>3</sup> nuevos y repotenciados.

Para lo cual se han de tomar los diferentes factores que se han observado en la parte de variables.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1.- Antecedentes de la Investigación**

##### **2.1.1.- Antecedentes Nacionales**

###### **Antecedente N°1**

**Según** Goyo (2003); en la tesis titulada “Repotenciamiento de un cargador de bajo perfil (scooptram) modelo ST – 6C de Wagner Atlas Copco con código interno IESA S.A. HSC – 003”; concluye Los valores de disponibilidad de los equipos scooptram aumentaron de 56% a 92% asimismo el rendimiento de 56 Ton/Hr a 73 Ton/Hr. Al usar equipos repotenciados.

###### **Antecedente N°2**

**Según** Quispe (2015); en la tesis titulada “Optimizacion de costos de acarreo con equipo mecanizado en la unidad minera Tambomayo Cia. De Minas Buenaventura - Arequipa”; concluye que con un mejor control de tiempos se ha logrado optimizar el costo de acarreo del equipo mecanizado en las labores de exploración, se ha determinado cada costo unitarios del equipo mecanizado scoop 4.2 yd<sup>3</sup> incluido sus costos directos e indirectos, se ha determinado que el costo total asciende a S/. 435.93 por hora.

###### **Antecedente N°3**

**Según** Alva (2018); en la tesis titulada “Estudio de optimización de costos de operación de una flota de scooptrams en una unidad minera”; concluye que optimizar el costo total de la flota de scooptrams de la empresa Consorcio Minero Horizonte S.A. formada por 16 unidades con unas potencias comprendidas entre 47 y 147 HP mediante la elaboración de un programa de mantenimiento y reemplazo de equipos de flota de scooptrams, con el que se obtenga el costo anual mínimo, la aplicación del método actual no optimiza el costo operativo de la flota. En este caso el 75% de los scooptrams de la flota resultante propuesta por su aplicación, repotenciados, tendrían un costo operativo mayor al costo óptimo de un equipo similar nuevo disponible en el mercado.

## **2.2.-Bases Teóricas**

### **2.2.1.- Equipos Scooptram**

#### **Definición:**

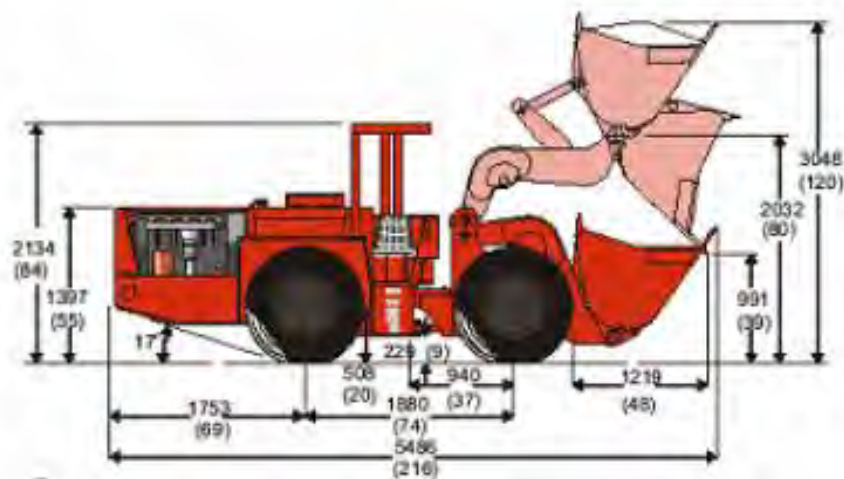
Un equipo scooptram es un vehículo trackless de bajo perfil, para carga y acarreo de minerales, diseñado sobre todo para realizar trabajos en minas de subsuelo, subterráneas, o en zonas con limitaciones de espacio (**AtlasCoppco, 2015**)

En minería subterránea, especialmente en la pequeña y mediana minería, los túneles se caracterizan por ser de baja altura y angostos, lo que impide el ingreso de vehículos mineros de grandes dimensiones. Son túneles estrechos, sin espacio lateral para realizar giros a 180°, del cual derivan galerías perpendiculares al eje del túnel, con cambios de dirección a 90° con cortos radios de curvatura que dificultan el desplazamiento aún para vehículos pequeños.

Según **AtlasCoppco (2015)**, Los scooptrams están diseñados para operar en estas condiciones por lo que tienen las siguientes características:

- Son de dimensiones pequeñas, relativamente angostos y de baja altura para poder ingresar a los túneles. Esta última característica es la que les da el nombre de “bajo perfil”. Tienen un cucharón articulado para recoger y cargar una cantidad relativamente grande de material.
- Pueden desplazarse en reversa con la misma facilidad con la que avanzan, lo que les permite ingresar y salir de túneles angostos o sin espacio para girar, simplemente retroceden.
- Tienen ruedas con neumáticos, lo que les permite desplazarse en cualquier dirección, es decir no está limitado a recorridos de rieles o troles.
  - Según CAT (2012), Los scooptrams se utilizan para
    - Cargar una cantidad grande de material
    - Transportar el material a un área específica.
    - Descargar la carga en un área específica o en un camión.

**Figura N° 1 Equipo Scooptram 4yd<sup>3</sup>**



**Fuente: CAT(2012)**



### 2.2.2.- Acarreo

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

El objetivo del carguío y transporte es retirar el material tronado de la frente y transportarlo adecuadamente a su lugar de destino, lo cual se puede resumir en la siguiente secuencia:

- Preparación de la zona de trabajo.
- Posicionamiento de equipos.
- Retirar el material volado desde la frente de trabajo (carguío).
- Traspaso del material al equipo de transporte dispuesto para el traslado.
- Transporte del material a su lugar de destino (planta, acopio, botaderos, etc.).
- Descarga del material.
- Retorno del equipo de transporte al punto de carguío (si es que se requiere su retorno).

La secuencia se cumple hasta que haya sido retirado el material requerido del frente. Este proceso productivo es el más influyente en los costos de operación (45% al 65% del costo mina), por lo que es de gran importancia garantizar un ambiente de operación apto para lograr los mejores rendimientos de los equipos involucrados, tanto en la parte física (material, equipos,

mantención, disponibilidad e insumos, etc.), como en la parte humana (operadores, mantenedores y jefes de turno, etc.).

### **2.2.3.- Transporte de Mineral**

El transporte de mineral en operaciones subterráneas se puede dar en varios sistemas, mayormente caracterizados por un transporte con rieles y sin rieles, para el caso Trackless mayormente son equipos diésel mediante Dumpers o Volquetes de Bajo Perfil, en otros casos el transporte se puede dar mediante fajas transportadoras donde se necesita un transporte de mineral continuo todo dependerá de la producción, hay que resalta que en la actualidad muchos proyectos están considerando el transporte de mineral por fajas dentro de tuneles por motivos de productividad.

### **2.2.4.- Sistemas de acarreo**

Según **Wagner (2010)**, en minería subterránea existen varios tipos de sistema de acarreo entre ellos tenemos:

#### **a) Sistema de Acarreo con Rieles**

Este sistema está constituido principalmente por trenes que consiste en la combinación de vagones de carga y motor que los jala más conocido como locomotora (mule), este sistema debe utilizar un método de carguío mediante palas neumáticas, carguío manual inclusive equipos miniscooptram, caracterizado por la minería convencional donde las secciones de labor no son grandes.

#### **b) Sistema de Acarreo sin Rieles (Trackless)**

Caracterizado por el acarreo mediante equipos diésel, equipos cautivos (eléctricos), donde predomina el uso de equipos de bajo perfil y donde no existe el acarreo con rieles, caracterizado por una sección de labor grande, donde el acarreo de material se da en grandes proporciones, mayormente se utilizan equipos LHD que por sus siglas en inglés Load Haul and Dump quiere decir que son carguío, transporte y descarga, los equipos principales son Scooptram y equipos bajos perfil Dumpers.

### **2.2.5.- Tipos de mantenimiento**

Según **Atlascoppco (2015)**, se realizan los siguientes tipos de mantenimiento:

1. Mantenimiento preventivo
2. Mantenimiento correctivo
3. Mantenimiento modificativo

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Este mantenimiento disminuye las fallas fortuitas que causan situaciones de emergencias y así permite un mayor tiempo de operación forma continua. Se aplica por etapas, pero aún cuando se aplique con la mayor sofisticación y cuidado no se logra eliminar todas las fallas fortuitas produciéndose siempre una cantidad de ellas que se consideran residuales y se producen en forma aleatoria.

La primera etapa es el denominado Mantenimiento Preventivo Directo o simplemente Mantenimiento Preventivo, y la segunda es el Mantenimiento sistemático.

### **Mantenimiento preventivo directo**

Para el mantenimiento preventivo directo se requiere conocer con detalle las características, funcionamiento de la máquina, y sus fallas:

- Fallas por degradación, o pérdida de eficiencia.
- Fallas catalépticas o catastróficas.

Estas se deben pronosticar para un periodo de tiempo en que la máquina funcionará sin fallas y programar una parada de mantenimiento cuando se alcanza el rendimiento mínimo aceptable, inmediatamente antes de que se produzca la falla y así realizar las acciones de mantenimiento que restablezcan la eficiencia de la máquina.

Para prever que durante el tiempo previsto para operar sin fallas se presente una falla imprevista se realiza un programa de visitas de inspección para identificar las posibles causas que podrían provocar esta falla y así evitarla.

### **Mantenimiento Sistemático**

Se define, según la Norma AFNOR X 60-10 como el mantenimiento efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo de operación o el número de unidades fabricadas, con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos.

Se considera la segunda etapa del mantenimiento preventivo porque para su aplicación requiere de amplios conocimientos de la fiabilidad de las instalaciones, máquinas o equipos, y requiere de datos históricos del comportamiento de los materiales y las fallas de cada equipo de un periodo de tiempo lo suficientemente prolongado como para realizar estudios estadísticos y

determinar los tiempos óptimos de intervención antes que se produzca una nueva falla. Todos estos conocimientos se adquieren en la primera etapa del mantenimiento preventivo.

El mantenimiento sistemático requiere una correcta metodología para determinar el periodo de intervención antes que se produzca la falla porque si la intervención se retrasa y se produce la falla entonces el mantenimiento sistemático deja ser eficaz y en la práctica se convierte en mantenimiento correctivo con la pérdida de las ventajas y aumento de costos correspondientes.

## **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

El mantenimiento correctivo, denominado también mantenimiento accidental o de operación hasta la falla, consiste en reparar las averías a medida que se producen con la intervención necesaria para reparar el defecto o la falla ocurrida.

El principal inconveniente de este tipo de mantenimiento, es que el operador detecta la avería cuando se necesita que el equipo funcione, ya sea al ponerlo en marcha o durante su utilización causando pérdidas por la paralización de la producción.

Sus características generales son:

- Requiere de un área de mantenimiento con bajo nivel de organización
- Los encargados de informar de las averías producidas son los operadores y los encargados de realizar las reparaciones son el personal de mantenimiento. Es una intervención rápida, inmediatamente después de ocurrida la avería.
- Causa una discontinuidad en los flujos de producción y logísticos.

- Incrementa los costos de mantenimiento porque a los costos de reparación se suman los costos de la producción no efectuada.

### **2.2.6.- Costos de Operación**

Para el caso de equipos scooptram4yd<sup>3</sup> es necesario la consideración de ciertos costos que van a ser determinantes al momento de las evaluaciones para lo cual se requiere determinar lo siguiente:

Para los scooptrams4yd<sup>3</sup> existentes en la flota:

- El costo de operación y mantenimiento real.
- El valor de tasación o valor comercial de los equipos.
- El valor residual
- El costo de reparación general o parcial de los scooptrams4yd<sup>3</sup>
- El costo de repotenciación.

Para las los scooptrams4yd<sup>3</sup> de reemplazo:

- El costo de inversión
- El costo de operación y mantenimiento previsto
- El valor residual.

El método consiste en comparar los índices de rentabilidad o relación Costo/Beneficio de los equipos considerando los costos anuales totales, incluyendo los costos financieros derivados de las inversiones que se realizan en las reparaciones integrales o las adquisiciones de los nuevos equipos.

El método, aplicado a un scooptram4yd<sup>3</sup>, consiste en determinar su costo anual uniforme equivalente y dividirlo entre los beneficios anuales que produce, para obtener una relación Costo/Beneficio anual del scooptram. Los scooptrams4yd<sup>3</sup> evaluados deben operar en las mismas condiciones, requisitos que cumplen según los estudios de tiempos realizados para scooptrams de 4 yd<sup>3</sup> de capacidad de diferentes marcas y modelos. El costo de operación óptimo de cada capacidad lo tiene la marca y modelo que tenga la menor relación Costo/Beneficio uniforme equivalente. El costo óptimo de la flota se obtiene seleccionando los scooptrams de marca y modelo y de menor costo equivalente.

El costo uniforme equivalente se obtiene con el siguiente procedimiento:

- Se fija un período de evaluación de n años.
- Se obtiene el flujo de caja para cada año del período.
- El costo de inversión, en adquisición de nuevos equipos o repotenciación se efectúan en el año cero.
- En el costo anual se considera el costo de operación y mantenimiento anual  $C_{ma}(n)$  del año n
- En los ingresos solo se considera el valor residual  $V_r(n)$  que corresponde al año n que se recupera en el año n del periodo de evaluación.

El costo operativo  $C_o(n)$  en el año n resulta:

$$C_o(n) = C_{ma}(n) - V_r(n)$$

Considerando que entre 0 y (n-1):

$$V_r(n) = 0 \quad (6.2)$$

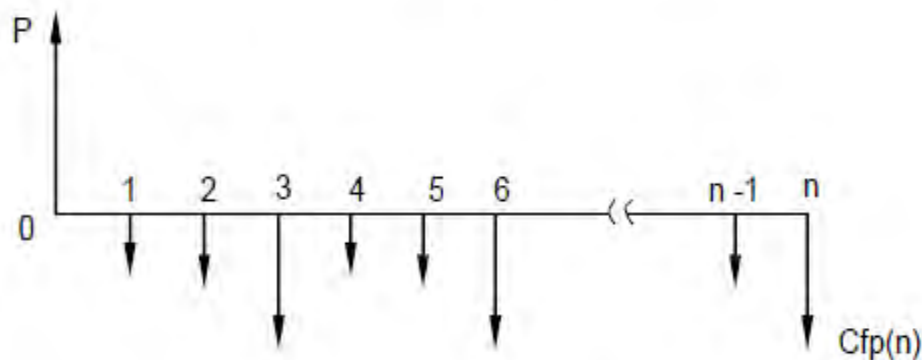
El costo  $C_f(n)$  es el pago por retorno de la inversión más los intereses  $fc(n)$ , a una tasa de interés anual  $i$ . El costo total anual del año  $n$  es entonces:

$$C_f(n) = Co(n) + fc(n) \quad (6.3)$$

Se obtiene el valor presente total de los costos anuales  $CT_f$  como la sumatoria del valor presente de  $C_{fp}(n)$  de cada año que se obtiene con el factor de Valor Presente Pago Único (  $P/F$ ,  $i$ ,  $n$ ) del año correspondiente. Para el equipo  $N$  resulta:

**Figura N° 2 Diagrama de Flujo típico**

$$CT_f(N) = \sum_1^n (P/F, i, n) C_{fp}(n)$$

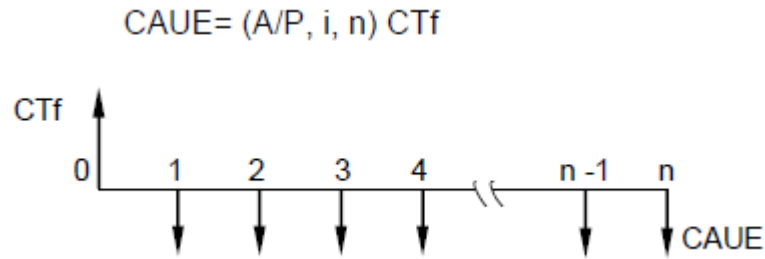


**Fuente: HASEM (2007)**

El Costo anual uniforme equivalente correspondiente a un scooptram, CAUE se obtiene con el Factor de Recuperación de Capital ( $A/P$ ,  $i$ ,  $n$ )



**Figura N° 3 Diagrama de Flujo CAUE**



**Fuente: HASEM (2007)**

Finalmente la relación Costo/Beneficio uniforme equivalente,  $(C/B)_{ue}$  considerando los beneficios anuales, BA; en toneladas/año de cada equipo en

evaluación es:

$$(C/B)_{ue} = CAUE/BA$$

Se selecciona al equipo que tenga la menor relación  $(C/B)_{ue}$ , US\$/t. Para determinar el ahorro anual  $AhaN$  por reemplazar un equipo N de la flota tenga una relación  $(C/B)_{ueF}$  por uno nuevo de reemplazo de relación  $(C/B)_{ueR}$  que obtenga como beneficio movilizar  $Bn$  Ton/año

$$Ahan = Bn( (C/B)_{ueF} - (C/B)_{ueR} )$$

### **2.3.-Marco Conceptual**

**a) Acarreo** La palabra acarreo se compone de la letra “a” más carro, del latín “carrus” vehículo de transporte, por lo cuál el acarreo es la acción de trasladar por carro o de otro modo, incluso inmaterial, una cosa (material o inmaterial) del sitio en que estaba a otro

**b) Rendimiento**

Rendimiento y rentabilidad son conceptos que tienen el mismo significado. Con la única diferencia de que rentabilidad es un término exclusivamente económico y rendimiento un concepto mucho más amplio.

**c) Producción**

La producción es cualquier actividad que aprovecha los recursos y las materias primas para poder elaborar o fabricar bienes y servicios, que serán utilizados para satisfacer una necesidad. También se podría decir que la producción es una actividad dirigida a la satisfacción de las necesidades humanas, a través del procesamiento de las materias primas, hasta generar productos o mercancías, que serán intercambiadas dentro del mercado.

**d) Fragmentación**

Se denomina **fragmentación** al **acto y el resultado de fragmentar**: hacer que algo se divida en **fragmentos** (partes, trozos). De acuerdo al contexto, la noción tiene diferentes usos.

**e) Confiabilidad**

La Confiabilidad es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un período determinado, bajo condiciones específicas, por lo que puede variar entre 0 (que indica la certeza de falla) y 1 (que indica la certeza de buen desempeño). La probabilidad de falla está necesariamente unida a la fiabilidad. El análisis de fallas suministra otra medida del desempeño de los sistemas, con el Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF) definido como.

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de paradas correctivas}}$$

**f) Disponibilidad**

La disponibilidad es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado. La disponibilidad depende de:

- La frecuencia de las fallas.
- El tiempo que nos demande reanudar el servicio.

Si se consideran HL horas laborables de la empresa, PP horas de paradas programadas para mantenimientos preventivos, incluyendo las reparaciones programadas u overhauls y PR horas de paradas por reparaciones o mantenimientos no programados, la Disponibilidad A resulta:

$$A = 100 \left( \frac{HL - PP - PR}{HL} \right)$$

No se incluyen las horas de paradas causadas por huelgas, o suspensión de la producción por caída de la demanda. Se considera que la disponibilidad debe ser mayor a 85%.

## CAPÍTULO III

### AMBITO DE ESTUDIO

#### 3.1.- Ubicación Geográfica

La Unidad Minera Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S.A. se encuentra ubicada en la confluencia de los ríos Parcoy y Llacuabamba en el Anexo de Retamas, Distrito de Parcoy, Provincia de Pataz en el Departamento de La Libertad, sus coordenadas son las siguientes:

**Cuadro N° 2 Coordenadas UTM y Geográficas**

Coordenadas UTM	Cota	Coordenadas Geográfica
E225023.60	2750 m.s.n.m.	77°29'41'' Longitud Oeste
N9110903.5	2750 m.s.n.m.	08° 02'09'' Latitud sur

**Fuente: C.M.H. (2019)**

Sus accesos son por vía terrestre por medio de las carreteras:

Trujillo-Huamachuco-Chagual-Retamas, 368km.

Trujillo-Chao-Tanguche-Sihuas-Tayabamba-Retamas, 433km.

Acceso por vía aérea son:

Lima-Pías 1:15 horas de vuelo

Trujillo-Pías 0:30 horas de vuelo,

mediante avionetas al aeródromo de Pías, que se encuentra cercano al campamento de Retamas.

## **3.2.- Características Geológicas**

### **3.2.1.- Geología Regional**

El yacimiento se encuentra en el flanco occidental de la Cordillera Central, en la unidad de valles interandinos, se observan valles agudos y quebradas profundas que se han formado por la erosión glaciaria y fluvial, las que están en procesos de estabilización. El drenaje principal está conformado por el río Parcoy, que drena hacia el Noreste, pasando por la Laguna Pías, para luego desembocar al río Marañón, el que finalmente llega al río Amazonas.

Regionalmente está dominada por tres franjas:

- El basamento Pre cambriano del Complejo Marañón al Este.
- El Batolito de Patate del Carbonífero.
- Los estratos deformados del Pérmico - Cenozoico al Oeste.

El complejo basal de Marañón consiste de meta sedimentos pizarrosos a esquistosos y rocas meta volcánicas y exhibe plegamiento complejo y formación de clivajes. Los estratos del Pérmico al Cenozoico están plegados en pliegues parados hasta volcados convergiendo hacia el oeste cerca del contacto con el batolito, pero más al oeste son homoclinales.

La Geología de la zona está vinculada a la evolución estratigráfica y estructural de la cordillera Andina del Norte del Perú, la cual está formada por la superposición de tres ciclos orogénicos:

a) El Precámbrico. Corresponde a las rocas del Complejo Marañón y está formado por filitas, mica esquistos y meta volcánicos.

b) El Hercínico Está formado por las pizarras de la Formación Contaya. El plegamiento Eohercínico sucede en un periodo de distensión con la formación de una cuenca intramontañosa que es rellenada por rocas del Grupo Ambo, en el Permiano superior tenemos una acumulación volcánica andesítica conocida como Volcánico Lavasen, que tiene una amplia distribución en las partes altas de Parcoy principalmente al Este, margen derecha del río Parcoy. Una fase Epirogenética genera una emersión y la acumulación de las rocas ferruginosas del Grupo Mitu

c) El Andino. Es más notoria en la Cordillera Occidental, comienza con las calizas del Grupo Pucará, cubiertas posteriormente por areniscas del Grupo Goyllarisquizga, calizas de la Formación Crisnejas y por las capas rojas de la Formación Chota. Finalmente se encuentran depósitos aluviales, coluviales y fluviales del Cuaternario Reciente.

Durante el carbonífero las rocas de la zona hasta ese entonces depositadas, fueron afectadas por una gran intrusión magmática de composición calcoalcalina, denominada “Batolito de Pataz”. Posteriormente en el Paleógeno se produjeron emplazamientos intrusivos menores de composición diorítica a cuarzo monzonítica. La composición litológica del Batolito es ácida a intermedia, caracterizado por granodiorita, diorita y cuarzo-monzonita. Diques aplíticos, y andesíticos posteriores afectan al Batolito y en algunos casos cortan algunas vetas. La textura de las rocas plutónicas es variable, son comunes tonalitas y granodioritas con zonación a bordes dioríticos, así como pulsaciones más jóvenes de cuarzo-monzonita. En los bordes y cúpulas se observan microdiorita.

### **3.2.2.- Geología Local**

Las unidades rocosas identificadas se presentan desde el Precámbrico, seguido de unidades paleozoicas y sobreyacen rocas del Mesozoico y Cenozoico. La distribución general de

las rocas clásticas se presenta en una franja en el sector occidental de la mina el cual está limitada por la falla regional Parcoy Yuracyacu; los intrusivos del batolito de Pataz se emplazan en la zona central y los volcánicos Lavasen en la zona oriental, a continuación se describen las unidades geológicas en la zona de influencia de la mina Parcoy

### **3.2.3.- Geología Estructural**

El Distrito minero ha sido afectado por los diferentes eventos tectónicos acaecidos en los últimos 300 M.a. dando como resultado una complejidad estructural muy marcada. No presenta fuerte foliación, por lo que se supone que la corteza superior en una zona extensional. Dicha zona extensional se habría reactivado subsecuentemente como consecuencia de un sistema de fallas inversas oblicuas durante la mineralización. Las fallas producto de los eventos tectónicos Regionales, deben haber tenido un efecto en la distribución de zonas mineralizadas en el distrito de Parcoy, que incluyen fallamiento y plegamiento pre-mineral, sin-mineral y postmineral.

COMPLEJO DEL MARAÑÓN Constituye el basamento rocoso del yacimiento, está formada por un complejo de rocas metamórficas pertenecientes al precambriano y una parte de Cambriano. Está compuesta de 3 unidades, la unidad inferior consiste en mica esquistos sobre el cual se emplaza una secuencia de meta-andesita verdosa con intercalaciones esquistosas y finalmente una unidad de filitas negras. Afloran en la parte alta de Culebrillas, parte alta de la quebrada Castilla.

GRUPO MITU Es una secuencia de rocas Paleozoicas constituido de areniscas y conglomerados de color rojo oscuro, aflora en las nacientes de la Quebrada. Lúcumá, en discordancia angular sobre las rocas metamórficas del “Complejo Marañón”. El conglomerado basal del grupo, se compone de elementos subredondeados de caliza de la Formación

Copacabana, arenisca parda, andesita y roca metamórfica en una matriz de arenisca. La edad de esta unidad es del Paleozoico superior. GRUPO PUCARÁ Rodea la laguna de Pías y la margen izquierda del río Parcoy en su confluencia, también en las cimas de montañas al oeste de Retamas-Parcoy. Yace directamente encima del Grupo Mitu en discordancia paralela, consiste en la parte inferior del grupo por caliza gris clara, en bancos gruesos, en parte silicificada y con abundantes nódulos de sílice blanco, en la parte superior por caliza gris negra, bituminosa, bien estratificada en capas delgadas y pequeños lentes de sílice negro.

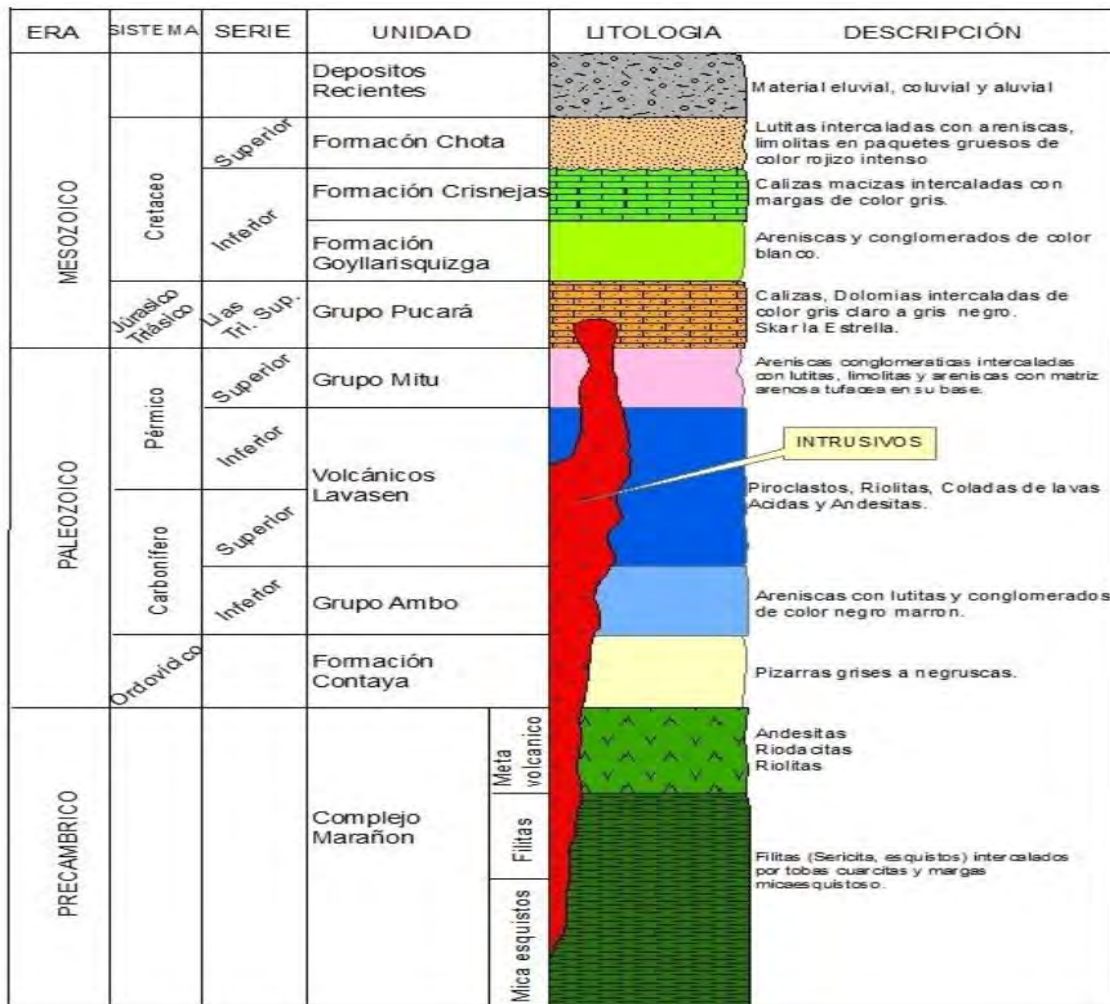
FORMACIÓN CHOTA Aflora en el sector occidental de la mina Parcoy, consiste de capas rojas conformadas por areniscas, arcilitas y conglomerados de color rojo a marrón, amarillento, se encuentra en contacto con el batolito de Pataz mediante una falla regional y es el límite de la mineralización de CMH. La formación Chota representa la base de la sedimentación, a un grosor que alcanza hasta unos 500m. ROCAS INTRUSIVAS BATOLITO DE PATAZ El Batolito de Pataz de edad Paleozoica (carbonífero) corta al Complejo del Marañón, a rocas paleozoicas y a la secuencia volcánicas Lavasen; la franja Granodiorítica del batolito muestra una configuración alargada y lenticular, existe una marcada tendencia a un alargamiento paralelo al eje regional de la dirección de los andes (NO- SE). Teniendo una extensión aproximada de 150Km<sup>2</sup> y en el área de la mina varía de 2.5 a 5.0 Km. De ancho. Está dentro del Complejo Marañón, limitada en general por fallas regionales que pone en contacto hacia el Oeste con la secuencia sedimentaria Jurásico-cretácica y al Este en contacto con rocas metamórficas del Complejo Marañón y Volcánicos Lavasén. GRANODIORITA Constituye el mayor componente litológico del batolito de Pataz, de textura holocristalina de grano medio, color gris claro que no muestran cambios o contactos marcados. En las granodioritas y variantes monzograníticas se



observa enclaves de microdioritas. El contenido es: Cuarzo 40%. Plagioclasas 35%. Horblenda 15%. Ortosa < 10%. 51

ANDESÍTICOS En las labores subterráneas se han observado diques andesíticos asociados a vetas principales de Lourdes-Milagros, ocasionalmente diques de aplita y pequeños cuerpos intrusivos asociados a las etapas tardías de las intrusiones del Batolito Pataz.

**Figura N° 4 Columna estratigráfica Mina Balcon – U.M.H.**



Fuente: U.M.H.

### **3.2.4.- Geología Económica**

Se trata de un yacimiento tipo relleno de fisuras cuyos afloramientos algunas veces se dan como afloramientos ciegos, las principales vetas de Parcoy están en el cuerpo Granodiorítico. Las vetas están oxidadas hasta unos 20 a 30 m de profundidad y el enriquecimiento secundario carece de la significación que alcanza por las leyes observadas en las secciones longitudinales. La composición del relleno mineral es bastante homogénea tanto en el sentido horizontal como en el vertical.

Por sus características de temperatura intermedia baja que nos indica su formación en condiciones de Presión, Temperatura moderada y profundidad. La mineralización consiste en vetas hidrotermales, rellenas de cuarzo, pirita y en menor proporción arsenopirita. Las estructuras se encuentran afectadas por fallas diagonales de alto ángulo, generando el modelo “Rosario” con adelgazamiento y ensanchamiento cuyo rango abarca de 0.5 m a 10 m, existen pequeñas fallas que se concentran como falsas cajas, donde se concentran los valores auríferos en la pirita masiva y de grano muy fino, también hay fallas transversales de corto desplazamiento. El contenido de oro varía según se presente libre o asociado a la pirita masiva y de grano fino, la pirita cristalizada de grano grueso generalmente es de baja ley.

La mineralogía de las Vetas de Consorcio Minero Horizonte S.A. se emplazó en los granitos, granodioritas, tonalitas y microtonalitas del Batolito de Pataz, al que se considera responsable de esta mineralización. Las soluciones mineralizantes circularon a través de las fracturas preexistentes y se depositaron a lo largo de estas; la reacción con las rocas encajonantes provocó alteraciones hidrotermales causadas por los cambios físicos y químicos que imperaron en el ambiente.

El Contenido de mineral en las vetas de Retamas es relativamente simple; Cuarzo con Pirita acompañado con pequeñas cantidades Galena y otros sulfuros. De estudios mineralógicos realizados anteriormente se tiene los siguientes resultados:

Minerales Nativos: Oro (Au)

Minerales Sulfuros: Pirita, Arsenopirita, Pirrotita, Esfalerita, Calcopirita, Galena, Bornita y Covelita.

Minerales Óxidos: Limonita

Minerales no Metálicos: Cuarzo, Calcita y Cerusita.

Por su valor, se considera rangos para la clasificación, siendo estas:

1. Mineral Económico:  $\geq 10$  g/TM de Au
2. Mineral Marginal: 10 – 8 g/TM de Au
3. Mineral Sub. Marginal: 8 – 5 g/TM de Au

### Cuadro N° 3 Resumen de reservas

Reservas	TM	onzas	Gr/TM
Probadas y Probables	2612000	843230.87	10.04
Inferidos	2940000	791247.59	8.37
Suma	5552000	1634478.46	

**Fuente: C.M.H. (2019)**

La vida de la mina está determinada por la siguiente formula:

$$n = \frac{R}{Q} = \frac{843230.87 \text{ TM}}{150 \text{ TMD}} = 5621.5 = 15.4 \text{ aproximadamente 15 años}$$

Donde:

n= Vida de la mina

R=Reservas Finales

Q=Producción por día

### **3.3.- Operación Mina**

#### **3.3.1.- Capacidad Producción**

La planta procesa diariamente 2000TM/D (capacidad instalada de 2200 toneladas métricas por día) de mineral aurífero, con una 10.4 gr Au./tm. Para beneficiar el mineral, primero se realiza un proceso de reducción de tamaño (chancado y molienda), luego el mineral molido pasa por los procesos de gravimetría y flotación, obteniendo un concentrado rico en oro. Este concentrado es procesado por el método de cianuración tanto en molinos de remolienda como en los tanques agitadores. El oro disuelto en solución de cianuro se recupera en el proceso de Merrill Crowe en mayor proporción y una pequeña proporción se recupera en el proceso de Carbón en Pulpa. El producto final es el concentrado de oro del Merrill Crowe y oro en carbón activado. El flujo de procesos en planta comprende:

- a) Recepción del mineral
- b) Chancado
- c) Molienda y clasificación
- d) Concentración

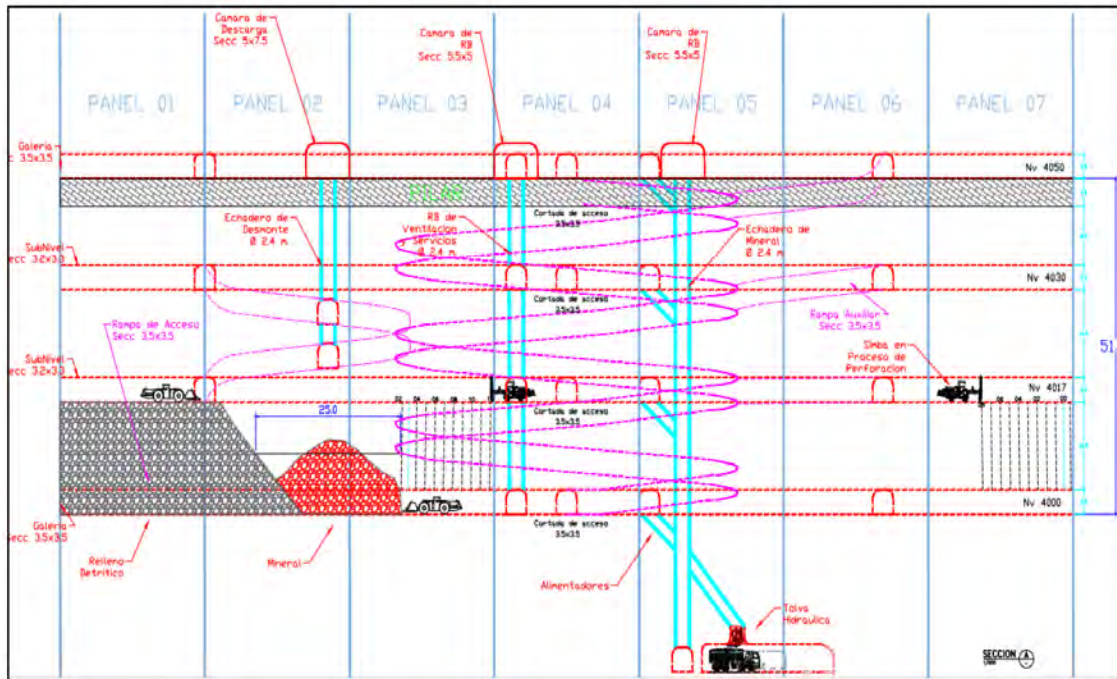
#### **3.3.2.- Método Explotación**

##### **MINADO EN CORTE Y RELLENO MECANIZADO**

Este método se aplica donde las vetas tienen un buzamiento de 65° y 75° y minado a potencia completa (3m – 10 m). La preparación se inicia con una rampa en espiral y/o en zig zag al piso de la estructura. A partir de la rampa espiral se desarrollan rampas basculantes (gradiente -15%) o cruceros hacia la estructura. Una vez cortada la estructura se desarrollan galerías norte y

sur con longitudes de 35 m y 50 m en promedio (límite del tajo). Para el cambio de piso se rellena la galería y se desquinja la rampa basculante de acceso (rebatido). A continuación se detalla un resumen de este minado:

**Figura N° 5 Método de Minado Corte y Relleno Mecanizado**

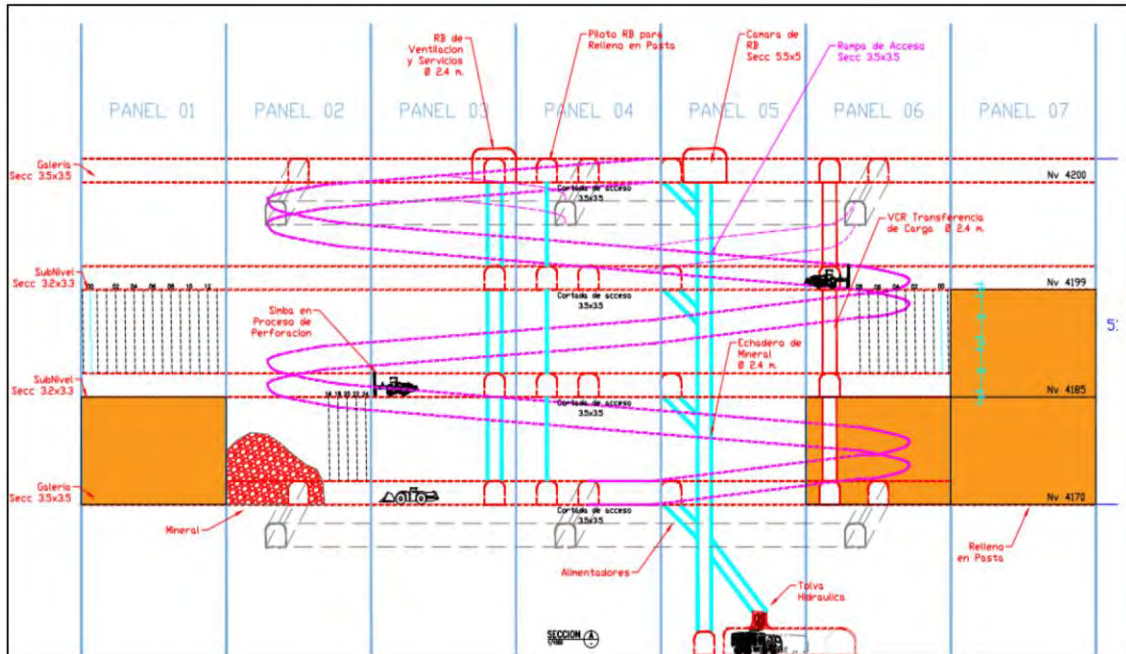


**Fuente: C.M.H. (2019)**

### **SUBLEVEL STOPING**

Corresponde a la operación de un sublevel stoping con la operación de un banco. Se utiliza en vetas con potencias mayores y que presentan problemas de estabilidad. Las cámaras son rellenas con relleno en pasta (paste fill). Las características, de separación de niveles, la longitud y diámetro de perforación, como el diseño de cara libre, son similares al caso de operación con múltiples subniveles.

**Figura N° 6 Metodo de Minado SubLevel Stopping**



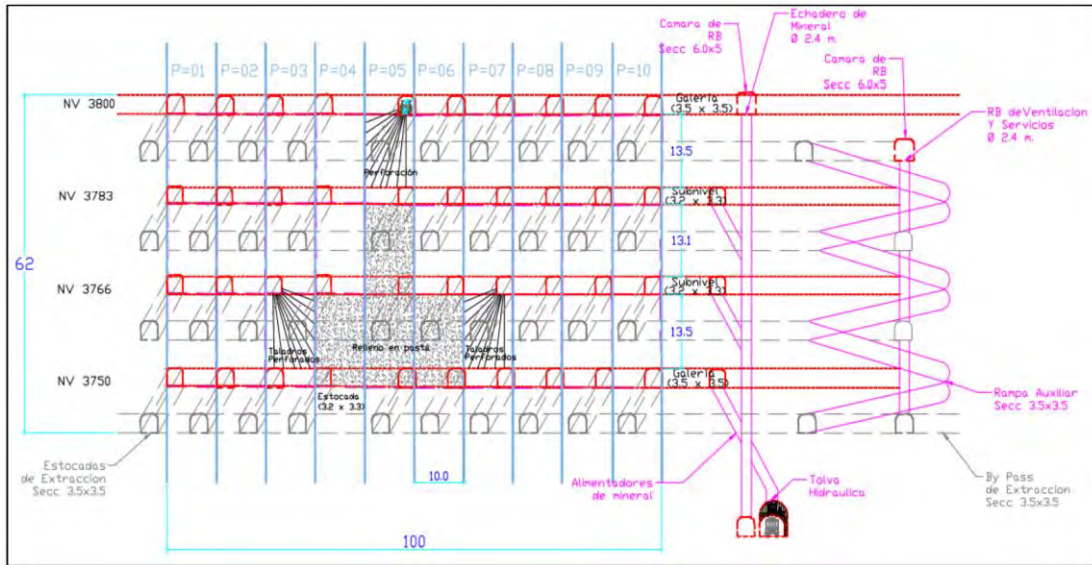
**Fuente: C.M.H. (2019)**

Se utiliza en aquellas vetas con potencias superiores a 12 metros, con disposición de las cámaras de explotación en forma transversal a la corrida de la veta. La secuencia de explotación es similar al método Bench and Fill, primero se explotan y rellenan las cámaras o tajos primarios, para luego recuperar en forma secuencial los tajos adyacentes, expandiéndose siempre hacia un lado con roca in situ.

- Se utiliza relleno en pasta.
- Las características de separación de niveles, la longitud y diámetro de perforación, como el diseño de cara libre, son similares a los casos anteriores



**Figura N° 7 Metodo Bench and Fill**

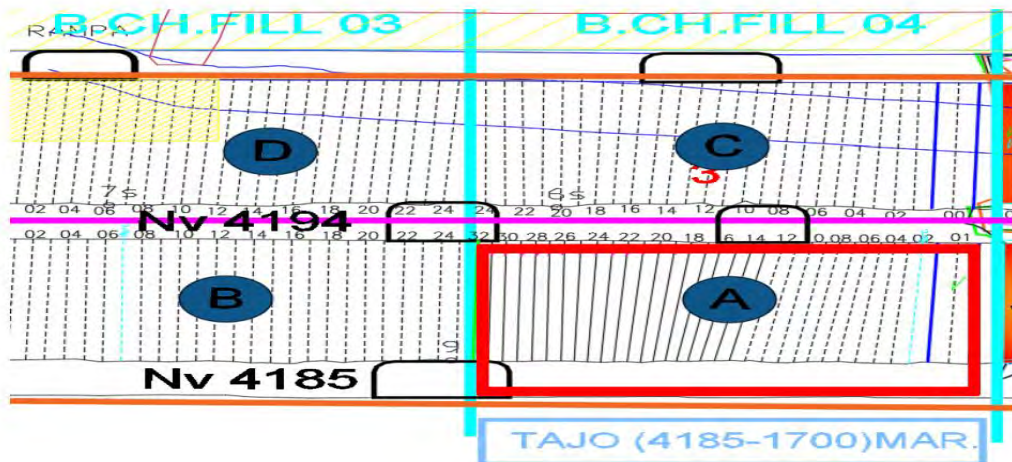


**Fuente: C.M.H. (2019)**

**DISEÑO DEL TAJO**

El diseño generalmente este dado por 50 paneles que son de 25 x 13 x 6 metros dependiendo de la veta si es angosta, el ingreso esta dado por los diferentes niveles que se unen mediante rampas para luego ingresar por By Pass hasta el cuerpo mineralizado.

**Figura N° 8 Diseño de Tajeo en Mina Balcon – U.M.H.**



**Fuente: C.M.H. (2019)**

**Cuadro N° 4 Resumen Método de Minado**

Etapa	Descripcion
Explotacion	Potencia Completa o plena
Perforacion	Breasting (Jumbo 3-3.6m)
Produccion por disparo	120 TM - 450TM
Limpieza	Scoop 4 yd <sup>3</sup>
Acceso	Rampa Basculante
Sostenimiento	Shotcrete via humeda
Relleno	Detritico e hidraulico

**Fuente: área Planeamiento C.M.H. (2019)**

### 3.3.3.- Equipos y Maquinaria Utilizada

Los equipos utilizados en la mina son del tipo L.H.D., caracterizados por ser una operación de tipo trackless cuenta con equipos como Perforadoras Jumbo, Scooptrams y Dumpers, además para el shotcrete, se utiliza los mixers y robot shot (disparadores de cemento robotizados), todos los equipos utilizados en Mina Parcoy pertenecen a la unidad Minera y se detallan a continuación:

**Cuadro N° 5 Equipos Utilizados en la Unidad Minera**

tem	Equipo	Marca	Modelo / Codigo	Capacidad
1	Dumper	PAUS	PSWF10010	16 TM
2	Jumbo Empernador	RESEMIN	SMALL BOLTER	10FT
3	Jumbo Empernador	RESEMIN	SMALL BOLTER	10FT
4	Jumbo Frontonero	SANDVINK	DD210	12 FT
5	Jumbo Frontonero	SANDVINK	DD210	12 FT
6	Mixer 4m <sup>3</sup>	PUTZMEISTER	MIXCRET 4	4M <sup>3</sup>
7	Mixer 4m <sup>3</sup>	PUTZMEISTER	MIXCRET 4	4M <sup>3</sup>
8	Robot Shot	PUTZMEISTER	SPM 4210	



9	Scooptram 4yd <sup>3</sup>	SANDVINK	ST 4C / 0011	4YD <sup>3</sup>
10	Scooptram 4yd <sup>3</sup> (Repotenciado)	SANDVINK	ST 4C / 0098	4YD <sup>3</sup>
11	Scooptram 4yd <sup>3</sup> (Repotenciado)	SANDVINK	ST 4C / 0073	4YD <sup>3</sup>
12	Scooptram 4yd <sup>3</sup>	SANDVINK	ST 4C / 0022	4YD <sup>3</sup>
13	Volquete bajo perfil	VOLVO	FM14	15 TM

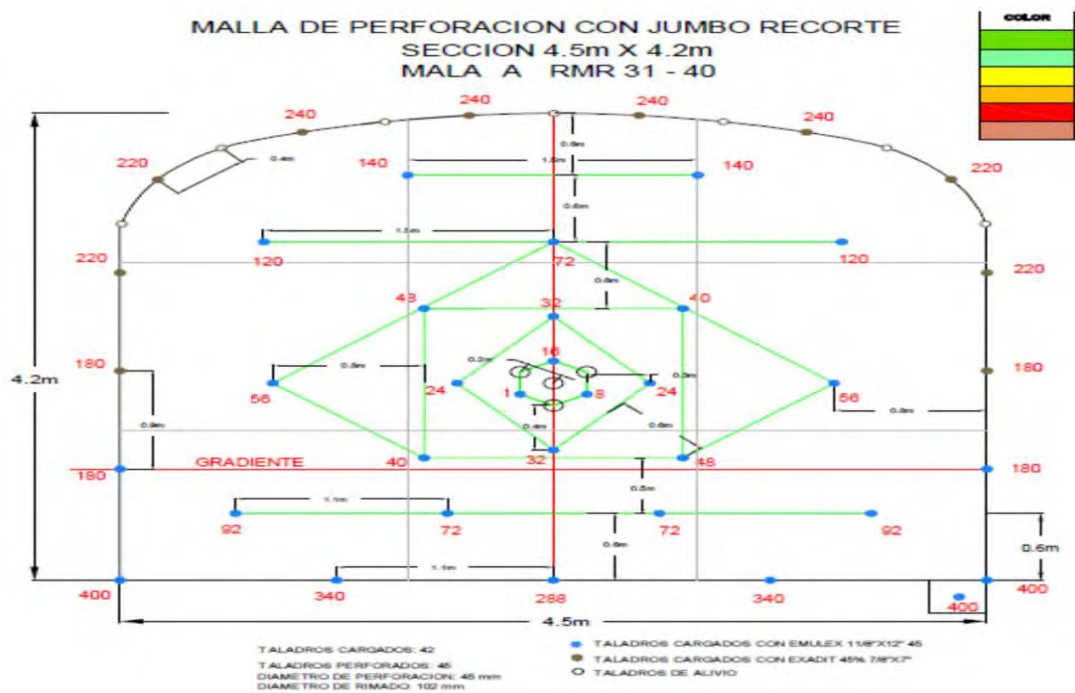
Fuente: área de Mantenimiento C.M.H. (2019)

### 3.3.4.- Ciclo de minado

#### Perforacion:

Para la perforación de tajos, rampas, cx, by pass, se utiliza jumbos en caso sean sección de gran dimensión, de no ser así se utiliza maquina chica (Jack leg). BARRENOS Jumbo: Barrenos de 10, 12 o 14 pies de longitud. Jack leg : Barrenos de 4, 6 y 8 pies de longitud. 70mm Diámetros Rimado : 102 mm Producción : 45mm

Figura N° 9 Malla de Perforación



Taladros	Cantidad	Carga
Alivios en Arranque	4	sin carga
Allivios en corona	7	sin carga
Arranque	3	Semexsa 1-1/8"*12"(45%)
Ayudas	4	Semexsa 1-1/8"*12"(45%)
Ayuda de Ayudas	4	Semexsa 1-1/8"*12"(45%)
Cuadradores	5	Semexsa 1-1/8"*12"(45%)
Ayuda de Cuadradores	8	Semexsa 1-1/8"*12"(45%)
Arrastre	5	Semexsa 1-1/8"*12"(45%)
Corona	10	Exsablock 1-1/8"*8"
Cuneta	1	Semexsa 1-1/8"*12"(45%)

**Fuente: C.M.H. (2019)**

## **INFORMACIÓN GENERAL DE PERFORACIÓN**

Equipo de perforación: jumbo quasar de un brazo.

- Número de perforadora: 1
- Labor:TJ 1995
- Peso específico de mineral: 2.8 TM/m<sup>3</sup>
- Longitud barreno: 12pies
- Diámetro taladro: 45mm
- Número de taladros/disparo: 37tal/disp.

### **Voladura:**

La voladura en labores de explotación se utilizan los explosivos semexsa 45%(1-1/8" \*12") y exsablock (1 -1/8" \* 8"). El carguío de los explosivos depende de cada elemento de la malla de perforación, se utilizan como accesorios de voladura:

- Detonador no eléctrico (exsanel 4.8m)
- Mecha de seguridad (carmex)
- Mecha rápida (ignitacord)
- Cordón detonante.

El número de cartuchos utilizados para el carguío es menor a comparación de labores de avance ya que el frente a disparar tiene dos caras libres.

La distribución de carga para el disparo es:

-Sección: 3.00m x 4.00m.

-Peso específico del mineral: 2.8TM/m<sup>3</sup>

-Número de taladros perforados: 37 taladro/disparo.

-Taladros cargados: 37taladro/disparo.

### **Explosivos:**

El explosivo semexsa 45% se emplea para realizar los cebos, seguidamente se realiza el carguío en el resto de la longitud del taladro con semexsa 45% y exsablock(1-1/8"\*8").

-Semexsa 45% (1- 1/8" \*12") : 107 cartuchos /disparo

-Exsablock (1 -1/8" \* 8") : 119 cartuchos /disparo

-Peso semexsa 1 1/8" \*12" (45%) : 0.205kg/cartucho

-Peso exsablock (1 1/8" \* 8"): 0.125kg/cartucho

En el siguiente cuadro se detalla la columna de carga de acuerdo a los taladros:

**Cuadro N° 6 Resumen Columna de Carga**

Descripcion	N° Taladros	Cartuchos / taladro		Cartuchos / taladro	
		Semexsa 1 -1/8" * 12" (45%)	Exsablock 1- 1/8" *8"	Semexsa 1 - 1/8" * 12" (45%)	Exsablock 1- 1/8" *8"
Produccion	14	4	3	56	42
Cuadradores	8	3	4	24	32
Corona	11	1	3	11	33
Arrastre	4	4	3	16	12
Total	37			107	119

**Fuente: C.M.H. (2019)**

### **Limpieza:**

Después de que se ha realizado la voladura, existe el material roto para ser extraído de las labores de Avance, Desarrollo, Producción y Auxiliares, la limpieza es una parte importante de este ciclo. Es por ello que para la limpieza 97 se emplean dos formas de limpieza según sea la necesidad, dependiendo si la explotación es convencional o mecanizada. Para el caso de tajos convencionales, donde se extrae el mineral en forma de corte y relleno convencional se emplean winches eléctricos de 15 y 25 HP. Los winches tienen una base estacionaria, desde donde con la ayuda de los cables y la rastra extraen el mineral desde un punto que se encuentra alcanzable al winche. Este arrastra la carga y la deposita a las parillas del chute, donde pasa a la tolva, para después ser transportado por vagones G80 y G180 jalados por locomotoras a trolley y a batería. Para el caso de potencias mayores a 2.0 m, la extracción es mecanizada empleándose scooptrams diesel de 2.5 Yd3 hasta de 6 Yd3, estos mismos acceden al tajo desde rampas desarrolladas en la caja piso de la veta, y donde la sección de la galería permita el paso o esté realizado para este tipo de equipo, para luego cargarlas y ser transportados por equipos de bajo perfil de hasta 18 TM.

### **Sostenimiento:**

El sostenimiento es una de las operaciones unitarias más importantes, ya que de ésta depende la seguridad de las personas y de los equipos que trabajan en las diferentes labores subterráneas. Consiste en brindar a la masa rocosa un soporte igual o superior a las presiones que esta ejerce sobre la labor aperturada, esto es debido a la tendencia constante de ordenamiento y acomodo de la masa rocosa con los movimientos suscitados a través del tiempo. En Consorcio Minero Horizonte se presentan en las estructuras diferentes tipos de roca razón por la cual se está utilizando diferentes tipos de sostenimiento. El sostenimiento se aplica de acuerdo al tipo de

roca, y para ello el Departamento de Geomecánica ha elaborado una cartilla para lograr una mejor identificación de la roca y en ella clasifica la roca desde la Muy Mala (tipo V) hasta la Muy Buena (tipo I) como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 7 Selección de sostenimiento en base a calidad de roca**

TIPO ROCA	CLASE	COLOR	R.M.R.	ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA	TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA EXCAVACIÓN
BUENA	II	VERDE	61-80	Roca dura con muy pocas fracturas y ligera alteración, húmeda en algunos casos.	Generalmente no requiere ningún tipo de sostenimiento, excepto algunos pernos.
REGULAR-A	III – A	VERDE CLARO	51-60	Roca medianamente dura, con regular cantidad de fracturas, ligeramente alterada, húmeda.	Pernos esporádico, espaciados a 1.50 m c/u.
REGULAR-B	III – B	AMARILLO	41-50	Roca medianamente dura, con regular cantidad de fracturas, y con presencia de algunas fallas menores, ligera a moderada alteración, húmedo – mojado.	Pernos sistemáticos 6' de longitud (cementados o con resina), espaciado cada 1.5 m, si el terreno lo requiere se puede utilizar malla electrosoldada, alternativamente una capa de shotcrete 1.5".
MALA-A	IV – A	ANARANJADO	31-40	Roca suave muy fracturada, con algunas fallas panizadas, de moderada a fuerte alteración, con goteos en fracturas y fallas.	Pernos sistemáticos 6' de longitud (cementados o con resina), espaciado de 1 a 1.5 m, con malla de refuerzo y una capa de shotcrete de 2" de espesor.
MALA-B	IV – B	ROJO	21-30	Roca suave muy fracturada, con múltiples fallas panizadas, fuertemente alterada, con goteo o flujo constante de agua.	Pernos sistemáticos de 6' a 8' de longitud (cementados o con resina), espaciados cada 1 m, con malla de refuerzo y una capa de 2" de shotcrete
MUY MALA	V	MARRÓN	0-20	Roca muy suave intensamente fracturada, fallada y alterada, con flujo continuo de agua.	Cimbras metálicas, espaciadas a 1 m con vigas reticuladas y marchavantes si es requerido.

**Fuente: C.M.H. (2019)**

**Ventilacion:** La ventilación en interior mina es forzada por ventiladores eléctricos principales de 180 000 y 150 000 cfm de capacidad instalados en chimeneas especiales (Chimeneas Alimak) de sección 2.5 x 2.5 m para la ventilación los cuales están ubicados en los extremos y parte central de las vetas Candelaria, Encanto, Rosa, Lourdes y Milagros, estos ventiladores en los extremos trabajan como extractores de aire contaminado. El aire limpio requerido para la operación ingresa a través de la bocamina por la rampa RNG, bocamina Balcón Nv. 2430 y por las chimeneas ubicadas en la parte central de las vetas. Para la ventilación auxiliar se usan ventiladores de 30 000 y 60 000 cfm como inyectores de aire limpio a labores ciegas.

**Relleno:** El relleno de los tajos se realiza con relleno hidráulico con relave clasificado de planta de beneficio. El relleno hidráulico es bombeado desde la planta de Toyo en superficie Bernabé y enviado hacia los tajos mediante tuberías HDPE de 4 pulgadas de diámetro instaladas por superficie y chimeneas en interior mina para su distribución a los tajos. Relleno detrítico proviene del desmonte producido por las labores de preparación y desarrollo.

## **CAPITULO IV**

### **REDUCCION DE COSTOS DE ACARREO DE SCOOPTRAM DE 4YD<sup>3</sup>**

#### **4.1.- Evaluación Vida Útil Equipos Scooptram 4YD<sup>3</sup> en mina**

Los equipos mecánicos tipo diesel, que trabajan en la mina están sometidos a condiciones muy particulares que no permite un desempeño total de dicho equipo lo que lleva a un rápido desgaste de partes del vehículo, además de estar sometido a condiciones no favorables, el requerimiento de los scooptram es casi todo el tiempo lo que aumenta el desgaste en algunas de sus partes debido a los diversos esfuerzos sometidos Es por ello que se tiene un desgaste rápido del equipo y el cambio de diversas partes es frecuente lo que aumenta el costo de las operaciones.

Es por eso que se ha realizado un análisis a los diversos mantenimientos que se le da a estos equipos scooptram en interior mina los costos asociados al mantenimiento en muchos casos no siempre llegan a ser favorables para la producción ya que los costos asociados al mantenimiento muchas veces pueden llegar a ser mayores a los costos de componentes nuevos

#### **4.1.1.- Análisis del Overhaul Equipos Scooptram 4YD<sup>3</sup>**

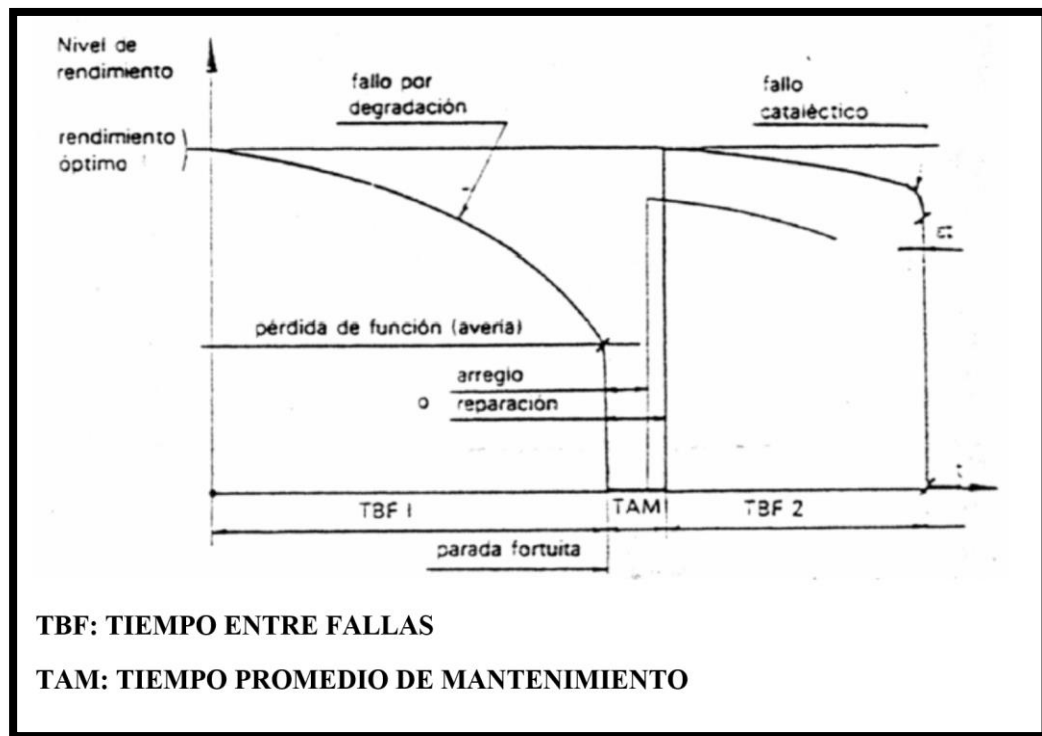
Los equipos Scooptram están sometidos a un overhaul de 1000 horas, así como se muestra en check list (Anexo N°1), se ha observado que existe una pérdida de presión en los cilindros, se cree que es debido al poco oxígeno que se encuentra en la mina, también se ha encontrado en los diferentes overhauls presencia de humos negros, lo que indica un desgaste tanto en las culatas como camisas, esto se debe a las condiciones en interior mina, es por ellos que se ha programado un programa de mantenimiento en sus tres etapas tanto Correctivo, Preventivo y Predictivo, así también se desea realizar un análisis de reemplazo de maquinaria y equipo.

### Mantenimiento Correctivo:

Es el mantenimiento que se da a medida que se producen las averías durante el trabajo del equipo, el problema es que el operador encuentra la avería perdiendo así tiempo de trabajo del equipo lo que genera pérdidas.

En esta situación el tiempo de operación sin fallas (TBF1), se interrumpe causando una falla fortuita, en esta situación se opta por un arreglo o reparación de emergencia, pero hay que considerar que una falla catastrófica podría ocurrir.

Figura N° 10 Curva Mantenimiento Correctivo



Fuente: IESA (2019)

Un arreglo es una intervención rápida con un tiempo de parada mínima  $T_{pm}$  que permite un funcionamiento rápido del equipo, pero sin alcanzar su nivel óptimo, como para salvar la emergencia. Funciona hasta que se produzca una nueva falla por degradación o catastrófica. Una reparación es una intervención que requiere de un tiempo de trabajo, mayor y también tiene un



mayor costo pero permite que el equipo recupere su rendimiento óptimo o un nivel muy cercano al óptimo.

### **Mantenimiento Preventivo:**

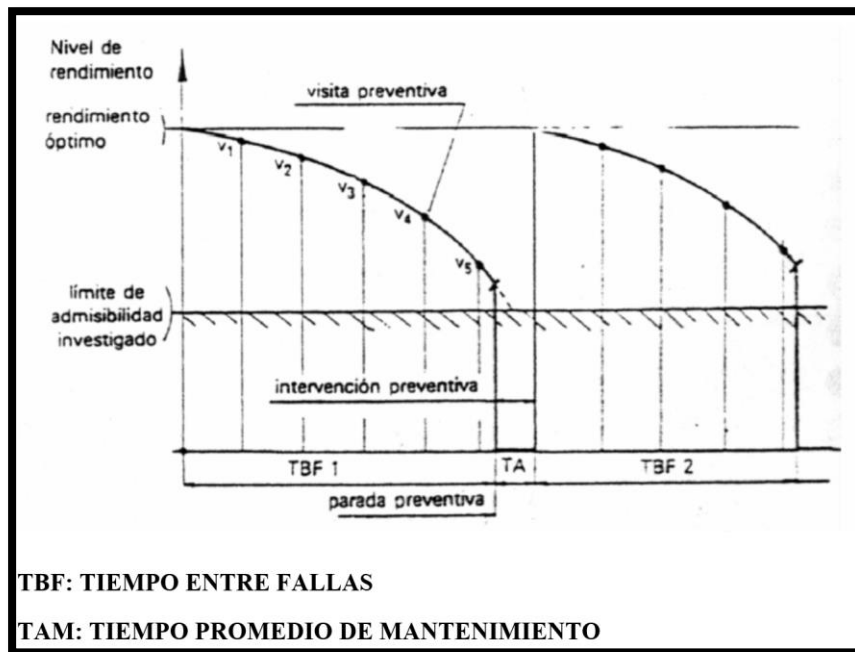
Es un sistema que permite detectar y corregir las posibles fallas antes que estas se produzcan y evitar su reparación después que éstas se han producido, lo que se puede sintetizar con la expresión:

Es un sistema que permite detectar y corregir las posibles fallas antes que estas se produzcan y evitar su reparación después que éstas se han producido, lo que se puede sintetizar con la expresión:

Para el mantenimiento preventivo directo se requiere conocer con detalle las características, funcionamiento de la máquina, y sus fallas: Fallas por degradación o pérdida de eficiencia, Fallas catalépticas o catastróficas. Estas se deben pronosticar para un periodo de tiempo en que la máquina funcionará sin fallas y programar una parada de mantenimiento cuando se alcanza el rendimiento mínimo aceptable, inmediatamente antes de que se produzca la falla y así realizar las acciones de mantenimiento que restablezcan la eficiencia de la máquina. Para prever que durante el tiempo previsto para operar sin fallas se presente una falla imprevista se realiza un programa de visitas de inspección para identificar las posibles causas que podrían provocar esta falla y así evitarla.

Las acciones de un programa de mantenimiento, que se representan en un gráfico de evolución de fallas en un esquema de mantenimiento preventivo, Fig. 6 son:

**Figura N° 11 Curva Mantenimiento Preventivo**



**Fuente: IESA (2019)**

Luego de la intervención de mantenimiento la máquina no llega a alcanzar su rendimiento óptimo original, logrando uno muy cercano a él y se repite un nuevo ciclo con un nuevo TBF generalmente es menor que el anterior. Al repetirse los ciclos se va reduciendo el rendimiento y aumentando las fallas hasta llegar a la obsolescencia.

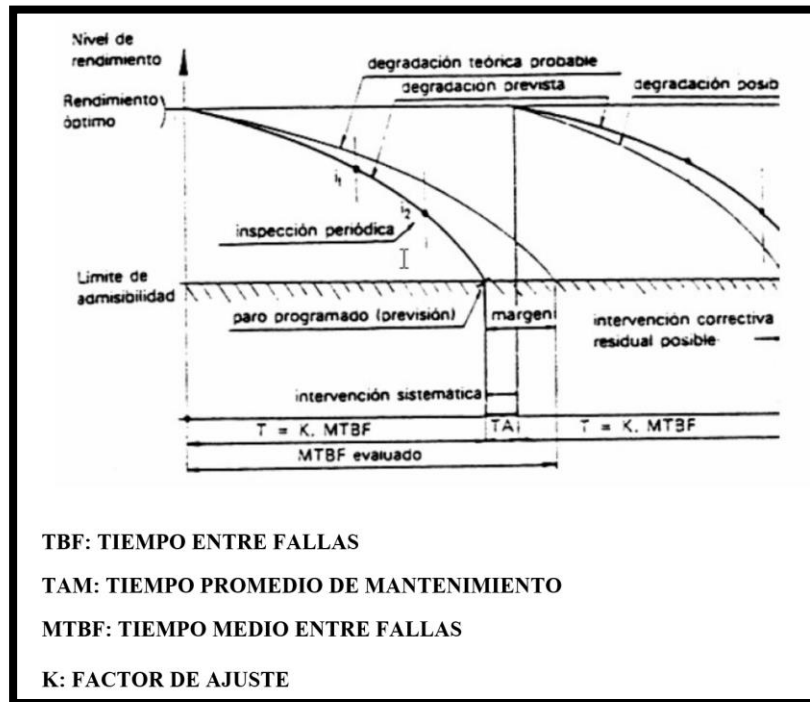
### **Mantenimiento Sistemático:**

Se define, según la Norma AFNOR X 60-10 como el mantenimiento efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo de operación o el número de unidades fabricadas, con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos

Se considera la segunda etapa del mantenimiento preventivo porque para su aplicación requiere de amplios conocimientos de la fiabilidad de las instalaciones, máquinas o equipos, y requiere de datos históricos del comportamiento de los materiales y las fallas de cada equipo de

un periodo de tiempo lo suficientemente prolongado como para realizar estudios estadísticos y determinar los tiempos óptimos de intervención antes que se produzca una nueva falla. Todos estos conocimientos se adquieren en la primera etapa del mantenimiento preventivo. La curva del mantenimiento sistemático tiene una ley de degradación prevista

**Figura N° 12 Curva Mantenimiento Sistemático**



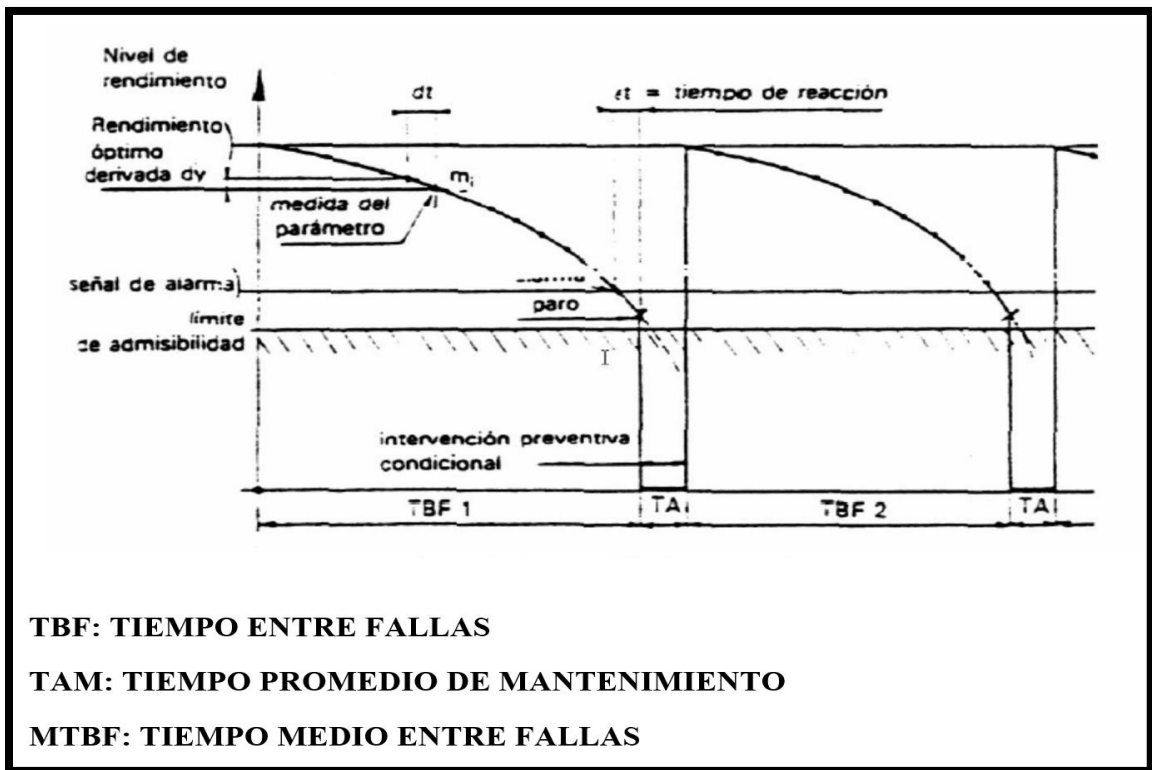
**Fuente: IESA (2019)**

El mantenimiento sistemático requiere una correcta metodología para determinar el periodo de intervención antes que se produzca la falla porque si la intervención se retrasa y se produce la falla entonces el mantenimiento sistemático deja de ser eficaz y en la práctica se convierte en mantenimiento correctivo con la pérdida de las ventajas y aumento de costos correspondientes.

**Mantenimiento Predictivo:**

El mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros de operación de la máquina y asociarlos a la evolución de fallos para determinar en qué periodo de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves. Una de las características más importantes de este de mantenimiento es que su aplicación no altera el funcionamiento normal del equipo o la planta. La inspección de los parámetros se realiza de forma periódica o continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de equipo o planta, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

**Figura N° 13 Curva Mantenimiento Predictivo**



Fuente: IESA (2019)

Las herramientas y los ensayos del mantenimiento predictivo más frecuentemente usados son:

- 1) Análisis de Aceite.
- 2) Termografía (análisis infrarrojo).
- 3) Análisis de vibración.
- 4) Monitoreo de motores eléctricos y análisis de las condiciones.
- 5) Alineado de precisión y dispositivos de balanceo.
- 6) Monitores de tonelaje.
- 7) Inspección mediante partículas magnéticas.
- 8) Inspección por ultrasonido.
- 9) Inspección Radiográfica.
- 10) Inspección mediante líquidos penetrantes.

#### **4.1.2.- Análisis vida útil por partes del Equipo Scooptram 4YD<sup>3</sup>**

##### **MOTOR**

El Motor Diesel modelo Deutz F10L413FW es un motor enfriado por aire de 231 HP de Potencia, y 81 O Nm de torque, es un motor de 1 O cilindros en y culatas individuales, dos bombas de aceite una de presión y otra de recuperación, un enfriador de aceite motor, un enfriador de aceite hidráulico y otro de transmisión, una bomba de inyección, diez inyectores y diez precalentadores uno por culata. El sistema de enfriamiento es forzado mediante un ventilador centrífugo que aspira el aire del exterior y siendo la cámara hermética el aire es forzado a salir entre las aletas de enfriamiento de cada cilindro.

Parámetros de trabajo de este motor son: 700 RPM en mínimo y 2300 RPM máximo, presión de aceite 25 a 85 PSI con motor caliente, temperatura de trabajo 150 a 180 °C.

La desventaja de este motor es la temperatura alta y como la ventilación no es lo suficiente dentro del socavón, entonces están propensos al recalentamiento, asimismo los compensadores de altura también están propensos a fallas prematuras. Si un motor se recalentó una vez por motivos varios se dañan: culatas, camisas, inyectores, compensadores de altura y con ello bajan la eficiencia siendo necesario un servicio de parte alta del motor el cual es demasiado costoso ya que comprende, reparar culatas, cambiar camisas y anillos de pistón, reparar bomba de inyección,

compensadores de altura y los inyectores. Por tanto, estos motores no son muy confiables para el trabajo severo de minería socavón.

### **ADMISION**

El sistema de suministro de aire cumple dos funciones principales: Proporcionar aire limpio, libre de contaminantes, para la combustión del motor. Proporcionar ventilación forzada al motor y/o a los diferentes subsistemas. El aire del exterior entra a través de la entrada de la carcasa. Las paletas en ángulo de la carcasa causan un ciclón en el aire de entrada que impulsa hacia afuera los contaminantes más grandes y aproximadamente 85% del agua. Los contaminantes centrifugados son transportados a lo largo de la pared de la carcasa y expulsados por las ranuras de la tapa guardapolvo. La válvula de evacuación localizada en la parte inferior de la tapa guardapolvo, expulsa continuamente polvo y humedad a medida que se acumula en la tapa guardapolvo. Los contaminantes que quedan en el aire depurado son eliminados por el filtro primario. El aire fluye a través de los elementos primario y secundario. En el caso de perforación accidental del filtro primario, el elemento secundario protege el motor. El aire limpio que sale de la carcasa es enviado hasta los dos compensadores de altura y de ahí enviados a los múltiples de admisión. La carcasa de aire esta dimensionado para proporcionar una velocidad de frente de 1,1

mis a fin de asegurar una vida útil adecuada del elemento del filtro. Velocidades superiores acortan la vida útil del filtro, que se romperá y dejara pasar suciedad al motor. A medida que se acumula suciedad en el elemento del filtro, el flujo de aire del motor se restringe, lo cual puede limitar el rendimiento del motor. Los indicadores de restricción indican al operario que no está llegando la cantidad necesaria de aire a la admisión del motor

### **ESCAPE**

Los gases calientes que fluyen desde el múltiple de escape del motor se utilizan para impulsar los compensadores de altura. Desde los compensadores de altura los gases del escape fluyen a través del tubo hasta el silenciador donde se encuentra el convertidor catalítico. La combustión continua de partículas y la reducción de chispas toma lugar en el purificador catalítico. Los gases purificados salen a través del tubo de escape.

La estructura del convertidor catalítico está fabricada de un acero de lata resistencia al calor.

En el interior del convertidor se encuentra una estructura monolítica cubierta con el material catalizador. La circulación de los gases del escape asegura una adecuada temperatura aun durante largos periodos en ralentí. La estructura está diseñada de forma que la presión de respaldo no se vuelva tan alta que disminuya el rendimiento.

### **ENFRIAMIENTO**

El sistema de enfriamiento es por intermedio del aire forzado que suministra el ventilador centrífugo, como todo el sistema esta hermético entonces el aire se verá obligado a pasar por cada una de las diez culatas y cilindros para salir hacia afuera llevando consigo parte del calor y con ello mantener en una temperatura estable el motor. Conforme las aletas de enfriamiento de las culatas y cilindros se vayan contaminando la capacidad de enfriamiento de los mismos va

disminuyendo a tal punto que cuando están totalmente sucias, no se podrá disipar suficientemente el calor del motor generando con ello recalentamiento del mismo. El aire forzado del ventilador también enfría: aceite motor, aceite transmisión, aceite hidráulico que son parte del paquete de hermetización del motor diésel.

## **TRANSMISION**

La potencia del motor diésel se transmite directamente desde el volante del motor hasta el convertidor de par donde se multiplica el torque. El eje de salida del convertidor transmite la potencia por la línea de transmisión hasta el eje de entrada de la transmisión. Los ejes de salida de la transmisión transmiten la potencia por líneas de transmisión a los diferenciales delantera y posterior.

La transmisión y el convertidor emplean también un sistema hidráulico en común para lubricar, enfriar, transmitir par de torsión y aplicar los embragues. Cuando el motor está funcionando y la palanca de control de dirección está en neutro, la presión de aceite se bloquea en la válvula de control y la transmisión se desacopla. Al mover el carrete de marcha hacia adelante y retroceso, el aceite se dirige al embrague apropiado y abre el opuesto para liberar presión. La palanca de control de transmisión está conectada mecánicamente a la válvula de control de la transmisión.

El sistema de transmisión y convertidor de par, sirve para controlar y adaptar la energía del motor, para que el vehículo pueda avanzar hacia delante y hacia atrás en cuatro intervalos diferentes de velocidades.

## **DIFERENCIALES**

Habiendo seleccionado la velocidad y marcha respectiva, el movimiento de salida de la caja va hacia los diferenciales por intermedio de las cardanes delantera y posterior ingresando



hacia la corona por intermedio del piñón de ataque, entre el piñón de ataque y la corona se genera una reducción de velocidad este movimiento reducido sale hacia los semiejes por intermedio del NO SPIN en el caso de la corona delantera y por intermedio de los satélites y planetarios en la corona posterior. Desde los semiejes se transmite la velocidad y el torque hacia el piñón solar que este acoplado al otro extremo del semieje por intermedio de estrías, el piñón solar hace girar a los planetarios que están ensamblados en la tapa del mando final y como esta tapa esta empernada a la bocamaza que tiene dentro una corona donde deslizan los planetarios, entonces se termina moviendo la bocamaza y este a su vez está ajustada al aro por lo tanto de mueve la llanta respectiva.

### **CARDAN**

La línea cardánica es la encargada de transmitir el torque que se desarrolla en el convertidor para generar movimiento de la caja de transmisión, así como llevar desde la caja de transmisión el torque hacia los diferenciales delantero y posterior. Para poder unir las líneas se necesitan de las crucetas que son los elementos que unen los yugos de salida o entrada con los cardanes. Estos cardanes presentan parte estriada externa y otra interna que cuando hay movimientos se presenta deslizamiento entre las estrías. Esto sucede para compensar el trabajo de la línea cardánica al girar. La junta deslizante se acomoda a estas variaciones por la acción telescópica en la parte ranurada del eje. El eje con junta deslizante es necesario en el área donde se presentan movimientos giratorios del vehículo, el punto de articulación de la máquina que permite que el vehículo gire. La acción telescópica del eje de impulsión elimina fuerzas de tensión que podrían producir en ejes de impulsión convencionales. Las crucetas están especificadas en función a sus capacidades de carga de torsión, las crucetas de soporte del eje de impulsión están situadas normalmente en las articulaciones centrales de los Scoop. Las crucetas

de soporte de la línea de transmisión normalmente son del tipo brida. Para que se pueda tener estos cardanes trabajando en estado perfecto es necesario que tienen que estar balanceados debido que si no están balanceados se producirán vibraciones excesivas desgastando prematuramente las estrías, así como la fatiga temprana de las crucetas. Las crucetas traen un punto de engrase para mantener con grasa los dados, así como también la junta deslizante para mantener en buen estado la parte estriada.

#### **4.2.- Repotenciado Equipos Scooptram 4YD<sup>3</sup>**

##### **4.2.1.- Partes del Equipo Scooptram 4YD<sup>3</sup> a repotenciar**

La parte fundamental para repotenciar es el motor, esto se debe a que el motor diésel ha perdido compresión en los cilindros lo que baja el performance y la fuerza del equipo disminuyendo el acarreo de materia para el repotenciado del equipo primero se cambiara el motor. El motor generalmente que se utiliza para el repotenciado es el Detroit Diesel Serie 50 y 60, a continuación, se muestra el motor reemplazo.

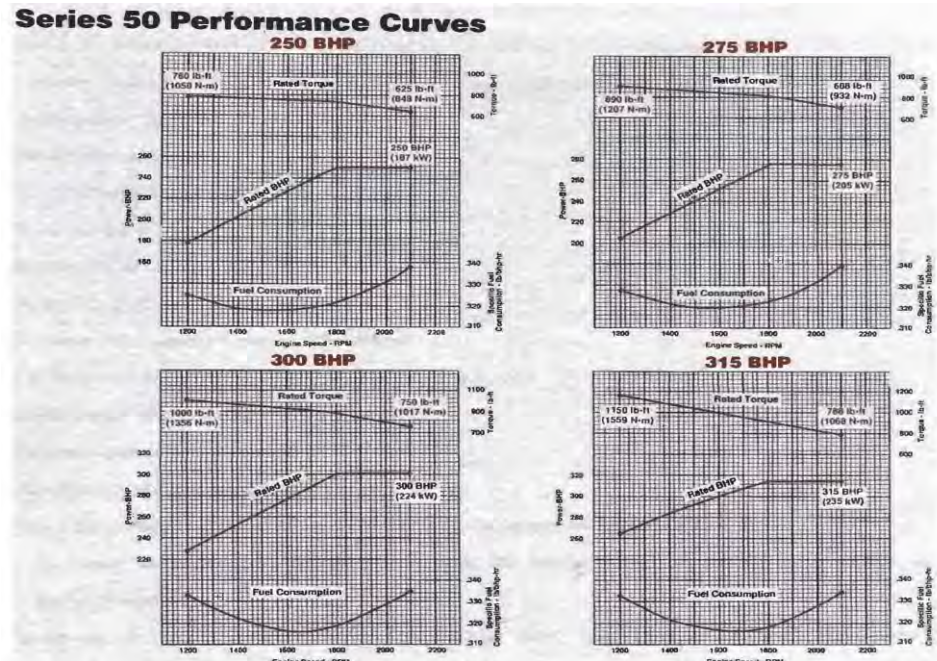
**Fotografía N° 1 Motor Diésel Detroit Series 60**



**Fuente: IESA (2019)**

La serie 50 presenta diferentes tipos de curvas en base a los Caballos de Fuerza de Frenado (BHP), por lo general se va utilizar la curva de 250 BHP, los siguientes gráficos muestran las curvas en base al BHP del motor.

**Figura N° 14 Curvas de Potencia de Motores**



**Fuente: IESA (2019)**

El Motor Diesel Deutz F10L413FW fue reemplazado por un Detroit Diesel Serie 50 Modelo 6043TK 32 del cual se detalla las características:

Motor industrial con sistema de control electrónico DDEC IV Aplicación Minería Subterránea 04 cilindros en línea 5.12" Diámetro x 6.3" carrera Cilindrada 8.5 litros Relación de compresión 15: 1 Potencia 250 HP a 2100 RPM Torque 780 Libras/ pie a 1350 RPM Modulo de control electrónico (ECM DDEC ID) Inyectores Electrónicos Unitarios EUI Sistema arranque eléctrico de 24 voltios Alternador de 24 voltios y 70 amperios Volante y funda de volante SAE N° 2 para acoplar transmisión CLARK Sistema enfriamiento mediante bomba de refrigerante y filtro, termostato de control y ventilador Sistema de lubricación con bomba, filtro tipo Spin-On y

enfriador de aceite lubricante Sistema de escape con múltiple y conexión al turbo, conexión flexible de escape Soporte delantero tipo trunnion y soportes posteriores laterales.

#### **4.2.2.- Proceso de Repotenciado**

Para poder reemplazar el Motor Deutz F10L413FW por un Detroit Diesel Serie 50 se requiere modificar el chasis posterior en los siguientes puntos:

- a) Los soportes de motor delantero y posterior
- b) La estructura para montaje del radiador
- c) La estructura para el protector posterior del motor
- d) La estructura para protectores superiores del motor
- e) Cambio las gomas soporte motor
- f) Cambio el tanque combustible
- g) Cambio el sistema combustible
- h) Enfriador de aceite transmisión
- i) Tuberías, mangueras y abrazaderas para el enfriamiento por agua
- j) Tuberías, mangueras y abrazaderas para el enfriamiento por aire

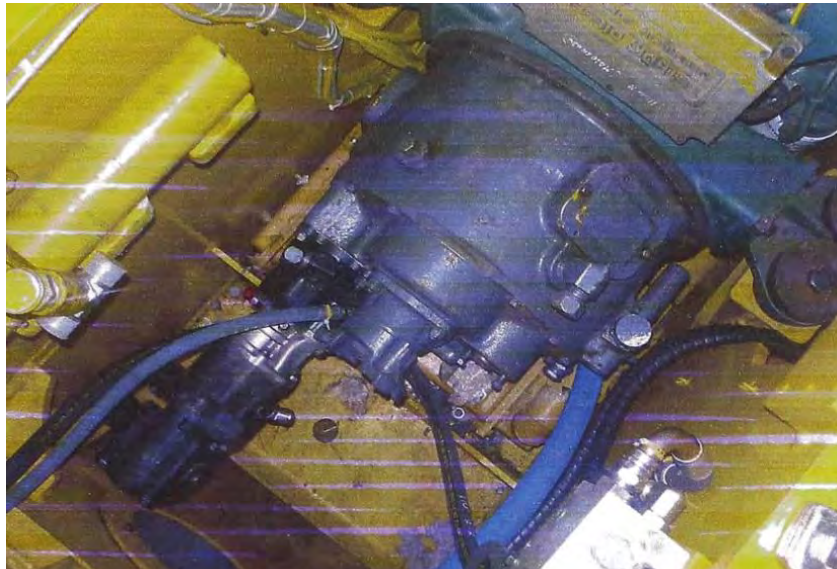
**Fotografía N° 2 Scooptram 4yd<sup>3</sup>**



**Fuente: C.M.H. (2019)**

El motor Deutz entrega un torque de 600 libras-pie y está configurado para acoplar un convertidor C8400 mientras que un motor Detroit diesel entrega un torque de 780 libras-pie y está configurado a un convertidor C8500 que entrega mayor torque Un motor Detroit diesel Con el cambio del motor también cambia la configuración del convertidor de torque.

### **Fotografía N° 3 Convertidor de Torque**

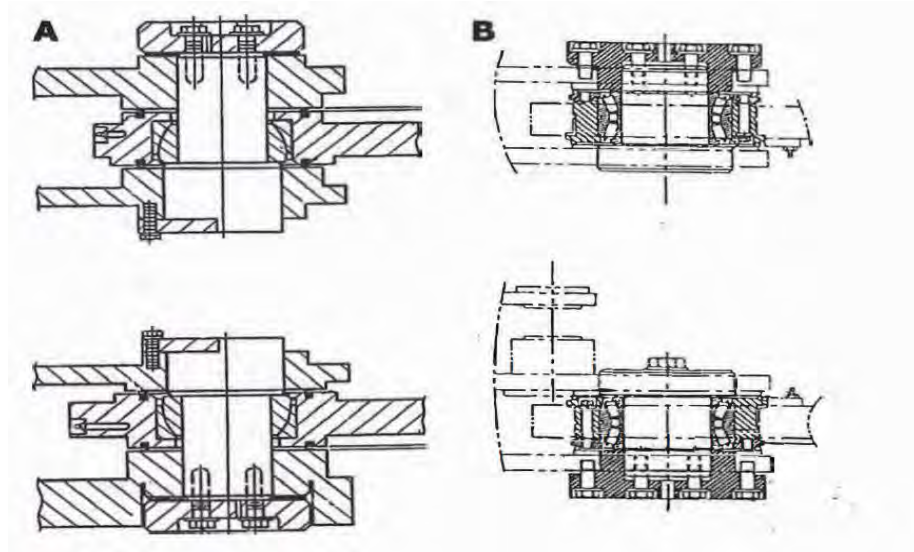


**Fuente: C.M.H. (2019)**

El equipo original tenía un sistema de articulación por rotulas esféricas, el cual tenía un tiempo de vida útil muy corto llegándose a dañar la articulación inferior y con ello también a los cilindros de dirección y el movimiento del equipo en desplazamiento, así como en el giro hacia izquierda o derecha. Se decide cambiar estas articulaciones por una de rodamientos cónicos de pista doble los cuales soportan mayor carga al trabajar dos rodajes en tándem. Se detalla la modificación realizada: Modificación del chasis delantero en los alojamientos de pines y la pista doble Modificación del chasis posterior en los alojamientos de pines y pista doble Rodajes de pista doble y rodajes cónicos en tándem Pines de articulación inferior y superior Tapas de los pines inferior y superior Lainas de regulación de los rodajes cónicos Pernos para articulación



**Figura N° 15 Pines de Articulación**



**Fuente: C.M.H. (2019)**

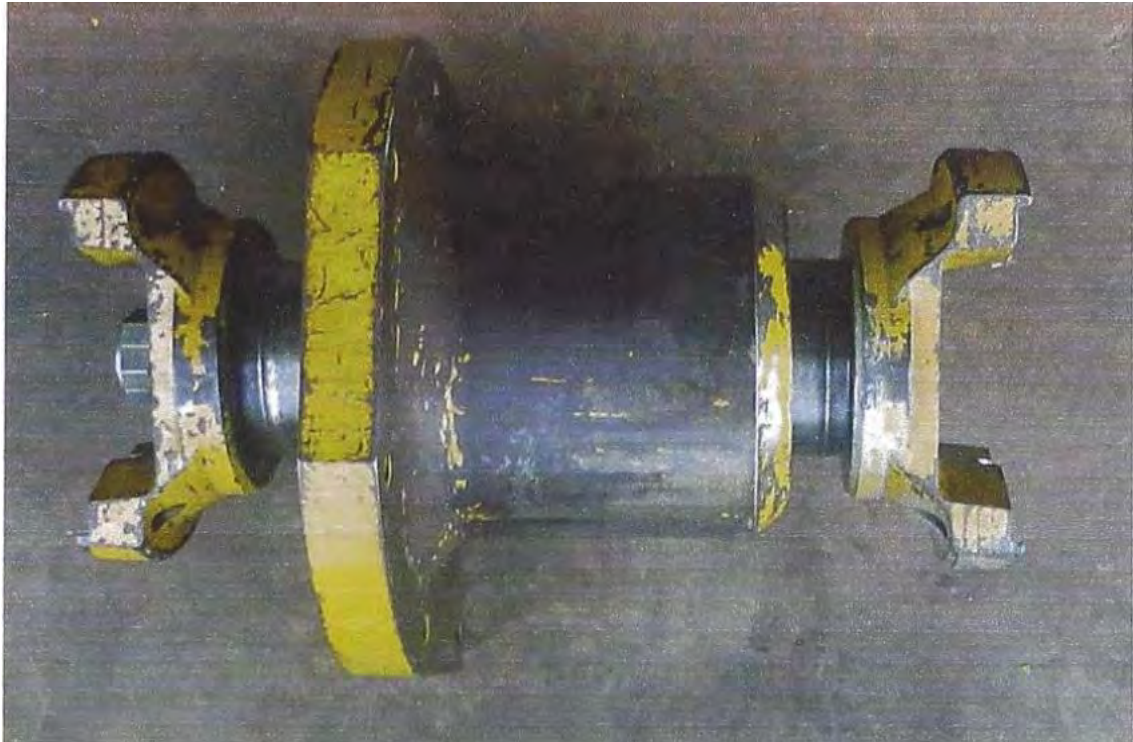
La cardan convertidor a la caja transmisión varía de acuerdo a la nueva configuración del motor convertidor. El equipo original la cardan central tiene un apoyo en una chumacera de pared simple que es de bolas.

En el equipo original la cardan de corona delantera acopla con la cardan central mediante crucetas. Como hay problemas frecuentes con la chumacera de pared que no soporta la pesada carga, como no hay apoyo suficiente hay fallas frecuentes en la cardan central, así como la cardan delantera dañando crucetas y las estrías de cardan.

Para corregir este problema se modifica este diseño reemplazando tanto la cardan central, así como la cardan delantera de la manera siguiente: Se adiciona una caja de rodamientos el cual está apoyado rodajes cónicos en tándem, soportan mayor capacidad de carga y tiene mayor tiempo de vida útil. Asimismo es tan fácil hacer el mantenimiento de este sistema. Las cardanes central y delantera son más cortas por tanto tiene más duración y menos falla. La cardan

delantera de igual manera tiene mayor duración, no hay fallas prematuras de crucetas y las estrías de cardan son más confiables.

**Fotografía N° 4 Cardan Equipo Scooptram 4yd<sup>3</sup>**



**Fuente: C.M.H. (2019)**

**EVALUACION CON EQUIPOS SCOOPTRAM 4YD<sup>3</sup> NUEVO Y REPOTENCIADOS**

#### **4.3.- Evaluación con Equipos Scooptram 4YD<sup>3</sup> nuevos**

##### **4.3.1.- Evaluación vida útil del equipo completo y por partes**

Para la evaluación de la vida útil de los equipos scooptram se ha considerado el desgaste de las diferentes partes, la vida útil se determinará en base a horas de funcionamiento, así como se detalla en los siguientes cuadros desarrollados, se ha dividido la vida útil en base a partes del equipo a repotenciar.

En primer lugar, se ha hecho la evaluación de la parte principal del Scooptram, el motor, estos motores diésel, como se detalla en el cuadro tienen desgaste en sus partes por horas de uso, el motor seguirá siendo útil hasta que pierda potencia o en todo caso llegue a malograrse del todo como en el caso de fundición, el desgaste del motor se da debido a las condiciones en interior mina que no son favorables para motores de compresión como es el caso del diésel de los scooptram 4yd<sup>3</sup>.

**Cuadro N° 8 Vida Util Motor Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

motor	Horas
Filtro aire IPI24867	55.59
Filtro aire IPI24886	61.34
Aceite motor 15W 40 (galones)	19.62
Filtro aceite deutz 1174419 (2 unidades)	63.53
Filtro petroleo deutz 1174422 (2 unidades)	59.3
Filtro separador de agua LFP 2000c	121.29
Jebes soporte motor deutz 2245771	148.25
Reparacion inyectores (10 unidades)	106.74
Reparacion compesadores de altura	533.7
Reparacion de bomba inyeccion	2668.5
Reparacion parte alta del motor	5337

**Fuente: Área de Mantenimiento C.M.H (2019)**

Como se observa mayormente dentro de las primeras horas el motor empieza a tener desgaste en partes no principales como son los filtros, cambios de aceite, jebes y demás, estos repuestos se pueden cambiar fácilmente y el costo no es significativo, ya luego de las 1000 horas que es el promedio del Overhaul en mina se observa desgaste y daños en partes importantes del motor, así ya se ve luego de las 2000 horas daños en bombas de inyección y demás, esto no es significativo para el cambio del motor, en todo caso más adelante en la evaluación de los overhaul se determinara un promedio de vida para lo motores en base a perdidas de fuerza.



Para el caso del convertido de torque se tiene mayormente desgaste luego de las 2000 horas, esto es significativo ya que al ser una parte que genera fuerza al equipo se debería tener más desgaste, mayormente se ve desgaste en kits de sellos y mangueras, por lo general se mantiene todo el componente en si.

**Cuadro N° 9 Vida Util Convertidor Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

convertidor	Horas
mantenimiento valvula de presion	2668.5
cremallera convertidos	2668.5
kit sello convertido	2668.5
kit rodajes del convertidor c8400	2668.5
kit mangueras hidraulicas	2668.5

**Fuente: Área de Mantenimiento C.M.H (2019)**

La caja de transmisión donde se transmite la fuerza del motor a través del cardan también presenta fallas y desgaste a las 2000 horas de uso no hay mayor desgaste en otros componentes.

**Cuadro N° 10 Vida Util Caja Transmision Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

caja transmision	Horas
filtro transmision	197.666667
aceite transmision donax	28.0894737
bomba barrida	5337
valvula de control	2668.5
bomba de transmision	5337
kit sellos caja de transmision	5337
kit rodajes caja transmision	5337
kit discos caja de transmision	5337
kit mangueras hidraulicas	2668.5

**Fuente: Área de Mantenimiento C.M.H (2019)**

El cardan tiene un desgaste significativo, en menos de las 1000 horas ya se observa diferentes mantenimiento y cambio de componentes, mayormente esto se debe a la fuerza que ejecuta en el acarreo de material.

**Cuadro N° 11 Vida Útil Línea Cardiana Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

línea cardiana	Horas
crucetas cardan convertidor	533.7
chumacera de pared	1067.4
crucetas cardan corona posterior	381.214286
crucetas cardan corona delantera	1067.4
crucetas cardan central	593
cardan posterior	5337

**Fuente: Área de Mantenimiento C.M.H (2019)**

En el diferencial se ve desgaste a partir de las 1000 horas en las partes más significativas, todo esto debido al torque que se le aplica, el cambio de diferentes se da en un overhaul menor a 1000 horas como se observa en el cuadro.

**Cuadro N° 12 Vida Útil Diferencia Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

diferencial y mandos	Horas
tapa mando final	1334.25
piñon solar	1779
cabezote de corona	2668.5
reten mando final	381.214286
espejo de mando final	485.181818
esparragos de rueda	56.1789474
tuercas de rueda	41.0538462
aros 1800 x 25	1334.25
aceite diferencial 85w140	56.1789474

**Fuente: Área de Mantenimiento C.M.H (2019)**

Los sistemas hidráulicos para el proceso de carguío presentan desgaste entre las 1000 y 3000 horas de uso, el desgaste de las partes no es significativo al menos a las 2000 horas, donde se observa cambio de válvulas.

**Cuadro N° 13 Vida Útil Sistema Hidraulico Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

	Horas
sistema hidraulico	
aceite hidraulico N°68	6.71320755
Filtro hidraulico	485.181818
mangueras hidraulicas kit	2668.5
valvula monostick	5337
bomba levante volteo	5337
pedal aceleracin	1334.25
actuador de pedal	1067.4
juego sellos cilindros	762.428571
juego sellos levante	1334.25
juegos sellos volteo	2668.5
valvula levante volteo	5337
valvula pilotaje volteo	5337

**Fuente: Área de Mantenimiento C.M.H (2019)**

Los frenos no se ven del todo afectados, talves esto se deba a que no tienen que soportar esfuerzos significativos producto del movimiento y aceleración mayormente se observa un tiempo de vida por encima de 2000 horas o 2 overhauls, el único componente con menos de 1000 horas es el kit acumulador.

**Cuadro N° 14 Vida Útil Frenos Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

	Horas
frenos	
bomba de freno	2668.5
valvula de carga	2668.5
kit acumulador	593
pedal freno	2668.5
electrovalvula	2668.5

**Fuente: Área de Mantenimiento C.M.H (2019)**

El chasis donde se incluye a la cuchara ya tiene un desgaste a partir de las 1000 horas de uso, al ser componentes con una mayor exposición a esfuerzos las partes mas afectadas son los pines que tienen menos de 1000 horas de vida.

**Cuadro N° 15 Vida Útil Chasis Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

chasis	Horas
labio cuchara	1334.25
cuchara	2668.5
bocina cuchara	889.5
pinos cuchara	889.5
bocina dirección	667.125
pinos dirección	667.125
bocina oscilante	1334.25
rotulas de articulación central	2668.5
bocina eje	2668.5
reparación boom	5337

**Fuente: Área de Mantenimiento C.M.H (2019)**

El sistema eléctrico, se ve afectado en menos de 1000 horas de uso, estos componentes eléctricos y electrónicos podrían fallar debido a la saturación en la mina que no ayuda en la transmisión de corriente entre partes, esto llama la atención debido a que este sistema presenta menor tiempo de vida útil que los demás.

**Cuadro N° 16 Vida Útil Sistema Electrico Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

sistema electrico	Horas
baterias 12v	667.125
arrancador 24v	2668.5
alternador 24v	2668.5
reparacion alternador	889.5
reparacion arrancador	889.5
horometro	2668.5
precalentadores	133.425
faros	242.590909
sensor temperatura motor	889.5
tablero principal	2668.5
haz de cables	2668.5
swtich presion	1334.25
sensor temperatura motor	1334.25

**Fuente: Área de Mantenimiento C.M.H (2019)**

Los neumáticos son las partes que más desgaste tienen, por lo general son menores a 1000 horas de uso e incluso menores a 500 lo que hace mayor demanda de estos, la vida útil de

los neumáticos lleva a generar mayores gastos en las operaciones, este componente se pierde al momento de cambiar el equipo por uno nuevo a diferencia del repotenciado de scooptram 4YD<sup>3</sup>.

**Cuadro N° 17 Vida Útil Neumáticos Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

neumáticos	Horas
llantas	667.125
cámaras	222.375
guardacamara	266.85

**Fuente: Área de Mantenimiento C.M.H (2019)**

En el siguiente cuadro, se muestra el resumen de tiempo de vida en base a los componentes del equipo scooptram, por lo general se tiene

**Cuadro N° 18 Resumen Vida Útil Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

Parte del Equipo	Vida Util (Horas)
Motor	5337
Convertidor	2668.5
Transmicion	5337
Linea Cardiana	5337
Diferencial	2668.5
Sistema Hidraulico	5337
Frenos	2668.5
Chasis	5337
Sistema Electrico	2668.5
Neumaticos	667.13

**Fuente: Área de Mantenimiento C.M.H (2019)**

En el cuadro anterior resalta la vida del motor que es 5337 horas el equivalente a dos años en operaciones luego de esto el motor empieza a perder potencia así también la compresión del motor diésel disminuye considerablemente por lo que el cambio del motor es necesario en la mayoría de los casos se cambia el equipo completo dejando así aún con vida útil al convertidor diferencial frenos alternador i neumáticos por lo que no es algo rentable cambiar el equipo ese sí que para repotenciado es necesario cambiar el motor cada dos años

#### 4.3.2.- Evaluación Confiabilidad y Disponibilidad

La disponibilidad del equipo original es muy baja debido a que presenta paralizaciones frecuentes por: temperatura, falta de potencia y humo negro en el motor diésel. El motor entrega torque a máximas rpm y esto desgasta el motor prematuramente, la falta de ventilación también afecta al motor doblando inyectores y compensadores de altura. Las rotulas de articulación no son confiables y están fallando en muy pocas horas perjudicando con ello los cilindros de dirección que presentan fugas de aceite. En la cardan delantera de la línea cardánica la chumacera de pared original no soporta la carga severa que se aplica desde la caja transmisión hasta el diferencial delantero y es crítico porque el eje delantero es el que ataca la carga al momento de la limpieza con el scoop.

A continuación, se detalla la fórmula para determinar la disponibilidad mecánica (DM) en ellos equipos scooptram 4yd<sup>3</sup>:

$$DM = \frac{(HP - (PP + MC))}{HP}$$

*Donde:*

*HP: HORAS PROGRAMADA*

*HT: HORAS TRABAJADAS*

*PP: PARADAS PROGRAMADAS*

*MC: MANTENIMIENTO CORRECTIVO*

*DM: DISPONIBILIDAD MECANICA*

Se tienen los siguientes cuadros para determinar la disponibilidad mecánica durante un año de operaciones:

**Cuadro N° 19 Disponibilidad Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

Mes	HP	HT	PP	MC	DIS P. PLAN.	DIS P. REAL (%)
Enero	480	284	30	80	85	77.08
Febrero	480	271	34	102	85	71.67
Marzo	480	256	42	110	85	68.33
Abril	480	248	46	98	85	70
Mayo	480	241	50	115	85	65.63
Junio	480	236	48	99	85	69.38
Julio	480	230	60	103	85	66.04
Agosto	480	223	55	97	85	68.33
Setiembre	480	215	42	118	85	66.67
Octubre	480	206	56	120	85	63.33
Noviembre	480	216	31	125	85	67.5
Diciembre	480	190	80	104	85	61.67

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

La confiabilidad es baja porque el equipo presenta mucho mantenimiento correctivo y paradas imprevistas. Cuando se recalienta el motor diesel el equipo tiene que estar paralizado hasta que se enfríe después de trabajar una cierta cantidad de horas para nuevamente parar por temperatura del motor

Se tiene la siguiente fórmula para determinar la confiabilidad del equipo de acuerdo a las horas trabajadas:

$$\text{Confiabilidad} = \frac{HT}{HP}$$

Donde:

*HP: HORAS PROGRAMADA*

*HT: HORAS TRABAJADAS*

**Cuadro N° 20 Resumen Método de Minado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

MES	HP	HT	CONFIABILIDAD
ENERO	480	284	59.1666667
FEBRERO	480	271	56.4583333
MARZO	480	256	53.3333333
ABRIL	480	248	51.6666667
MAYO	480	241	50.2083333
JUNIO	480	236	49.1666667
JULIO	480	230	47.9166667
AGOSTO	480	223	46.4583333
SETIEMBRE	480	215	44.7916667
OCTUBRE	480	206	42.9166667
NOVIEMBRE	480	216	45
DICIEMBRE	480	190	39.5833333

**Fuente: Observación Propia (2019)**

#### **4.3.3.- Evaluación Costo y Rendimiento**

El costo de mantenimiento del Motor Diesel Deutz F10L413FW es muy elevado debido a que este trabaja a muy altas temperaturas, por lo tanto los componentes están propensos a fallas prematuras. Dentro del socavón la ventilación es deficiente ello dificulta la buena combustión generando humo negro, como no hay una buena refrigeración del motor, se genera recalentamiento en: inyectores, bomba de inyección, culatas, compensadores de altura. Por lo tanto los daños más frecuentes son: falla en los compensadores de altura, inyectores, bomba de inyección, culatas, ventilador centrífugo. El Scoop pierde fuerza, por lo que se verifica la compresión de los cilindros encontrando valores bajos así como golpeteo en las culatas se decide hacer la reparación de la parte alta del motor. A continuación, se detallan los principales gastos:



**Cuadro N° 21 Costos Overhaul Motor Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

motor	Cant. Piezas por año	Costo unitario \$	Costo total \$
Filtro aire IPI24867	46	\$58.80	\$2,704.80
Filtro aire IPI24886	42	\$31.45	\$1,320.90
Aceite motor 15W 40 (galones)	42	\$8.18	\$343.56
Filtro aceite deutz 1174419 (2 unidades)	38	\$13.00	\$494.00
Filtro petróleo deutz 1174422 (2 unidades)	40	\$12.20	\$488.00
Filtro separador de agua LFP 2000c	19	\$24.50	\$465.50
Jebes soporte motor deutz 2245771	12	\$17.00	\$204.00
Reparación inyectores (10 unidades)	20	\$38.90	\$778.00
Reparación compensadores de altura	4	\$495.14	\$1,980.56
Reparación de bomba inyección	1	\$2,517.70	\$2,517.70
Reparación parte alta del motor	1	\$11,869.29	\$11,869.29
Total			\$23,166.31

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

El convertidor es el componente que esta acoplado al motor diesel mediante una cremallera de acoplamiento el cual se daña según las horas de trabajo, también como el motor trabaja a temperatura alta el convertidor sufre resecamiento en kit sellos de convertidor, falla la

válvula regulación de presión por resecaamiento de los sellos, presenta fuga por el yugo salida , también presento sonido en el convertidor por lo que se tuvo que reparar, por ultimo las mangueras hidráulicas también se resecaron Siendo necesario el cambio a 3000 horas. Se detalla a continuación la relación de los gastos principales

**Cuadro N° 22 Costos Overhaul Convertidor Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

convertidor	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
mantenimiento valvula de presión	1	\$345.82	\$345.82
cremallera convertidos	1	\$985.24	\$985.24
kit sello convertido	1	\$562.40	\$562.40
kit rodajes del convertidor c8400	0	\$1,150.00	\$1,150.00
kit mangueras hidraulicas	1	\$986.45	\$986.45
Total			\$4,029.91

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

En este ítem está comprendido la Caja transmisión R32000 de cuatro velocidades, Los yugos de entrada y salida presentan fugas de aceite necesitan metalizar por presentar rayaduras. Asimismo las mangueras hidráulicas están resacas, la válvula modulada es quien hace el cambio de velocidad y marcha y presento fallas se tuvieron que cambiar, filtros del sistema también se cambiaron así como el aceite lubricante Donax TD. La siguiente es la relación de repuestos y consumibles más frecuentes.

**Cuadro N° 23 Costos Overhaul Caja Transmision Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

caja transmision	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
filtro transmision	12	\$40.45	\$485.40
aceite transmision donax	90	\$8.45	\$760.50

bomba barrido	1	\$1,245.50	\$1,245.50
valvula de control	1	\$387.45	\$387.45
bomba de transmision	1	\$2,800.25	\$2,800.25
kit sellos caja de transmision	1	\$420.00	\$420.00
kit rodajes caja transmision	1	\$1,920.00	\$1,920.00
kit discos caja de transmision	1	\$560.18	\$560.18
kit mangueras hidraulicas	1	\$1,894.65	\$1,894.65
Total			\$10,473.93

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

Cuando al equipo le falta potencia entonces el operador suele hacer cambios bruscos y con ello se dañan las crucetas de cardan así como las estrías de las cardanes. También las fallas se presentan por falta de mantenimiento y engrase.

**Cuadro N° 24 Costos Overhaul Linea Cardiana Transmision Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

linea cardiana	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
crucetas cardan convertidor	4	\$60.65	\$242.60
chumacera de pared	2	\$465.14	\$930.28
crucetas cardan corona posterior	6	\$60.65	\$363.90
crucetas cardan corona delantera	2	\$180.23	\$360.46

crucetas cardan central	3	\$145.78	\$437.34
cardan posterioricator	1	\$1,825.44	\$1,825.44
Total			\$4,160.00

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

Los diferenciales presentan fallas cuando se rompe algún diente del juego piñón, también se presentan fallas en los mandos finales con fugas de aceite o fallas de los piñones satélites o piñones solares. Asimismo, los mantenimientos programados de cambio de aceite. Se detalla el cuadro de costos.

**Cuadro N° 25 Costos Overhaul Diferencial Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

diferencial y mandos	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
tapa mando final	2	\$1,286.45	\$2,572.90
piñon solar	0	\$345.56	\$345.56
cabezote de corona	1	\$2,456.80	\$2,456.80
reten mando final	6	\$102.36	\$614.16
espejo de mando final	4	\$336.58	\$1,346.32
esparragos de rueda	35	\$7.85	\$274.75
tuercas de rueda	50	\$9.40	\$470.00
aros 1800 x 25	2	\$2,465.00	\$4,930.00
aceite diferencial 85w140	35	\$8.21	\$287.35
Total			\$13,297.84

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

El sistema hidráulico es el más complejo pues la cantidad de válvulas, bombas mangueras son significativos. Los sellos de las bombas, válvulas se resecan luego presentan fugas y estas hay que eliminarlas. También los cilindros hidráulicos resecan los sellos. Las mangueras hidráulicas también se resecan debido a la alta temperatura que se genera en el motor diésel y este a su vez lo transmite por radiación a todo el sistema hidráulico del cual se detalla el resumen.

**Cuadro N° 26 Costos Overhaul Sistema Hidraulico Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup>  
ST 4C / 0011**

sistema hidraulico	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
aceite hidraulico N°68	395	\$6.81	\$2,689.95
Filtro hidraulico	5	\$109.87	\$549.35
mangueras hidraulicas kit	1	\$4,306.52	\$4,306.52
valvula monostick	1	\$1,235.56	\$1,235.56
bomba levante volteo	1	\$2,300.00	\$2,300.00
pedal aceleracin	2	\$580.00	\$1,160.00
actuador de pedal	2	\$160.00	\$320.00
juego sellos cilindros	4	\$225.00	\$900.00
juego sellos levante	2	\$480.40	\$960.80
juegos sellos volteo	1	\$644.30	\$644.30
valvula levante volteo	1	\$844.20	\$844.20
valvula pilotaje volteo	1	\$1,658.40	\$1,658.40
Total			\$17,569.08

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

Los frenos presentan fallas mayormente en los sellos debido a que el equipo trabaja en rampas negativas y cuando hacen limpieza de mineral o desmonte el uso de los frenos de servicio es constante dañándose en algún momento. También fallan los kit de los acumuladores, el pedal también genera fuga interna por el uso constante de los frenos de servicio, el consumo de mangueras es mínimo. Se detalla el resumen de costos.

**Cuadro N° 27 Costos Overhaul Frenos Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

frenos	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
bomba de freno	0	\$485.20	\$485.20
valvula de carga	1	\$1,856.45	\$1,856.45
kit acumulador	4	\$230.41	\$921.64
pedal freno	1	\$85.36	\$85.36
electrovalvula	1	\$1,245.52	\$1,245.52
Total			\$4,594.17

**Fuente: Observación Propia (2019)**

El chasis comprende reparación de cuchara, articulación central, chasis delantero, chasis posterior, etc. Se detalla el resumen de costos.

**Cuadro N° 28 Costos Overhaul Chasis Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

chasis	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
labio cuchara	2	\$1,247.50	\$2,495.00
cuchara	1	\$2,314.60	\$2,314.60
bocina cuchara	4	\$480.20	\$1,920.80
pinos cuchara	4	\$200.50	\$802.00
bocina direccion	4	\$185.55	\$742.20
pinos direccion	4	\$172.46	\$689.84
bocina oscilante	2	\$240.10	\$480.20
rotulas de articulacion central	2	\$442.10	\$884.20
bocina eje	2	\$336.80	\$673.60
reparacion boom	1	\$1,304.12	\$1,304.12
Total			\$12,306.56

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

En este sistema se considera desgaste del arrancador, falla de baterías, daños del alternador, mantenimiento del tablero y otros. Se detalla el resumen de costos

**Cuadro N° 29 Costos Overhaul Sistema Electrico Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

sistema electrico	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
baterias 12v	4	\$320.00	\$1,280.00
arrancador 24v	1	\$2,145.22	\$2,145.22
alternador 24v	1	\$1,345.00	\$1,345.00
reparacion alternador	3	\$614.52	\$1,843.56
reparacion arrancador	3	\$1,142.36	\$3,427.08
horometro	1	\$60.00	\$60.00
precalentadores	20	\$38.50	\$770.00
faros	12	\$42.36	\$508.32

sensor temperatura motor	2	\$54.25	\$108.50
tablero principal	1	\$845.52	\$845.52
haz de cables	1	\$541.17	\$541.17
swtich presion	2	\$812.97	\$1,625.94
sensor temperatura motor	2	\$39.00	\$78.00
Total			\$14,578.3 1

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

Aquí se consideran el cambio de llantas tanto nuevas como reencauchadas en el tiempo que dura la operación del equipo. El consumo de llantas es considerable debido a que el torque del Motor Deutz se genera máximas RPM del motor por tanto en el momento que el equipo realiza la limpieza del desmante o mineral las llantas patinan demasiado con el consiguiente desgaste prematuro generado por cortes. Se detalla el resumen de costos.

**Cuadro N° 30 Costos Overhaul Neumaticos Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

neumaticos	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
llantas	4	\$4,500.00	\$18,000.00
camaras	12	\$140.00	\$1,680.00
guardacamara s	10	\$80.00	\$800.00
Total			\$20,480.00

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

Por último se ha creado un cuadro resumen de los costos de mantenimiento durante un año de operación del equipo scoop no sea considerado el alta de motor ya que sería necesario aplicar el repotenciamiento por lo cual el valor cambiaría considerablemente los costos para alta de motor y cambio se expone en la parte del repotenciamiento en el ítem de costos por lo general los costos se van a estudiar por un año ya que la vida útil por lo general de los equipos scooptram 4yd<sup>3</sup> en mina es de 2 años

**Cuadro N° 31 Resumen Costos Overhaul Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

Parte del Equipo	Costo Mantenimiento
Motor	\$23,166.31
Convertidor	\$4,029.91
Transmision	\$10,473.93
Linea Cardiana	\$4,160.02
Diferencial	\$13,297.84
Sistema Hidraulico	\$17,569.08
Frenos	\$4,594.17
Chasis	\$12,306.56
Sistema Electrico	\$14,578.31
Neumaticos	\$20,480.00
Total	\$124,656.13

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

Por lo general los costos a medida que pasan los años se incrementa en la parte del motor esto se debe a la acumulación de sedimentos en los cilindros y también a la pérdida de compresión y carrera todo esto conlleva que el motor pierda la potencia y por ende el torque lo que caracteriza a estos equipos diésel.

Los costos del mantenimiento llegan a \$124,656.13, estos costos son simplemente de un mantenimiento por lo general de 2500 horas trabajadas lo que equivaldría a un aproximado de un año de trabajo en mina.

#### **4.4.- Evaluación con Equipos Scooptram 4YD<sup>3</sup> Repotenciados**

La evaluación con los equipos Scooptram Repotenciados, se realizará en base al rendimiento que tengan los overhaul de los equipos, para ello será necesario realizar las principales evaluaciones:

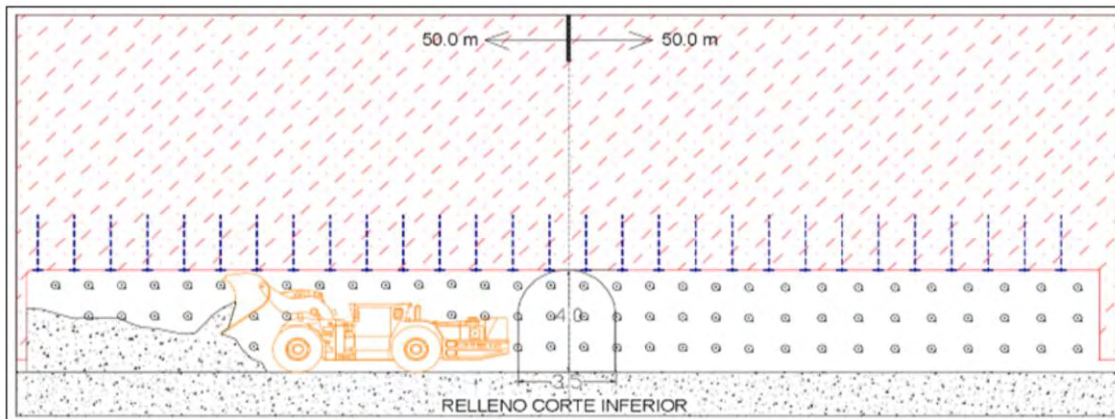
- Evaluación de tiempos de acarreo
- Evaluación de Disponibilidad
- Vida Útil del Equipo y Partes



- Los costos se evaluarán a parte ya que es el objetivo del estudio

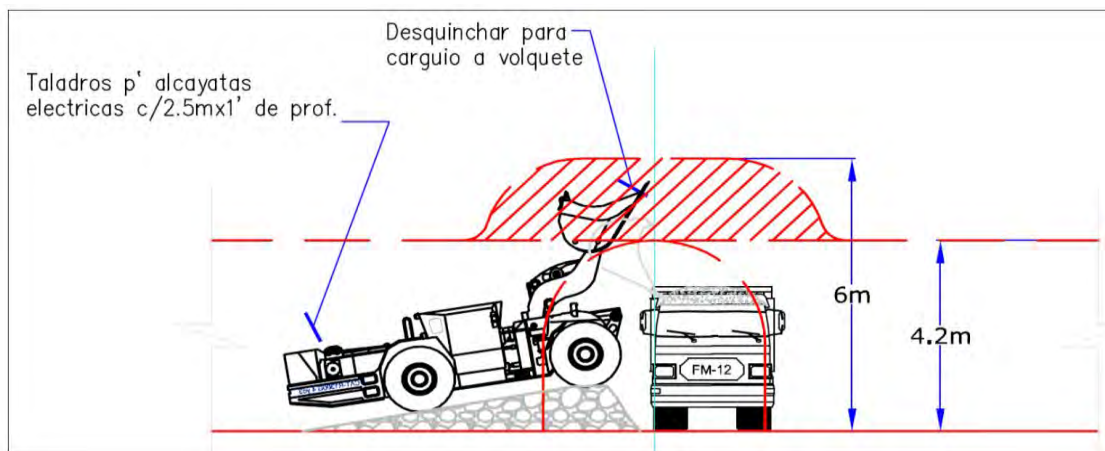
En primer lugar se va estudiar el acarreo de material por parte del scooptram 4yd<sup>3</sup>, como se observa en los siguientes cuadros se ha estimado el tiempo de acarreo en base a la distancia, del frente de avance al volquete de bajo perfil como se muestra en la siguiente imagen:

**Figura N° 16 Perfil Acarreo Equipo Scooptram 4yd<sup>3</sup>**



Fuente: C.M.H. (2019)

**Figura N° 17 Carguio Equipo Scooptram 4yd<sup>3</sup> a Volquete**



Fuente: C.M.H. (2019)

Para el estudio de rendimiento es necesario tomar en cuenta diferentes aspectos cómo son las paralizaciones las toneladas esperadas fallas del motor, llantas, fallas de cilindros hidráulicos

y todos los sistemas de transmisión para lo cual se ha establecido la siguiente fórmula para determinar el rendimiento efectivo del equipo.

$$N_c = \frac{60 \text{ ciclos}}{(T1 + T2 + T3 + T4) \text{ hora}}$$

$$R_{\text{efectivo}} = \frac{N_c \times Cb \times Fll \times \rho}{(1 + \varepsilon)} \text{ Tonelada / hora}$$

Donde:

- Capacidad del balde,  $Cb \left( \frac{4.6m^3}{\text{ciclo}} \right)$  depende del equipo
- Densidad,  $\rho: \left( \frac{2,0t}{m^3} \right)$
- Esponjamiento,  $\varepsilon: 0.4$
- Factor de llenado del balde,  $Fll: 0.75$
- Distancia de acarreo:  $200 \text{ mts.}$
- Velocidad de acarreo:  $5.6 \text{ km/h}$
- Velocidad en vacío,  $Vc 9.8 \text{ km/h equipo}$
- Tiempo de carga:  $T1 \text{ (min)}$
- Tiempo de descarga:  $T2 \text{ (min)}$
- Tiempo de acarreo:  $T3 \text{ (min)}$
- Tiempo de retorno:  $T4 \text{ (min)}$

De acuerdo a la fórmula anterior se determino de rendimiento para el equipo scoop como se muestra en el cuadro el rendimiento del disco está por debajo del 60% esto solo en un año de operación en interior mina esto se debe a las condiciones de trabajo y demás factores que afectan directamente la funcionabilidad del motor

**Cuadro N° 32 Rendimiento Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

Item	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
T1	2.15	2.22	2.31	1.95	2.18	2.25	2.28	1.84	2.35	2.19	2.33	1.98
T2	0.85	0.89	0.78	0.82	0.95	0.79	0.85	0.97	1.15	1.18	0.88	0.94
T3	2.21	2.14	2.08	1.99	1.56	1.66	1.84	1.58	1.78	2.01	1.92	1.87
T4	1.23	1.31	1.29	1.34	1.42	1.39	1.24	1.28	1.33	1.25	1.41	1.35
NC	9.32	9.15	9.29	9.84	9.82	9.85	9.66	10.5	9.08	9.05	9.17	9.77
R. EFEC	53.5 9	52.6 1	53.4 2	56.5 8	56.4 7	56.6 4	55.5 5	50.8 4	52.2 1	52.0 4	52.7 3	56.1 8

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

Hay que considerar que el material estudiado es el desmonte, para acceder a zona mineralizada, por lo general se observa mejor desempeño con el scooptram repotenciado asi como se muestra en los cuadros:

**Cuadro N° 33 Rendimiento Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Item	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
T1	1.62	1.56	1.58	1.64	1.61	1.54	1.52	1.63	1.66	1.67	1.53	1.69
T2	0.51	0.54	0.53	0.61	0.58	0.61	0.63	0.64	0.56	0.49	0.5	0.57
T3	1.45	1.51	1.56	1.5	1.54	1.48	1.46	1.52	1.64	1.49	1.5	1.48
T4	1.21	1.16	1.18	1.14	1.21	1.25	1.23	1.17	1.24	1.28	1.26	1.31
NC	12.5 3	12.5 8	12.3 7	12.3 6	12.1 5	12.9 6	12.4	12.0 2	11.7 6	12.1 7	12.2 3	11.8 8
R. EFEC	72.0 5	72.3 4	71.1 3	71.0 7	69.8 6	74.5 2	71.3	69.1 2	67.6 26	69.9 8	70.3 2	68.3 1

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

Al hacer la comparativa de rendimientos de un scoop nuevo en operación con uno repotenciado se observa que el repotenciado tiene mayor rendimiento la evaluación se ha realizado para las mismas condiciones de su uso

#### **4.4.1.- Evaluación vida útil del equipo Repotenciado completo y por partes**

Al hacer el repotenciado del equipo, de igual manera que un equipo nuevo se tiene que realizar los diferentes overhaul, con estos mantenimientos se realiza la comparativa del equipo nuevo y el repotenciado.

A continuación se tiene la vida útil del motor del equipo repotenciado:

#### **Cuadro N° 34 Vida Util Motor Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

motor	Horas
Filtro aire IPI24867	126.93
Filtro aire IPI24886	142.58
Aceite motor 15W 40 (galones)	12.39
Filtro aceite deutz 23530707 (2 unidades)	61.95
Filtro petroleo deutz 23530707 (2 unidades)	114.37
Filtro separador de agua LFP 2000c	125.40
Filtro de agua: 23530707	473.09
Termostato: 23530707	1040.80
Faja Ventilador: 6640846000	693.87
Tapa Radiador: 5540207600	3469.33
Manguera Aire: 66400099500	1301.00
Manguera de Agua:6670964100	1040.80
Reparacion turbo:23530707	5204.00
Anticogelante ExtendLife 50/50 / galones	104.08
Inyector Electronico detroit:62356000	2602.00
Bomba Combustible: 23530707	5204.00
Jebes soporte motor deutz 6640903200	867.33
Bomba de agua: 23530707	10408.00

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de tiempos para el convertidor de torque del scooptram repotenciado.

**Cuadro N° 35 Vida Util Convertidor Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

	Horas
convertidor	
mantenimiento valvula de presion	5204.00
Juego de mangueras hidraulicas	5204.00
kit sello convertido C8500:5536923000	10408.00
Plato Flexible: 5540743800	10408.00
Metalizado Yugo: 5533340000	10408.00
Respirador: 6540849900	2081.60

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

El siguiente cuadro es la vida útil de la línea de transmisión del equipo repotenciado.

**Cuadro N° 36 Vida Util Transmicion Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

	Horas
caja transmicion	
filtro transmision P1655569	226.26
aceite transmision donax TD	35.89
bomba transmision: 5536490900	10408.00
kit sellos caja de transmision	10408.00
kit mangueras hidraulicas	10408.00
Metalizado Yugo: 5536531800	5204.00

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

El siguiente cuadro es la vida útil de la línea cardiana del equipo scooptram.

**Cuadro N° 37 Vida Util Linea Cardiana Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

	Horas
linea cardiana	
crucetas cardan convertidor	2602.00
Reparacion caja rodamientos	2602.00
crucetas cardan corona posterior	1734.67
crucetas cardan corona delantera	2602.00
crucetas cardan central	1301.00

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

Los siguientes cuadros muestran la vida útil de los diferentes sistemas y componentes del equipo repotenciado, se detalla las partes para poder comprender de mejor manera.

**Cuadro N° 38 Vida Util Diferencial Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

diferencial y mandos	Horas
tapa mando final	1301.00
metalizado yugo de corona	5204.00
reten mando final	1301.00
espejo de mando final	1734.67
esparragos de rueda	75.42
tuercas de rueda	173.47
mantenimiento aros 1800 x 25	2602.00
aceite diferencial 85w140	86.73

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

**Cuadro N° 39 Vida Util Sistema Hidraulico Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

sistema hidraulico	Horas
aceite hidraulico N°68	15.31
Filtro hidraulico	867.33
mangueras hidraulicas kit	10408.00
valvula direccion	3469.33
bomba levante volteo	10408.00
juego sellos cilindros direccion	2602.00
juego sellos levante	2602.00
juegos sellos volteo	10408.00
valvula levante volteo	5204.00
valvula pilotaje volteo	2602.00

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

**Cuadro N° 40 Vida Util Frenos Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

	Horas
frenos	
bomba de freno	10408.00
valvula de carga	2602.00
kit acumulador	1301.00
pedal freno	2602.00
Valvula Selenoide	10408.00

Fuente: Observacion Propia (2019)

**Cuadro N° 41 Vida Util Chasis Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

	Horas
chasis	
labio cuchara	3469.33
cuchara	10408.00
bocina cuchara	2602.00
pinos cuchara	2602.00
bocina direccion	1301.00
pinos direccion	2602.00
bocina oscilante	2602.00
rotulas de articulacion central	5204.00
Lainas articulacion 5571353200	5204.00
Lainas articulacion 5571353300	5204.00
Lainas articulacion 5571353400	5204.00
bocina eje	5204.00
reparacion boom	10408.00

Fuente: Observacion Propia (2019)

**Cuadro N° 42 Vida Util Sistema Electrico Repotenciado Scooptram ST 4C / 0098**

	Horas
sistema electrico	
baterias 12v	2602.00
Sensor temperatura aceite	10408.00
sensor temperatura refrigerante	5204.00
reparacion alternador	2602.00
reparacion arrancador	2602.00
horometro	5204.00
sensor presion turbo	5204.00
faros	743.43
sensor nivel refrigerante	5204.00
tablero principal	10408.00
harnes del motor	10408.00
Valvula Selenoide	10408.00

Fuente: Observacion Propia (2019)

**Cuadro N° 43 Vida Util Neumaticos Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

neumaticos	Horas
llantas	1301.00
camaras	520.40
guardacamaras	520.40

Fuente: Observacion Propia (2019)

En el siguiente cuadro se tiene el resumen de vida útil del equipo repotenciado, se han considerado diferentes overhaul tanto de 500 a 1000 horas.

**Cuadro N° 44 Resumen Vida Util Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Parte del Equipo	Vida Util (Horas)
Motor	10408
Convertidor	10408
Transmicion	10408
Linea Cardiana	2602
Diferencial	2602
Sistema Hidraulico	10408
Frenos	10408
Chasis	10408
Sistema Electrico	10408
Neumaticos	1301

Fuente: Observacion Propia (2019)

**4.4.2- Evaluación Confiabilidad y Disponibilidad**

La evaluación de confiabilidad se detalla para el cálculo de la disponibilidad los equipos repotenciados alcanzaron un total de 10 000 horas muy similar a un equipo nuevo, en el siguiente cuadro se tiene la disponibilidad del equipo repotenciado para 5000 horas trabajadas.

**Cuadro N° 45 Disponibilidad Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Mes	HP	HT	PP	MC	DISP. PLAN.	DISP. REAL (%)
Enero	500	430	22	12	90	93.2
Febrero	500	420	36	18	90	89.2
Marzo	500	415	22	10	90	93.6
Abril	500	448	16	20	90	92.8
Mayo	500	432	25	14	90	92.2



Junio	500	436	18	24	90	91.6
Julio	500	442	14	30	90	91.2
Agosto	500	451	23	14	90	92.6
Setiembre	500	426	42	10	90	89.6
Octubre	500	439	30	19	90	90.2
Noviembre	500	437	31	14	90	91
Diciembre	500	412	20	17	90	92.6

Fuente: Observacion Propia (2019)

La Confiabilidad del equipo scooptram 4yd<sup>3</sup> se muestra a continuación:

**Cuadro N° 46 Confiabilidad Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

MES	HP	HT	CONFIABILIDAD
ENERO	500	432	86.4
FEBRERO	500	441	88.2
MARZO	500	425	85
ABRIL	500	419	83.8
MAYO	500	426	85.2
JUNIO	500	439	87.8
JULIO	500	450	90
AGOSTO	500	451	90.2
SETIEMBRE	500	428	85.6
OCTUBRE	500	429	85.8
NOVIEMBRE	500	447	89.4
DICIEMBRE	500	433	86.6

Fuente: Observacion Propia (2019)

Se detalla a continuación el resumen de costos del Equipo repotenciado

MOTOR DETROIT DIESEL SERIE 50

**Cuadro N° 47 Costo Repotenciado del Motor Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Cantidad	Descripción	Costo (\$)
1	Motor diesel serie 50 Modelo 6043 TK 32 250 HP	\$24,000.00
1	Radiador 5580004766 / Mesabi: 64253	\$11,000.00
1	Tanque compensación: 5575625700	\$1,800.00
4	Manguera aire intercooler: 5580003664	\$960.00
1	Tubería del turbo al intercooler: 5572000800	\$652.00

1	Tubería intercooler - múltiple admisión: 5572000900	\$831.00
8	Abrazadera de manguera: 5540099600	\$240.00
1	Abrazadera del turbo escape: 5580004869	\$85.00
1	Codo del sistema escape: 5580004866	\$268.00
1	Tubería flexible sistema escape: 5580004870	\$186.25
2	Abrazadera de tubería flexible: 5535050300	\$165.14
1	Purificador de escape: 5575700040	\$2,458.00
1	Silenciador: 5541609700	\$2,356.00
1	Paleta de ventilador: 5540856400	\$856.40
1	Cabezal del filtro separador R90P: 5540560200	\$356.00
12	Gomas soporte motor: 5540903200	\$960.00
1	Mano de Obra por modificar soporte motor	\$1,800.00
1	Mano de Obra por preparar base radiador	\$350.00
1	Mano de Obra por preparar protector delantero radiador	\$625.00
4	Mangueras de agua: 5570964100	\$252.00
8	Abrazaderas mangueras de agua: 5 540817800	\$96.00
1	Codo de admisión saliendo carcasa: 5535244100	\$294.00
1	Tubería del filtro aire a codo de entrada al turbo	\$324.00
1	Codo de la tubería de aire al turbo: 5537132200	\$186.00
1	Tubería del codo al turbo : 5572001000	\$245.00
1	Tubería bomba-enfriador transmisión: 5571980500	\$365.00
4	Mangueras para unir tuberías del enfriador transmisión	\$162.00
1	Tubería del enfriador- motor: 5571980400	\$487.00
1	Tubería entrada agua radiador: 5571980200	\$256.00
1	Tubería salida radiador a la bomba: 5571980300	\$492.00
1	Fabricación tanque de combustible: 5571893200	\$845.50
Total		\$53,953.29

Fuente: Observacion Propia (2019)

CONVERTIDOR DE TORQUE

**Cuadro N° 48 Costo Repotenciado del Convertidor Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Cantidad	Descripcion	Costo (\$)
1	Impeller cover: 5540731400	\$2,564.00
1	drive plate kit: 5540743800	\$842.00
1	Turbine 5533374800 1215.00 01 Estator 5533357400	\$847.00
1	Impeller hub: 5533375000	\$381.00
1	Impeller 5533374900	\$1,452.00
1	Enfriador aceite transmisión: 5572948800	\$1,465.00
Total		\$7,551.00

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

LINEA CARDANICA

**Cuadro N° 49 Costo Repotenciado de la Linea Cardiana Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Cantidad	Descripcion	Costo (\$)
1	01 Eje de caja rodamientos: 5541575800	\$420.00
2	02 Yugo caja rodamientos: 5540744400	\$365.00
2	02 Rodaje caja rodamientos: 5540744000	\$122.00
2	02 Reten caja rodamientos: 5540743900	\$150.00
2	02 Tuerca caja rodamientos: 5540744000	\$241.50
4	04 Laina caja rodamientos: 5540744200	\$260.54
1	01 Carcasa caja rodamientos: 5541575700	\$465.00
1	01 Modificar cardan central: 557239020	\$562.00
1	01 Modificar cardan delantera: 5541077000	\$384.00
Total		\$2,970.04

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

ARTICULACION CENTRAL

**Cuadro N° 50 Costo Repotenciado de la Articulacion Central Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Cantidad	Descripcion	Costo (\$)
2	Preparar chasis delantero para pista doble rodaje Incluye maquinado	\$846.00
2	Preparar chasis posterior para alojamiento de las tapas	\$421.00

1	Tapa superior articulación: 5571494800 Fabricado en taller	\$345.00
1	Tapa inferior articulación: 5571494900 Fabricado en taller	\$421.00
1	Preparar pines inferior y superior: 5571352900	\$974.00
2	5541006900 / 5541006900 Timken rodaje	\$1,284.00
2	5571353100 Laines de regulación	\$160.00
2	5571353200 Laines de regulación	\$110.00
2	5571353300 Laines de regulación	\$150.00
2	5571353400 Laines de regulación	\$180.00
Tota 1		\$4,891.00

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

Los costos totales por el repotenciado se muestran a continuación:

**Cuadro N° 51 Costos Totales del Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Descripción	Costo (\$)
Motor diésel nuevo Serie 50, incluido sistema de admisión Combustible, escape, enfriamiento	\$53,953.29
Conversión del convertidor a C8502	\$7,551.00
Modificación de línea cardanica	\$2,970.04
Modificación de la articulación central	\$4,891.00
Total	\$69,365.33

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

Los costos adicionales para el Overhaul completo será:

**Cuadro N° 52 Costo Overhaul en Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Descripcion	Costo (\$)
Caja transmisión R32000 reparación	\$3,221.14
Línea cardanica ( crucetas nuevas )	\$680.58
Eje delantero 19D reparación (mandos finales, frenos y diferencial)	\$3,485.16
Eje posterior 19D reparación (mandos finales, frenos y diferencial)	\$3,617.25
Reparación oscilante con cambio de bocinas y espaciadores	\$1,214.18
Sistema hidráulico incluye cambio de bombas, válvulas	\$8,695.26
Sistema de frenos, incluye bomba, válvulas	\$2,465.61
Chasis incluye: cuchara, boom, pines, bocinas, insertos, chasis delantero, chasis posterior, techo operador, protectores	\$8,421.78
Llantas: 02 nuevas, 03 reencauchadas, aros todos 1800 x 25	\$16,145.26
Lubricantes, grasas, refrigerante, filtros	\$1,757.26
Mangueras hidráulicas: motor, transmisión, hidráulico y frenos	\$4,671.56
Pintura del equipo	\$1,126.15
Mano de obra	\$10,500.00
Total	\$66,001.19

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

Los costos totales del repotenciado más el overhaul será:

**Cuadro N° 53 Resumen Costos Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Descripción	Costo (\$)
Repotenciado Equipo	\$69,365.33
Overhaul completo al equipo repotenciado	\$66,001.19
Total	\$135,366.52

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

En el siguiente cuadro se detalla los costos del overhaul de motor de equipo repotenciado.

**Cuadro N° 54 Costos Overhaul Motor Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

motor	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
Filtro aire IPI24867	42	\$68.80	\$2,889 .60
Filtro aire IPI24886	38	\$31.45	\$1,195 .10
Aceite motor 15W 40 (galones)	420	\$8.18	\$3,435 .60
Filtro aceite deutz 23530707 (2 unidades)	84	\$18.45	\$1,549 .80
Filtro petroleo deutz 23530707 (2 unidades)	46	\$10.40	\$478.4 0
Filtro separador de agua LFP 2000c	42	\$12.42	\$521.6 4
Filtro de agua: 23530707	12	\$26.25	\$315.0 0
Termostato: 23530707	6	\$48.23	\$289.3 8
Faja Ventilador: 6640846000	9	\$32.48	\$292.3 2
Tapa Radiador: 5540207600	2	\$242.25	\$484.5 0
Manguera Aire: 66400099500	4	\$124.38	\$497.5 2
Manguera de Agua:6670964100	6	\$82.45	\$494.7 0
Reparacion turbo:23530707	1	\$981.17	\$981.1 7
Anticogelante ExtendLife 50/50 / galones	60	\$8.42	\$505.2 0
Inyector Electronico detroit:62356000	4	\$981.17	\$3,924 .68
Bomba Combustible: 23530707	1	\$323.24	\$323.2 4
Jebes soporte motor deutz 6640903200	12	\$36.25	\$435.0 0
Bomba de agua: 23530707	1	\$800.60	\$800.6 0
Total			\$19,41 3.45

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

En el siguiente cuadro se detalla los costos del overhaul de convertidor de equipo repotenciado.

**Cuadro N° 55 Costos Overhaul Convertidor Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

convertidor	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
mantenimiento valvula de presion	1	\$45.26	\$45.26
Juego de mangueras hidraulicas	1	\$842.16	\$842.16
kit sello convertido C8500:5536923000	1	\$562.40	\$562.40
Plato Flexible: 5540743800	1	\$879.48	\$879.48
Metalizado Yugo: 5533340000	1	\$345.56	\$345.56
Respirador: 6540849900	3	\$84.56	\$253.68
Total			\$2,674.86

Fuente: Observacion Propia (2019)

En el siguiente cuadro se detalla los costos del overhaul de motor de equipo repotenciado.

En el siguiente cuadro se detalla los costos del overhaul de caja de transmision de equipo repotenciado.

**Cuadro N° 56 Costos Overhaul Caja Transmicion Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

caja transmicion	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
filtro transmision P1655569	24	\$40.45	\$970.80
aceite transmision donax TD	150	\$8.45	\$1,267.50
bomba transmision: 5536490900	1	\$2,800.25	\$2,800.25
kit sellos caja de transmision	1	\$420.00	\$420.00
kit mangueras hidraulicas	1	\$1,245.94	\$1,245.94
Metalizado Yugo: 5536531800	2	\$271.15	\$542.30
Total			\$6,704.49

Fuente: Observacion Propia (2019)

En el siguiente cuadro se detalla los costos del overhaul de línea cardiana de equipo repotenciado.

**Cuadro N° 57 Costos Overhaul Línea Cardiana Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

línea cardiana	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
crucetas cardan convertidor	2	\$60.65	\$121.30
Reparacion caja rodamientos	2	\$465.14	\$930.28
crucetas cardan corona posterior	4	\$60.65	\$242.60
crucetas cardan corona delantera	2	\$180.23	\$360.46
crucetas cardan central	4	\$145.78	\$583.12
Total			\$2,237. 76

Fuente: Observacion Propia (2019)

En el siguiente cuadro se detalla los costos del overhaul de diferencial de equipo repotenciado.

**Cuadro N° 58 Costos Overhaul Diferencial Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

diferencial y mandos	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
tapa mando final	4	\$154.00	\$616.00
metalizado yugo de corona	2	\$341.27	\$682.54
reten mando final	4	\$102.36	\$409.44
espejo de mando final	4	\$336.58	\$1,346.3 2
esparragos de rueda	92	\$7.85	\$722.20
tuercas de rueda	40	\$9.40	\$376.00
mantenimiento aros 1800 x 25	2	\$467.35	\$934.70
aceite diferencial 85w140	68	\$8.21	\$558.28
Total			\$5,645.4 8

Fuente: Observacion Propia (2019)



En el siguiente cuadro se detalla los costos del overhaul de sistema hidraulico de equipo repotenciado.

**Cuadro N° 59 Costos Overhaul Sistema Hidráulico Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

sistema hidraulico	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
aceite hidraulico N°68	385	\$6.81	\$2,621.85
Filtro hidraulico	7	\$109.87	\$769.09
mangueras hidraulicas			\$2,405.16
kit	1	\$2,405.16	6
valvula direccion	2	\$245.56	\$491.12
bomba levante volteo	1	\$1,456.00	\$1,456.00
juego sellos cilindros direccion	2	\$225.00	\$450.00
juego sellos levante	2	\$480.40	\$960.80
juegos sellos volteo	1	\$644.30	\$644.30
valvula levante volteo	1	\$366.15	\$366.15
valvula pilotaje volteo	2	\$148.36	\$296.72
Total			\$10,461.19

Fuente: Observacion Propia (2019)

**Cuadro N° 60 Costos Overhaul Frenos Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

frenos	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
bomba de freno	1	\$128.42	\$128.42
valvula de carga	2	\$247.56	\$495.12
kit acumulador	4	\$230.41	\$921.64
pedal freno	2	\$85.36	\$170.72
Valvula Selenoide	1	\$897.45	\$897.45
Total			\$2,613.35

Fuente: Observacion Propia (2019)

En el siguiente cuadro se detalla los costos del overhaul de chasis de equipo repotenciado.

**Cuadro N° 61 Costos Overhaul Chasis Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST  
4C / 0098**

chasis	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
labio cuchara	2	\$1,247.50	\$2,495. 00
cuchara	1	\$2,314.60	\$2,314. 60
bocina cuchara	2	\$480.20	\$960.40
pinos cuchara	2	\$300.50	\$601.00
bocina direccion	4	\$142.30	\$569.20
pinos direccion	2	\$172.46	\$344.92
bocina oscilante	2	\$240.10	\$480.20
rotulas de articulacion central	2	\$684.15	\$1,368. 30
Lainas articulacion 5571353200	2	\$60.45	\$120.90
Lainas articulacion 5571353300	2	\$64.25	\$128.50
Lainas articulacion 5571353400	2	\$72.80	\$145.60
bocina eje	2	\$336.80	\$673.60
reparacion boom	1	\$456.45	\$456.45
<b>Total</b>			\$10,658 .67

**Fuente: Observacion Propia (2019)**

En el siguiente cuadro se detalla los costos del overhaul de sistema eléctrico de equipo repotenciado.

**Cuadro N° 62 Costos Overhaul Sistema Electrico Equipo Repotenciado Scooptram  
4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

sistema electrico	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
baterias 12v	2	\$320.00	\$640.00
Sensor temperatura aceite	1	\$103.60	\$103.60
sensor temperatura refrigerante	1	\$55.90	\$55.90
reparacion alternador	2	\$416.65	\$833.30
reparacion arrancador	2	\$645.25	\$1,290.5 0
horometro	1	\$60.00	\$60.00

sensor presion turbo	1	\$152.37	\$152.37
faros	8	\$42.38	\$339.04
sensor nivel refrigerante	1	\$127.57	\$127.57
tablero principal	1	\$681.20	\$681.20
harnes del motor	1	\$883.25	\$883.25
Valvula Selenoide	1	\$812.97	\$812.97
Total			\$5,979.70

Fuente: Observacion Propia (2019)

En el siguiente cuadro se detalla los costos del overhaul de neumáticos de equipo repotenciado.

**Cuadro N° 63 Costos Overhaul Neumaticos Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

neumaticos	Cant. Piezas por año	Cost unitario \$	Costo total \$
llantas	4	\$4,500.00	\$18,000.00
camaras	10	\$140.00	\$1,400.00
guardacamaras	10	\$80.00	\$800.00
Total			\$20,200.00

Fuente: Observacion Propia (2019)

En el siguiente cuadro se detalla el resumen de repotenciado y overhaul de equipo scooptram repotenciado.

**Cuadro N° 64 Resumen Overhaul Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Parte del Equipo	Costo Mantenimiento
Motor	\$19,413.45
Convertidor	\$2,674.86
Transmicion	\$6,704.49
Linea Cardiana	\$2,237.76
Diferencial	\$5,645.48
Sistema Hidraulico	\$10,461.19
Frenos	\$2,613.35
Chasis	\$10,658.67
Sistema Electrico	\$5,979.70
Neumaticos	\$20,200.00
Total	\$86,588.95

Fuente: Observacion Propia (2019)

#### 4.5.-Evaluación de Rendimiento Scooptram 4YD<sup>3</sup> Nuevo y Repotenciado de Acarreo en el Tajo 2829N

Las observaciones de los tiempos de acarreo T1= Tiempo de Carga, T2= Tiempo Descarga, T3= Tiempo de Acarreo y T4= Tiempo de Retorno, se realizan con el objetivo de encontrar el Rendimiento Efectivo (ton/hora), con el rendimiento efectivo se va determinar qué equipo acarrea más en interior mina, para ello se ha tomado las siguientes condiciones, Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup>, factor de llenado cucharón (0.75), esponjamiento (0.4), densidad promedio 2.5(ton/m<sup>3</sup>), distancia de acarreo 130 metros, considerando 12 días de observación en guardia día se tiene el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 65 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

Ite m	09/0 4/2019	10/0 4/2019	11/0 4/2019	12/0 4/2019	13/0 4/2019	14/0 4/2019	15/0 4/2019	16/0 4/2019	17/0 4/2019	18/0 4/2019	19/0 4/2019	20/0 4/2019
. T Carga	2.15	2.22	2.31	1.95	2.18	2.25	2.28	1.84	2.35	2.19	2.33	1.98
. T Descarga	0.85	0.89	0.78	0.82	0.95	0.79	0.85	0.97	1.15	1.18	0.88	0.94
. T Acarreo	2.21	2.14	2.08	1.99	1.56	1.66	1.84	1.58	1.78	2.01	1.92	1.87
. T Retorno	1.23	1.31	1.29	1.34	1.42	1.39	1.24	1.28	1.33	1.25	1.41	1.35
N ° Ciclos por hora	9.32	9.15	9.29	9.84	9.82	9.85	9.66	10.5 8	9.08	9.05	9.17	9.77
R . EFEC	30.4 5	29.8 9	30.3 5	32.1 4	32.0 9	32.2 0	31.5 7	34.5 8	29.6 6	29.5 7	29.9 8	31.9 3

Fuente: Observación Propia (2019)

Las observaciones de los tiempos de acarreo T1= Tiempo de Carga, T2= Tiempo Descarga, T3= Tiempo de Acarreo y T4= Tiempo de Retorno, se realizan con el objetivo de encontrar el Rendimiento Efectivo (ton/hora), con el rendimiento efectivo se va determinar que equipo acarrea mas en interior mina, para ello se ha tomado las siguientes condiciones, Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup>, factor de llenado cucharon (0.75), esponjamiento (0.4), densidad promedio 2.5(ton/m<sup>3</sup>), distancia de acarreo 90 metros, considerando 12 dias de observación en guardia dia se tiene el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 66 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

Ite m	09/0 3/2019	10/0 3/2019	11/0 3/2019	12/0 3/2019	13/0 3/2019	14/0 3/2019	15/0 3/2019	16/0 3/2019	17/0 3/2019	18/0 3/2019	19/0 3/2019	20/0 3/2019
T Carga	1.08	1.11	1.16	0.98	1.09	1.13	1.14	0.92	1.18	1.10	1.17	0.99
T Descarga	0.43	0.45	0.39	0.41	0.48	0.40	0.43	0.49	0.58	0.59	0.44	0.47
T Acarreo	1.11	1.07	1.04	1.00	0.78	0.83	0.92	0.79	0.89	1.01	0.96	0.94
T Retorno	0.62	0.66	0.65	0.67	0.71	0.70	0.62	0.64	0.67	0.63	0.71	0.68
N ° Ciclos por hora	18.6 3	18.2 9	18.5 8	19.6 7	19.6 4	19.7 0	19.3 2	21.1 6	18.1 5	18.1 0	18.3 5	19.5 4
R EFEC	60.8 9	59.7 8	60.7 0	64.2 9	64.1 8	64.3 9	63.1 5	59.1 6	59.3 3	59.1 5	59.9 6	63.8 7

**Fuente: Observación Propia (2019)**

Las observaciones de los tiempos de acarreo T1= Tiempo de Carga, T2= Tiempo Descarga, T3= Tiempo de Acarreo y T4= Tiempo de Retorno, se realizan con el objetivo de encontrar el Rendimiento Efectivo (ton/hora), con el rendimiento efectivo se va determinar que

equipo acarrea mas en interior mina, para ello se ha tomado las siguientes condiciones, Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup>, factor de llenado cucharon (0.75), esponjamiento (0.4), densidad promedio 2.5(ton/m<sup>3</sup>), distancia de acarreo 50 metros, considerando 12 dias de observación en guardia dia se tiene el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 67 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

Ite m	09/0 2/2019	10/0 2/2019	11/0 2/2019	12/0 2/2019	13/0 2/2019	14/0 2/2019	15/0 2/2019	16/0 2/2019	17/0 2/2019	18/0 2/2019	19/0 2/2019	20/0 2/2019
. Carga <sup>T</sup>	.54	.56	.58	.49	.55	.56	.57	.46	.59	.55	.58	.50
. Descarga <sup>T</sup>	.21	.22	.20	.21	.24	.20	.21	.24	.29	.30	.22	.24
. Acarreo <sup>T</sup>	.55	.54	.52	.50	.39	.42	.46	.40	.45	.50	.48	.47
. Retorno <sup>T</sup>	.31	.33	.32	.34	.36	.35	.31	.32	.33	.31	.35	.34
° Ciclos por hora <sup>N</sup>	37.2 7	36.5 9	37.1 5	39.3 4	39.2 8	39.4 1	38.6 5	42.3 3	36.3 1	36.2 0	36.7 0	39.0 9
. EFEC <sup>R</sup>	121. 78	119. 56	121. 41	128. 57	128. 36	128. 78	126. 29	138. 32	118. 65	118. 29	119. 92	127. 73

Fuente: Observación Propia (2019)

Las observaciones de los tiempos de acarreo T1= Tiempo de Carga, T2= Tiempo Descarga, T3= Tiempo de Acarreo y T4= Tiempo de Retorno, se realizan con el objetivo de encontrar el Rendimiento Efectivo (ton/hora), con el rendimiento efectivo se va determinar que equipo acarrea mas en interior mina, para ello se ha tomado las siguientes condiciones, Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup>, factor de llenado cucharon (0.75), esponjamiento (0.4), densidad

promedio 2.5(ton/m<sup>3</sup>), distancia de acarreo 130 metros, considerando 12 días de observación en guardia día se tiene el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 68 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Ite m	03/0 9/2019	04/0 9/2019	05/0 9/2019	06/0 9/2019	07/0 9/2019	08/0 9/2019	09/0 9/2019	10/0 9/2019	11/0 9/2019	12/0 9/2019	13/0 9/2019	14/0 9/2019
. Carga T	1.62	1.56	1.58	1.64	1.61	1.54	1.52	1.63	1.66	1.67	1.53	1.69
. Descarga T	0.51	0.54	0.53	0.61	0.58	0.61	0.63	0.64	0.56	0.49	0.5	0.57
. Acarreo T	1.45	1.51	1.56	1.5	1.54	1.48	1.46	1.52	1.64	1.49	1.5	1.48
. Retorno T	1.21	1.16	1.18	1.14	1.21	1.25	1.23	1.17	1.24	.28	1.26	1.31
° Ciclos por hora N	12.5 3	12.5 8	12.3 7	12.2 7	12.1 5	12.3 0	12.4 0	12.1 0	11.7 6	12.1 7	12.5 3	11.8 8
. EFEC R	40.9 3	41.1 1	40.4 3	40.1 0	39.6 9	40.1 8	40.5 1	39.5 3	38.4 5	39.7 7	40.9 3	38.8 3

**Fuente: Observación Propia (2019)**

Las observaciones de los tiempos de acarreo T1= Tiempo de Carga, T2= Tiempo Descarga, T3= Tiempo de Acarreo y T4= Tiempo de Retorno, se realizan con el objetivo de encontrar el Rendimiento Efectivo (ton/hora), con el rendimiento efectivo se va determinar que equipo acarrea mas en interior mina, para ello se ha tomado las siguientes condiciones, Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup>, factor de llenado cucharon (0.75), esponjamiento (0.4), densidad promedio 2.5(ton/m<sup>3</sup>), distancia de acarreo 90 metros, considerando 12 días de observación en guardia día se tiene el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 69 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Ite m	03/0 8/2019	04/0 8/2019	05/0 8/2019	06/0 8/2019	07/0 8/2019	08/0 8/2019	09/0 8/2019	10/0 8/2019	11/0 8/2019	12/0 8/2019	13/0 8/2019	14/0 8/2019
T. Carga	.81	.78	.79	.82	.81	.77	.76	.82	.83	.84	.77	.85
T. Descarga	.26	.27	.27	.31	.29	.31	.32	.32	.28	.25	.25	.29
T. Acarreo	.73	.76	.78	.75	.77	.74	.73	.76	.82	.75	.75	.74
T. Retorno	.61	.58	.59	.57	.61	.63	.62	.59	.62	.64	.63	.66
N° Ciclos por hora	25. 05	25. 16	24. 74	24. 54	24. 29	24. 59	24. 79	24. 19	23. 53	24. 34	25. 05	23. 76
R. EFEC	81. 87	82. 21	80. 85	80. 19	79. 38	80. 36	81. 02	79. 06	76. 89	79. 54	81. 87	77. 65

Fuente: Observación Propia (2019)

Las observaciones de los tiempos de acarreo T1= Tiempo de Carga, T2= Tiempo Descarga, T3= Tiempo de Acarreo y T4= Tiempo de Retorno, se realizan con el objetivo de encontrar el Rendimiento Efectivo (ton/hora), con el rendimiento efectivo se va determinar que equipo acarrea mas en interior mina, para ello se ha tomado las siguientes condiciones, Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup>, factor de llenado cucharon (0.75), esponjamiento (0.4), densidad promedio 2.5(ton/m<sup>3</sup>), distancia de acarreo 50 metros, considerando 12 dias de observación en guardia día se tiene el siguiente cuadro:



**Cuadro N° 70 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0098**

Ite m	03/0 7/2019	04/0 7/2019	05/0 7/2019	06/0 7/2019	07/0 7/2019	08/0 7/2019	09/0 7/2019	10/0 7/2019	11/0 7/2019	12/0 7/2019	13/0 7/2019	14/0 7/2019
. Carga <sup>T</sup>	.41	.39	.40	.41	.40	.39	.38	.41	.42	.42	.38	.42
. Descarga <sup>T</sup>	.13	.14	.13	.15	.15	.15	.16	.16	.14	.12	.13	.14
. Acarreo <sup>T</sup>	.36	.38	.39	.38	.39	.37	.37	.38	.41	.37	.38	.37
. Retorno <sup>T</sup>	.30	.29	.30	.29	.30	.31	.31	.29	.31	.32	.32	.33
° Ciclos por hora <sup>N</sup>	50.1 0	50.3 1	49.4 8	49.0 8	48.5 8	49.1 8	49.5 9	48.3 9	47.0 6	48.6 8	50.1 0	47.5 2
. EFEC <sup>R</sup>	163. 73	164. 42	161. 71	160. 39	158. 76	160. 71	162. 04	158. 12	153. 78	159. 08	163. 73	155. 30

Fuente: Observación Propia (2019)

En el siguiente cuadro se tiene el resumen de rendimiento efectivos toneladas acarreadas por hora en Tajo 2829N, para equipo Scooptram Nuevo, la observación se hace de acuerdo a distancias de extracción desde 50 metros a 130 metros, a punto final carguío a volquete bajo perfil.

**Cuadro N° 71 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Nuevo Scooptram 4yd<sup>3</sup> ST 4C / 0011**

Distancia	Ren. Efectivo (ton/hora)
50 m	124.81
90 m	62.40
130 m	31.20

Fuente: Observación Propia (2019)

En el siguiente cuadro se tiene el resumen de rendimiento efectivo toneladas acarreadas por hora en Tajo 2829N, para equipo Scooptram Repotenciado, la observación se hace de acuerdo

a distancias de extracción desde 50 metros a 130 metros, a punto final carguío a volquete bajo perfil.

### **Cuadro N° 72 Rendimiento Efectivo (ton/h) Equipo Repotenciado Scooptram 4yd<sup>3</sup>**

**ST 4C / 0098**

Distancia	Ren. Efectivo (ton/hora)
50 m	160.15
90 m	80.07
130 m	40.04

**Fuente: Observación Propia (2019)**

Como se observa la diferencia entre equipo repotenciado y nuevo para 50 metros de acarreo son de 36 (ton/h), para 90 metros de acarreo son de 18 (ton/h) y para 130 metros de acarreo son de 9 (ton /h), en todo momento, el equipo repotenciado demuestra mayor rendimiento efectivo en resumen puede acarrear más que un equipo nuevo.

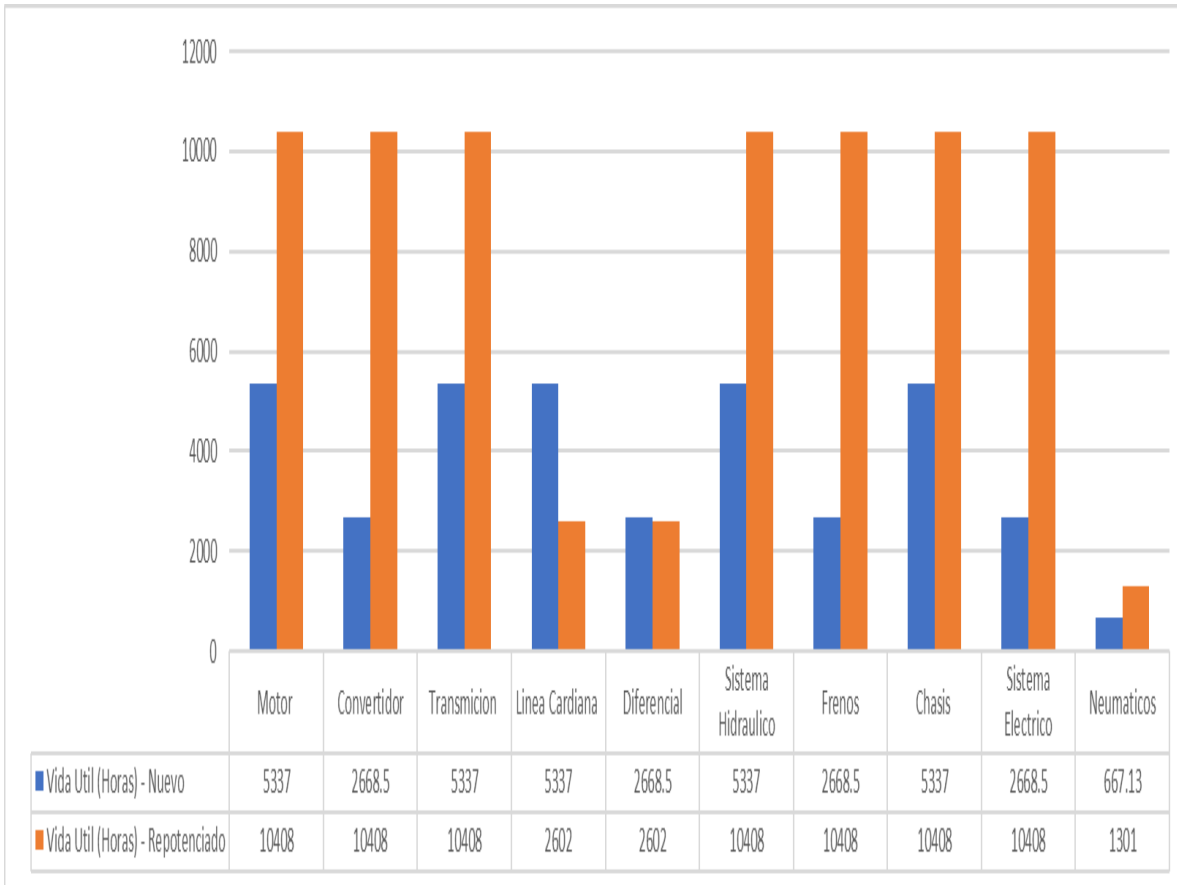
#### **4.5.1.- Resultados del uso de Equipos Repotenciados Scooptram 4YD<sup>3</sup>**

La vida útil se detalla de acuerdo a la parte del equipo que tiene un mayor desgaste, hay partes que no son fundamentales para el equipo y su cambio es inmediato, estas partes muchas veces no suelen detener por completo el equipo ya que su mantenimiento es de tipo correctivo, aunque siempre son indispensables para el correcto desempeño del equipo.

La parte más importante del equipo vendría a ser el motor, por lo general el motor es la parte que activa a todos los demás sistemas, el motor utilizado es de accionamiento por compresión y estos motores con el tiempo van perdiendo fuerza y la acumulación de residuos productos de la mala dosificación de combustible genera daño en el motor, llegando a un momento en donde el equipo no tiene fuerza suficiente y se le hace trabajar más al motor llegando este a perder fuerza y malograrse, por ende malograr las diferentes partes del equipo por su mal funcionamiento.

Es así que en el siguiente grafico se detalla la vida de los diferentes componentes del equipo, por lo general solo se tiene una vida útil del equipo nuevo es de 2 años que vendría a ser 5337 horas trabajadas, hay que recordar que las horas trabajadas están sujetas a los diferentes overhauls efectuados.

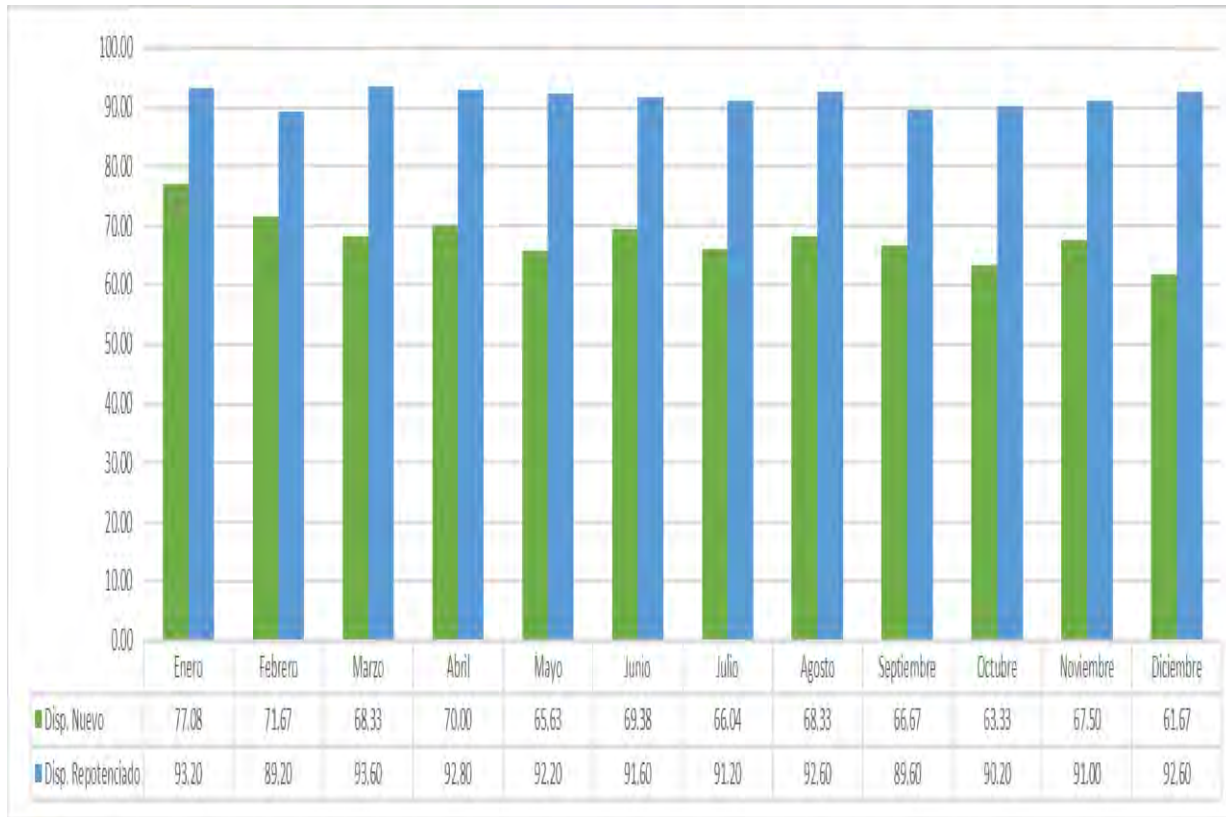
**Gráfico N° 1 Comparativa Vida Util Equipo Nuevo y Repotenciado**



**Fuente: Análisis Propio**

La disponibilidad del equipo esta sujeta a los diferentes overhauls, a mayor overhauls menos disponibilidad del equipo ya que este se encontrara en mantenimiento por diferentes desperfectos, esto implica costos ya que un equipo que se encuentra parado y no disponible generar perdidas, es asi que en el siguiente grafico se muestra la disponibilidad del equipo nuevo durante un año de operación, esta disponibilidad llega entre un 60% a 80%, en cambio un equipo repotenciado llega a una disponibilidad entre 80% a 90% lo que disminuye los costos generados por overhaul y paradas de equipo.

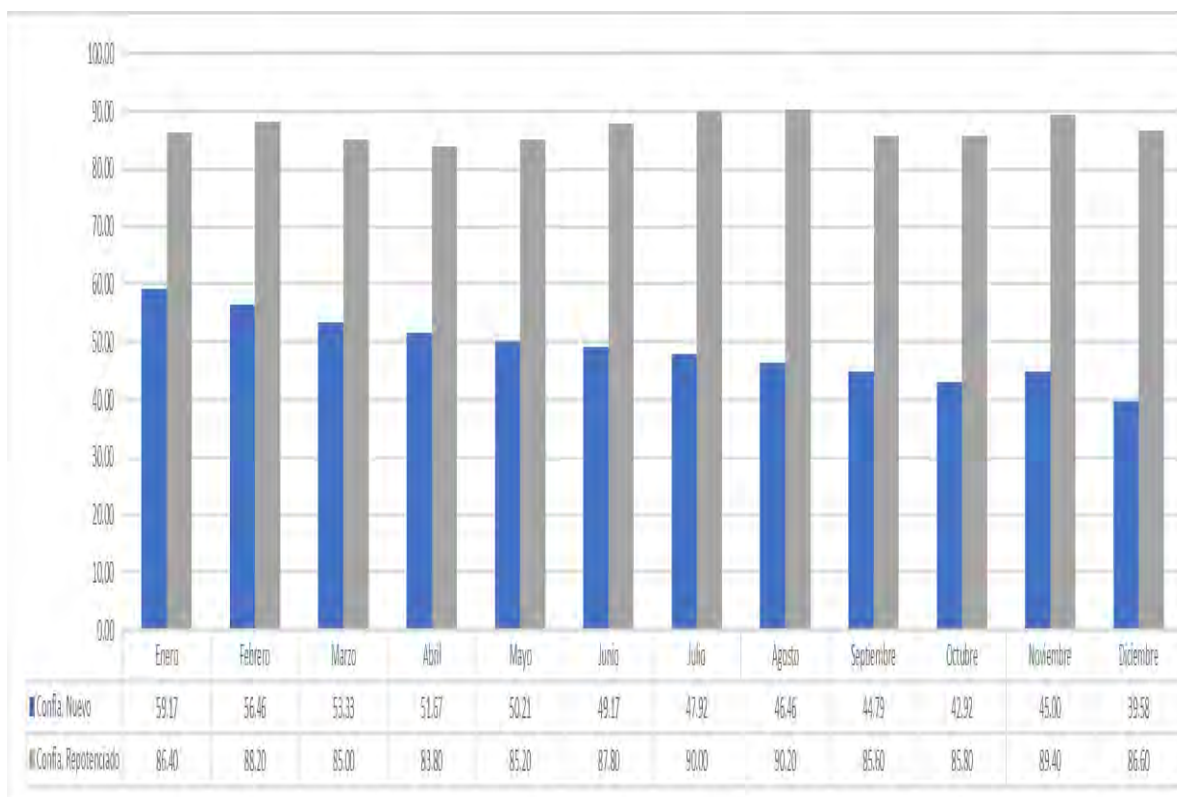
**Gráfico N° 2 Comparativa Disponibilidad Equipo Nuevo y Repotenciado**



**Fuente: Análisis Propio**

La confiabilidad del equipo esta referida al tiempo programado de uso el tiempo de uso real que tiene el equipo, es importante ya que en la programación que se tiene se programa los overhaul cada 500, 1000 hasta 3000 horas dependiendo del equipo, muchas veces estos programas se ven alterados por fallas en el equipo y por lo tanto esta disminuye sus horas programadas por lo que el equipo pierde confiabilidad, todos estos costos generados incrementan los costos en las operaciones, el equipo repotenciado es el que tiene una mayor confiabilidad respecto al equipo nuevo usado en las operaciones.

**Gráfico N° 3 Comparativa Confiabilidad Equipo Nuevo y Repotenciado**



**Fuente: Análisis Propio**

#### **4.5.2- Resultados de Costos y Rendimiento**

En la siguiente grafica se tiene el resumen de costos de adquisicion de un equipo scooptram 4yardas cubicas nuevo y uno repotenciado, la diferencia es de 15 mil dólares en promedio dependiendo de cómo se encuentre el equipo usado, la diferencia no es significativa, pero como se observa el equipo repotenciado tiene mayor confiabilidad y disponibilidad, esto es importante ya que la diferencia de costos no es lo principal el hecho de disminuir las pérdidas generadas por

los equipos reduce costos en el proceso de acarreo, es así que en muchos casos los equipos repotenciados son más rentables.

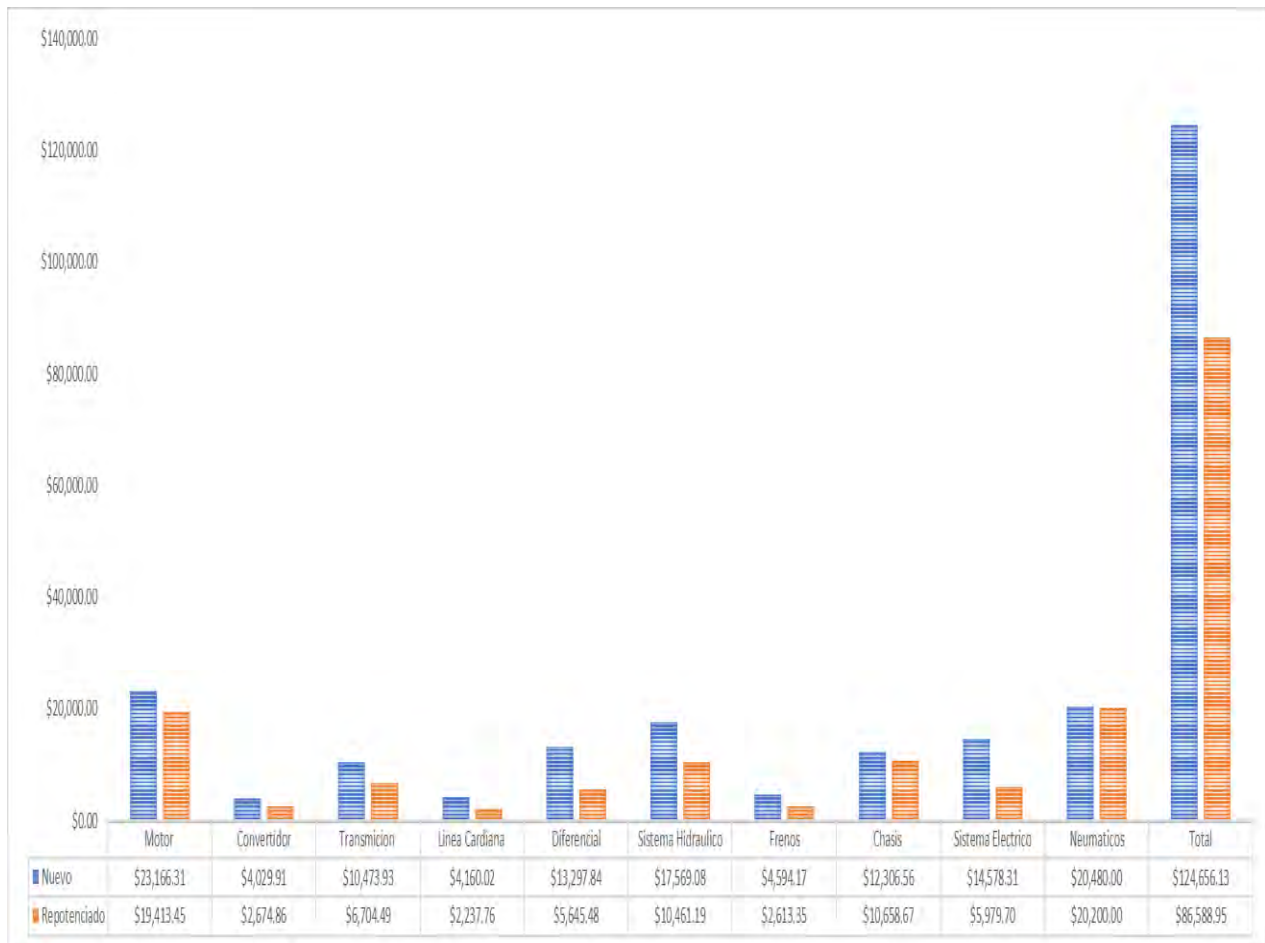
**Gráfico N° 4 Comparativa Costo Equipo Nuevo y Repotenciado**



**Fuente: Análisis Propio**

Como se observa en la siguiente grafica los costos del overhaul de un equipo nuevo y uno repotenciado tienen una gran diferencia, generalmente los costos de mantenimiento en un equipo repotenciado son menores y esto es beneficioso cuando se tienen que asumir costos de mantenimiento, muchos de los costos de mantenimiento disminuyen en un equipo repotenciado ya que las partes utilizadas son de mejor desempeño lo que implica que tenga mayor vida útil.

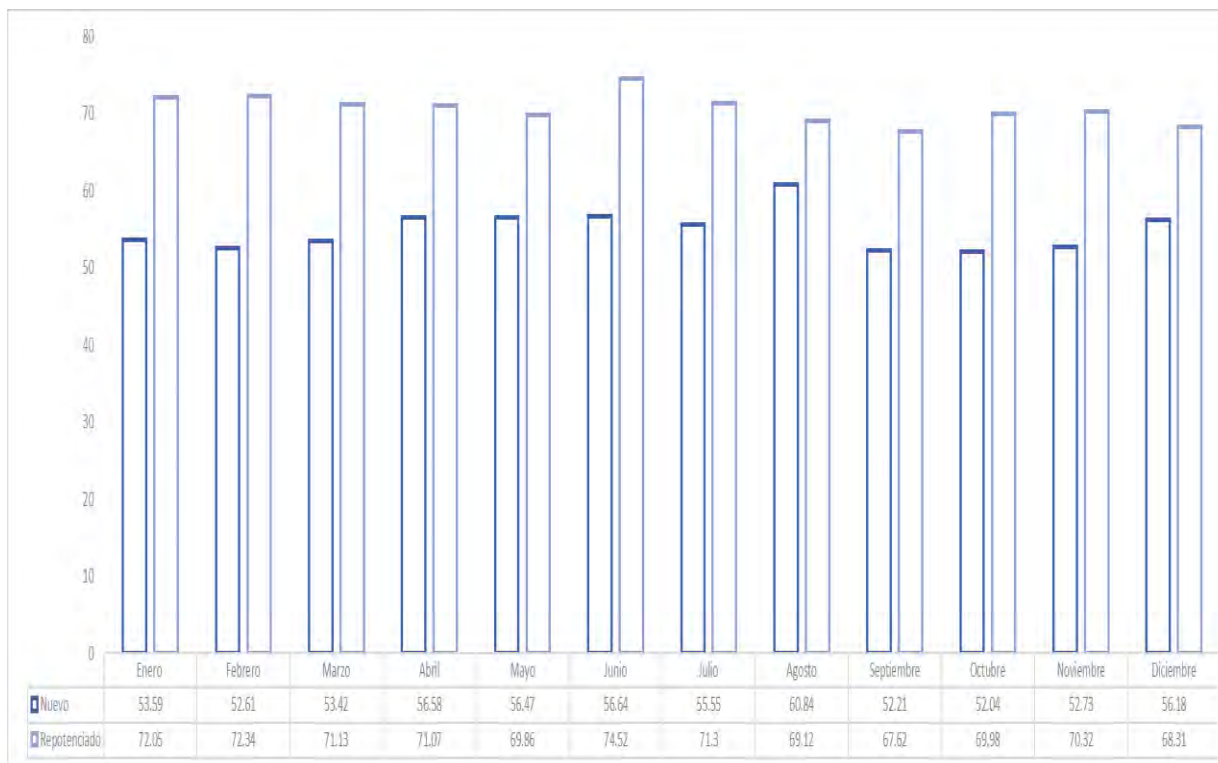
**Gráfico N° 5 Comparativa Overhaul Equipo Nuevo y Repotenciado**



**Fuente: Análisis Propio**

La última comparativa se refiere al rendimiento de un equipo nuevo y uno repotenciado el rendimiento se refiere a la interacción del equipo y proceso de acarreo por lo tanto siempre el equipo tiene un buen rendimiento este será de gran utilidad en la mina, es así que la comparativa muestra en promedio para un equipo nuevo un rendimiento de 50 % mientras que el equipo repotenciado llega a 70%, esto se puede deber a varios factores pero lo principal es que en el repotenciado se incrementa el rendimiento por las partes utilizadas que en muchos casos son de mejor desempeño.

**Gráfico N° 6 Comparativa Rendimiento Equipo Nuevo y Repotenciado**



**Fuente: Análisis Propio**



## CONCLUSIONES

1. Los factores que reducen el rendimiento de los scooptram 4yd<sup>3</sup> son la disponibilidad mecánica, pérdida de potencia del motor, la acumulación de contaminantes en el cilindro tiene efectos en reducción de compresión en pistones de motor diésel lo que lleva a aumentar los tiempos de acarreo y por ende disminuir el rendimiento efectivo, contaminación de aceites (carteres), contaminación de pistones, incremento de mantenimiento correctivo, desgaste de chasis de línea de cardan, reducción de oxígeno, aumento de contaminantes en las partes del scooptram 4yd<sup>3</sup>.
2. El acarreo se puede incrementar implementando equipos de mayor potencia produciendo más rendimiento, es el caso de los equipos repotenciados que tienen motores de mayor potencia y mejor desempeño en la mina, el motor original o nuevo siempre será de baja potencia por un tema de costos.

Se observo en el Tajo 2829N la diferencia entre equipo repotenciado y nuevo. El scooptram 4yd<sup>3</sup> repotenciado produce mayores rendimientos en las siguientes distancias: 50 metros de acarreo son de 36 (ton/h) más, para 90 metros de acarreo son de 18 (ton/h) más y para 130 metros de acarreo son de 9 (ton /h) más, el equipo repotenciado demuestra mayor rendimiento efectivo en resumen puede acarrear más.

3. La diferencia de costos de un equipo scooptram 4yd<sup>3</sup> nuevo es de 15 mil dólares más que un scooptram 4yd<sup>3</sup> repotenciado. Los costos del mantenimiento de scoop nuevo de fabrica llegan a \$124,656.13, mientras que un scoop repotenciado es de \$86,588.95 estos costos por lo general son 2500 horas trabajadas un aproximado de un año de trabajo en mina. la vida útil del motor nuevo es de 2 años que vendría a ser 5337 horas trabajadas y del motor repotenciado es de 10408 horas trabajadas.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda repotenciar todos los equipos scooptram en la unidad minera para que el acarreo no disminuya su rendimiento efectivo ya que los equipos repotenciados al contar con motor de mayor potencia llegan a aumentar el rendimiento en el proceso de acarreo.
2. Se recomienda mejorar los niveles de oxígeno y también la ventilación para evacuar contaminantes polvo y humos de las labores de minado, ya que son los factores principales para que los equipos scooptram reduzcan su rendimiento.
3. Se recomienda mejorar los overhual en equipos repotenciados para que puedan mejorar el acarreo de material en especial los overhual preventivos ya que son los principales y están diseñados para preveer posibles daños y paralizaciones en las actividades.

Asi mismo se recomienda utilizar equipos eléctricos del tipo cautivo ya que que estos equipos tienen una eficiencia cercana al 90% lo que incrementaría el rendimiento en la mina, estos equipos pueden trabajar de manera óptima en condiciones de mina.

4. Se recomienda mejorar las condiciones ambientales parar lo equipos repotenciados porque al ser motores de mayor potencia necesariamente son de mayor cilindrada y mayor carrera por lo que podrían contaminarse y reducir la vida del motor o disminuir su eficiencia también se recomienda por la contaminación de aceites y grasas que sirven para un mejor desempeño de las piezas mecánicas.

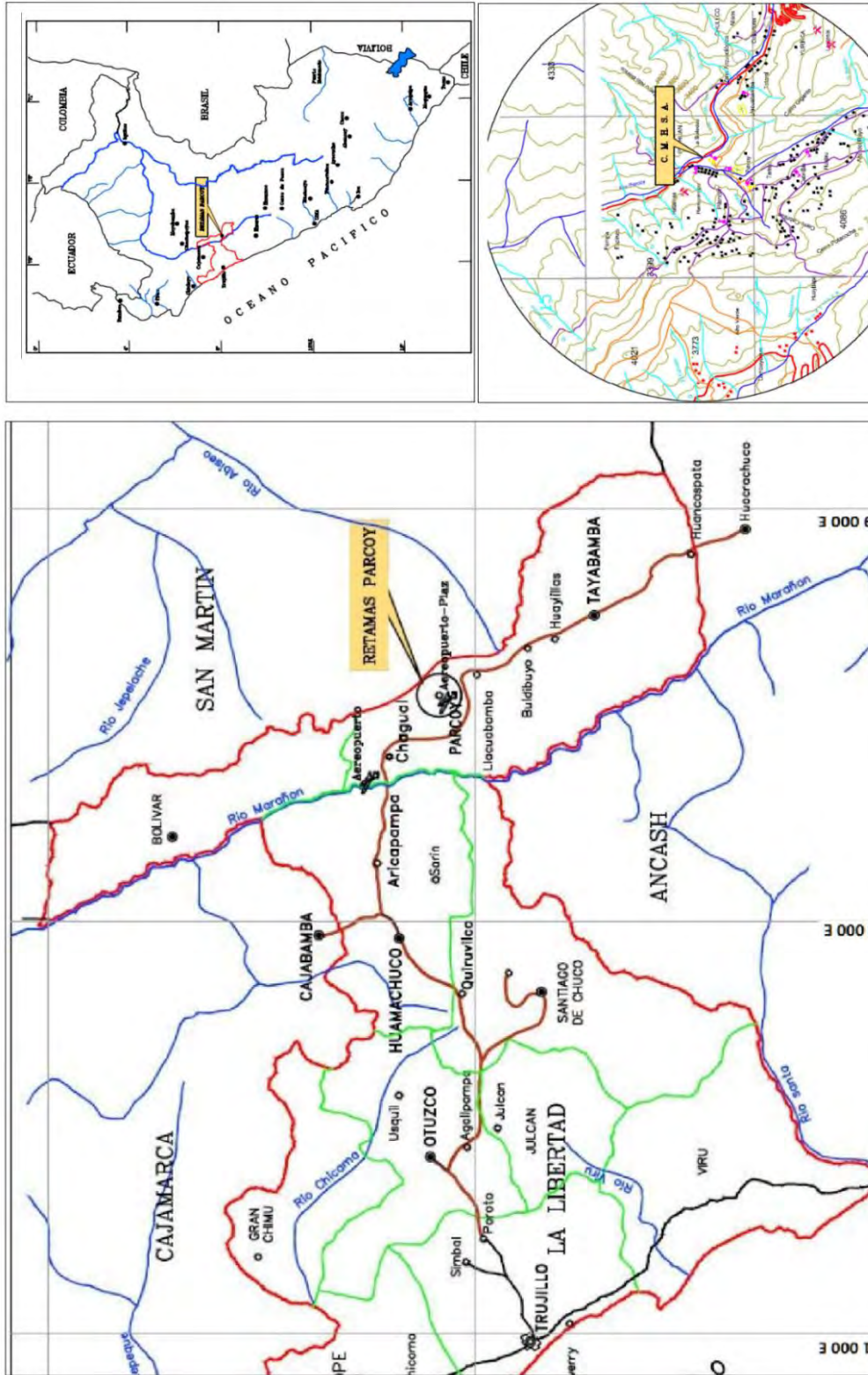
## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Atlas Coppco (2015). “Manual de Servicio y Especificaciones Técnicas: Camiones Bajo Perfil “- Mexico - Editorial LIMUSA
- [2] Victor Ortiz Alvarez (1987). “Gestion de Mantenimiento”- España
- [3] CAT Underground Mining Loaders (2012) “Especificaciones Técnicas: Scooptrams”- USA
- [4] Hasem Mowen (2007); “Administracion de Costos”; Mexico, Editorial Santa Fe
- [5] Alba Evangelista, Arturo. (2012) “Factores que Influyen en los costos de Producción”. Tesis Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia, Especialidad de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional de Ingeniería.
- [6] Pereza Cueto, Víctor. (2015). “Productividad Minera.” Diario Gestión, negocios Perú, agosto
- [7] Alva Núñez, Ronallván (2006), Optimización del Sistema de Carguío y Acarreo en Comarsa, 6to Congreso Nacional de Minería, Trujillo -Perú.
- [8] Tejada Zafra, Miguel. (2012). “Análisis de la Extracción y Trasporte de Mineral en la Mina de Arcata y Estudio de dos Alternativas para su Modificación.” Tesis de Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia, Especialidad de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional de Ingeniería.
- [9] Osorio Laura, Jaime. (2010). “Optimización de las Operaciones Unitarias de Minas Subterráneas”. Tesis de Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia, Especialidad de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional de Ingeniería. 2010.
- [10] Cipriani Frank. (2013). M “Carga, Trasporte y Extracción en Minería Subterráneo”. PERUMIN, 31 Convención Minera, Arequipa, Perú.

Anexo N°1 Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables e Indicadores	Metodología	Poblacion y Muestra
<p>P. General</p> <p>¿A qué se debe la deficiencia en el acarreo de materiales por equipos scooptram usados de bajo rendimiento que incrementan los costos operacionales?</p>	<p>O. General</p> <p>Mejorar el acarreo de materiales al implementar scooptram de 4yd<sup>3</sup> repotenciados y así reducir los costos operacionales.</p>	<p>H. General</p> <p>Usar equipos scooptram de 4 yd<sup>3</sup> repotenciados mejorara el rendimiento en el acarreo de materiales y disminuirán los costos operacionales en la unidad minera.</p>	<p>V.D.</p> <p>Costos Operativos de acarreo de material (\$/TM)</p> <p>Rendimiento Equipos Scooptram Repotenciados (TM/HR)</p> <p>V.I.</p>	<p>El estudio va ser de tipo Aplicativo porque busca solucionar un problema que se tiene en la mina que son los costos operacionales por equipo nuevo. El estudio va ser experimental porque se va manipular una de las variables que es el equipo scooptram repotenciado y los resultados que se tiene con éste en especial los de rendimiento y costos.</p>	<p>a) Universo: Equipos scooptram en la unidad minera</p> <p>b) Población Equipos scooptram repotenciados de 4yd<sup>3</sup> en la unidad minera</p> <p>c) Muestra: Equipos repotenciados scooptram de 4yd<sup>3</sup> en Tj 2829N en la unidad minera</p>
<p>P. Especificos</p> <p>a) ¿Qué factores reducen el rendimiento de un scooptram en la unidad minera?</p>	<p>O. Especificos</p> <p>a. Determinar los factores que influyen en la reducción de factores que influyen en la reducción de rendimiento de un scooptram</p>	<p>H. Especificos</p> <p>a. Las condiciones del área de trabajo y el tipo de material acarreado por los scooptram influyen en el rendimiento del equipo.</p>	<p>Vida Util (Horas)</p>	<p>Disponibilidad (%)</p> <p>Confiabledad (%)</p>	
<p>b) ¿Cómo se puede incrementar el acarreo de material con un equipo scooptram repotenciado en la unidad minera?</p>	<p>b. Encontrar métodos para incrementar el rendimiento en los equipos scooptram en la unidad minera</p>	<p>b. Con el correcto overhaul a los equipos scooptram repotenciados se podría incrementar el rendimiento en el acarreo de materiales</p>	<p>Rendimiento (TM/hora)</p>		
<p>c) ¿Qué factores afecta el rendimiento de un scooptram de 4yd<sup>3</sup> repotenciado?</p>	<p>c. Determinar los factores que afectan a un scooptram de 4yd<sup>3</sup> repotenciado</p>	<p>c. Los factores que pueden afectar el rendimiento de un scooptram repotenciado ser el estado de la vía, esponjamiento del material y grado de fragmentacion</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vías de Acceso (Bueno, regular y malo)</li> <li>Nivel de fragmentacion (mm)</li> <li>Esponjamiento (%)</li> </ul>		

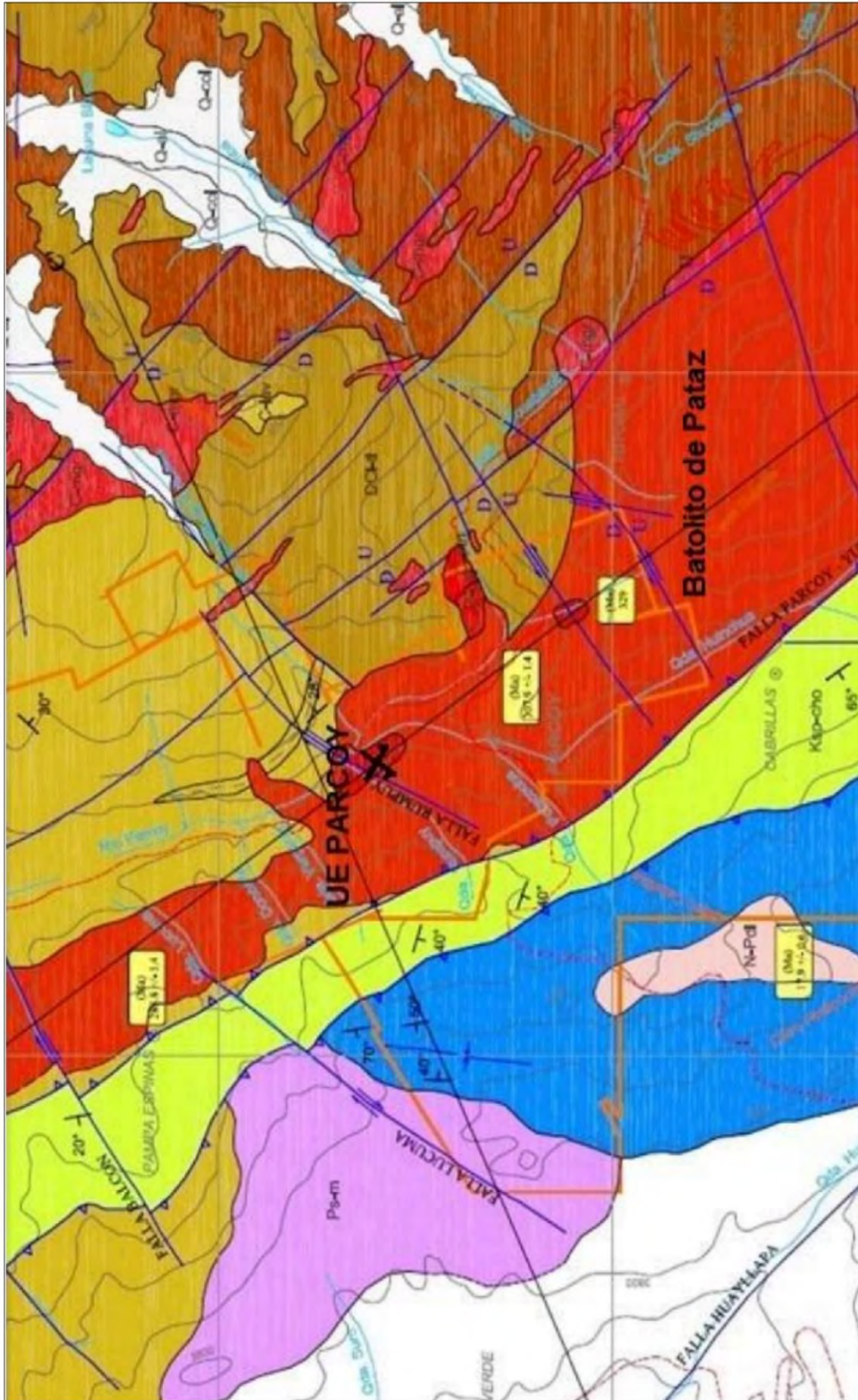
Anexo N°2 Plano de Ubicación Mina Balcon UMH



<b>Plano de Ubicación Mina Balcon Consorcio Minero Horizonte</b>		<b>Plano</b>	<b>N°1</b>
		<b>Esc.</b>	<b>1:250 000</b>
		<b>Fecha</b>	<b>oct-22</b>



Anexo N°3 Formato para Recopilación de datos de Mantenimiento SCOOPTRAM



<b>Plano Geologico Mina Balcon Consorcio Minero Horizonte</b>	<b>Plano</b>	<b>N°2</b>
	<b>Esc.</b>	<b>1:150 000</b>
	<b>Fecha</b>	<b>oct-22</b>



<b>NUMERO DE SERIE:</b>	<b>COD. INTERNO:</b>	<b>HORA INICIO:</b>
<b>HORÓMETRO:</b>	<b>FECHA: / /</b>	<b>HORA FINAL:</b>

<b>R: REPARADO</b>	<b>S: SE HIZO MANTENIMIENTO</b>	<b>C: CAMBIADO</b>	<b>A: AJUSTADO</b>	<b>B: BUENO</b>
<b>FR: FALTA REPARAR</b>	<b>FS: FALTA MANTENIMIENTO</b>	<b>FC: FALTA CAMBIAR</b>	<b>FA: FALTA AJUSTAR</b>	<b>NT: NO LLEVA</b>

**MOTOR DIESEL: DEUTZ F10L413FW**

ITEM	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES
1	Chequear el nivel de aceite de motor (motor apagado).	
2	Chequear fugas de aceite por empaques de carter, turbo y bomba de petroleo.	
3	<b>Filtros de aire:</b> Chequear el indicador de servicio del filtro de aire cambiar filtro si indicador marca maxima restriccion.	
4	<b>Sistema de Admision:</b> Chequear condicion de tubos y abrazaderas.	
5	Verificar estado del turbo, golpes, abrazaderas sueltas, sonido extraño.	
7	<b>Sistema de combustible:</b> verificar fugas de combustible por mangueras y tuberias, verificar nivel de combustible. Condicion de mangueras y tubos.	
8	Chequear filtro de petroleo por fugas, golpes y/o roturas cambiar filtro si nivel de petroleo esta en la marca de recambio.	
9	Drenar agua y sedimentos del separador de agua.	
11	<b>Sistema de escape :</b> Verificar condicion de tubos, fugas de gases, condicion de abrazaderas y condicion externa del catalizador.	

**TRANSMISIÓN -**

ITEM	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES
1	Chequear el nivel de aceite de transmision @minima RPM del motor.	
2	Chequear nivel de aceite en caja de transferencia.	
3	Chequear fugas de aceite en el sistema.	
4	Chequear condicion de mangueras.	
5	Chequear condicion de estructura de la caja-convertidor.	
6	Verificar estado de aletas de enfriador de aceite de transmision.	
7	Verificar condicion de llantas.	Posicion 1:
		Posicion 2:
		Posicion 3:
		Posicion 4:

**SISTEMA HIDRAULICO**

ITEM	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES
1	Chequear el nivel de aceite hidráulico.	
2	Verificar condición de mangueras, fugas de aceite en el sistema..	
3	Revisar fugas de aceite por bombas y valvulas:	
4	Revisar cilindros hidráulicos por fugas de aceite.	
5	Verificar estado de las aletas de enfriador de aceite hidráulico.	
6	Verificar manometro de presurizacion de tanque hidraulico (0.3 bar a 0.5 bar)	

R: REPARADO	S: SE HIZO MANTENIMIENTO	C:CAMBIADO	A: AJUSTADO	B: BUENO
FR: FALTA REPARAR	FS: FALTA MANTENIMIENTO	FC: FALTA CAMBIAR	FA: FALTA AJUSTAR	NT:NO LLEVA

#### ESTRUCTURA

ITEM	PROCEDIMIENTO		OBSERVACIONES
1	Condicion general de la estructura, choques y rajaduras.		
2	Chequear condición de labio y cantonera de cuchara.		

#### CABINA DE OPERADOR

ITEM	PROCEDIMIENTO		OBSERVACIONES
1	Condicion de la cabina (orden y limpieza).		
2	Chequear codigos del motor en el panel de instrumentos.	SI	NO
3	Verificar condicion de switch de seguridad en puerta de cabina.		
4	Revise el panel de control exteriormente.		
5	Verificar funcionamiento de horometro.		
6	Verificar funcionamiento de indicadores de temperatura.		
7	Verificar funcionamiento de indicadores de presion.		
8	Verificar funcionamiento de luces indicadoras en tablero de control.		
9	Funcionamiento Switch de luces y luces delanteras y posteriores.		
10	Condicion y funcionamiento del sistema de cambio de marchas.		
11	Condicion y funcionamiento de la palanca de direccion.		
12	Condicion y funcionamiento de jostick de levante y volteo.		
13	Verificar funcionamiento de freno de parqueo.		
14	Verificar funcionamiento de freno de servicio.		
15	Verificar funcionamiento del aire acondicionado.		
17	Condicion de carga del extintor de incendios.		
18	Verificar funcionamiento de la alarma de retroceso.		
19	Verificar funcionamiento de claxon.		

#### LUBRICACIÓN AUTOMÁTICA

ITEM	PROCEDIMIENTO		OBSERVACIONES
1	Chequear el nivel de grasa del lubricador automatico.		
2	Chequear el funcionamiento correcto del lubricador automatico.		
3	Chequear condicion de mangueras de engrase.		
4	Chequear condicion de conectores y puntos de engrase.		
5	Engrase de pin superior de cuchara (Cuchareo).		