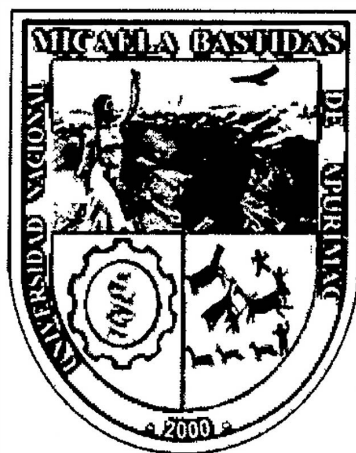


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**"SELECCIÓN Y ASIGNACIÓN ÓPTIMA DE FLOTA DE EQUIPOS PARA
MANTENIMIENTO DE VÍAS EN INTERIOR MINA – U.E.A YAULI / MINA SAN
CRISTÓBAL DE VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. – YAULI / JUNÍN 2014."**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

TAIPE ECCOÑA ALBERTO

Abancay, junio del 2015
PERÚ



“SELECCIÓN Y ASIGNACIÓN ÓPTIMA DE FLOTA DE EQUIPOS PARA MANTENIMIENTO DE VÍAS EN INTERIOR MINA – U.E.A YAULI / MINA SAN CRISTÓBAL DE VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. – YAULI / JUNÍN 2014”



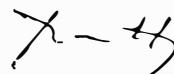
CONSTANCIA

LOS SEÑORES JURADOS EVALUADORES DE LA TESIS “Selección y asignación optima de flota de equipos para mantenimiento de vías en interior mina- U.E.A. yauli/ mina San Cristóbal de volcán compañía minera S.A.A- yauli/ Junín 2014”. Sustentado por **Taipe Eccoña Alberto** identificado con D.N.I. N° 42202840 cuyos jurados son los siguientes ingenieros:

- Presidente Ing. Rodolfo Andrés Mattos Ojeda.
- Primer jurado Ing. Dario Dante Sánchez Castillo.
- Segundo jurado Ing. Pablo Rubén Zuluaga Candía

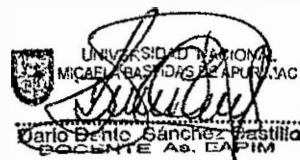
Cuyo acto se realizó el día 22 de julio a las 11:00 am. Hacen constar que el tesista **Taipe Eccoña Alberto** levanto todas las observaciones impuestas por jurado evaluador, por lo cual firman al pie del presente.

Abancay, 04 de noviembre del 2014.



Presidente

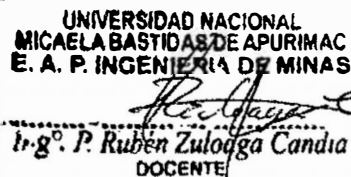
Ing. Rodolfo Andrés Mattos Ojeda.



UNIVERSIDAD NACIONAL
MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
Dario Dante Sánchez Castillo
DOCENTE As. EAPIM

Primer jurado

Ing. Dario Dante Sánchez Castillo.



UNIVERSIDAD NACIONAL
MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
E. A. P. INGENIERÍA DE MINAS
Ing. P. Rubén Zuluaga Candía
DOCENTE

Segundo jurado

Ing. Pablo Rubén Zuluaga Candía

DEDICATORIA.

A mis seres queridos y a mi querida
tierra que vio nacer Abancaycito.



AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Escuela académico Profesional de Ingeniería de Minas de la universidad nacional Micaela Bastidas de Apurímac y a los profesores por sus buenas enseñanzas impartidas durante mi vida estudiantil.

A volcán Compañía Minera S.A.A. en especial al superintendente de servicios generales Ing. Javier Carhuancho Quintana, por su apoyo incondicional en la realización de mi meta como profesional.



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1.1 Rutas y distancias a mina San Cristóbal.	6
Cuadro N° 2.1 Especificaciones técnicas de los equipos antes del proyecto... ..	24
Cuadro N° 2.2 Especificaciones de motoniveladora 120K	25
Cuadro N° 2.3 Especificaciones del tractor de cadenas D5K	26
Cuadro N° 2.4 Especificaciones técnicas de retroexcavadora 420E	27
Cuadro N° 2.5 Especificaciones del minicargador 236B	28
Cuadro N° 3.1 Tipos de vías subterráneas.	44
Cuadro N° 3.2 Resistencias a la rodadura para diferentes tipos de vías.	45
Cuadro N° 4.1 Evaluaciones de los modelos de motoniveladora 120 K y 135H.	58
Cuadro N° 4.2 Evaluaciones de modelos de tractor de cadenas D5K y D5M	60
Cuadro N° 4.3 Evaluaciones de modelos de retroexcavadora 420E y 436C.	62
Cuadro N° 4.4 Evaluaciones de los modelos de minicargador 236B y 246D....	64
Cuadro N° 4.5 Equipos seleccionados.....	66
Cuadro N° 4.6 Longitud total de vías subterráneas a conservarse.	67
Cuadro N° 4.7 Longitudes de vías subterráneas mantenidas por motoniveladora 120 K.	68
Cuadro N° 4.8 Longitud de vías subterráneas mantenidas por tractor de cadenas D5K ..	69
Cuadro N° 4.9 Longitudes de vías subterráneas mantenidas por retroexcavadora 420E ...	70
Cuadro N° 4.10 rendimientos después de la selección y número adecuado	71
Cuadro N° 4.11 Características físicas de material	73
Cuadro N° 4.12 Pruebas de resistencia a la carga al paso de los vehículos.....	75
Cuadro N° 4.13 Precios de horas operativas de los equipos.	76
Cuadro N° 4.14 Costos del personal a cargo de operaciones.	76
Cuadro N° 4.16 Costo horas equipo y combustible, ..	78
Cuadro N° 4.20 Resumen de costos horarios de los equipos actuales	76

ÍNDICE DE FIGURAS Y FOTOS

Foto N° 1.1 Relieve de huaripampa mina San Cristóbal.	7
Foto N° 2.1 Motoniveladora 120K	25
Foto N° 2.2 Tractor de cadenas D5K	26
Foto N° 2.3 Retroexcavadora 420E.	27
Foto N° 2.4 Minicargador 236B	28
Foto N° 4.1 Tipo de trabajo de los equipos que ejecutan mantenimiento en las vías subterráneas en Nv. 500 Bp 578.	55
Foto N° 4.2 Motoniveladora 120K realizando el rípiado en la rampa.....	57
Foto N° 4.3 Tractor de cadenas D5K realizando limpieza en la Rp 400. En Nv. 780	61
Foto N° 4.4 Retroexcavadora 420E limpiando cuneta en Nv. 920 Bp. 920	63
Foto N° 4.5 Minicargador 236B limpiando lodo en Nv. 1020 Bp 1020	65
Figura N° 1.1 Vetas y cuerpos de mina San Cristóbal	12
Figura N° 1.2 Columna estratigráfica de mina San Cristóbal.	13
Figura N° 3.1 Transmisión de la carga sobre la vía	43
Figura N° 3.2 Resistencia a la penetración del neumático	39
Figura N° 4.1 Costos de mantenimiento de vías	78
Figura N° 4.2 Costos horarios de los equipos	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1 Guía para elegir el periodo de posesión basado en la aplicación y condición de operación.	30
Tabla N° 2.2 Consumo de combustible y guías del factor de carga	34
Tabla N° 2.3 Estimación de costos de tren de rodaje.	38
Tabla N° 3.1 Clasificación y curvas de diseño para materiales de construcción de pistas mineras.	49
Tabla N° 4.1 Clasificación y uso de suelo según el valor de C.B.R	72
Tabla N° 4.2 Estimación de vida económica probable de neumáticos según la condición de trabajo	81

RESUMEN

Investigación referida a selección y asignación óptima de los equipos para mantenimiento de vías en interior mina san Cristóbal, es el resultado de trabajo y análisis en el día a día de la operación.

Este problema surge cuando los equipos actuales están inoperativas más tiempo de lo necesario perjudicando producción mina, pues mucho depende ello, el objetivo principal es seleccionar y asignar los equipos utilizados a la fecha y compararlos con los otros modelos de equipos propuestos como alternativa de reemplazo y esta como va estar interrelacionado con el material utilizado como ripio.

Este empieza como experiencia profesional adquirida en unidad, a la fecha cuenta con más 35 km lineales de vías de transporte para la evacuación de mineral y desmonte, toda es realizada sobre ruedas, al comienzo se contaba con 04 equipos y estos son; motoniveladora 120K, tractor de cadenas D5K, retroexcavadora 420E y minicargador 236B administrado por una empresa especializada.

Cuando estos equipos alcanzan su culminación de su vida económica el costo de conservación resulta excesivo, este se afronta utilizando el criterio de seleccionar y asignar, y estos son: primero evaluación el criterio técnico, segundo evaluación del criterio de conservación, servicio y mantenimiento finalmente la tercera evaluación el costo de adquisición.

El resultado da un puntaje promedio obtenido, según la calificación otorgada a cada componente primordial de los modelos evaluados, de este modo se toma como referencia el modelo del equipo que logra obtener mas puntaje como posible reemplazo, en conclusión se ve el siguiente resultado.

- Motoniveladora modelo 120K debe ser reemplazado por el mismo modelo.
- Incrementar y reemplazar Tractor de cadenas D5K por tractor de cadenas D5M.
- Reemplazar la retroexcavadora 420E por el mismo modelo e incrementar.
- Reemplazar el Minicargador 236B por el mismo modelo e incrementar.

Analizando los costos de conservación de vías subterráneas, este sufre incremento por la adición de un tractor de cadenas, una retroexcavadora, minicargador, personal y combustible. Ningún contratista se atreve a alquilar los 07 equipos que pide volcan a raíz de ello compra y es administrado por un tercero.

Por último después de evaluar los parámetros adecuados del material empleado como ripio en las vías de transporte, para incrementar la resistencia a las tensiones de carga provocados por vehículos más pesados, se concluye utilizar una mezcla de ripio de una proporción de 2 a 1 (dos volquetes de andesita como grava más un volquete de canto rodado) con un espesor variable no mayor de 0.20 mts de la capa de rodadura.

ABSTRACT

Investigation referred to selection and good assignment of the teams for maintenance of roads in interior mines san Cristóbal, it is day by day the work result and analysis in the of the operation.

This problem arises when the current teams are inoperative more time of the necessary thing harming production it mines, because much depends it, the main objective is to select and to assign the teams used to the date and to compare them with the other models of teams proposed as substitution alternative and this like he/she goes to be interrelated with the material used as rubble.

The begins as professional experience acquired in unit, to the date it counts with more 35 lineal km of roads of transport for the mineral evacuation and dismount, everything is carried out on wheels, at the beginning he/she had 04 teams and these they are; leveling of roads 120K, tractor of chains D5K, excavator 420E and Small loader 236B administered by a specialized company.

When these teams reach their culmination of their economic life, the conservation cost it is excessive, this it is confronted using the approach of to select and to assign, and these they are: first evaluation the technical approach, second evaluation of the conservation approach, service and maintenance finally the third evaluation the cost of acquisition.

The result will give a but points obtained average, according to the qualification granted to each primordial component of the models of the evaluated machines, this way he/she takes like reference to the pattern of the machine that is able to obtain but points like possible substitution, in conclusion have the following result.

- The leveling of roads 120K will be substitution for another leveling of roads model.
- To increase in an additional unit more and to replace the Tractor of model chains D5K for the pattern of tractor of chains D5M.
- To replace the it schemes excavator 420E for the same model.
- Small loader 236B to replace it for the same model.

Analyzing the costs of conservation of underground roads, this it suffers increment for the addition of a tractor of chains, a excavator, Small loader, personnel and fuel.

No contractor dares to rent the 07 teams that she requests volcano soon after she buys it and you/he/she is administered by a third.

Lastly after evaluating the appropriate parameters of the material employee as rubble in the rolling roads, to increase the resistance to the load tensions provoked by heavier vehicles, you not concludes to use a mixture of a proportion from 2 to 1 (two andesita truck like gravel more a truck of smooth song) with a variable thickness bigger than 0.20 mts of the layer.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE CUADROS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS Y FOTOS.....	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	XI

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1	Introducción	1
1.2	Planteamiento del problema	3
1.3	Objetivos	4
1.4	Hipótesis.....	5
1.5	Diseño metodológico.....	5
1.6	Procedimiento de desarrollo de la tesis	5
1.7	Ubicación y accesibilidad.....	6
1.8	Clima y vegetación.....	6
1.9	Recursos	7
1.10	Geología	8
1.10.1	Geología regional	8
1.10.2	Geología local	8

CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

2.1	Antecedentes de la investigación	14
2.2	Aspectos generales de los equipos	15
2.2.1	Criterios básicos de selección	15
2.2.2	Criterios específicos de selección.....	16
2.2.3	Rendimientos	18
2.2.4	Análisis de trabajo ejecutado	18
2.3	Metodología de control.	19

2.3.1	Control de producción	19
2.3.2	Clases de horas.....	19
2.4	Dimensionamiento de los equipos en operación.....	20
2.5	Descripción de equipos.	20
2.5.1	Motoniveladora	20
2.5.3	Retroexcavadora.	23
2.5.4	Minicargador.....	23
2.6	Situación actual del proyecto	23
2.7	Especificaciones técnicas de los equipos pesados utilizados.....	24
2.7.1	Motoniveladora 120K.	24
2.7.2	Tractor de cadenas D5K.....	25
2.7.3	Retroexcavadora 420E.....	27
2.7.4	Minicargador 236B	28
2.8	Costos horarios de los equipos utilizados	28

CAPÍTULO III

MANTENIMIENTO DE VÍAS EN INTERIOR MINA

3.1	Mantenimiento de vías en interior mina	34
3.2	Tipos de vías en interior mina.....	41
3.2.1	Concreto (northparkes)	41
3.2.2	Concreto y rieles (cassiar mine).....	41
3.2.3	Ladrillos (gaths, King y shabanie).....	41
3.2.4	Carpetas en pisos de menor resistencia.....	42
3.2.5	Superficie de grava compactada y roca chancada.....	42
3.3	Beneficios de mantenimiento de la vías en interior mina	42
3.4	Características del material empelado como ripio	43
3.4.1	Grava mas canto rodado.....	43
3.5	Resistencia a la rodadura por tipo de vía y gradiente.....	44
3.6	Ensayos C.B.R. (california bearing ratio).....	46

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La industria minera por la actividad que ejecuta, requiere equipos capaces de trabajar en forma continua durante su vida económica. Con el transcurso de tiempo, uso y además de soportar grandes esfuerzos al realizar trabajos bajo condiciones severas y adversas sufre desgaste prematuro mayor en algunos de sus componentes que en otros.

A la fecha se utiliza cantidad considerable de equipos pesados sobre ruedas para el transporte de mineral y desmonte de distintos frentes de extracción, con la profundización las vías se hacen más extensas en la mina San Cristóbal. Por este problema surge la necesidad de seleccionar y asignar la flota optima de equipos para mantenimiento de vías en interior mina en la operación cotidiana, estos se seleccionan ejecutando una comparación entre modelos de equipos en operación con otros modelos propuestos que pueden dar más horas efectivas de trabajo, seguido se asigna según la longitud de la vía a conservar el numero apropiado para el plan programado por mes y se hace pruebas con el material de ripio seleccionado con sus parámetros adecuados en el lugar designado para tal fin.

Tratándose de un tema de investigación novedoso, a la fecha existen escasa información solo hay una síntesis del tema siguiente “carpetas de rodadura de alta resistencia aplicado en minería subterránea de Codelco chile”, cuyo autor es el instituto de investigación minera de chile, publicado a principios del año del 2013.

La investigación realizada, trata de interrelacionar la problemática que se ve a la fecha de seleccionar el equipo idóneo con el fin de que se pueda adaptarse en el tiempo menos posible cubriendo la demanda de realizar mantenimiento de vías subterráneas en todos los frentes designados y según el cronograma establecido por el área de servicios auxiliares mina, que es la encargada de la actividad en particular.

Al principio los equipos asignados para realizar la actividad permanecían la mayor parte de las horas operativas con tiempos improductivos, debido a problemas de logística. Volcan la terceriza a una empresa especializada (E.E tecnomin data S.R.L.) la que se encarga de realizar el mantenimiento de las vías, estos son de marca Caterpillar fabricado en el año 2012 son pocos modelos en el mundo, razón a este problema sus repuestos no son fáciles de obtener, se importan desde los estados unidos de Norteamérica con sobrecostos por concepto de flete.

La mina tiene más de 35 km lineales de vías en interior mina para transporte de mineral y desmonte, de estos el 75 % son conservados con ripio y el 15 % son de concreto de alta resistencia, se ve cantidad de filtración de agua proveniente del subsuelo y un mal diseño del sistema de drenaje que son la causa principal de este problema.

En los meses lluviosos las cunetas usadas para evacuar el caudal del agua se colmatan de lodo en la mayor parte. El estudio se centra en utilizar un enfoque alternativo, de emplear criterio de selección de equipos basados en tres criterios y estos son:

Primero se evalúa el criterio técnico, que trata de ver la potencia bruta empleada, la tracción que se requiere en las ruedas, las dimensiones, cantidad de combustible empleado, etc.

Segundo evalúa la parte de mantenimiento, operación y servicio este se refiere que tan rápido se puede abastecerse de los repuestos los equipos en el mercado nacional, con cuantas horas trabajadas surge los problemas en los motores, mando final, transmisión, garantía ofrecida al momento de la adquisición y que similitudes existen con otros modelos.

Tercera y la última evaluación es lo referente a costo de adquisición en el mercado nacional, formas de realizar el pago, interés por deuda obtenida, la cantidad de consumo por hora galón de combustible y horas cobradas por el trabajo prestado.

Se da un puntaje a los aspectos más resaltantes y se pondera con valores descalificables de mínimo y máximo a valores de equipo comparado con actuales modelos, seguido se obtiene una puntuación respecto de un modelo a otro modelo comparado sumando todas las evaluaciones.

Como resultado se obtiene lo siguiente; la motoniveladora 120K después que llegue a su terminó de su vida económica tiene que ser reemplazada por el mismo modelo, el tractor de cadenas D5K después de su vida económica tiene que ser reemplazado por el modelo D5M e incrementar en una unidad adicional por la longitud extensa de las vías, la retroexcavadora 420E se reemplaza por el mismo modelo y el minicargador 236B resulta ser uno de los equipos mas versátiles y confiables que el resto se reemplaza con el mismo modelo.

Otro aspecto tratado es el material empleado como ripio en las vías, determinado los parámetros adecuados, fijado el índice C.B.R., y el espesor promedio de la capa, se realiza pruebas con el ripio seleccionado en Nv. 780 Bp. 011 en un tramo de 100 mts, resultando favorable la aplicación.

Por último se analiza la variación de los costos de los equipos con respecto a mantenimiento de las vías, esta sufre un incremento por la adición de un tractor de cadenas D5M con su respectivo personal.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Volcan compañía minera S.A.A ejecuta sus actividades en la mina San Cristóbal por sistema de minería sin rieles, a la fecha cuenta con 35 km lineales de vía en interior mina entre rampas, bypass, cruceros, accesos, etc. Este requiere constante mantenimiento por intenso tránsito de vehículos pesados, debido a ello se tiene la necesidad de seleccionar y asignar la flota óptima de equipos para mantenimiento de vías, a la fecha se cuenta con 04 equipos.

- Motoniveladora 120K marca Caterpillar realiza lastrado y nivelado de bypass y rampas con ripio (grava más canto rodado de río).
- Tractor de cadenas D5K marca Caterpillar limpia lodo, nivela en vías donde no es posible trabajar con la motoniveladora.
- Retroexcavadora 420E marca Caterpillar limpia cunetas en los bypass y en ocasiones pozas de bombeo a causa de la filtración de aguas freáticas y mala distribución de sistema de drenaje.
- Minicargador 236B marca Caterpillar es un complemento de la retroexcavadora 420E, evacua lodo después que la retroexcavadora limpia lodo de la cuneta y en ocasiones realiza trabajos diversos como: lastrado, limpieza de cuneta, tendido de tubería, nivelado de las vías.

Toda esta actividad es administrada por el área de servicios auxiliares mina y este lo terceriza a una empresa especializada (Tecnomin Data S.R.L), los equipos de esta empresa presentan muchas deficiencias de falla mecánica por consiguiente disminuye su confiabilidad y utilización. El problema identificado es la mala selección y asignación de equipos que realizan mantenimiento de vías interior mina y material inapropiado de ripio.

1.2.1 Problema general

¿De qué manera influye la selección y asignación óptima de la flota de equipos en el mantenimiento de vías en interior mina San Cristóbal 2014?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué equipos adecuados realizan mantenimiento de las vías en interior mina San Cristóbal 2014?
- ¿De qué manera el rendimiento de los equipos afecta el mantenimiento de vías en interior mina San Cristóbal 2014?
- ¿Cuál es la variación de costos de mantenimiento de vías en interior mina San Cristóbal 2014?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general.

Evaluar la selección y asignación óptima de flota de equipos que influyen en el mantenimiento de vías en interior mina San Cristóbal 2014.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Seleccionar equipos adecuados para ripiado de vías en interior mina San Cristóbal 2014.
- Evaluar el rendimiento de los equipos para la mejorar el mantenimiento de vías en interior mina San Cristóbal 2014.
- Analizar la variación de costos en mantenimiento de vías en interior mina San Cristóbal 2014.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 hipótesis general

La selección y asignación óptima de flota de equipos influye positivamente en el mantenimiento de vías en interior mina San Cristóbal 2014.

1.4.2 hipótesis específicos

- Seleccionando adecuadamente los equipos se logra el rpiado óptimo de las vía en interior San Cristóbal 2014.
- El rendimiento aceptable de equipos mejora el mantenimiento de vías en interior mina San Cristóbal 2014.
- El control de costos contribuye en la mejora de mantenimiento de vías en interior mina San Cristóbal 2014.

1.5 DISEÑO METODOLÓGICO

1.5.1 Tipo de investigación

Aplicada

1.5.2 Nivel de investigación

Descriptivo - analítico

1.5.3 Método

Deductivo – inductivo

1.5.4 Esquema metodológico

Monitoreo de los rendimientos de los equipos y ensayos con material ripio seleccionado

1.6 PROCEDIMIENTO DE DESARROLLO DE LA TESIS

- Recolección de datos: disponibilidad mecánica, utilización, costos de los repuestos, consumibles, salarios y rendimiento para su selección.
- Análisis de la situación actual del proyecto.
- Asignación de los equipos de acuerdo a la longitud de la vía existente.
- obtención de los parámetros adecuados del material ripio seleccionado.
- Aplicación de selección y asignación optima de flota de equipos en interior mina.
- Seguimiento del plan seleccionado.

- Obtención de resultados y discusiones.

1.7 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La mina San Cristóbal se ubica en:

Paraje: huaripampa

Comunidad: yauli

Distrito: yauli

Provincia: yauli

Departamento: Junín

Fisiográficamente el distrito yauli se ubica en el flanco de la cordillera occidental de los andes centrales peruanos, a una altitud promedio de 4600 msnm.

Cuadro N° 1.1 Rutas y distancias a mina san Cristóbal.

rutas y distancias de accesibilidad			
Origen	destino	tiempo (Hr)	distancia (km)
Abancay	lima	18	1200
Lima	oroya	3: 30 hr	300
Huancayo	oroya	2:30 hr	200
cerro de Pasco	oroya	3:30 hr	300
oroya	san Cristóbal	1:30 hr	80

Fuente: elaboración propia.

Ver el plano N° 01, para la ubicación de la mina san Cristóbal, extraído de los archivos de cartografía de ministerio de trasportes y comunicaciones.

1.8 CLIMA Y VEGETACIÓN

El paisaje dominante en el sector es típico glaciario, se observan picos agrestes coronados con glaciares, con altitudes que varían entre 4500 a 5277 msnm. Aprox.

Los valles glaciares en “U” discurren en dirección NW y SE de rumbo andino, valles colgados menores son frecuentes en dirección perpendicular a ellos.

Fotografía N° 1.1 Relieve de huaripampa, mina San Cristóbal.



1.9 RECURSOS

El centro demográfico más cercano para la base de operaciones es el campamento San Cristóbal localizado a unos 2 Km. de la mina en donde vive toda la gente que trabaja en volcan y resto de las empresas contratistas está en comunidad de yauli a unos a unos 12 km.

- **Suministro de agua:**

Se realiza por medio de un sistema de pozas de 250 m³ de capacidad en los niveles principales y tuberías de 4 pulgadas y 2 pulgadas de diámetro para su distribución. Actualmente se reutiliza el agua de bombeo de interior mina en el que cuenta con pozas de sedimentación, permitiendo al líquido liberar de las partículas en suspensión. El departamento de servicios auxiliares mina es el responsable de evaluar los requerimientos y prever las necesidades futuras de la mina.

- **Energía eléctrica:**

Se tiene en los niveles inferiores subestaciones eléctricas con capacidades superiores a 45 Kw, que cubre los requerimientos de profundización mina, Las redes principales de distribución de energía están a cargo de la compañía sin embargo la red de distribución secundaria en los frentes es responsabilidad directa de los contratistas.

1.10 GEOLOGÍA

1.10.1 geología regional

Las operaciones mineras en la mina San Cristóbal están situadas en el macizo de chumpe, que comprende el anticlinal oeste en la parte sur del domo de yauli, estructura de la cordillera occidental de los andes. El domo se formó por compresión regional sureste-noreste, asociado también a recientes eventos volcánicos e intrusivos, los cuales han seguido una mineralización hidrotermal.

La parte NE del domo está compuesto mayormente de filitas del paleozoico del grupo excelsior, roca volcanoclastica del pérmico triásico del grupo mitu, caliza jurásica triásica del grupo pucara y roca sedimentaria del cretáceo, el grupo excelsior es la más antigua, cuarcita y fluidos basálticos.

La primera deformación que afecto el grupo excelsior está relacionado a movimientos orogénicos. El grupo mitu está dividido en dos litologías: bloques rojizos conglomerados, areniscas, cuarcita, y pizarras intercaladas con lavas alcalinas y fluidos piroclásticos.

El grupo pucara es discordante con el grupo mitu y está cubierto por formaciones del cretáceo. Las diferentes etapas del vulcanismo han sido registradas, incluyendo vulcanismo pérmico del grupo mitu, incluye al intrusivo de carahuacra, basalto hospedado en lo superior de pucara y a una temprana actividad cenozoica desarrollada al oeste del domo, sin embargo la mineralización está relacionada con la actividad ígnea miocena, la cual creo una gran parte de roca magmática en el área y comprende desde el intrusivo de san Cristóbal hasta el intrusivo de chumpe.

1.10.2 Geología local

a) veta san Cristóbal

Es la única veta en el lado oeste del domo de yauli con mineralización económica. El principal recurso es la influencia por el intrusivo chumpe con pequeños brotes de mena hacia SW, incrementándose en profundidad también se observa que el alineamiento 120° - 300° está cerca

al centro de la veta.

La parte central de la veta muestra mineralización de tungsteno, con pequeños cuerpos de Cu, Pb y Zn al NE el cuerpo principal de mineralización de Cu, Pb, y Zn tiene dirección W pero su camino se ve obstaculizado por la veta san Cristóbal.

b) veta 658

Esta veta presenta pequeños brotes de mena desarrolladas al flanco W del intrusivo chumpe, no se tiene mineralización de Cu en esta veta, la mineralización de Zn, Ag y Pb está ligeramente dividido en zonas, a partir del lado W. del mismo modo su desarrollo en profundidad al lado W se ve impedido por intrusivo san Cristóbal, donde la veta corta a la formación pucara.

El reemplazamiento de carbonatos es desarrollado en el cuerpo 658. En superficie, la continuidad de la veta puede ser trazada por el lado E del intrusivo de chumpe, pero falta explorar aun.

c) veta 722

La veta muestra pequeños brotes de mena, que emanan desde la profundidad del lado W del intrusivo de chumpe, con contenido de Pb, Zn y Ag. El alineamiento 120° - 300° coincide más o menos con el eje principal de pequeños brotes de Cu y con intrusivo chumpe a profundidad.

La continuación a profundidad por el lado W es impedida por el intrusivo san Cristóbal. Un menor reemplazamiento de carbonatos ha sido encontrado posiblemente debido al desarrollo de un skarn sobre el intrusivo san Cristóbal.

d) Cuerpo 658

Este cuerpo tiene un aproximado de 100 mts de longitud y una potencia de 4.5 mts en promedio. Ha sido explorado en el Nv. 870 y cuenta con una profundidad de 360 mts, se encuentra ubicado en el SW de la mina san Cristóbal de Nv. 820 a Nv.1170. Según información geológica, su formación obedece a la alimentación de las estructuras principales de la mina. El cuerpo 658 es de forma tabular relativamente competente y constituida principalmente de esfalerita, galena, pirita, hematita, y carbonatos.

1.10.3 Estratigrafía.

Grupos

a) Grupo excelsior

Consiste en filitas de color gris oscuro a negro en parte con tonos amarillentos por la impregnación de óxidos, que por el metamorfismo regional se han segregado en lentes irregulares de cuarzo. El fracturamiento es intenso y los fallamientos muestran desarrollos curvados por la plasticidad de la filita. Esta unidad data del devónico.

b) Grupo mitu

Aflora en el sector oriental del domo sobreyacente en concordancia a las filitas excelsior. Está constituido en su base por conglomerados gruesos, areniscas y limonitas de color rojizo y pardo. En la parte superior está compuesto por volcanoclasticos de carácter riolítico irregulares derrames volcánicos del tipo andesítico, esta unidad data del pérmico medio al triásico inferior.

c) Grupo pucara

Bordea el domo desde suitucancha hasta morococha y desde tinocancha hasta san Cristóbal y carahuacra. Sobreyace en discordancia a la serie clástica del grupo mitu.

En la parte occidental de pomacocha y abascocha se observa sobre formaciones más jóvenes por efecto de sobrecorrimientos.

d) Grupo goyllar

Bordea el domo y yace discordante sobre grupo pucara y concordante debajo de las calizas de la formación chulec. Se diferencian dos unidades: la primera consiste en alternancia de lutitas, limonitas y areniscas finas arcillosas poco consolidadas de color rojizo.

La segunda consiste en una secuencia alternada de areniscas cuarzosas blancas y lutitas haciéndose hacia el techo progresivamente más calcáreas hasta llegar a las calizas chulec.

Formaciones¹

a) Formación chulec

Secuencia de rocas calcáreas compuesta por paquetes delgadas a mediano de calizas margosa, caliza arenosa en la base, caliza fosilífera y caliza dolomítica fosilífera hacia el techo

¹ Apuntes de geología de la mina san Cristóbal

pertenecientes a la formación chulec. Un nivel de calizas bioclásticas marca el final de la formación chulec y de la formación pariatambo.

b) Formación pariatambo

Consiste en estratos delgados de calizas bitumonas fosilíferas con abundante amonites. Hacia el techo, las calizas alternan con delgados niveles irregulares y nódulos chert negro cerca al contacto con la formación jumasha.

c) Formación jumasha

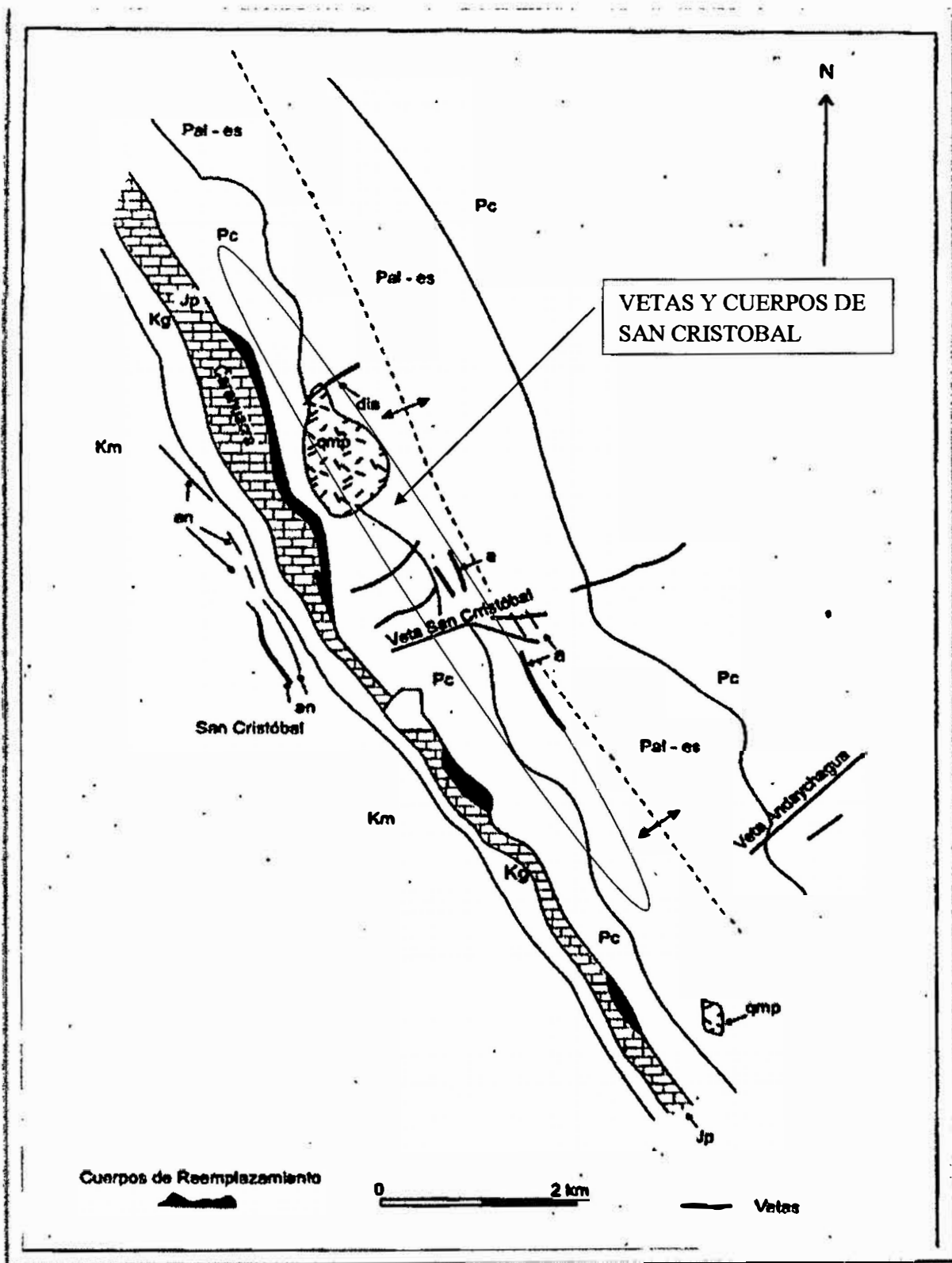
Yace concordante sobre la formación pariatambo, aflora al este y al oeste del área mapeada y está compuesta por capas medianas a gruesas de caliza, dolomitas calcáreas con escasos fósiles y de coloración gris claro a blanquecino y gris amarillento. Al sur oeste del domo se observa derrames de basalto concordante a las capas. Se le atribuye edad perteneciente al cenomaniaco.

d) formación casapalca

Sobreyace con discordancia erosional a la formación jumasha y se ha cartografiado al sur del domo entre cerro ajhui y la alguna cuancocha. La conforman en el piso secuencias de arenisca, limonita, y limonita calcárea y calizas de color rojizo.

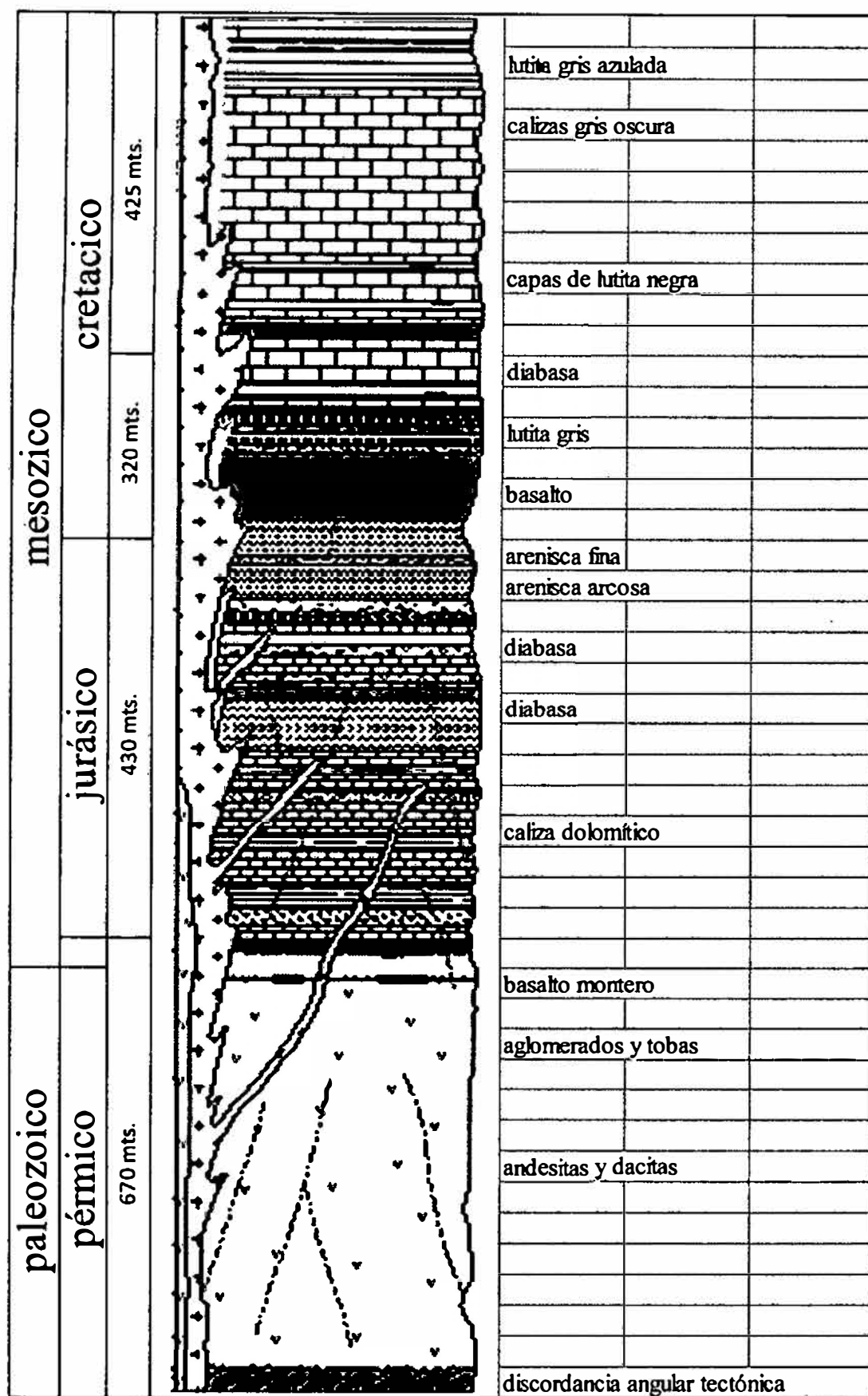
Hacia el techo se ve niveles delgados a medios de caliza masiva sin fósiles de color rojizo claro. Por sus relaciones estratigráficas y tectónicas se le asigna edad entre el cretáceo superior y eoceno medio.

Figura N° 1.1 Vetas y cuerpos de mina San Cristóbal.



Fuente: INGEMMET "compendio de yacimientos minerales del Perú"

Figura N° 1.2 Columna estratigráfica de mina San Cristóbal



Fuente: Departamento de geología de la mina San Cristóbal.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La minería subterránea sobre ruedas es cada vez más complejo, con la profundización y extracción de grandes volúmenes de mineral combina una serie de actividades para evacuación de mineral y desmonte, es por ello que surge la necesidad de seleccionar y asignar la flota optima de equipos que realizan mantenimiento de vías en interior mina que sean mas confiables y versátiles con el fin de mantener el mantenimiento de las vías aceptables, según programado para cada equipo asignado para los frentes de trabajo requerido.

A fecha existen pocos trabajos relacionados con el tipo de investigación desarrollada, solo en caso de la minería chilena hay fuentes de investigación de carpetas de rodadura de alta resistencia, pero solo emplea el minicargador para mantenimiento de tales vías, pues esta investigación es uno de los primeros en su tipo relacionado al sector de la minería subterránea peruana en lo referente a mantenimiento de vías en interior mina con material de grava o denominado ripio.

En los comienzos la mina San Cristóbal es administrada por la empresa estadounidense corporacion cerro de Pasco, realizaba sus operaciones de producción de manera convencional, con el tiempo es nacionalizado por el estado peruano con la denominación empresa minera centromin, este comienza los estudios para incrementar el volumen de producción con ello introduce equipos pesados para la extracción del mineral, desmonte y mantenimiento de vías en interior mina.

Por el año 1995 es adquirido por la volcan compañía minera S.A.A., este lo convierte a la mina totalmente sobre ruedas con el fin de incrementar la producción, de ahí surge los problemas de vías de rodadura subterránea por el tránsito de una gran cantidad de equipos pesados. La compañía terceriza la actividad a empresas contratistas, que han pasado con los problemas de mala selección de sus equipos y baja rentabilidad, una tras otra hasta la fecha.

En los comienzos se utilizaba el compactador mecánico, este produjo problemas muy serios al ocasionar fuertes vibraciones de los túneles con consecuencias de desafloje de rocas, de ahí se dejó de usar dicho equipo.

A la fecha la mina cuenta con 35 km lineales de vías en interior mina de los cuales 15% son de concreto y el 75% son de grava, ello debe mantenerse constantemente para mejorar la seguridad y tránsito vehicular pesado, por la gran cantidad de filtración y mayor número de uso de máquinas pesadas surge la necesidad de seleccionar y asignar óptimamente la flota de equipos para mantenimiento de vías en interior mina.

2.2 ASPECTOS GENERALES DE LOS EQUIPOS

El especialista que busca mejorar las operaciones unitarias. Tiene que tomar mucha importancia al costo del conjunto de la actividad, por esa razón es importante planificar y seleccionar el equipo idóneo, para no exceder los costos estimados. La ineficiencia en la operación de estos equipos y pérdidas de tiempos productivos pueden elevar los costos de operación.

Luego de producirse el arranque del mineral, sea destinada a la planta de tratamiento o al depósito de desmonte se procede a la etapa de transporte. Algunas minas continúan empleando equipos sobre rieles; sin embargo, el estándar actual en las operaciones mineras unitarias de mantenimiento de vías de transporte subterráneo es la adaptación y utilización de equipos de superficie.

2.2.1 Criterios básicos de selección

En un proyecto nuevo, una vez localizado el yacimiento de mineral que se desea explotar y realizado los estudios de viabilidad económica, en los que se ya se habrá contemplado el equipo a emplear. La etapa de selección de equipos parte de los datos básicos siguientes.

2.2.1.1 Condiciones del entorno.- dado por.

- Altitud
- Precipitaciones
- Tipo de terreno

- Infraestructura eléctrica
- Disponibilidad de la mano de obra
- Talleres o bases de los distribuidores de los equipos
- Limitaciones ambientales, etc.

2.2.1.2 Características del material a transportar

- Potencia de la mineralización
- Propiedades geomecánicas
- Mineralización
- Densidad
- factor de esponjamiento
- abrasividad, etc.
-

2.2.2 Criterios específicos de selección².

Una vez llevada a cabo las labores de reconocimiento de los materiales a manipular y establecido el contexto general del proyecto, se pasa a la etapa de determinación de los equipos aplicables y selección de la mejor alternativa de reemplazo.

Uno de los métodos de selección que se emplea es el análisis de decisiones por objetivos ponderados o criterios específicos a los que se asigna un peso relativo en función de su importancia, tanto estos son cuantificables como si son subjetivos.

Para cada una de las alternativas consideradas se estiman unas calificaciones parciales o probabilidades de obtención de cada objetivo, calculándose a continuación la utilidad relativa o puntuación relativa de cada equipo.

Se subdividen en:

2.2.2.1 Criterios de rendimiento.

- Capacidad de producción
- Fuerza de excavación o arranque
- Esfuerzo de tracción
- Tiempo de ciclo
- Altura de excavación
- Altura de descarga o vertido
- Alcance
- Presión sobre el terreno
- Radio de giro
- Velocidad de desplazamiento
- Capacidad para remontar pendientes

² Open pit mine planning & design volume 1 – fundamentals pag. 970 “william hustrulid

2.2.2.2 Criterios de diseño.

- Potencia total
- Vida de servicio
- Peso bruto del vehículo
- Dimensiones
- Configuración básica(geometría, complejidad, construcción modular)
- Componentes (intercambiabilidad de conjuntos, vida de componentes principales, etc.)
- Facilidad de mantenimiento mecánico
- Facilidad de reparaciones
- Limitaciones por altitud y temperatura
- Generación de polvo
- Seguridad y visibilidad del operador
- Fuente de energía primaria

2.2.2.3 Criterios de servicio.

- Maquinaria auxiliar que se requiere
- Repuestos necesarios en almacén
- Frecuencia de servicio que se precisa
- Posibilidad de realizar mantenimiento en taller o campo
- Adiestramiento o calificación del personal de mantenimiento
- Dotación de herramientas del taller
- Porcentaje de mantenimiento exterior
- Instalaciones auxiliares que se necesitan
- Apoyo y calidad de servicio de los fabricantes o distribuidores
- Tiempo de envío de repuestos principales

2.2.2.4 Criterios económicos.

- Costo de propiedad, amortizaciones, intereses, seguros e impuestos.
- Costo de operación, mano de obra, energía, repuestos, reparaciones, lubricantes, etc.
- Precio de adquisición y el valor residual (maquinaria básica, accesorios y complementos, transporte y montaje).

2.2.3 Rendimientos³

El conocimiento y control de los rendimientos son de especial importancia, pues con ello se determina en primer lugar, capacidad de producción que es posible alcanzar, en segundo lugar su efectividad y por último, potencial productivo y rentabilidad económica del proyecto.

De otro lado el conocimiento de rendimientos es indispensable para llevar a cabo una planificación de los trabajos y para la selección de equipos más adecuados, de su tamaño y número. Además, el correcto funcionamiento de los equipos depende de la formación de los operadores, por lo el rendimiento final del conjunto hombre-máquina es lo que se denomina rendimiento operativo o también producción horaria de la unidad.

2.2.4 Análisis de trabajo ejecutado

Se compone de los siguientes.

a) Ciclo de trabajo

Son: empuje, transporte, vertido, espera y maniobras.

b) Eficiencia y organización

Debe indicar la producción media que puede dar un equipo a lo largo de un periodo de tiempo dilatado, es necesario contemplar las pérdidas de retraso características de cualquier equipo, tales como traslado de equipo, cambio de frentes de trabajo, interrupciones por condiciones subestándares.

Cada equipo debe considerarse como parte de un sistema, y como tal queda sometido a pérdidas de tiempo debido a deficiencias en la dirección, supervisión, condición de trabajo, estos factores caracterizan el factor conocido como eficiencia de operación. Por otro lado es necesario tener disponibilidad mecánica es decir, hay que considerar las pérdidas de horas de trabajo debido a averías intempestivas y a reparaciones programadas o rutinas de mantenimiento.

Si se trata de un clima extremo en ambiente polvoriento, con materiales densos y abrasivos, la calidad de la operación será deficiente y las prestaciones se verán de forma adversa debido a las malas condiciones de trabajo.

c) Esponjamiento y densidad

Este factor es de suma importancia a considerar, ya que cada material cambia de tamaño y forma al ser fracturado, aumentando o disminuyendo su volumen.

³ Manual de rendimiento Caterpillar, edición 31. 2010

d) Compactación

El volumen ocupado por el material en su estado suelto puede reducirse por medio de la compactación, los factores que tienen mayor influencia son:

- El tipo material
- Energía de compactación, y
- La humedad de compactación

2.3 METODOLOGÍA DE CONTROL⁴.

2.3.1 Control de producción

a) Rendimiento por hora de trabajo

Es la producción por hora de trabajo, para el mismo modelo de los equipos y características de trabajos similares permanece aproximadamente constante.

b) Coeficiente de utilización

Es la proporción de horas que realmente se trabajan. Depende de varias causas:

- Localización del proyecto y clima
- Edad y estado de los equipos y naturaleza de los materiales
- Interferencias entre los equipos que trabajan en cadena

c) Horas de presencia

Se refiere a la jornada de trabajo programado.

2.3.2 Clases de horas

a) Clasificación de las horas de parada

Se clasifican atendiendo a dos criterios diferentes:

a.1) Duración límite de las paradas estimadas

Se clasifican de la siguiente manera

- **Paradas mayores:** Es la suma de todas las paradas que se produzcan en el trabajo y tengan una duración mayor a 15 minutos.

⁴ Carlos López Jimeno "manual de arranque y selección de equipos de carga y transporte

- **Paradas menores:** es la suma de todas las paradas de duración menor o igual a 15 minutos.

a.2) Causa de la parada correspondiente

- **Paradas por avería:** comprende desde que se queda inoperativo hasta su reparación
- **Paradas por condición de trabajo:** son debidas a condiciones subestándares críticas para el trabajo o la máquina.

2.4 Dimensionamiento de los equipos en operación

El número de unidades o tamaño de la flota requerida para realizar un trabajo determinado depende de las necesidades de la longitud total de una vía en mención. Este número requerido se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Numero unidades requeridas} = \frac{\text{produccion horaria necesaria}}{\text{produccion horaria por unidad}}$$

2.5 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS⁵.

Continuación se detalla cada uno de ellos.

2.5.1 Motoniveladora

La motoniveladora es una de los equipos mas versátiles en la línea de productos de Caterpillar. Las máquinas de la Serie K, se utilizan en numerosas aplicaciones en una amplia gama de industrias. A continuación damos conocer algunas de ellas.

a) Aplicaciones

La línea de motoniveladoras de la Serie K Caterpillar consta de 10 modelos diferentes, desde la versátil 120K hasta la potente 24K. Esta amplia línea de modelos permite que el usuario seleccione la motoniveladora que mejor se adapte a la aplicación de su interés de trabajo.

Construcción pesada

- Construcción de autopistas
- Construcción de presas
- Mantenimiento de caminos

^{5 y 6} Carlos López Jimeno "manual de arranque y selección de equipos de carga y transporte.

Minería

- Mantenimiento de caminos de acarreo y limpieza de nieve
- Mantenimiento de pistas mineras en minería a cielo abierto
- Mantenimiento de vías en interior mina.

Esta aplicación de las motoniveladoras consiste en modificar los caminos de acarreo en sitios de *trabajos mineros*, generalmente para mantener la superficie de los caminos suaves y uniformes. El tipo de material que hay que mover durante el mantenimiento de los caminos de acarreo varía dependiendo de la aplicación. Normalmente, la hoja se llena hasta un tercio o hasta la mitad de su capacidad. En algunos caminos de material blando por los que circulan camiones y equipos de acarreo de gran tamaño pueden necesitar cargas pesadas con la hoja para poder conformar la superficie del camino. La gama general de velocidades en estos trabajos de mantenimiento de caminos depende mucho del material que se está moviendo y de la pendiente del camino. Muchas explotaciones mineras se encuentran en zonas montañosas y requieren caminos de acarreo con pendientes pronunciadas.

En general, el mantenimiento de los caminos se hace a velocidades similares a las necesarias para el mantenimiento normal de carreteras (5 a 16 km/h, 3 a 10 mph). La meta de estas aplicaciones de la motoniveladora es obtener una superficie de desplazamiento que permita el movimiento seguro y eficiente de la maquinaria. Es deseable conseguir pendientes y peraltes perfectos en los caminos pero no es tan crucial como en los trabajos de nivelación de acabado con la hoja. La mayoría de las actividades de mantenimiento de caminos de acarreo se hacen en las industrias mineras, de construcción pesada y forestal.

b. Producción

Las motoniveladoras se usan en una amplia gama de aplicaciones en una variedad de industrias. Por lo tanto, hay muchas formas de medir su capacidad de operación. Un método expresa la producción de la motoniveladora en función del área cubierta por la vertedera.

c. Velocidades de operación

Velocidades de operación típicas por aplicación en el trabajo:

- Nivelación de acabado: 0-4 km/h
- Trabajo pesado con la hoja: 0-9 km/h
- Reparación de zanjas: 0-5 km/h
- Desgarramiento: 0-5 km/h

- Mantenimiento de carreteras: 5-16 km/h)
- Mantenimiento de caminos de acarreo: 5-16 km/h
- **Mantenimiento de vías en interior mina: 2 – 4 km/h**

d. Eficiencia de trabajo

La eficiencia del trabajo varía según las condiciones del trabajo, la habilidad del operador, etc. Una buena estimación de la eficiencia del trabajo es aproximadamente de 0,70 a 0,85, pero habrá que tener en cuenta las condiciones reales de operación para determinar el valor más apropiado.

e. Longitud efectiva de trabajo

Como la vertedera está normalmente formando un ángulo cuando se está moviendo material, debe calcularse la longitud efectiva de la hoja teniendo en cuenta este ángulo. El resultado es el ancho real de material barrido por la vertedera.

f. Ancho de superposición

El ancho de superposición es generalmente 0,6 m (2,0 pies). Esta superposición es para mantener los neumáticos fuera de los camellones en la pasada de retorno.

2.5.2 Tractor de cadenas

Es un equipo para movimiento de tierra con una gran potencia y robustez en su estructura, diseñado especialmente para trabajos de corte (excavando) y al mismo tiempo empuje en la hoja (transporte). Estos equipos se utilizan durante el proyecto de construcción en operaciones tales como: limpieza de terreno de árboles y maleza, apertura de brechas en terreno rocoso, movimiento de tierra en estanques, corte de carreteras y por último se está aplicando en minerías subterránea para empuje de materiales.

a) Características.

- Los motores diésel Caterpillar proporcionan potencia, alta reserva de par, fiabilidad y rendimiento asegurados.
- El sistema de tren de fuerza hidrostático disponible en los modelos D3C Serie III a D5C Serie III permite giros a toda potencia, gama continua de velocidades, modulación suave, frenado hidrostático dinámico y maniobrabilidad y controlabilidad excelentes.

2.5.3 Retroexcavadora.

Es un equipo autopropulsado, se caracteriza por su versatilidad y la ventaja de trabajar en espacios reducidos. Se encuentra montado sobre ruedas con bastidor especialmente diseñado que porta a la vez, un equipo de carga frontal y otro de retroexcavación trasero, de forma que puede ser utilizado para trabajo excavación y carga de material o limpieza de zanjas.

2.5.4 Minicargador

Son unos equipos versátiles, adaptables para cualquier lugar y condición, tanto para servicios generales y para mantenimiento de vías en interior mina.

a) Aplicaciones

Mantenimiento de calles y caminos

Son ideales para mantenimiento de carreteras urbanas y zonas de estacionamiento para quitar el pavimento agrietado o deteriorado, eliminar abultamientos e imperfecciones en el pavimento que ha aumentado de volumen, últimamente se está introduciendo a la minería subterránea para diversos trabajos por su versatilidad, adaptabilidad y confiabilidad.

2.6 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO

2.6.1 Departamento de servicios auxiliares mina.

Es el encargado de servicios generales como: mantenimiento de las vías en interior mina, distribución de agua y aire, sistema de bombeo de agua, sostenimiento de labores críticas y Manejo de relave.

2.6.2 Mantenimiento de las vías de rodadura

La mina San Cristóbal cuenta con 35 km lineales de vías estas se utilizan y se mantienen día a día, el 75% son conservados con ripio y el 15% están asfaltas con concreto de alta resistencia, las vías comienzan desde el Nv. (nivel) 390 hasta el Nv. 1120 (ver el plano general de entrada y salida anexo N°02) las vías comprenden: bypass, rampas y galerías. La ejecución de mantenimiento de las vías se encarga la empresa especializada Tecnomin Data S.R.L., con 04 equipos, seguido ver las especificaciones técnicas de los equipos.

Cuadro N° 2.1 Especificaciones técnicas de los equipos antes del proyecto de investigación.

maquina	modelo	marca	Serie Unidad	Cap. (m3)	Serie motor	Horom. al 08/11/12	Potencia(HP)	tanque (gal)	AÑO
tractor de cadenas	D5Kxl	Caterpillar	DJL03801	2.19	C4E24485	1521.10	96.00	51.50	2012
minicargador	236B01	Caterpillar	A91102183	0.44	CYM39877	1412.50	75.00	23.80	2012
retroexcavadora	420BE	Caterpillar	WNW01756	0.96	C4E22503	1425.00	101.00	50.00	2012
motoniveladora	120K	Caterpillar	SZN00635		OKH3373	1008.20	140.00	80.00	2011

Fuente: E.E Tecnomin Data S.R.L.

2.6.3 Condiciones actuales de los equipos

Estos equipos presentan serias deficiencias como: falta de repuestos que no se consigue a tiempo, equipos no adecuados para trabajos en condiciones adversas y severas, presencia de humo por encima de los LMP (límite máximo permisible), agua acida, monóxido de carbono (CO), polvo y distancias muy largas de recorrido, lo que genera desgaste temprano en su sistema de rodaje y en los demás componentes.

2.6.4 Sistema de bombeo de agua.

Es realizado por la empresa especializada Geohidraulica S.A.C., el bombeo se realiza por niveles empezando del Nv. 1120 hasta el Nv. 820.

En cada nivel existe cámaras de bombeo y es controlado por cada operario, del Nv. 820 es traslado por gravedad todo el agua de profundización mina por túnel victoria para el desfogue en superficie previo tratamiento de acidez, el resto de agua es bombeado hasta el Nv. 340 para trabajos de perforación en distintos frentes de la mina.

2.6.5 Departamento de operaciones mina.

Es el encargado de la extracción de las zonas: zona I, zona II y profundización, se produce diariamente un promedio de 4500 Tm/día de mineral con contenidos de Zn, Ag, Pb y Cu.

2.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS PESADOS UTILIZADOS

2.7.1 Motoniveladora 120K.

Es el equipo empleado para ripiado de las vías en interior mina, La sección estándar de los túneles es de 4.5x 4.5 mts., con una gradiente típica que oscila de 10 % a 12 % en rampas y en bypass la gradiente oscila entre 0.5% a 1% a continuación ver foto y las especificaciones técnicas del equipo.

Foto: N° 2.1 Motoniveladora 120K



Fuente: catálogo de especificaciones técnicas de motoniveladora 120K

Cuadro N° 2.2 Especificaciones técnicas de la motoniveladora 120K.

motoniveladora 120K		
Potencia	140 HP	
Reserva de par	50%	
Reducción de potencia por altitud	3.048 m	10.000 pies
Ancho de la hoja	3,658 m	12 pies
Altura de vertedera	610 mm	24 pulg
Espesor de vertedera	22 mm	0.9 pulg
Tracción en la hoja peso bruto típico del vehículo	8.210 kg	18.100 lb
Capacidad de combustible	305 L	80,6 gal
Sistema de enfriamiento	40 L	10,6 gal
Aceite de motor	25 L	6,6 gal
Trans./Dif./ Mandos finales	47 L	12,4 gal
Caja del tándem (cada una)	49 L	12,9 gal
Peso bruto del vehículo básico total	12.035 kg	26.533 lb

Fuente: manual de rendimiento Caterpillar, edición 31.

2.7.2 Tractor de cadenas D5K.

Este equipo es utilizado en las rampas de explotación de una sección estándar de 3.50X3.50 mts., para utilizar otros equipos en dichos frentes no es posible por el tamaño de la abertura y la cantidad de material a mover, en el siguiente cuadro ver sus especificaciones técnicas y la foto.

Foto: N° 2.2 Tractor de cadenas D5K.



Fuente: catálogo de especificaciones técnicas de tractor de cadenas D5Kxl

Cuadro N° 2.3 Especificaciones técnicas del tractor de cadenas D5K xl

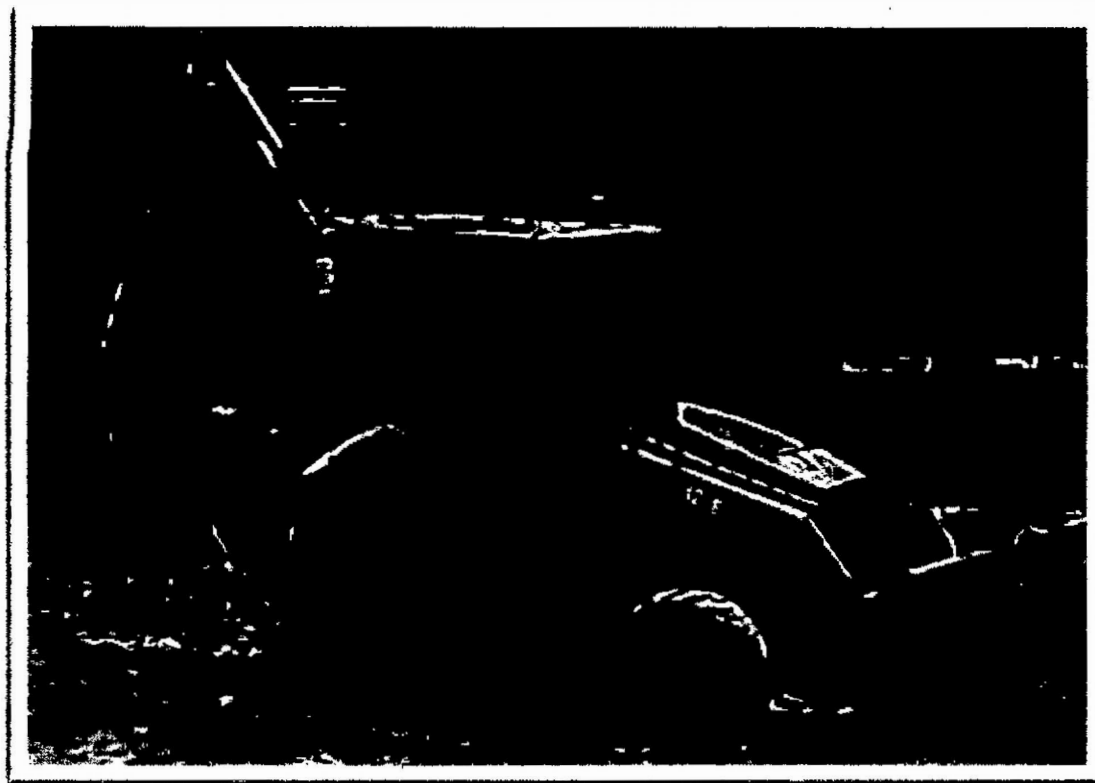
tractor de cadenas D5K		
Potencia –Neta	96 HP	
Peso en orden de trabajo –XL	9.408 kg	20.741 lb
Velocidad de desplazamiento máxima avance	9 km/h	5,6 millas/h
Tanque de combustible	195 L	51,5 gal
Cárter y filtro	11 L	2,91 gal
Sistema de enfriamiento	22,4 L	5,92 gal
Número de rodillos (cada lado)	7	
Número de zapatas (cada lado)	40	
Ancho de zapata –XL	510 mm	20 pulg
Largo de cadena en el suelo –XL	2.310 mm	91 pulg
Presión sobre el suelo –XL	39,1 kPa	5,67 lb/pulg ²
Reducción de potencia por altitud	3000 m	10000 pies

Fuente: manual de rendimiento Caterpillar, edición 31

2.7.3 Retroexcavadora 420E

El equipo es utilizada para limpiar de cunetas en interior mina, cuya sección típica de la cuneta es de 0.50 m de largo y 0.40 m de profundidad, a continuación ver sus especificaciones técnicas y foto.

Foto: N° 2.3 Retroexcavadora 420E



Fuente: catálogo de especificaciones técnicas de retroexcavadora 420E

Cuadro N° 2.4 Especificaciones técnicas de retroexcavadora 420E

Retroexcavadora cargadora 420 E		
Reducción de potencia por altitud	2286 m	7500 pies
Peso en orden de trabajo Nominal	7.025 kg	15.474 lb
Tracción en las cuatro ruedas	155 kg	342 lb
Cucharón de uso múltiple 0,96 m ³ (1,25 yd ³)	884 kg	1949 lb
El peso bruto total de la máquina	10.700 kg	23.568 lb
Profundidad de excavación –Estándar	4.360 mm	14,3 pies
Fuerza de excavación del cucharón	61,7 kN	13.875 lb
Levantamiento del brazo a 2.440 mm (8 pies) Estándar	2.601 kg	5.722 lb
Capacidad del cucharón –Uso General	0,96 m ³	1,25 yd ³
Tanque de combustible	144 L	38 gal
Tanque hidráulico	38 L	10 gal
Sistema de enfriamiento, aire acondicionado	15,9 L	4,2 gal
Sistema de enfriamiento, alta temperatura	16,7L	4,4 gal

Fuente: manual de rendimiento Caterpillar, edición 31

2.7.4 Minicargador 236B

El minicargador 236B es utilizado como equipo complemento de la retroexcavadora 420E, realiza evacuación de lodo luego que la retroexcavadora limpia la cuneta, es un equipo muy versátil por lo que puede realizar diversas actividades, seguido ver características principales y foto.

Foto: N° 2.4 Minicargador 236B01



Fuente: catálogo de especificaciones técnicas de minicargador 236B01

Cuadro N° 2.5 Especificaciones técnicas del minicargador 236B01

minicargador serie 236B		
Potencia neta	52 kW	70 hp
Peso en orden de trabajo	3.178 kg	7.007 lb
Velocidad de desplazamiento (avance o retroceso): Una velocidad	12,1 km/h	7,5 millas/h
Opción de dos velocidades	18,6 km/h	11,6 millas/h
Capacidad nominal de operación	884 kg	1.950 lb
Tanque hidráulico	35 L	9,2 gal
Sistema de enfriamiento	10 L	2,6 gal EE.UU
Caja de la cadena, cada lado	7 L	1,8 gal
Cárter del motor	10 L	2,6 gal

2.8 Costos horarios de los equipos para mantenimiento de vías en interior mina⁶

Toda empresa especializada en el rubro de la actividad financia sus fondos necesarios en los bancos o en mercado de capitales, abonando interés correspondiente por la inversión.

⁶ Manual de rendimiento Caterpillar, edición 31

Si el empresario dispone de fondos suficientes de capital propio, hace la inversión esperando que el equipo pesada recupere la inversión con la tasa esperada.

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

$$\frac{\text{costo minimo posible por hora}}{\text{produccion maxima posible por hora}} = \text{rendimiento ideal de la máquina}$$

Los costos por hora de posesión y de operación de un modelo del equipo pueden variar mucho, pues están afectados por muchos factores: el tipo de trabajo, los precios locales de combustibles y lubricantes, costos de repuestos, intereses, etc.

2.8.1 Modelo aplicado para el costo de posición y operación

Se basa en los siguientes pasos.

- el especialista debe contar con precio de cotizaciones locales de distintos distribuidores
- los cálculos se basan por equipo completo
- los factores multiplicadores son confiables, para todo tipo de cambio de la moneda
- clasificación en zonas las condiciones de operación y utilización

2.8.2 calculo de costo de posesión

Para proteger la inversión en el equipo y poder reemplazarlo, el usuario debe recuperar durante la vida económica del equipo una cantidad igual a la pérdida del valor en la reventa más los otros costos de posesión del equipo incluyendo los intereses, seguros e impuestos.

Es primordial que se elijan cuidadosamente los períodos de depreciación y que los cálculos sobre los costos de posesión y de operación se basen en la vida económica, en vez de hacerlo en por deducciones impositivas. Por esa razón la tabla siguiente de las condiciones de operación, es solo una sugerencia de tales periodos de la vida económica del equipo.

Pues deben considerarse otros factores, en dichos cálculos, tales como el deseo de acelerar la inversión, las costumbres y las condiciones económicas del lugar, las prácticas de mantenimiento, etc.

Un programa de mantenimiento bueno y consistente extiende la vida económica del equipo. Por lo tanto, el saber la utilización que se le va a dar, las condiciones de operación y las prácticas de mantenimiento, más cualquier otro factor especial, es algo esencial para establecer la duración esperada del equipo con fines de depreciación

Tabla N° 2.1 Guía para elegir el periodo de posesión basado en la aplicación y condición de operación.

maquina	Cond. Moderada	Cond. media	Cond. severa
Tractores de cadena D5K y D5M	Remolque en la barra de tiro, apilamiento sin impactos en plena aceleración. Máximo hasta 15000 horas.	Trabajo con hoja en arcilla, arena, grava, empuje, carga y desgarramiento de zanjas. Condición de impacto medio. Máximo 12000 horas.	Desgarramiento en suelos rocosos, trabajo pesado en roca dura. Carga de impacto pesado. Máximo 10000 horas
Motoniveladora 120K y 135H	Trabajos ligeros en conservación de caminos y acabado. Trabajos de mezcla en planta y carretera. Máximo hasta 20000 horas.	Conservación de caminos de acarreo, zanjas y construcción de carreteras, esparcimiento de relleno suelto. Máximo 15000 horas.	Conservación de caminos apisonados con rocas incrustadas, uso de desgarrador, cargas de alto impacto. Máximo hasta 12000 horas.
Retroexcavadoras 420E y 436C	Terrenos ligeros y medios. Profundidad de excavación 1.80 mts. Máximo 12000 horas.	Giros continuos, arrastre de distancias medias con apilamiento de troncos, terreno seco con grava y lodo. Máximo 10000 horas.	Excavación de roca, profundidad de excavación mas de 3.00 mts. Máximo 5000 horas.
Minicargadores 236B y 246D	Trabajos de apilamiento y traslado de material. Máximo. 15000 horas.	Acarreo de material a distancia moderada, carga y maniobra ligera, limpieza de zanjas. Máximo 12000 horas.	Taladrado de piso de concreto, excavación de zanjas con grava. Máximo 10000 horas.

Fuente: manual de rendimiento Caterpillar, edición 31

2.8.3 Depreciación⁷

Valor depreciable = $V_a - V_r$

Depreciación (D)

Es el valor que pierde el equipo durante una unidad de tiempo previamente establecida así:

a) Depreciación anual (D_a)

$$\text{Depreciación anual} = \frac{V_a - V_r}{N}$$

b) Depreciación horaria (D_h)

$$\text{Depreciación horaria} = \frac{V_a - V_r}{4368.N}$$

⁷ Manual de rendimiento Caterpillar, edición 31

En la expresión dada para el cálculo de la depreciación horaria, se asume que un equipo labora 4368 horas por año para esta investigación.

Cuanto más corta sea la vida económica del equipo, mayor es el porcentaje de pérdida en un año. Aunque el porcentaje de la pérdida anual depende de la duración del equipo, es una regla general que la pérdida estará entre el 40 y el 50% del valor durante el primer cuarto de la vida útil del equipo. En el punto medio de su duración, la pérdida estará entre 70% a 75%.

2.8.4 Interés de capital invertido (I)

Viene dado por:

- **Inversión media anual (IMA)**

Puede definirse como la media de los costos de los equipos al final de cada año, durante toda su vida económica útil, después de aplicarle la amortización correspondiente de cada año.

Sobre la inversión media anual se acostumbra calcular los intereses, seguros, impuestos y costo de almacenamiento.

El valor medio de una máquina también se puede definir como el promedio aritmético de los valores de la máquina al principio de cada año, durante su vida útil, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Año	Valor de la máquina
1	V_a
2	$V_a - \frac{V_a - V_r}{N}$
3	$V_a - \frac{V_a - V_r}{N} - \frac{V_a - V_r}{N}$
N	$V_a - (N - 1) \frac{(V_a - V_r)}{N}$
N+1	$V_a - (N + 1 - 1) \frac{(V_a - V_r)}{N} = V_r$

Haciendo el promedio aritmético del valor de la máquina al principio del año “1” y del valor de la misma al principio del año “N”, se obtiene:

$$IMA = \frac{V_a(N + 1) + V_r(N - 1)}{2N}$$

Luego equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en la maquinaria.

$$\text{Interes (I)} = \frac{\text{IMA} * \%i}{2000N}$$

Dónde:

I: interés horario del capital invertido.

IMA: inversión media anual.

I: tasa de interés anual vigente para tipo de moneda a utilizar (tasa activa en moneda nacional-TAMN, tasa activa en moneda Extranjera-TAMEX).

N: vida económica útil en años.

4368: número de horas al año trabajadas por máquina pesado.

2.8.5 Impuestos, seguros y almacenaje

Las primas de seguro varían de acuerdo al tipo de maquinaria y a los riesgos que debe cubrir durante su vida económica. Este cargo existe tanto en el caso de que la maquinaria se asegure con una compañía de seguros, como en el caso de que la empresa constructora decida hacer frente, con sus propios recursos a los posibles riesgos de la maquinaria (auto aseguramiento).

El tipo de seguro a considerar es el TREC (Todo Riesgo de Equipo Contratista) que como promedio se puede asumir en 5%.

Los impuestos se aplican sobre el bien adquirido. Su porcentaje se deberá calcular de acuerdo a la legislación vigente y puedan variar en el orden del 1 al 2%.

Respecto al almacenaje, se refiere al costo ocasionado por la permanencia de la maquinaria en talleres centrales (por inactividad). Este costo se estima que es del orden del 1 al 1.5% de la inversión media anual.

Para el cálculo del costo por seguros, impuestos y almacenaje se aplica:

$$I, S \text{ y } A = \frac{\text{IMA}(\sum \text{de tasas anuales})}{2000N}$$

$$I, S \text{ y } A = \text{IMA} (0.360 + 0.018 + 0.032 + 0.025).$$

Dónde:

0.360: monto de los intereses anuales

0.018: monto de los impuestos anuales

0.032: monto de los seguros anuales

0.025: monto del bodegaje anual

El costo anual de los intereses, impuestos, seguros y bodegaje puede calcularse de la siguiente manera:

$$I, I, S, B = \frac{V_a(N + 1) + V_r(N - 1)}{2N} 0.435$$

El costo horario de los intereses, impuestos, seguros y bodegaje puede calcularse de la siguiente manera:

$$I, I, S, B = \frac{Va(N + 1) + Vr(N - 1)}{2N} \left(\frac{1 \text{ año}}{2000h} * 0.435 \right)$$

$$I, I, S, B = \frac{Va(N + 1) + Vr(N - 1)}{2000N} (0.2175)$$

2.8.8 Costos de operación

Son los relacionados al trabajo y mantenimiento del equipo solo se presenta cuando esta desarrolla alguna actividad. Incluye los siguientes conceptos.

a. Mantenimiento y reparaciones

El costo de mantenimiento y reparación (CMR) de una máquina es la suma del costo de la mano de obra (CMO) y el costo de los repuestos (CR):⁸

$$CMR = CMO + CR$$

Para obtener el costo de la mano de obra y de repuestos, se debe calcular previamente el costo de mantenimiento (CM) de una maquinaria durante su vida útil. Este se considera referencialmente como un porcentaje del valor de adquisición:

Costo de mantenimiento para trabajo duro=80 a 100% del Va

Costo de mantenimiento para trabajo normal=70 a 90% del Va

Costo de mantenimiento para trabajo suave=50 a 80% del Va

El costo de la mano de obra (CMO) representa el 25% del costo de mantenimiento (CM) sobre el número de horas de la vida económica útil.

$$CMO = \frac{25\% (CM)}{\text{vida util en horas}}$$

Los costos de repuestos (CR) representan el 75% del costo de mantenimiento (CM) sobre el número de horas de la vida económica útil.

$$CR = \frac{75\% (CM)}{\text{vida util en horas}}$$

no se incluye las piezas de desgaste ni herramientas de corte.

⁸ Maquinaria para la construcción de carreteras por Edgardo zapata, universidad nacional de Medellín

b. Costo de combustible

La cantidad y los precios de los combustibles consumidos varían con la potencia, ubicación, clase de trabajo y tipo de maquinaria a emplear. La forma más exacta es tomar en la actividad misma, la tabla siguiente solo se toma como referencia según la condición de trabajo.

Tabla N° 2.2 Consumo de combustible y guías del factor de carga

Maquina	Bajo (Gal. EE.UU)	Medio (Gal. EE.UU)	Alto (Gal. EE.UU)
Tractores de cadena D5X y D5M	1.5 a 3 esto solo en caso de desplazamiento por largo periodo	3 a 4 trabajos con la hoja, empuje y carga	3.5 a 4.5 desgarramiento continuo empuje y carga y empuje cuesta abajo.
Motoniveladora 120K y 135H	2.6 a 3.7 nivelación ligera , mantenimiento suave de caminos	3.7 a 4.8 conservación de caminos mezcla ,etc.	4.8 a 5.9 zanjas esparcimiento de relleno, conservación de caminos de grava
Retroexcavadoras 420E y 436C	1.6 a 2.2 trabajos ligeros en obra publica	2.2 a 2.7 trabajos en ciclos normales de trabajo	2.7 a 3.3 trabajos de ciclos prolongados
Minicargadores 236 B y 246D	1.5 a 2.3 trabajos ligeros de apilamiento y carga	2.3 a 2.7 trabajos de limpieza de lodo, limpieza de zanjas.	2.7 a 3.3 taladro de piso, excavación de zanjas

Fuente: manual de rendimiento Caterpillar, edición 31

c. Lubricantes

El método más exacto para averiguar el costo hora del consumo de cada uno de los aceites consiste en tomar el dato de la capacidad del depósito en galones (motores, Carter, depósitos para aceites hidráulicos y de transmisión), multiplicar este valor por el valor del galón de aceite respectivo y dividir todo entre las horas recomendadas para cada cambio correspondiente.

Costo de lubricantes (\$/h)= costo galón x capacidad del depósito / periodo en horas de cambio de aceite

El ambiente de trabajo (seco, húmedo, tropical, con polvo, etc.) obligan a cambiar los lubricantes con más frecuencia por lo que será necesario determinar estas variaciones estar ordinarias que de ninguna manera pueden reflejarse en una simple formula. Será siempre necesario llevar una estadística que nos permita determinar con mayor exactitud el momento del cambio de lubricantes.

Finalmente conviene advertir que es muy importante la calidad de los lubricantes. En base de lo señalado precedentemente puede estimarse del costo de lubricación entre 10 y 15% del consumo del carburante en motores diésel.

$$\text{Aceite (M)} = \left[Y \left(\frac{\text{gal}}{\text{Hp} * h} \right) * Z(\text{Hp}) * 0.67 + \frac{C(\text{gal})}{T(h)} \right] * U \left(\frac{\$}{\text{gal}} \right)$$

Donde:

Y: consumo específico de aceite. Para la gran

Mayoría de las máquinas, $y = 0,0009$.

Z: potencia de la máquina en la volante.

U: precio del aceite de motor.

0,67: factor de potencia en el trabajo

C: capacidad del cárter del motor en galones.

T: tiempo entre cambios de aceite en horas.

Para la transmisión:

$$\text{Transmision (T)} = (0.01 - 0.05) \frac{\$}{\text{gal}} * U \left(\frac{\$}{\text{gal}} \right)$$

Dónde U es precio del aceite de transmisión.

Para el sistema hidráulico.

$$\text{Aceite(H)} = (0.01 - 0.06) \frac{\$}{\text{gal}} * U \left(\frac{\$}{\text{gal}} \right)$$

d. Grasas

La cantidad de grasa que se va a utilizar depende del tipo y tamaño de la máquina. Para tener un dato más exacto se debe recurrir a los datos que suministra el fabricante para cada máquina específica.

$$\text{Costo hora grasa} = \frac{\text{costo de la grasa por equipo}}{\text{periodo en horas de engrase}}$$

Para grasa.

$$\text{Grasa} = (0.3 - 3.0) \frac{\text{Lb}}{h} * U \left(\frac{\$}{\text{Lb}} \right)$$

e. Filtros

El costo horario de los filtros (aire, combustibles y aceite) se calcula como el 20% de la suma de los costos horarios de combustibles y lubricantes.

$$\text{Costo hora filtro} = \frac{20(\text{combustible} + \text{lubricante})}{100}$$

f. Costo de los neumáticos

La mejor estimación se basa en la experiencia adquirida, utilizando los precios reales de reemplazo, la duración depende de muchas variables tales con el mantenimiento, precisiones de inflado, estado de la vía, velocidad de desplazamiento, curvas y pendientes de la vía, posición de la llanta en la máquina (delantera, trasera, dirección o de tracción), carga, etc. Lo que si debemos tener en cuenta es que el costo por hora de las llantas es alto y merece un cálculo aparte. El costo hora de determina así:

$$\text{Costo hora llanta} = \frac{\text{costo de la llanta}}{\text{vida útil de la llanta (hrs)}}$$

g. Piezas de desgaste

Son aquellas piezas sujetas a desgaste rápido pero de fácil reemplazo. Entre estas piezas debemos cita a tolvas, mandíbulas, cucharones, tren de rodamiento, etc.

No se pueden dar reglas concretas dadas la gran variedad de condiciones de uso, sin embargo hay valores de la experiencia que resulta necesario tener en cuenta:

Trenes de orugas: de 2 000 a 6 000 horas

Hojas de motoniveladora: de 2 000 a 3 000 horas

Cucharon y cuchillas: de 3 000 a 5 000 horas.

$$\text{Costo hora} = \frac{\text{costo de las piezas de desgaste}}{\text{vida útil de las piezas de desgaste (hrs)}}$$

h. Tren de rodaje⁹

Estos costos son fundamentales para el caso de tractor de cadenas, estos pueden variar independientemente de los costos básicos de las máquinas. En otras palabras se pueden emplear en un medio abrasivo, de alto desgaste mientras para otros las condiciones pueden ser benignas, por esa razón se considera como un artículo de desgaste rápido y que no se incluye en las reparaciones. Existen tres aspectos influyentes en el desgaste en el tren de rodaje.

⁹ Fuente: manual de rendimiento Caterpillar, edición 31

h.1 - Impacto

El efecto más fácil de evaluar es estructural: doblamiento, descascarillado, rajaduras, aplastamiento de las pestañas de los rodillos, etc. y problemas de la tornillería y de retención de los pasadores y bujes.

- **Altas.-** *Superficies* duras e impenetrables con protuberancias de 150 mm (6 pulg) o aún más altas.
- **Moderadas.-** Superficies parcialmente penetrables con protuberancias de 75 a 150 mm de alto.
- **Bajas.-** Superficies totalmente penetrables (proporcionan pleno soporte a las planchas de las zapatas) y con pocas protuberancias.

h.2 - Abrasión

La tendencia de los materiales del suelo a desgastar las superficies de fricción en los componentes de las cadenas.

Evaluación de la abrasión:

- **Intensa.-**Suelos muy húmedos que contengan gran proporción de arena o partículas de rocas duras, anguladas o cortantes.
- **Moderada.-**Suelos ligeramente mojados o de un modo intermitente, que tengan baja proporción de partículas duras, anguladas o cortantes.
- **Baja.-**Suelos secos o rocas con una proporción baja de arena, de partículas anguladas o cortantes, o esquirlas de roca. La combinación de estos dos componentes aumenta en mayor grado el desgaste, reduciendo más su duración, ciertos hábitos de algunos operadores intensifican el desgaste y los costos si no se ejercen control en el trabajo. Tales trabajos incluyen operaciones de a gran velocidad comúnmente retroceso, correcciones constantes de dirección, etc.

h.3 - Estimación de costos de tren de rodaje

La guía siguiente da un factor básico para varios tipos de máquinas de cadenas y una serie de multiplicadores de condiciones para modificar el costo básico de acuerdo al impacto anticipado, abrasión y condiciones varias.

Paso 1. Elija la máquina y su correspondiente factor básico.

Paso 2. Determine la escala para cargas de choque, abrasión, etc.

Paso 3. Añada multiplicadores de las condiciones elegidas y aplique la suma al factor básico para obtener la estimación por hora del tren de rodaje.

El resultado es un costo estimado por hora del tren de rodaje.

Tabla N° 2.3 Estimacion de costos de tren de rodaje.

factores básicos del tren de rodaje		
modelo		factor básico
D11R		17.00
D10R		12.50
D9R		10.00
D8R		8.50
D7R		8.00
D5M, D5K xl		5.00
D3C, D4C		3.50
D4		2.50
multiplicador de condiciones		
condición	impacto	abrasión
alto	0.30	0.40
medio	0.20	0.20
bajo	0.10	0.10

Fuente: manual de rendimiento Caterpillar.

Ejemplo

- El tractor de cadenas D5M trabaja con material de alta carga de impacto y abrasión media.

Factor básico de D5M = 5.00

Multiplicadores I = 0.30

A = 0.20

Costo horario de tren de rodaje = $5 \times (0.30 + 0.20) = 2.50$ US\$/ Hora

El costo por hora del tren de rodaje estimado que se obtenga con este método estaría constituido aproximadamente en un 70% por el costo de las piezas y en un 30% por la mano de obra. El costo de los componentes del tren de rodaje se basa en las Listas de Precios al Consumidor publicadas en EE.UU. y se puede ajustar según sea necesario de acuerdo a los derechos de importación, tipos de cambio, etc., fuera de los Estados Unidos.

d) Herramientas de corte

Son herramientas de costo variable y dependen de las condiciones de trabajo, tipo de material, etc. Entre estas herramientas podemos citar a las cuchillas, cantoneras, brocas, dientes de cucharón, puntas de los escarificadores, punta de martillos, etc.

$$\text{Costo hora} = \frac{\text{costo de las herramientas de corte}}{\text{vida útil de las herramientas de corte (hrs)}}$$

e) **Operador especializado**

El costo hora hombre (H-H) de los operadores va estar en función de la normatividad legal de los trabajadores de construcción civil, Sin embargo dado el costo de la maquinaria a utilizarse sus operadores tendrán una bonificación adicional la cual dependerá de cada empresa. En forma referencial podemos indicar el costo de horas hombre del operador usualmente utilizado.

Operador especializado de equipo liviano = 1.2*costo de H-H del operario de construcción civil

Operador especializado de equipo pesado = 1.5*costo de H-H del operario de construcción civil.

CAPÍTULO III

MANTENIMIENTO DE VÍAS EN INTERIOR MINA

3.1 VÍAS EN INTERIOR MINA

La minería subterránea actualmente es mucho más complejo como se ve, el yacimiento mineral cada vez es más difícil de extraer a medida que se profundiza.

Los equipos empleados en superficie en lo referente a mantenimiento de vías o caminos hoy por hoy son utilizados y adaptados en la mina subterránea de San Cristóbal, esta mina se comenzó a explotar hace 60 años convencionalmente, hoy es explotado sobre ruedas por su propietario volcan. La extracción del mineral es totalmente por medio de volquetes de 15 m³. a la fecha se tiene que mantener 35 km. Lineales de vías subterráneas que comprenden bypass, rampas principales de tránsito, galerías, cruceros y accesos.

El mantenimiento de vías se comienza utilizando minicargadores, pero esto es con el tiempo insuficiente y no cubría la demanda exigida, pues eso género que se utilizara lo demás equipos como motoniveladoras de tamaño pequeño, esto solo en las vías principales de tránsito, luego se introdujo el tractor de cadenas de tamaño pequeño para aliviar las enormes cantidades de lodo generados en las rampas de explotación en donde que no podía acceder la motoniveladora y por último se introdujo la retroexcavadora de tamaño mediano para limpieza de cunetas en las vías subterráneas, y pozas de bombeo.

Todo este problema es generado por la cantidad de filtración de agua subterránea a medida que se profundiza la mina.

Cuando los metales extraídos de la minera llegaron a su punto máximo de cotización se comienza a construir carpetas de rodadura de alta resistencia de concreto.

El 75% de vías son de grava compactada y resto de concreto se tienen que mantener constantemente con todas las máquinas mencionadas antes.

3.2 TIPOS DE VÍAS EN INTERIOR MINA¹⁰

3.2.1 Concreto (northparkes)

Se ha utilizado concreto reforzado (80 a 50 MPa) sin rieles, su tiempo de curado suele ser de unos 28 días.

Se ha presenciado problemas de deformación de vías por:

- Infiltración de agua
- Pozas de agua
- Prácticas de reducción de sobre tamaño, golpeándolo sobre la carpeta
- Escaso mantenimiento

3.2.2 Concreto y rieles (cassiar mine)

Se ejecutan de la siguiente manera:

- las rieles se empernan al piso
- se rellenan con concreto de 35 MPa
- el grosor debe ser mayor de 500 mm.
- Se ha verificado que los equipos LHD funciona de manera óptima, y su estructura ha durado hasta 9 años
- Su costo es de (US\$ 125 / m²) aprox.
- Tiempo de construcción promedio: 15 mts /semana
- Reparación: se requiere taladrar el piso

3.2.3 Ladrillos (gaths, King y shabanie)

Los ladrillos tienen que tener un grosor de 100 mm.

¹⁰ Camiper “gestión de costos y presupuestos en minería subterránea.

Ventajas

- Los ladrillos se preparan en superficie
- Son fáciles de instalar
- Su uso es de inmediato sin esperar el curado
- Buena tracción para LHD
- Reusables

Desventaja

- Requiere de alta cantidad de mano de obra para transportar e instalar

3.2.4 Carpetas en pisos de menor resistencia

- Se usan neumáticos unidos por medio de cadenas
- Se rellenan con grava
- Este sistema se usa en pisos de baja resistencia (minas de carbón)

3.2.5 Superficie de grava compactada y roca chancada

- Cuando se mantiene adecuadamente, se obtiene alto coeficiente de adhesión, con baja resistencia a la rodadura.
- Bajo costo de instalación
- Construcción rápida
- Alternativa al momento de que la ruta tenga un uso limitado
- Sub-base, base y superficie se puede construir con piedra chancada, como material.
- Superficie de gravilla de 6 pulgadas.
- Se requiere mantener las vías
- Costo dependerán de la disponibilidad de material (canteras, voladuras de frentes, etc.)

3.3 BENEFICIOS DE MANTENIMIENTO DE LA VÍAS EN INTERIOR MINA

Es beneficioso por las siguientes razones:

- Mejora la seguridad
- Los costos de LHD se reducen en 50% y las productividad aumentan debido a:
 - Reducción del desgaste de neumáticos,
 - Reducción en el desgaste de la articulación central del LHD,
 - Aumento en el tiempo de viaje de máquinas,

- Reducción en el número de impactos laterales de los equipos que afecta a los pilares en las galerías.
- Mejor ambiente de trabajo y por lo tanto en las eficiencias del sistema.

3.4 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL EMPELADO COMO RIPIO

La mina del Nv. 390 hasta el NV. 1070 Es roca filita de consistencia frágil, desintegración rápida que requiere de constante mantenimiento de las vías por el intenso de tránsito de equipos pesados se deterioran mas rápido de lo previsto, el material utilizado como ripio se desintegra formando lodo por esta situación se utiliza canto rodado de rio de un promedio $\frac{3}{4}$ pulgada de diámetro más la mezcla de desmonte de profundización mina.

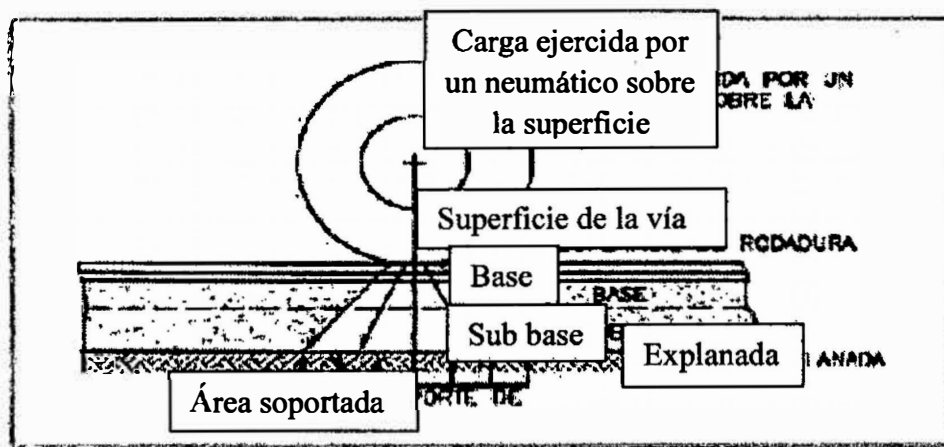
3.4.1 Grava mas canto rodado

El 75% de las vías son conservados con grava proveniente de profundización mina, debido a que en los niveles inferiores la litología cambia de una roca filita a andesita que es ideal para su utilización como ripio y es mezclado con canto rodado de rio.

Generalmente la vía está compuesta por una sola capa de espesor variable, que ha sido utilizado, sin previo estudio de sus propiedades físicas y resistencia de soporte a la carga. Su elección de material adecuado se hará tomando criterios técnicos y económicos.

Para su análisis de las vías es como se muestra en el siguiente gráfico.

Figura N° 3.1 Transmisión de carga sobre la vía.



Fuente: "López Jimeno" manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras superficiales.

En el siguiente cuadro ver tipos de vías subterráneas, sus ventajas y sus desventajas.

Cuadro N° 3.1 Tipos de vías subterráneas.

Tipo de vías	Ventaja	Desventaja
concreto	buen finalizado de la superficie	requiere de un mínimo de 7 días de curado, periodo en el cual no pueden operar equipos
	puede ser reforzado con mallas y protegido de LHDs por medio de rieles	para la relación requiere de cambio de concreto y tiempo de curado
		el piso debe ser excavado hasta la roca sólida, previo a la instalación
LHD ladrillos	listo para instalar no se requiere excavar hasta la roca	requiere gran cantidad de mano de obra
	fácil de reparar	alto costo
	buen resistencia al desgaste por tránsito constante de LHDs	no se puede usar en un punto de extracción sin concreto
concreto reforzado con rieles	similar al caso de carpeta de concreto	Las deformaciones son peligrosas, ocasionan accidentes.
	requiere ser instalado los rieles	
	mejora la resistencia al desgaste	
Concreto compactado	recomendable para zonas de carguío	
	es barato y sirve también para reparar carpetas de concreto	la instalación es dificultoso
grava	fácil de instalación y bajo costo	resistencia a la rodadura es alta
		alto costo de mantenimiento
		alto costo de operación
		material requiere se apropiado

Fuente: CAMIPER (cámara minera del Perú) "estimación de costos de acarreo y transporte

3.5 RESISTENCIA A LA RODADURA POR TIPO DE VÍA Y GRADIENTE.

Las fuerzas de resistencia para que se mueva el vehículo son las siguientes:

- **Aire.-** Vehículos fuera de carretera no se toma en cuenta el aire porque el vehículo se mueve a baja velocidad.
- **Inercia.-** La inercia no influye porque está considerado en la fabricación.

3.5.1 - Resistencia al rodamiento (RR)

En el rodamiento el elemento que actúa es el piso, desempeña doble función, es un medio para las fuerzas que impulsan al vehículo y es una fuente de resistencia al movimiento; el término RR (Resistencia a la rodadura) para indicar fuerzas que se oponen al avance se puede expresar en dos formas; una fuerza que proviene del diseño, es decir una fuerza interna de fricción y otra es la penetración de la llanta en el piso.

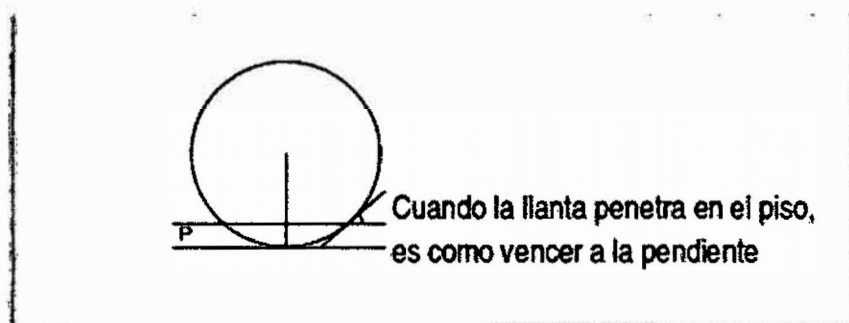
a) Fricción interna (If)

Conforme un vehículo se mueve debe vencer una fuerza interna que los origina el rozamiento de las rodaduras de la chumaceras, y además de la deflexión de las paredes de la llanta

b) Resistencia a la penetración de la llanta (Rp).

En el sistema métrico es 5.9 Kg/Tn (0.59%Wr)/ 1cm de penetración y en unidades inglesas 30Lbs/Tn (11/2%Wr)/ 1 pulgada de penetración.

Figura N° 3.2 Resistencia a la penetración de la llanta.



Fuente: diseño de caminos “Alberto del rio Montoya” España 2010.

Luego resistencia al rodamiento es lo siguiente.

$$RR = If + Rp$$

Cuadro N° 3.2 resistencias a la rodadura para diferentes tipos de vías.

vía	%	UI (lb/tc)	UM
concreto	2	40	20
afirmado	3 a 5	60 a 100	30 a 50
esponjado	10 a 16	200 a 320	100 a 160

Fuente: diseño de caminos “Alberto del rio Montoya” España 2010.

Los elementos que influyen en la penetración del piso son la cocada de la llanta, peso del vehículo, carga, tamaño de la llanta e inflado de la llanta.

La resistencia total viene a ser la suma algebraica de la resistencia a la rodadura con la resistencia a la pendiente.

3.5.2 - Resistencia a la pendiente (Rg).

Es la resistencia a la gravedad para movilizar el vehículo hacia arriba o abajo.

Gradiente favorable (-)

Gradiente adversa (+)

% Pendiente = (Altura/distancia que se recorre)

$R_g = (W \times \% \text{gradiente}) / 100$

3.6 ENSAYOS C.B.R. (CALIFORNIA BEARING RATIO)

3.6.1 Origen

Este método fue propuesto en 1929 por los ingenieros T. E. Stanton y O. J. Porter del departamento de carreteras de California. Desde esa fecha tanto en Europa como en América, el método CBR se ha generalizado y es una forma de clasificación de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base en la construcción de carreteras.

3.6.2 Definición

Es el ensayo de Relación de Soporte que mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base.

3.6.3 Definición del número de C.B.R.

Se obtiene de la relación de la carga unitaria (lbs/pulg².) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón de penetración (19.4 cm²) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón (lbs/pulg².) requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

3.6.4 Determinación para suelos remoldados.

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas con contenido de humedad óptimo para un suelo específico.

3.6.5 Método de determinación

- Determinación de la densidad y humedad.
- Determinación de las propiedades expansivas del material.
- Determinación de la resistencia a la penetración.

3.6.6 Preparación de material.

- Secar el material al aire o calentándolo a 60° C.
- Desmenuzar los terrones existentes y tener cuidado de no romper las partículas individuales de la muestra.
- La muestra debe tamizarse por la malla $\frac{3}{4}$ ". La fracción retenida en el tamiz $\frac{3}{4}$ " debe descartarse y reemplazarse en igual proporción por el material comprendido entre los tamices $\frac{3}{4}$ ".

3.6.7 Cantidad de material.

Para cada determinación de densidad (un punto de la curva de compactación), se necesitan 12 kg de material.

El ensayo debe cumplir los siguientes **parámetros mínimos requeridos** para la investigación.

- Resistencia al corte
- Carga ejercida por el vehículo más pesado
- Las condiciones de la mina
- El índice C.B.R
- Propiedades físicas del material utilizado como ripio

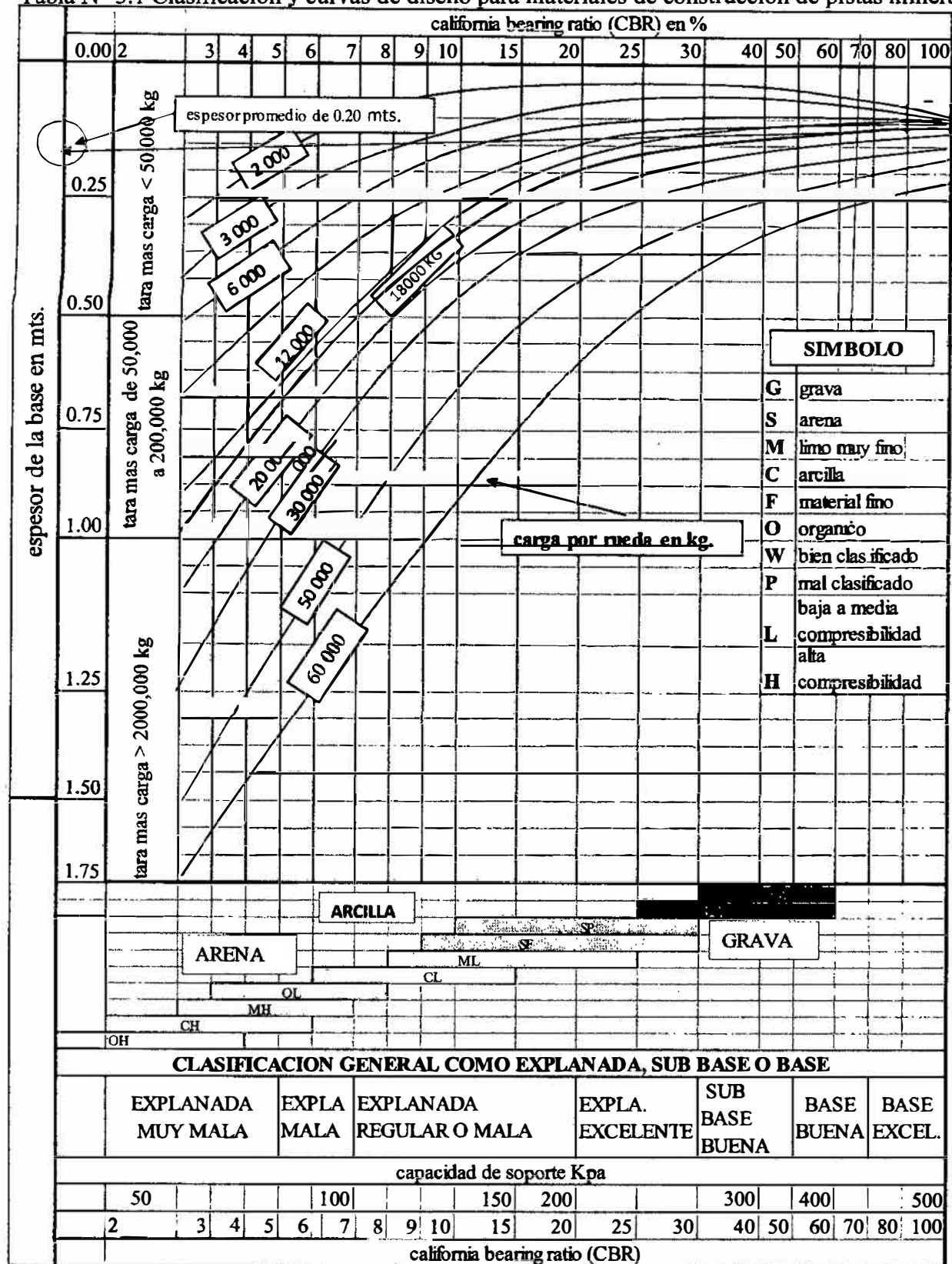
3.6.8 Determinación de Pruebas de C.B.R

Las pruebas de C.B.R se realizarán con material a emplearse como ripio tomando en cuenta la carga máxima por rueda del equipo más pesado, la cual se calcula a partir de las especificaciones técnicas dadas por el fabricante, dividiendo el peso del eje, cuando el vehículo está cargado, entre el número de ruedas que lleva el eje.

Se utilizará el índice de C.B.R, deducida del ensayo de penetración sobre una muestra en el laboratorio. Puede considerarse que todas las rocas poseen un C.B.R. > 30

Las vías constituidas por materiales granulares, darán lugar a un desgaste importante de los neumáticos y, por otra parte, bajo el paso de vehículos pueden sufrir una degradación superficial relativamente rápida que exige una conservación continua: baches de gran tamaño, desintegración de capa superficial, etc.

Tabla N° 3.1 Clasificación y curvas de diseño para materiales de construcción de pistas mineras



Fuente: "López Jimeno" manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras superficiales.

Esta tabla es empleado para establecer es espesor probable de vía de rodadura, conociendo el índice C.B.R y la carga empleada por la rueda más pesada del vehículo.

CAPÍTULO IV

SELECCIÓN Y ASIGNACION ÓPTIMA DE LA FLOTA EQUIPOS PARA MANTENIMIENTO DE LAS VÍAS

4.1	Metodología de selección de equipos.....	49
4.2	Método aplicado.....	49
4.3	Criterios de ponderación	50
4.4	Desarrollo del método a aplicar	50
4.5	Aplicación del método en el análisis de selección de equipos.	53
4.5.1	Tipo de trabajo que ejecuta.	53
4.5.2	Selección de las especificaciones.....	55
4.6	Asignación optima de equipos	65
4.7	Número requerido de equipos.	70
4.7.1	Rendimiento de los equipos antes de la selección	70
4.7.2	Rendimiento de los equipos después de la selección.....	70
4.8	Ensayos C.B.R para establecer el espesor promedio de la vía.	71
4.9	Análisis de costos.....	74
4.9.1	Análisis de costos como titular de la actividad	74
4.9.2	análisis de costo como contratista.....	77

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1	Aplicación de selección y asignación de los equipos para mantenimiento de vías	87
5.1.1	motoniveladora 120K.....	78
5.1.2	Tractor de cadenas D5M	88
5.1.3	Retroexcavadora 420E	89
5.1.4	Minicargador 236B	89
5.2	Parámetros del ripio.	91
5.3	costos horarios de los equipos para vías de transporte subterráneo.	92
CONCLUSIONES		93
RECOMENDACIONES		94
BIBLIOGRAFÍA		95
GLOSARIO DE TÉRMINOS		96
ABREVIATURAS		98
ANEXO		99

CAPÍTULO IV

SELECCIÓN Y ASIGNACION ÓPTIMA DE LA FLOTA EQUIPOS PARA LAS VÍAS

4.1 METODOLOGÍA DE SELECCIÓN

Para lograr los mejores resultados de disponibilidad, utilización y rendimiento es necesario disponer de equipos adecuados, para eso es necesario comparar utilizando un método cuantitativo que evalúe las características técnicas, costos de operación y costo de compra de los equipos ya existentes en actividad.

Mediante esta evaluación de criterios se demuestra con gran versatilidad y facilidad la mejor opción en la selección de equipos comparado con otros modelos existentes en el mercado nacional.

4.2 MÉTODO APLICADO

El método consiste en la evaluación de tres aspectos básicos, los cuales se cuantifican y ponderan de acuerdo a su importancia, cuya sumatoria da la evaluación final de selección del equipo deseada, Estos son:

- a. Evaluación de las características técnicas del equipo.
- b. Evaluación de costos de mantenimiento, operación y servicios ofrecidos por el distribuidor.
- c. Evaluación del costo de adquisición.

4.3 CRITERIOS DE PONDERACIÓN

Para determinar la importancia que tienen cada una de estas evaluaciones se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Performance o rendimiento del equipo.
- Costo de operación.
- Costo de adquisición

Por medio de la estadística se muestra que por lo general los precios de los equipos no varían más de un 20%, por lo que se considera que del total, la evaluación del costo de compra representa un 20% y el 80% restante se divide entre evaluaciones de especificaciones técnicas y costo de mantenimiento, operación y servicios. El performance determinara cuanto rentable es, de este análisis se concluye que:

- Evaluación técnica representa: 45%
- Evaluación de mantenimiento y operación representa: 35% y
- Evaluación de costo de compra representa: 20%

4.4 DESARROLLO DEL MÉTODO A APLICAR¹

Se basa en la comparación de modelos actuales de equipos con otros modelos propuestos como alternativa de reemplazo.

4.4.1 Precisar el tipo de trabajo a realizar.

Es fundamental conocer el tipo de trabajo a realizar, pues permite determinar las características técnicas que deben cumplir. Estas podrían ser definidas analizando los siguientes aspectos:

- La ubicación geográfica de la mina.
- Las condiciones climáticas.
- La presencia del nivel freático.
- Las características del material a trabajar.
- El horario de trabajo.
- La topografía de la zona.
- El tiempo de vida de la mina.
- Requerimientos de producción; etc.

¹ Juan Aranibar Loayza Superintendente de Planeamiento de Mina y Geología Shougang Hierro Perú S.A.A

4.4.2 Evaluación de cuadros técnicos.

Definido el tipo de trabajo a realizar, se elaboran los cuadros evaluativos teniendo en consideración lo siguiente:

4.4.2.1 Evaluación técnica.

- Elegir de 5 a 10 especificaciones que estén mas relacionados con el tipo de trabajo a realizar.
- Asignar a estas especificaciones valores máximos y mínimos si lo tuvieran.
- Precisar que estas tengan un valor recomendable y cuantificarlo.
- Determinar si el no cumplimiento de alguna, descalifica o elimina al equipo de esta selección.
- Ponderar la importancia de cada especificación en la evaluación con escala aconsejable de 1 a 5.
- Determinar una escala de calificación que generalmente es de uno a 1 a 10 de acuerdo al cumplimiento de estas con las solicitudes.
- La calificación obtenida en cada una de las tres evaluaciones es la sumatoria del puntaje obtenido en cada especificación multiplicada por su ponderación.

$$\text{Evaluación} = \frac{\text{puntaje obtenido} \times \text{ponderacion}}{\text{puntaje maximo posible}}$$

4.4.2.2 Evaluación de mantenimiento, operación y servicio.

- Comparar el costo de repuestos, tiempo estimado de los componentes y reparaciones en general.
- Determinar la facilidad de adquisiciones en el mercado nacional, mediante distribuidores en el país.
- Establecer tipo de capacitación que se ofrece.
- Considerar el performance de estas máquinas en operación en el mercado nacional y exterior.
- Comparar el costo de operación con otros modelos propuestos.
-

Puntaje final de comparación entre modelos distintos de equipos

Puntaje total = eval. Tec. + eval. Mant. Serv. + eval. Econ.

4.4.2.3 Evaluación de costo de adquisición.

- Costo de máquina
- Interés a pagar
- Tiempo de financiamiento
- Facilidad de pago.
- Amortizaciones, etc.

4.4.2.4 Cuadro evaluativo

Con los criterios y la metodología a emplear se tiene como resultado el siguiente cuadro.

Especificaciones	Valor recomendado	Valor mínimo	Valor máximo	Valor despreciable	ponderación
------------------	-------------------	--------------	--------------	--------------------	-------------

Ejemplo de muestra, elección entre una motoniveladora modelo 120 K contra modelo N

Motoniveladora 120K			Motoniveladora N		
Especificación	Calificación obtenida	Puntaje obtenido	Especificación	Calificación obtenida	Puntaje obtenido

4.4.2.5 Ponderación de las especificaciones

El criterio recomendable es elegir la especificación más importante y darle la máxima ponderación. Luego analizar individualmente cada una, compararla con la más importante y darle una ponderación con relación a esta.

4.4.2.6 Determinación del valor recomendable.

De acuerdo a las condiciones de trabajo y los criterios para seleccionar las especificaciones a cumplir, se analiza cual sería el valor con el que se obtendría el mejor resultado y este será el valor recomendable.

4.4.2.7 Valor máximo, mínimo y descalificable.

El valor que debe tener una especificación no puede ser ilimitado, por lo que debe establecerse un rango. Si el valor de la especificación no cumple con este rango, no necesariamente elimina al equipo de esta selección, sólo tendría un puntaje de cero (0). Sin embargo puede existir algún valor que si no lo cumple lo descalifique, este es un valor descalificable y hay que fijarlo.

4.4.2.8 Obtención del puntaje de evaluación.

Para cuantificar la calificación final se realiza la sumatoria de las evaluaciones teniendo en cuenta el porcentaje que representa cada uno de estos criterios que se considera.

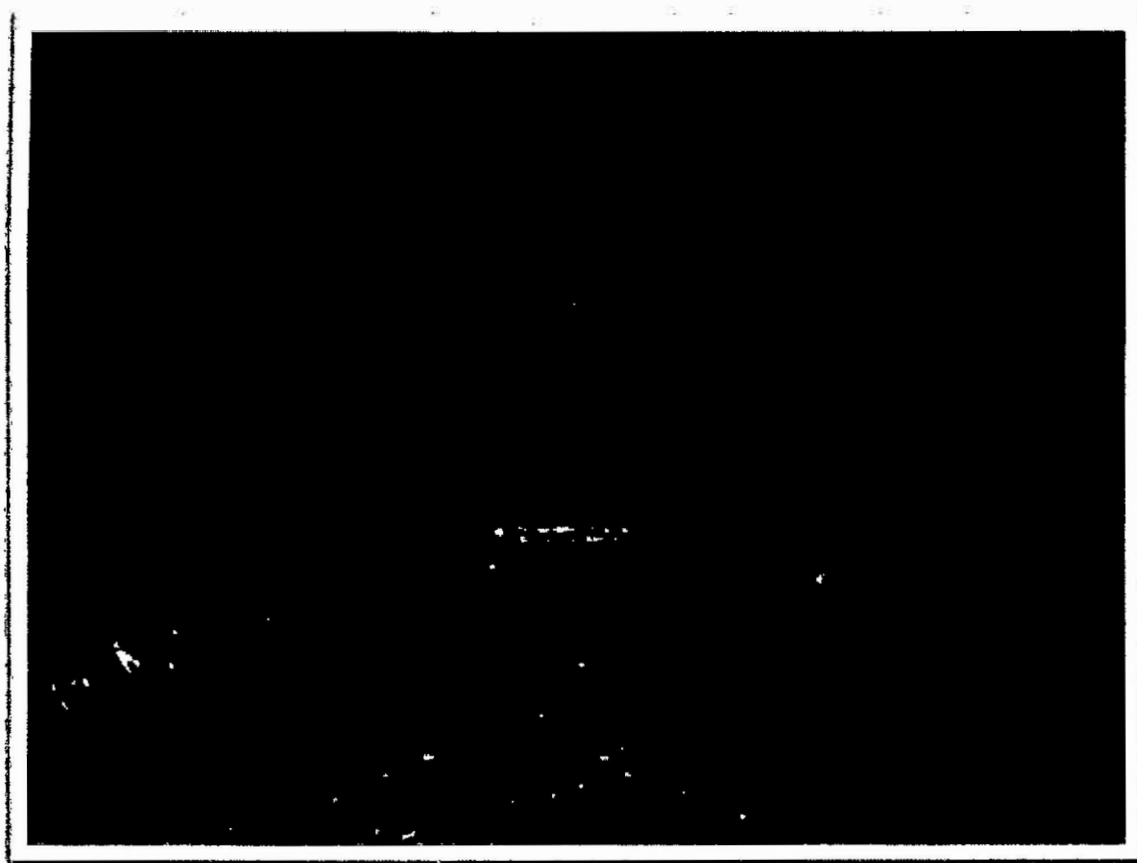
4.5 APLICACIÓN DEL MÉTODO EN EL ANÁLISIS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS.

4.5.1 Tipo de trabajo que ejecuta.

- La mina San Cristóbal se encuentra ubicado en el distrito minero de yauli a 4800 msnm, cuenta con tres zonas o secciones (zona I, zona II y zona lidia) con un total de 35 Km de lineales de vías subterráneas transitables.
- El clima es tipo cordillerano frio durante todo el año, con abundante precipitación durante los meses de diciembre a mayo que llega a temperaturas de 18 C° a 2 C° aprox, intenso frio, helada y nevada durante los meses de mayo a setiembre con unas temperaturas prom. De 12 C° a -17 C°, las condiciones climáticas son cambiantes en la mina en la parte alta con intenso frio y la zona baja templado, hay una considerable presencia de humo, polvo, gases y abundante filtración de agua en la mayoría de vías en interior mina.
- Presencia de nivel freático es abundante, la mina tiene una profundidad de 650 m desde la superficie a medida que se profundiza aumenta el caudal del agua, por lo que existe Sistema de bombeo complejo.
- Las condiciones de trabajo para los equipos.
 - Retroexcavadora 420E limpia cunetas colmatados de lodo en bypass y pozas de bombeo.
 - Tractor de cadenas D5K empuja lodo en las rampas de explotación y en ocasiones nivela los bypass de transporte.
 - Motoniveladora 120K realiza nivelado y tapado de huecos de las vías principales entre rampas, bypass con material granular ripio.
 - Minicargador 236B es un equipo complemento de la retroexcavadora 420E este evacua

lodo después que la retroexcavadora limpia, en ocasiones es utilizado como equipo auxiliar para tapado de huecos, limpieza de cuneta, etc.

Foto N° 4.1 Tipo de trabajo de los equipos que ejecutan mantenimiento vías subterráneas en Nv. 500 Bp 578.



- Se trabaja las 24 horas del día en dos turnos de 12 horas cada uno, con un trabajo efectivo de 7 horas en promedio.
- La vida estimada de la mina es de 20 años con posibilidades de prolongarse hasta 40 años.
- Se espera una disponibilidad mecánica de 85% y unos rendimientos que se detallan a continuación:

- Motoniveladora 120K	= 150 mts /hora
- Tractor de cadenas D5K	= 60 mts / hora
- Retroexcavadora 420E	= 50 mts / hora
- Minicargador 236B	= 50 mts / hora

4.5.2 Selección de las especificaciones

Visto el tipo de trabajo a ejecutar por los equipos, se analiza los siguientes detalles, primero se evalúa las comparaciones entre los modelos de equipos posibles a reemplazar a los actuales modelos empezando estas evaluaciones de sus características técnicas, mantenimiento, operación, servicio y el costo adquisición. Según este criterio algunos de estos equipos una vez que lleguen a su término de su vida económica estimada en aproximadamente 10 000 horas de trabajo será reemplazada por el modelo de equipo propuesto.

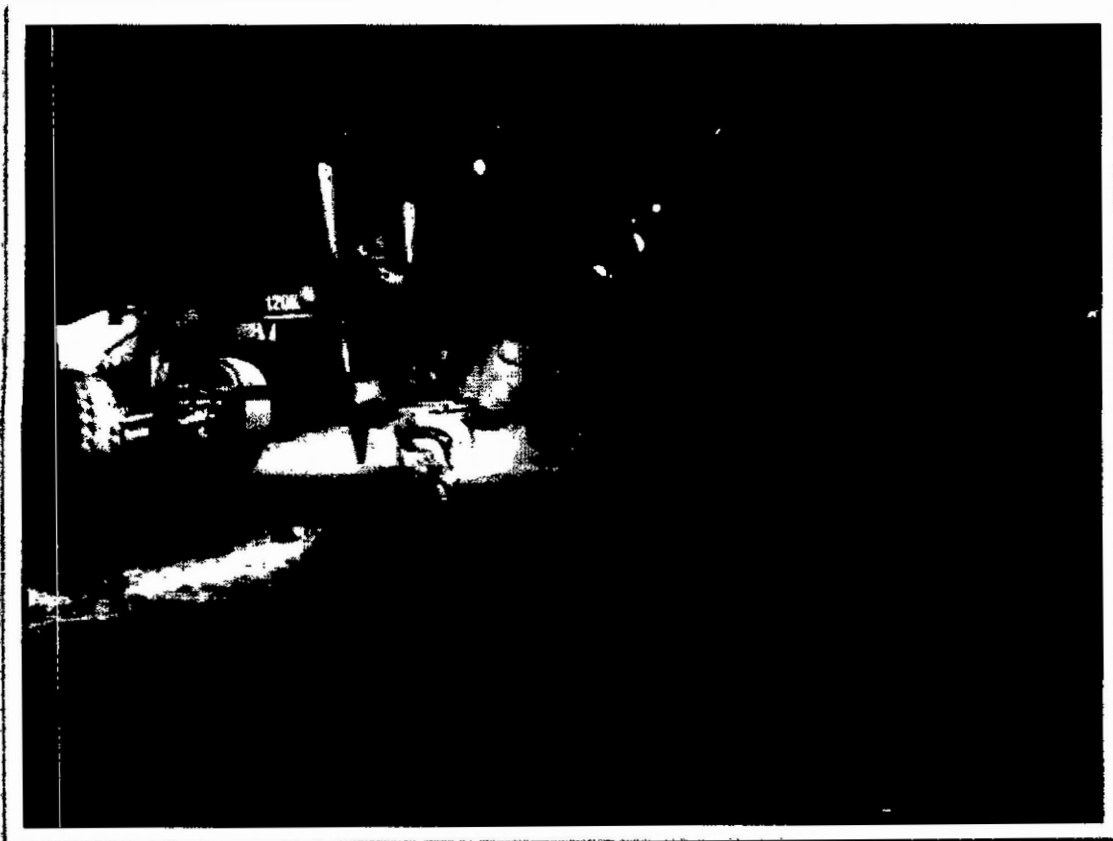
Todas estas especificaciones se dan de acuerdo a los registros de control de horas de uso de cada equipo, ver estas horas a marzo del 2015.

- Motoniveladora 120K	: 9 500 horas
- Tractor oruga D5K	: 9 800 horas
- Retroexcavadora 420E	: 9 890 horas
- Minicargador 236B	: 12 500 horas

Generalmente tales equipos por estimaciones llegan superar entre un intervalo de 10 000 a 12 000 horas de su vida económica en minería subterránea para su respectivo over haul (reparación total), esto dependerá mucho de los operadores y mantenimiento mecánico que se le dé a tiempo. En superficie los mismos equipos llegan a un promedio de vida económica estimada de 12 000 horas a 16 000 horas para su respectivo mantenimiento total.

En los siguientes cuadros ver las evaluaciones de los equipos actuales con los modelos propuestos

Foto N° 4.2 Motoniveladora 120K realizando el ripiado en la rampa de transporte.



Cuadro N° 4.1 Evaluaciones de los modelos de motoniveladora 120 K y la 135H.

A calificación: evaluación técnica												
	especificaciones	valor recomendado	valor mínimo	valor máximo	valor descalificable	ponderación	motoniveladora 120K			motoniveladora 135H		
							especificación	calificación	puntaje	especificación	calificación	puntaje
1	potencia de motor	140 HP	120 HP	180 HP	< 100 HP	5	140 HP	9	45	135 HP	8	40
2	ancho de hoja	8 pies	11 pies	12 pies	10 pies	4	12 pies	8	32	12 pies	8	32
3	tracción en la hoja	20 000 lb	-	-	-	2	18 000 lb	6	12	25 000 lb	8	16
4	clasificación de motor RPM	2 000 RPM	-	-	-	2	2 000 RPM	6	12	2 000 RPM	6	12
5	tanque de combustible	80 gal	70 gal	85 gal	> 100 gal	3	80.6 gal	8	24	75 gal	9	27
6	altura total	3.4 mts.	3.2 mts.	3.8 mts.	> 4 mts.	3	3.26 mts.	9	27	3.10 mts.	8	24
7	ancho total	9.4 mts.	9.00 mts.	9.5 mts.	> 10 mts.	3	9.76 mts.	9	27	8.26 mts.	9	27
puntaje total									179	puntaje total		
										178		

B calificación: evaluación de mantenimiento, operación y servicio												
	especificaciones	valor recomendado	valor mínimo	valor máximo	valor descalificable	ponderación	motoniveladora 120K			motoniveladora 135H		
							especificación	calificación	puntaje	especificación	calificación	puntaje
1	abastecimiento de repuesto	existe en lima	-	-	-	5	reparacion en lima	8	40	reparacion en lima	9	45
2	primera reparación de motor	10 000 hr	9 500 hr	12 000 hr	< 8 000 hr	4	9 500 hr	8	32	10 000 hr	8	32
3	primera reparación de transmisión	10 000 hr	8 500 hr	12 000 hr	< 8 000 hr	4	8 500 hr	8	32	9 000 hr	8	32
4	primera reparación de mando final (diferencial, pistones, U de bronce)	10 000 hr	9 500 hr	12 000 hr	< 7 000 hr	4	9 500 hr	8	32	10 000 hr	8	32
5	sistema eléctrico (arrancador, alternador)	6 000 hr	5 800 hr			5	6 000 hr	9	45	5 500 hr	7	35
6	garantía ofrecida	1 año	-	-	-	3	1 año	8	24	1 año	8	24
7	recuperación	lo mas comeniente	-	-	-	3	20 % recuperable	8	24	20 % recuperable	8	24
8	costo de operación	82.00 \$/hr.	80.00 \$/hr.	87.00 \$/hr.	-	5	82.57 \$/hr.	8	40	82.00 \$/hr.	8	40
puntaje total									269	puntaje total		
										264		

C calificación: evaluación económica												
	especificaciones	valor recomendado	valor mínimo	valor máximo	valor descalificable	ponderación	motoniveladora 120K			motoniveladora 135H		
							especificación	calificación	puntaje	especificación	calificación	puntaje
1	costo de la maquina	\$250 000 .00	\$240 000 .00	\$280 000 .00	\$300 000 .00	5	\$244000 .00	9	45	\$250 000 .00	8	40
2	forma de pago	finaciado	-	-	-	3	finaciado	7	21	finaciado	7	21
3	intereses	6%	-	-	-	2	6%	8	16	6%	8	16
4	consumo de combustible	6 gl /hr	5 gl /hr	7 gl /hr	> 7.5 gl	4	6.5 gl	8	32	6 gl /hr	8	32
puntaje total									114	puntaje total		
										109		

resumen de puntaje de evaluación				
motoniveladora 120K		motoniveladora 135H		
eval. Tec	36.614	eval. Tec	36.409	
eval. Mant. Oper. Serv.	34.870	eval. Mant. Oper. Serv.	34.222	
eval. Econ.	16.286	eval. Econ.	15.571	
puntaje total	87.770	puntaje total	86,203	

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones

Analizando el cuadro N° 4.1 Comparaciones de las evaluaciones de La motoniveladoras 120K y 135H ambas de marca Caterpillar, obtiene unos puntajes de 87.770 y 86.203 por las siguientes razones:

Motoniveladora 120K	Motoniveladora 135H
Su tracción en la hoja niveladora es de 20 000 lb, ejecuta su trabajo de una manera normal.	con una tracción de 25 000 lb en la hoja niveladora, con esto no tiene inconvenientes cuando empuja carga de material mayor volumen con bolones y protuberancias en la vía
Con 80.6 gal de capacidad de consumo de combustibles, esta genera aumento de los precios de operación	Con 75.00 gal de capacidad de combustible es más económico para la operación.
Los repuestos como el cilindro de levante, tornamesa, cuchillas de la hoja, bombas de inyección, convertidor de torque, guías de bronce, baquelita y U de bronce, no son fáciles de conseguir en el mercado nacional.	Por la utilización en mayor cantidad de estos equipos los repuestos son más económicos y fáciles de conseguir en el mercado nacional.
A la fecha esta con 9 500 horas, con muchas fallas mecánicas como: eje del tándem de las rueda trasera malogrado y que sus repuestos llegan en un mes medio estimado, por tratarse de modelos únicos de equipos en el mercado nacional.	Se estima por experiencia que pueden llegar a una vida económica de 10 000 horas a 12 000 horas en promedio antes su primera reparación del motor. Mucho depende del entrenamiento del personal.
Analizando los costos horarios de posesión y operación esta resulta con 86.57 UU\$/Hr, por la horas efectivas de trabajo realizado no es rentable, por lo general al mes debe llegar a 364 horas pero este solo llega a un promedio de 240 horas en promedio.	De acuerdo a lo pronosticado debe alcanzar a 364 horas al mes trabajando 26 días. Con un costo horario de 84.00 UU\$/hr
Su costo de adquisición puesto en la obra es de 244 000.00 UU\$ financiado con una tasa de interés de 6% anual	El costo de adquisición al momento de la compra en la obra que ofrece el fabricante es de unos 250 000.00 UU\$, financiado a una tasa anual de 6% y reembolsable en tres años
Las dimensiones del equipo son adecuados para el tipo de trabajo y estas son: largo total 9.50 mts y altura total 3.00 mts.	Estas dimensiones son mucho menores y aconsejables las cuales son: largo total 8.30 mts con un alto de 3.10 mts.

12

Cuadro N° 4.2 Evaluaciones de modelos de tractor de cadenas DSK y el DSM.

A calificación: evaluación técnica												
	especificaciones	valor recomendado	valor mínimo	valor máximo	valor descalificable	ponderación	tractor de cadenas DSK			tractor de cadenas DSM		
							especificación	calificación	puntaje	especificación	calificación	puntaje
1	potencia de motor	100 HP	90 HP	120 HP	< 90 HP	5	96 HP	8	40	110 HP	9	45
2	ancho de bulldozer	2.8 mts.	2.50 mts.	3.00 mts.	-	4	2.8 mts.	8	32	3.00 mts.	9	36
3	presión sobre el suelo	5.70 lb/pulg 2	-	-	-	3	5.67 lb/pulg 2	8	24	6.00 lb/pulg 2	8	24
4	clasificación de motor RPM	2 000 RPM	-	-	-	3	2 000 RPM	7	21	2 100 RPM	8	24
5	tanque de combustible	50 gal	-	60 gal	-	4	51.1 gal	9	36	53 gal	8	32
6	altura total	2.70 mts.	-	3.00 mts.	-	3	2.72 mts.	9	27	3.00 mts.	7	21
7	ancho total	4.30 mts.	-	4.50 mts.	> 4.50 mts.	3	4.32 mts.	8	24	4.5 mts.	8	24
							puntaje total		204	puntaje total		206

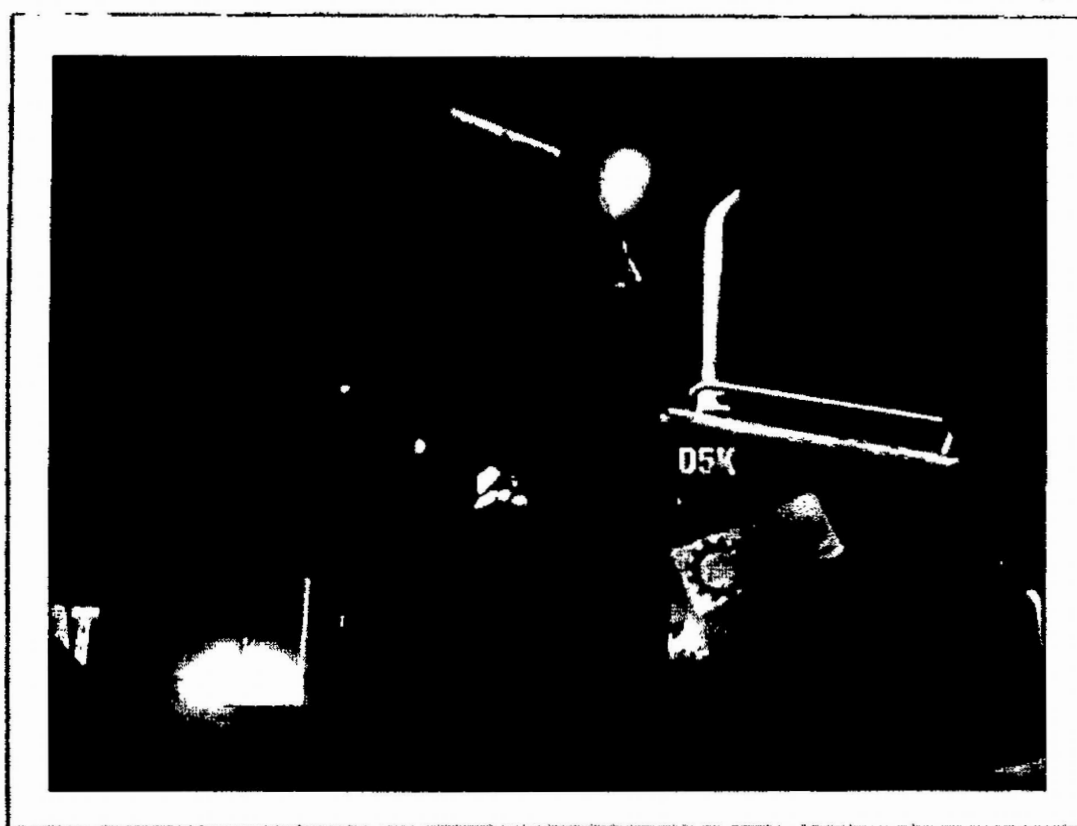
B calificación: evaluación de mantenimiento , operación y servicio												
	especificaciones	valor	valor mínimo	valor máximo	valor descalificable	ponderación	tractor de cadenas DSK			tractor de cadenas DSM		
		recomendado					especificación	calificación	puntaje	especificación	calificación	puntaje
1	abastecimiento de repuesto	existe en lima	-	-	-	5	reparación en lima	7	35	reparación en lima	9	45
2	primera reparación de motor	10 000 hr	9 500 hr	-	< 8 500 hr	4	9 000 hr	8	32	10 000 hr	9	36
3	primera reparación de mando final	10 000 hr	9 500 hr	-	< 8 500 hr	4	9 000 hr	8	32	10 000 hr	9	36
4	cambio total de sistema de rodamiento	3 500 hr	3 000 hr	-	< 3 000 hr	4	3 300 hr	8	32	3 500 hr	10	40
5	garantía ofrecida	1 año	-	-	-	3	1 año	7	21	1 año	7	21
6	recuperación	lo mas conveniente	-	-	-	2	20 % recuperable	6	12	20 % recuperable	6	12
7	costo de operación	70.00 \$/hr.	68.00 \$/hr.	75.00 \$/hr.	-	4	67.10 \$/hr.	8	32	72.00 \$/hr.	8	32
							puntaje total		196	puntaje total		222

C calificación: evaluación económica												
	especificaciones	valor recomendado	valor mínimo	valor máximo	valor descalificable	ponderación	tractor de cadenas D5K			tractor de cadenas D5M		
							especificación	calificación	puntaje	especificación	calificación	puntaje
1	costo de la maquina	\$155 000.00	160 000.00	\$180 000.00	\$1900 000.00	5	\$153 000.00	10	50	\$160 000.00	9	45
2	forma de pago	financiado	-	-	-	3	financiado	7	21	financiado	7	21
3	intereses	6%	-	-	-	2	6%	7	14	6%	7	14
4	consumo de combustible	4.50 gal/hr	-	5.00 gal/hr	> 5.5 gal	4	4.3 gal	10	40	4.50 gal/hr	8	32
							puntaje total		125	puntaje total		112

resumen de puntaje de evaluación			
tractor de cadenas DSK		tractor de cadenas DSM	
eval Tec	41.727	eval Tec	42.136
eval Mant. Oper. Serv.	25.407	eval Mant. Oper. Serv.	28.778
eval Econ	17.857	eval Econ	16.000
puntaje total	84.992	puntaje total	86.914

Fuente: Elaboración propia

Foto N° 4.3 Tractor de cadenas D5K realizando raspado y nivelado en Nv. 780 Rp. 400



Observaciones

Analizando el cuadro N° 4.2 evaluaciones de tractor de cadenas ambas de marca Caterpillar, la D5K xl obtiene un puntaje de 84.992 y la D5M XL 86.914 puntos por las siguientes razones:

Tractor de cadenas D5K xl	Tractor de cadenas D5M xl
La potencia del motor del equipo es uno de los criterios más importantes que se debe tomar en cuenta, los 96 HP no genera problemas	Sus 110 HP es mucho mejor que de su competidor
Capacidad de combustible de 51.1 gal es favorable	Capacidad de combustible 53 gal
Uno de los aspectos importantes es el ancho del bulldozer, está en un rango intermedio de 2.8 mts.	Su dimensión es 2.80 mts. resulta favorable
Según estimación la primera reparación del motor debe ser a 9 000 horas.	Por experiencia se sabe que pasa de las 10 000 horas antes de que presente fallas el motor
Los repuestos tales como: el sistema de tren de rodaje, rueda guía, zapatas, cadena, bombas de inyección son escasos en el mercado nacional.	Sus repuestos son fáciles de encontrar a un bajo precio, tales como rueda guía, zapatas, cadenas, inyectores, etc.

Cuadro N° 4.3 Evaluaciones de modelos de retroexcavadora 420E y la 436C.

A calificación: evaluación técnica													
	especificaciones	valor recomendado	valor mínimo	valor máximo	valor descalificable	ponderación	retroexcavadora 420E			retroexcavadora 436C			
							especificación	calificación	puntaje	especificación	calificación	puntaje	
1	potencia de motor	110 HP	90 HP	120 HP	< 90 HP	5	101 HP	9	45	97 HP	8	40	
2	peso en orden de trabajo	15 470 lb	-	3.00 mts.	-	4	15 470 lb	9	36	15 700 lb	9	36	
3	fuerza de excavación	15 470 lb	-	-	-	3	13 850 lb	8	24	13 000 lb	7	21	
4	clasificación de motor RPM	2 000 RPM	-	-	-	2	2 000 RPM	6	12	2 200 RPM	6	12	
5	tanque de combustible	38 gal	35 gal	40 gal	-	4	38.00 gal	9	36	34.00 gal	9	36	
6	altura total	3.30 mts.	-	-	-	4	3.30 mts.	8	32	3.70 mts.	7	28	
7	ancho total	7.30 mts.	-	7.50 mts.	-	4	7.20 mts.	8	32	7.40 mts.	8	32	
puntaje total									217		puntaje total		205

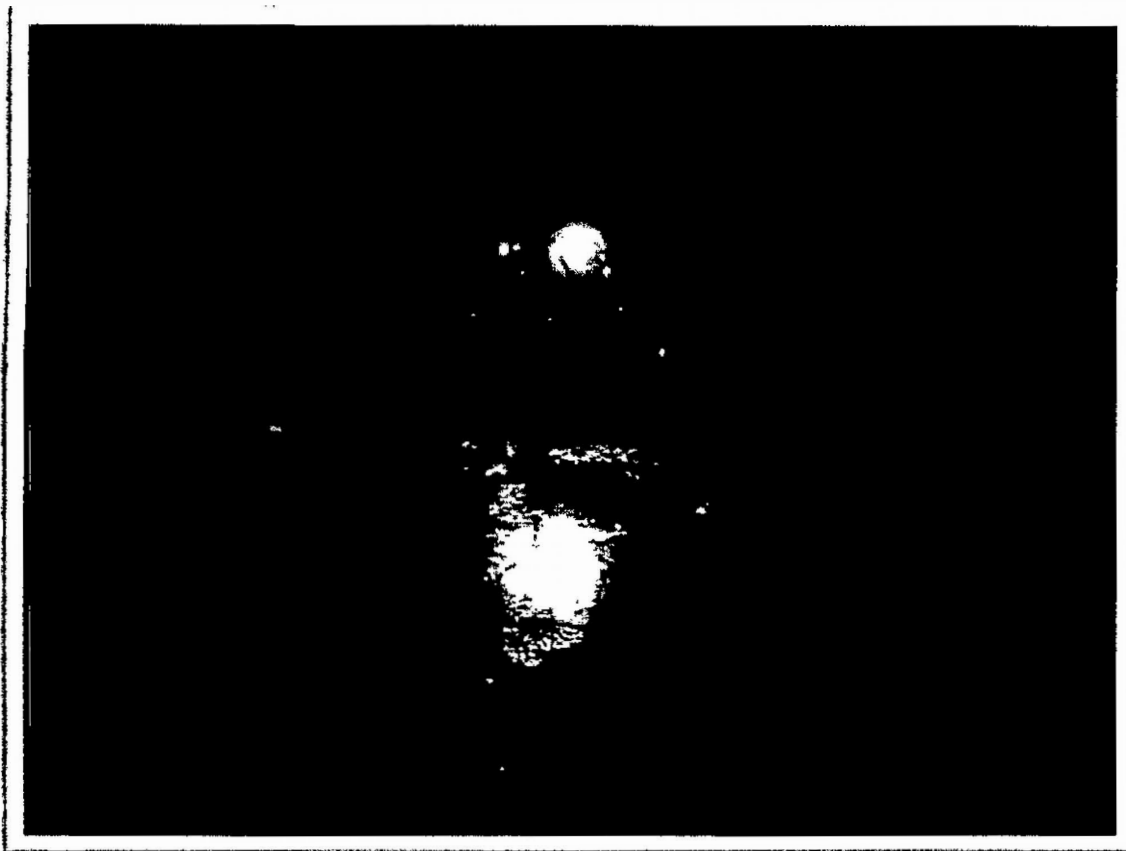
B calificación: evaluación de mantenimiento , operación y servicio												
	especificaciones	valor recomendado	valor mínimo	valor máximo	valor descalificable	ponderación	retroexcavadora 420E			retroexcavadora 436C		
							especificación	calificación	puntaje	especificación	calificación	puntaje
1	abastecimiento de repuesto	existe en lima	-	-	-	5	reparacion en lima	9	45	reparacion en lima	9	45
2	primera reparación de motor	10 000 hr	9000 hr	-	< 8 000 hr	4	10 000 hr	9	36	9 000 hr	7	28
3	primera reparación de mando final	10 000 hr	9 000 hr	-	< 8 000 hr	4	10 000 hr	9	36	9 000 hr	7	28
4	primera reparación de transmisión	10 000 hr	9500 hr	-	< 9500 hr	4	10 000 hr	9	36	9 500 hr	9	36
5	garantía ofrecida	1 año	-	-	-	3	1 año	7	21	1 año	7	21
6	recuperacion	lo mas conveniente	-	-	-	2	20 % recuperable	6	12	20 % recuperable	6	12
7	costo de operación	\$4.00 \$/hr.	-	\$7.00 \$/hr.	-	4	49.50 \$/hr.	8	32	\$5.00 \$/hr.	8	32
							puntaje total		218	puntaje total		202

C calificación: evaluación económica												
	especificaciones	valor recomendado	valor mínimo	valor máximo	valor descalificable	ponderación	retroexcavadora 420E			retroexcavadora 436C		
							especificación	calificación	puntaje	especificación	calificación	puntaje
1	costo de la maquina	\$100 000 .00	-	\$110 000 .00	\$110 000 .00	5	\$104 000 .00	9	45	\$115 000 .00	8	40
2	forma de pago	financiado	-	-	-	3	financiado	7	21	financiado	7	21
3	intereses	6%	-	-	-	2	6%	7	14	6%	7	14
4	consumo de combustible	4.00 gal /hr	-	5.00 gal /hr	> 5.00 gal	4	3.50 gal	8	32	3.20 gal /hr	7	28
							puntaje total		112	puntaje total		103

resumen de puntaje de evaluación			
retroexcavadora 420E		retroexcavadora 436C	
eval. Tec	44.386	eval. Tec	41.932
eval. Mant. Oper. Serv.	28.259	eval. Mant. Oper. Serv.	26.185
eval. Econ.	16.000	eval. Econ.	14.714
puntaje total	88.646	puntaje total	82.831

Fuente: Elaboración propia.

Foto N° 4.4 Retroexcavadora 420E, limpiando cuneta en Nv. 920 Bp. 920



Analizando el cuadro N° 4.3 tiene los siguientes resultados.

Retroexcavadora 420E	Retroexcavadora 236C
La potencia es de 101 HP recomendable para el tipo de actividad	La potencia es de 97 HP no es favorable cuando se desplaza largo recorrido
Consume unos 38 gal de combustible	Consume menos combustible unos 34 gal.
Se estima que la primera reparación de motor se realiza cuando bordea unos 10 000 horas	Las fallas se presentan en menos horas de 9000 horas, según estimado por experiencia.
Los repuestos como: alternador, bomba de inyección, inyector, cilindro de basculamiento, etc., es accesible en el mercado nacional a precio moderado.	En cambio de este equipo es mas dificultoso conseguirlo sus repuestos, por ser un modelo antiguo.
El costo horario de posesión y operación asciende a 49.50 UU\$/hr	El costo es elevado de unos 55 UU\$/hr

Cuadro N° 4.4 Evaluaciones de los modelos de minicargador 236B y el 246D.

A calificación: evaluación técnica												
	especificaciones	valor recomendado	valor mínimo	valor máximo	valor descalificable	ponderación	minicargador 236B			minicargador 246D		
							especificación	calificación	puntaje	especificación	calificación	puntaje
1	potencia de motor	75 HP	70 HP	80 HP	< 70 HP	5	75 HP	10	50	71 HP	8	40
2	peso en orden de trabajo	7 800 lb	-	8 000 lb.	-	4	7 100 lb	9	36	7 007 lb	8	32
3	capacidad nominal de operación	1 950 lb	-	-	-	4	1 900 lb	9	36	1 500 lb	7	28
4	capacidad de la cuchara	0.500 m3	-	-	-	3	0.440 m3	8	24	0.400 m3	7	21
5	tanque de combustible	23.00 gal	20 gal	25 gal	-	3	23.80 gal	8	24	25.00 gl	7	21
6	altura total máxima	3.40 mts.	-	-	-	3	3.30 mts.	9	27	3.50 mts.	8	24
7	ancho sobre ruedas	1.50 mts.	-	1.60 mts.	-	3	1.50 mts.	8	24	1.50 mts.	8	24
puntaje total									221	puntaje total		
										190		

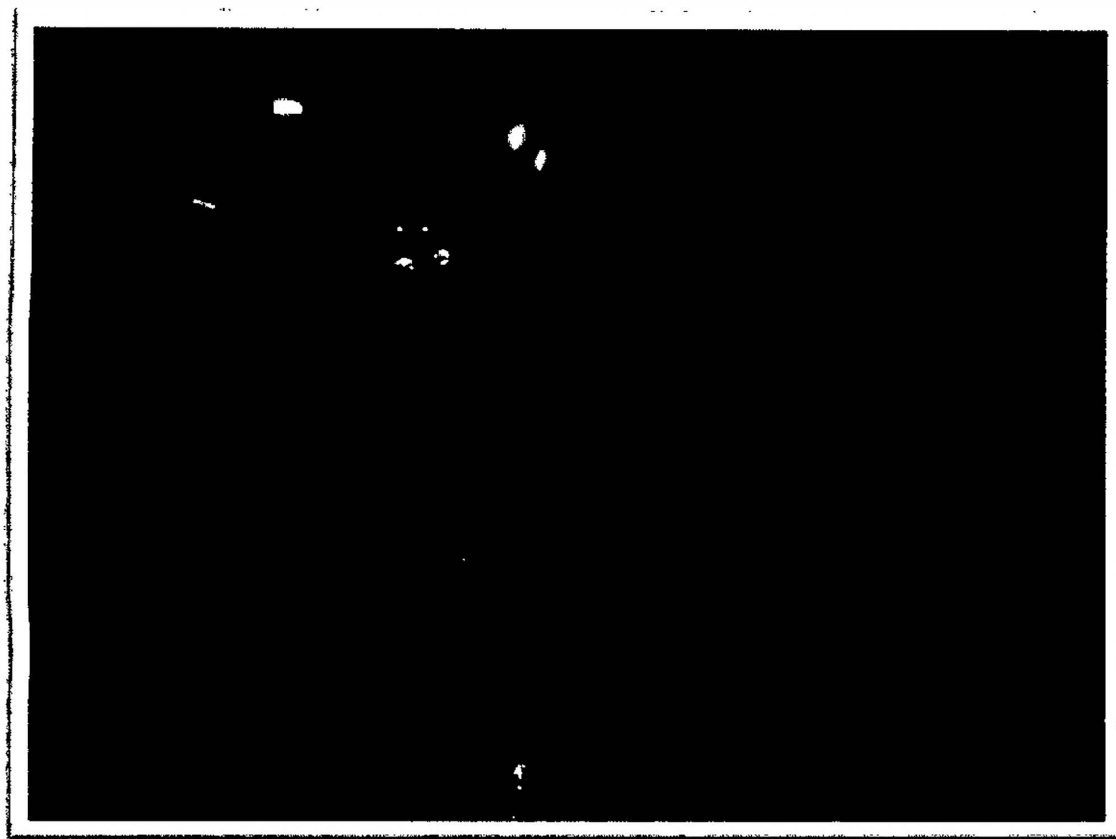
B calificación: evaluación de mantenimiento , operación y servicio												
	especificaciones	valor recomendado	valor mínimo	valor máximo	valor descalificable	ponderación	minicargador 236B			minicargador 246D		
							especificación	calificación	puntaje	especificación	calificación	puntaje
1	abastecimiento de repuesto	existe en lima	-	-	-	5	reparación en lima	10	50	reparación en lima	8	40
2	primera reparación de motor	10 000 hr	9 000 hr	-	< 8 000 hr	5	10 000 hr	10	50	8 000 hr	7	35
3	primera reparación de mando final	10 000 hr	9 000 hr	-	< 8 000 hr	4	9 000 hr	9	36	8 000 hr	8	32
4	primera reparación de transmisión	8 000 hr	7 500 hr	-	< 7 500 hr	4	8 000 hr	8	32	7 500 hr	8	32
5	garantía ofrecida	1 año	-	-	-	3	1 año	7	21	1 año	7	21
6	similitud	medio	-	-	-	3	20 % recuperable	6	18	20 % recuperable	6	18
7	costo de operación	30.00 \$/hr.	-	33.00 \$/hr.	-	4	28.50 \$/hr.	8	32	30.00 \$/hr.	8	32
puntaje total									239	puntaje total		
										210		

C calificación: evaluación económica												
	especificaciones	valor recomendado	valor mínimo	valor máximo	valor descalificable	ponderación	minicargador 236B			minicargador 246D		
							especificación	calificación	puntaje	especificación	calificación	puntaje
1	costo de la máquina	\$ 36 000 .00	-	\$ 40 000 .00	\$ 42 000 .00	5	\$ 36 000 .00	9	45	\$ 38 000 .00	8	40
2	forma de pago	financiado	-	-	-	3	financiado	7	21	financiado	7	21
3	intereses	6%	-	-	-	2	6%	8	16	6%	8	16
4	consumo de combustible	2.50 gal/hr	-	3.00 gal/hr	> 3.00 gal	4	2.50gal/hr	8	32	3.00 gal/hr	7	28
puntaje total									114	puntaje total		
										105		

resumen de puntaje de evaluación			
minicargador 236B		minicargador 246D	
eval Tec	45.205	eval Tec	38.864
eval Mant. Oper. Serv.	30.981	eval Mant. Oper. Serv.	27.222
eval Econ	16.286	eval Econ	15.000
puntaje total	92.472	puntaje total	81.086

Fuente: Elaboración propia.

Foto N° 4.5 Minicargador 236B limpiando lodo en Nv. 1020 Bp 1020



Observaciones

Analizando el cuadro N° 4.4 comparaciones de los modelos de minicargador 236B y minicargador 246D se tiene los siguientes resultados.

- El minicargador 236B es el equipo mas confiable y versátil de todos los modelos comparados. Su rendimiento promedio es elevado.
- El modelo 246D se puso de prueba, con opción de reemplazarlo al modelo actual, no satisface las expectativas requeridas, debido a constantes fallas en sus componentes como eje de las ruedas, etc.
- El modelo actual resulta con puntaje mayor debido a adaptabilidad, confiabilidad y sus repuestos son fáciles de conseguir a costo bajo.

En el siguiente cuadro se resumen los puntajes obtenidos de comparación de distintos modelos propuestos con los actuales modelos, según el análisis ejecutado algunos modelos tiene que ser reemplazados mientras que otros se conservan por su adaptabilidad, versatilidad y criterios económicos.

Cuadro N° 4.5 Equipos seleccionados.

Equipo actual	puntos	Equipo propuesto	puntos	Equipo seleccionado
Motoniveladora 120K	87.770	Motoniveladora 135H	86.203	Motoniveladora 120K
Tractor de cadenas D5K	84.992	Tractor de cadenas D5M	86.914	Tractor de cadenas D5M
Retroexcavadora 420E	87.609	Retroexcavadora 420E	82.831	Retroexcavadora 420E
Minicargador 236B	94.472	Minicargador 246D	81.086	Minicargador 236B

Fuente: Elaboración propia.

4.6 ASIGNACIÓN OPTIMA DE EQUIPOS

La mina San Cristóbal tiene 35 km lineales de vías de transporte que se mantienen día a día. Razón a ello se realiza cálculos del número adecuado de equipos que deben emplearse en la totalidad de vías para cubrir la demanda actual.

Tener en cuenta que 15% de vías son de losa (concreto de alta resistencia) y el 75% se conservan con ripio (material granular). Dicho cálculos se realizan con los equipos en actividad cotidiana y que a la fecha no cubre en todos frentes designados

$$N^{\circ} \text{ de equipos.} = \frac{\text{longitud efectiva de vías subterráneas}}{\text{avance requerido}}$$

Cuadro N° 4.6 Longitud total de vías subterráneas a conservarse.

longitud total de vías subterráneas de san Cristóbal						
nivel	bypass	mts.	rampa	mts.	galería	mts.
340	-	-	-	-	-	-
390	206	-	-218	-	-	-
500	635	-	-578	381	-	-
	578	1,378.00	-589	1,600.00	-	-
	-	-	-930	800	-	-
580	-	-	-154	-	-	-
	-	-	717	402	836	-
	-	-	380	439	-	-
	-	-	995	715	-	-
	630	1,000.00	-	-	-	-
630	228	200	274	200	610	1,100.00
	330	200	87	700	-	-
	-	-	13	500	-	-
730	-	-	830	235	-	-
	-	-	10	250	-	-
	-	-	90	335	637	450
	-	-	742	480	-	270
780	11	900	690	700	-	-
	35	400	691	850	-	-
	690	300	803	900	-	-
	-	-	9680	470	-	-
	-	-	400	400	-	-
820	51	900	742	450	-	-
	35	300	400	400	-	-
	9615	200	590	550	-	-
870	8990	800	730	150	-	-
	625	400	590	500	-	-
	-	-	742	450	-	-
	-	-	400	450	-	-
920	920	800	616	700	-	-
	632	900	615	750	-	-
	-	-	40	760	-	-
	-	-	400	700	-	-
	-	-	590	850	-	-
	-	-	123	400	-	-
1020	1020	742	40	530	-	-
	615	800	400	470	-	-
	-	-	590	349	-	-
	-	-	672	400	-	-
1070	1070	900	590	400	-	-
	616	950	-672	412	-	-
	-	-	672	300	-	-
	-	-	40	214	-	-
	-	-	42	268	-	-
	-	-	616	300	-	-
TOTAL		12,070.00		21,110.00		1,820.00
LONGITUD TOTAL (mts)					35,000.00	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 4.6 Longitudes de vías conservadas por motoniveladora 120K.

MOTONIVELADORA 120K						
nivel	bypass	mts.	rampa	mts.	Galería.	mts.
500	578	1,370.00	589	1,600.00	-	-
			578	381	-	-
580	630	1,000.00	995	715	-	-
630	228	200	274	200	610	1,100.00
730	90	335	-	-	637	450
	742	480	-	-	-	-
780	11	900	400	490	-	-
	35	400	-	-	-	-
	690	300	-	-	-	-
820	9615	200	400	400	-	-
	-	-	590	550	-	-
870	-	-	590	500	-	-
	-	-	400	450	-	-
920	632	900	400	900	-	-
	-	-	590	850	-	-
1020	615	800	400	530	-	-
	-	-	590	349	-	-
1070	1070	900	-	-	-	-
	616	950	-	-	-	-
Total (mts.)		8,735.00		7,915.00		1,550.00
Total de ripiado de vía en metros					18,200.00	

Fuente: Elaboración propia.

- De los 18 200.00 mts conservados por la motoniveladora 120K son en las dos zonas de la mina, los trabajos son realizados según programación empezando de la parte alta y terminando en la zona baja de la mina.
- Para la compactación, años anteriores se utilizaba el compactador mecánico, se canceló su uso debido a problemas de vibración en los contornos de las vías subterráneas, ocasionando caída de rocas.
- Solo se compacta con las pasadas de la hoja de motoniveladora, y con el transito constante de los volquetes.
- Realiza el mantenimiento solo en las vías principales de una sección estándar de 4.5x4. 5 mts.

Cuadro N° 4.7 longitud de vías conservadas por tractor de cadenas D5K.

tractor de cadenas D5K				
nivel	bypass	mts.	rampa	mts.
500	-		930	900.00
630	330	200	13	500.00
	-	-	10	250.00
	-	-	830	335.00
780	-	-	691	850.00
	-	-	690	900.00
	-	-	830	900.00
	-	-	9680	470.00
870	625	400	730	150.00
920	-	-	616	700.00
	-	-	615	800.00
	-	-	40	860.00
	-	-	123	400.00
1020	-	-	672	400.00
1070	-	-	672	300.00
	-	-	- 672	412.00
	-	-	40	214.00
	-	-	42	266.00
Total (mts.)		600		9,607.00
Longitud total (mts.)				10,207.00

Fuente: elaboración propia.

- El equipo trabaja en las rampas de explotación, de una sección de 3.5x3.5 mts.
- En ocasiones apoya a la motoniveladora cuando este queda inoperativo, en las vías principales.
- La longitud de las vías es grande para un solo tractor de cadenas.
- Se le adiciona una unidad adicional.

Cuadro N° 4.8 Longitudes de vías conservadas por retroexcavadora 420E y el minicargador 236B.

retroexcavadora 420E y minicargador 236B						
nivel	bypass	mts.	rampa	mts.	galería	mts.
500	578	1,000.00	578	250	-	-
630	630	1,000.00	-	-	-	-
	228	200	-	-	610	1,100.00
730	41	270	-	-	-	-
	637	450	-	-	-	-
780	690	300	-	-	-	-
	35	400	-	-	-	-
	11	300	-	-	-	-
820	51	900	-	-	-	-
	35	300	-	-	-	-
	9615	200	-	-	-	-
920	632	900	-	-	-	-
	920	800	-	-	-	-
1020	1020	750	-	-	-	-
	615	800	-	-	-	-
1070	1070	900	-	-	-	-
	616	950	-	-	-	-
1120	1120	300	-	-	-	-
Total (mts.)		10,720.00		250		1,100.00
Longitud total (mts.)					12,070.00	

Fuente: elaboración propia.

- El trabajo del equipo consiste en limpiar lodo de las cunetas de bypass con una gradiente de 0.5%.
- La sección de la cuneta estándar es de 0.5 mts. de ancho y 0.40 mts de profundidad.
- Siempre trabaja acompañado del minicargador, que es lo que ayuda en limpieza de lodo cuando este lo descarga de la cuneta.

En los cuadros anteriores se da a conocer las distancias que trabaja cada uno de los equipos en todas las vías de la mina, desde el nivel 390 hasta el nivel 1120, estos datos valen para calcular el número óptimo de equipos para los frentes requeridos.

4.7 RENDIMIENTO Y NÚMERO REQUERIDO DE EQUIPOS.

4.7.1 Rendimiento de los equipos antes de la selección

Cuadro N° 4.9 Rendimiento antes de la selección

equipo	Longitud de trabajo (mts.)	rend. (mts/hr)	Trab. (Hr/día)	Avanc. mts/turno	mts/día	dias/mes
Motoniveladora 120K	18,200.00	100.00	14.00	700	1400	39.00
Tractor de cadenas D5K	10,207.00	50.00	14.00	350	700	44.00
Retroexcavadora 420E	12,070.00	30.00	14.00	210	420	50.00
Minicargador 236B	12,070.00	30.00	14.00	210	420	50.00

Fuente: Elaboracion propia.

Estos rendimientos son establecidos por la compañía para el control de los avances programados.

Por ejemplo la motoniveladora 120K con un rendimiento de 100 mts / Hr, trabajando 14 Hr/día, realiza tres veces el trabajo programado al mes, termina en 36 dias/mes y para el resto de los equipos se sigue el procedimiento.

4.7.2 Rendimiento de los equipos después de la selección

Cuadro N° 4.10 Rendimiento después de la selección y el número idóneo.

equipo	long. (mts.)	Rend. (mts/hr)	(Hr/día)	mts/turno	mts/día	dias/mes
01 Motoniveladora 120K	18,200.00	150.00	14.00	1050	2100	26.00
02 Tractor de cadenas DSM	10,207.00	60.00	14.00	420	840	36.00
02 Retroexcavadora 420E	12,070.00	50.00	14.00	350	700	34.00
02 Minicargador 236B	12,070.00	50.00	14.00	350	700	34.00

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de los nuevos rendimientos:

- motoniveladora 120K con un rendimiento de 150 mts./Hr trabajando 14 Hr/día dando tres pasadas por mes a los tramos programados lo termina en 26 días/mes .
- Tractor de cadenas D5M trabajando con un rendimiento promedio de 60 mts/Hr logra terminar la programación en 36 días/mes, excede en 10 días, es por ello que se requiere incrementar una unidad mas.
- Retroexcavadora 420E trabajando con rendimiento promedio de 50 mts/Hr., dando dos pasadas al mes o cuando se requiera termina en aproximadamente en 34 días, se le adiciona una unidad mas.
- Minicargador 236B es su complemento de la retroexcavadora, se requiere una unidad adicional.

4.8 ENSAYOS C.B.R PARA ESTABLECER EL ESPESOR PROMEDIO DE LA VÍA.

4.8.1 Finalidad

La finalidad del ensayo es determinar la capacidad de soporte de carga de los agregados (canto rodado de río más roca andesita seleccionada), con una humedad aceptable y niveles de compactación idóneos.

Se toma como referencia la tabla N° 4.1 clasificación y uso de suelo según valor de C.B.R., cuyo índice debe estar por lo menos entre intervalos de 60% a 80%.

Ver el anexo N° 04 de las pruebas de C.B.R realizadas del material seleccionado para vía en prueba.

Tabla N° 4.1 Clasificación y uso de suelo según el valor de C.B.R.

C.B.R (%)	Clasificación cualitativa del suelo	uso
2- 5	Muy mala	Sub-rasante
5 - 8	Mala	Sub-rasante
8 - 20	Regular - buena	Sub-rasante
20 - 30	Excelente	Sub-rasante
30 - 60	Buena	Sub- base
60 - 80	buena	base
80 - 100	excelente	Base

Fuente: Assis. A 1988

4.8.2 Carpeta de rodado en estudio

Las vías constan de una sola capa de rodadura, de espesor reducido en este caso sería base.

En el anexo N° 05 ver el plano donde se realiza las pruebas con el material ripio seleccionado en planta y perfil.

4.8.3 Propiedades del material seleccionado.

Se toma 12 kg de muestra de la cancha de preparación, cercano a la bocamina 995 ver (anexo N° 02 plano de entrada y salida de la mina San Cristóbal), seguido se analiza en el laboratorio de geomecánico.

Seguido ver descripción de las características físicas del material empleado como ripio para la vía en prueba.

Cuadro N° 4.11 Características físicas del material.

tipo	Textura	estructura	Densidad(g/cm ³)	E (Mpa)
Granito	Gruesa a mediana	Masiva con juntas muy espaciadas	2.65	28 000 a 49 000
Andesita	fin	Masiva —con muchas juntas	2.60	42 000 a 63 000
filita	fin	Formando placas	2.70	35 000 a 56 000

Fuente: Compendio de yacimiento de minerales del Perú, 2010.

4.8.4 Parámetros del ripio

Hay que tener en cuenta que los resultados del ensayo no son tan confiables cuando se trata de suelos granulares de alta capacidad de soporte (C.B.R mayor que 30%), en cuyos casos el índice tiene solo una validez cualitativa. Además, se debe tener en cuenta los siguientes características.

- **Estabilidad volumétrica**

Es lo referente a la estabilidad de volumen frente a los diferentes cambios que pueden ocurrir, tanto por hinchamiento debido rocas expansivas que no se hayan tratado adecuadamente.

- **Regularidad y homogeneidad**

Las vías en lo posible deben descansar sobre un cimiento regular homogéneo, pues de lo contrario podría ocasionar concentraciones de tensiones, en este caso está sobre lecho de roca.

- **Resistencia a la erosión**

Esta es provocada por el agua que llega al cimiento por diversas vías de infiltración a través de los hastiales. Las capas están formados solo de materiales granulares, sin ningún tipo de aglomerante, ni tampoco reciben compactación mecánica.

Se realiza una mezcla de 2 a 1 (dos volquetes de material proveniente de las construcciones de la mina de la parte profunda más un volquete de canto rodado de río).

Según la Clasificación de suelos de SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)debe ser un suelo tipo **GW** (grava bien graduada), como base excelente, acción potencial de la helada casi nula, compresión y expansión ninguna, características de drenaje excelente, tipo de compactación bueno y una densidad entre 2.00 a 2.24 gr/cm³ en promedio.

4.8.5 Espesor promedio variable de capa de rodadura.

Después de haber determinado el índice de C.B.R., se calcula el espesor adecuado de vías, no se utiliza compactador mecánico su utilización ocasiona fuertes vibraciones con consecuencia de caída de rocas.

4.8.6 Vía en prueba con ripio seleccionado.

Se considera ripiar una vía de una sección de (4.5x4.5) mts. de una longitud de 100.00 mts lineales, la base de la vía es roca tipo filita, el índice de C.B.R del material es 70.6 % este se utiliza como referencia para el espesor de capa de rodadura, el material utilizado es una mezcla de canto rodado con grava andesítico, tiene un porcentaje mínimo de hinchamiento y plasticidad, la carga máxima por vehículo que se va utilizar para el transporte es de 18 000 kg por rueda, tener en cuenta que el índice de C.B.R es solo un indicador cualitativo, por lo general el criterio es aplicable por experiencia.

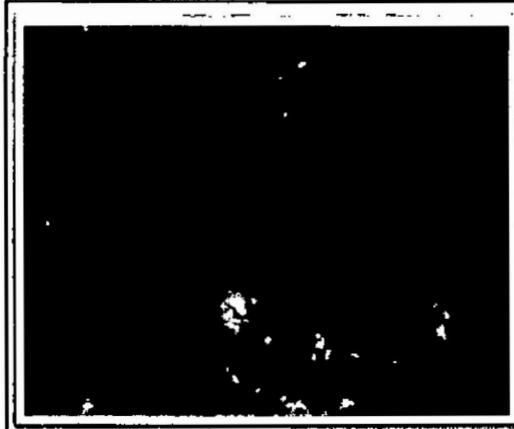
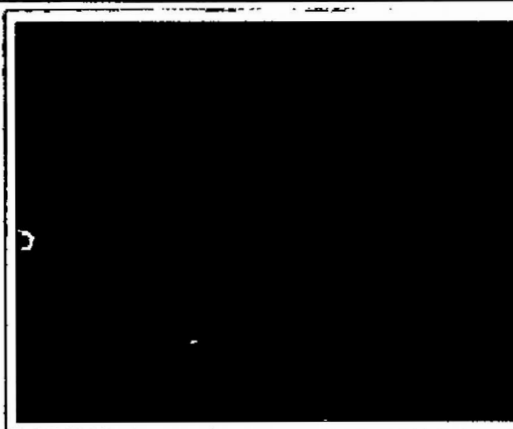
Fijación del espesor recomendable se realiza utilizando la tabla N°3.1 en la página 42 de clasificación y curvas de diseño para materiales de construcción de pista mineras y el índice C.B.R obtenido anexo N° 04.

La curva de 18 000 kg de carga por rueda intersecta la línea vertical de C.B.R 70.6 en un punto cuya horizontal pasa por espesor base de 0.20 mts. Aproximadamente que será lo más recomendable para el ensayo en la vía en prueba.

El ensayo para determinar la capacidad de soporte de la carga, se realiza en Nv. 780 Bp. 011 de la intersección Gl. 835 a Rp -040 en un tramo de 100.00 mts. Ver el plano N° 02 y N°03 en el anexo N° 05.

Cuadro N° 4.12 Pruebas de resistencia a la carga al paso de los vehículos.

tiempo ideal para mantenimiento	VIA ANTES DE LA PRUEBA				VIA DESPUES DE LA PRUEBA				
	N° de días	registro de los hechos	espesor de la capa	tensión transmitida por el vehículo más pesado	N° de días	registro de los hechos	espesor de la capa	tensión transmitida por el	tiempo ideal para mantenimiento
día optimo de mantenimiento	lunes	normal	variable entre 0.10 mts. a 0.20 mts.	máximo 18 000 Kg por rueda	lunes	normal	espesor recomendable entre 0.15 mts. y 0.20 mts. máximo	18 000 kg máximo por rueda	día optimo de mantenimiento
	martes	ligeros baches			martes	normal			
	miércoles	baches notorios			miércoles	ligeros baches			
	jueves	huecos de pequeños			jueves	ligeros baches			
	viernes	huecos medianos con agua rebozando			viernes	baches notorios			
	sábado	huecos grandes inundados			sábado	huecos pequeños con poca agua			
	domingo	intransitable			domingo	huecos pequeños con poca agua			
					lunes	huecos pequeños con poca agua			
					martes	huecos grandes inundados			
					miércoles	intransitable			

ANTES
DESPUES

Fuente: elaboracion propia.

Esta prueba se realizó con la motoniveladora 120K y material seleccionado en una proporción indicada.

4.9 ANÁLISIS DE COSTOS HORARIOS DE LOS EQUIPOS

4.9.1 Estimación de costos horarios como titular de la actividad

Hecho la selección, asignación y establecido el material ripio apropiado, se compara la variación de costos horarios actuales de los equipos con los propuestos como alternativa de reemplazo.

Parámetros para la estimación.

- fecha : octubre del 2104
- Tipo de cambio: UU\$ 2.8
- N° de turnos : 2 de 12 hr/turno
- Tiempo de trabajo: 26 días/mes

- Tiempo efectivo: 7 hr/ turno.
- N° horas/mes: 364 Hr.
- Costo de combustible: S/. 12 por galón.
- Se trabaja en un sistema de 14x7 (14 días trabajados y 7 días de descanso)

Cuadro N° 4.13 Costo horario de los equipos antes y después de selección.

N°	EQUIPO ACTUAL	horometro(hr)	precio (UUS/hr)	precio de adq.(UUS)	N°	EQUIPO PROPUESTO	horometro (hr)	precio (UUS/hr)	precio de adq.(UUS)
1.00	Motoniveladora 120K	9,500.00	82.57	244,000.00	1.00	Motoniveladora 120K	0.00	84.00	250,000.00
1.00	Tractor de cadenas D5K	9,400.00	67.1	153,000.00	2.00	Tractor de cadena D5M	0.00	72.00	160,000.00
1.00	Retroexcavadora 420E	9,800.00	47.5	104,000.00	2.00	Retroexcavadora 420E	0.00	55.00	115,000.00
2.00	Minicargador 236B	12,500.00	28.5	36,000.00	2.00	Minicargador 236B	0.00	30.00	38,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de contrato

De acuerdo al contrato firmado a todo costo, la compañía minera volcan S.A.A denominado “volcan” y la empresa especializada Tecnomin Data S.R.L denominado “contratista.”, fijan los siguientes acuerdos al inicio del contrato de 01 de abril del 2012 y fecha de término 31 de marzo del 2015. Ver el anexo N° 01 (contrato de mantenimiento de vías en interior mina).

- Por concepto de supervisión, mecánicos, choferes Volcan reembolsa un monto fijo.
- El costo horario de los equipos es pagado por volcan según las horas trabajadas.
- Combustible es a todo costo de volcan.
- El ripio o lastre para mantenimiento de vías de transporte es cubierto por volcan.
- Volcan pide mantener una disponibilidad mecánica de 85% mínimo al contratista.

De acuerdo a estos términos se calcula el costo de mantenimiento de vías de transporte subterráneo.

Cuadro N° 4.14 Costos del personal a cargo de operaciones.

descripción	remuneración (UUS /día)	cant. de personal	total UUS/día	UUS/mes
ing. Supervisor	88.421	2	176.84	5,305.25
inspector de seguridad	74.163	3	222.49	6,674.68
chofer	62.093	3	186.28	5,588.39
mecánicos	76.861	2	153.72	4,611.64
vijas de equipo	48.000	12	576.00	17,280.00
Total (UUS/MES)				39,459.96

Fuente: E.E Tecnomin Data S.R.L

Seguido se calcula el costo de material para la conservación de vías, se sabe que la longitud de vía a conservar es. 18 200.00 mts por la motoniveladora, la proporción de mezcla es 2 a 1.

- 2 volquetes de grava tipo andesítico, proveniente de profundización mina de NV. 1120 (Rp -672 o Rp - 042) ver anexo N° 02 plano de entrada y salida de la mina San Cristóbal y 01 volquete de canto rodado de río de un diámetro de $\frac{3}{4}$ de pulg de diámetro en promedio (transportado de la cantera cercano a la comunidad de yauli).

Se consume para tapado de huecos, vaivenes un promedio de 4 volq./día, según la proporción y necesidad, por lo que se necesita.

- 80 volquetes de ripio tipo andesítico.
- 40 volquetes de canto rodado de río.
- canto rodado = 2.85 UU\$/ m³
- capacidad de volquete = 15 m³
- costo de transporte = 80 UU\$/volq en promedio pudiendo variar según la distancia.

Cuadro N° 4.15 Costo del ripio.

compra de material en la cantera de la comunidad de yauli				
material	N° volq.	UU\$/m ³	cap. volq (m ³)	UU\$/mes
canto rodado	40.00	2.85	15.00	1,710.00
costo de transporte hasta cancha 500				
material	N° volq.	UU\$/volq.	UU\$/mes	
canto rodado	40.00	80.00	3,200.00	
grava andesítico	80.00	80.00	6,400.00	
sub total UU\$/mes				11,310.00
costo de transporte a interior mina				
N° volq.	UU\$/volq.	UU\$/mes		
120	40	4800		
costo total de material UU\$/mes				16,110.00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 4.16 Costo horario de equipos y combustible consumido.

N°	equipos actuales	gal/hr	hr/día	gal/día	U\$/gal	U\$/mes	costo horario U\$/Hr	U\$/mes
1	Motoniveladora 120K	6.50	14.00	91.00	4.28	10,126.48	82.57	34,679.40
1	Tractor de cadenas D5K	4.30	14.00	60.20	4.28	6,699.06	67.1	28,182.00
1	Retroexcavadora 420E	3.50	14.00	49.00	4.28	5,452.72	47.5	19,950.00
2	Minicargador 236B	2.50	14.00	35.00	4.28	7,789.60	28.5	23,940.00
sub total U\$/mes						30,067.86		106,751.40
Total U\$/mes								136,819.26

Fuente: elaboracion propia.

Luego el costo total de mantenimiento de vías subterránea es.

Costo total de mantenimiento de vía sin I.G.V	= 177,761.84 U\$/mes
---	----------------------

Esta cifra indica el costo promedio que se desembolsa como una parte para la actividad mensualmente pudiendo variar según la utilización de los equipos.

4.9.2 Estimación de costo horario como contratista.

4.9.2.1 Motoniveladora 120K

Se cuenta con un equipo de potencia variable (125 HP a 145 HP), capacidad de tanque de combustible 80.6 Gal, ancho de hoja 8 pies recortado, valor estimado de vida económica 10 000 horas, comprado a UUS\$ 244 000.00 precio puesto en el lugar de trabajo. Se utiliza en trabajos de conservación de caminos subterráneos.

a. Costo de posición

- El valor residual (Vr) se obtiene comparando el precio de los equipos usados con los nuevos equipos, siempre que no haya habido cambios importantes, según el contrato se considera 20% del valor de adquisición.

$$Vr = 0.20 \times 244\,000.00 = \text{UUS\$ } 48\,800.00$$

- Inversion media anual (IMA)

$$IMA = \frac{Va(n+1)+vr(n-1)}{2n} = \frac{244000(3+1)+48800(3-1)}{2 \times 3} = \text{UUS\$ } 178\,933.00$$

Lo señalado supone 4368.00 horas de trabajo anual. Representa que trabaja 312 días al año, 26 días al mes y 14 horas a la semana y una vida económica de 3 años de uso estimado.

- **Depreciación horaria (Dh)**

$$Dh = va - vr/n = 244\,000 - 48\,800 / 13\,104 = \text{UUS } 14.89$$

- **Interés (I)**

$$I = \text{IMA} \times \%i / 4368n = 178\,933.00 \times 0.12 / 4368 (1) = \text{UUS } 4.92$$

- **cálculo del costo por seguro, impuestos y almacenaje.(I, S y A)**

$$I, S y A = \frac{\text{IMA}(\sum \text{TASAS ANUALES})}{4368 n} = \frac{178\,933.00 \times 0.06}{4368 (1)} = \text{UUS } 2.46$$

La tasa de interés fijado es 12% anual

Tasa por seguro, impuesto y almacenaje a aplicar 6%

b. Costos de operación

- **Costo de combustible**

Es a cuenta de volcan

- **Costo lubricante y filtro**

Cuadro N° 4.17 Costos de filtros y lubricantes de motoniveladora 120K

FILTROS Y LUBRICANTES				Horas de operación	TOTAL US\$	INTERVALO	Frecuencia de Servicio y Precios										Tipo de aceite
Descripción	Cantidad	N/P	Valor Vta US\$	13,104			250	US\$	500	US\$	1000	US\$	2000	US\$	4000	US\$	
Filtro de aceite de motor	1	1R-0739	13.12	53	695.36	250	1	13.12	1	13.12	1	13.12	1	13.12	1	13.12	
Filtro primario de combustible - separado	1	117-4089	18.26	53	967.78	250	1	18.26	1	18.26	1	18.26	1	18.26	1	18.26	
Filtro de aceite hidráulico (8WN796-UP)	1	1R-0774	31.01	27	837.27	500			1	31.01	1	31.01	1	31.01	1	31.01	
Filtro de transmisión	1	1R-0773	18.34	27	495.18	500			1	18.34	1	18.34	1	18.34	1	18.34	
Filtro secundario de combustible sup	1	1R-0751	15.14	27	408.78	500			1	15.14	1	15.14	1	15.14	1	15.14	
Filtro secundario de combustible inf	1	1R-0753	25.57	53	1,355.21	250	1	25.57	1	25.57	1	25.57	1	25.57	1	25.57	
Filtro primario de aire	1	61-2499	56.02	14	784.28	1000					1	56.02	1	56.02	1	56.02	
Filtro secundario de aire	1	61-2500	56.45	7	395.15	2000							1	56.45	1	56.45	
Aceite de motor	5.3	3E9713	44.36	278	2,466.42	250	5.3	47.02	5.3	47.02	5.3	47.02	5.3	47.02	5.3	47.02	DEO15W40
Aceite de tandems (ambos)	26.0	8T9576	40.71	171	1,392.28	2000							26.0	211.69	26.0	211.69	TDTO50
Aceite de transmisión	9.0	8T9572	39.55	118	933.38	1000					9.0	71.19	9.0	71.19	9.0	71.19	TDTO30
Aceite hidráulico	9.9	8T9580	32.86	33	216.88	4000									9.9	65.06	HYDO
Aceite de circuito	1.8	8T9582	43.59	12	104.62	2000							1.8	15.69	1.8	15.69	GO80W90
Refrigerante	11.4	129-2151	73.34	0	-	12000											ELC
Total Respuestas US\$					11,052.58			103.97		168.46		295.67		579.51		644.57	

La cantidad de aceite es en balde de 5 galones (18.90 lts.)

$$\text{Costo hora} = 11052.58 / 13104.00 = \text{UUS } 0.84$$

- **Costo de grasa**

El consume es de 0.06 lts/hr a un precio de 3.60 UUS\$/gal.

$$= 0.06 \text{ lts. / hr} \times 3.60 \text{ UU\$/hr} \times 0.26 = 0.057 \text{ UU\$/hr}$$

- **Costo de mantenimiento y reparaciones**

Es la suma de $CMR = CMO + CR$

Donde:

CMR: costo de mantenimiento y reparaciones

CMO: costo de mano de obra

CR: costo de reparaciones

CM: costo de mantenimiento

N: vida económica de la maquina

Se sabe el equipo trabaja en condiciones severas a duras, por lo que se le añade entre 80% a 100 % del valor de adquisición

$$CM = 80\% Va = 244\,000.00 \times 0.80 = \text{UU\$}195\,200.00$$

$$\text{Costo/ hora} = 195200.00 / 13104.00 = \text{UU\$ } 14.89$$

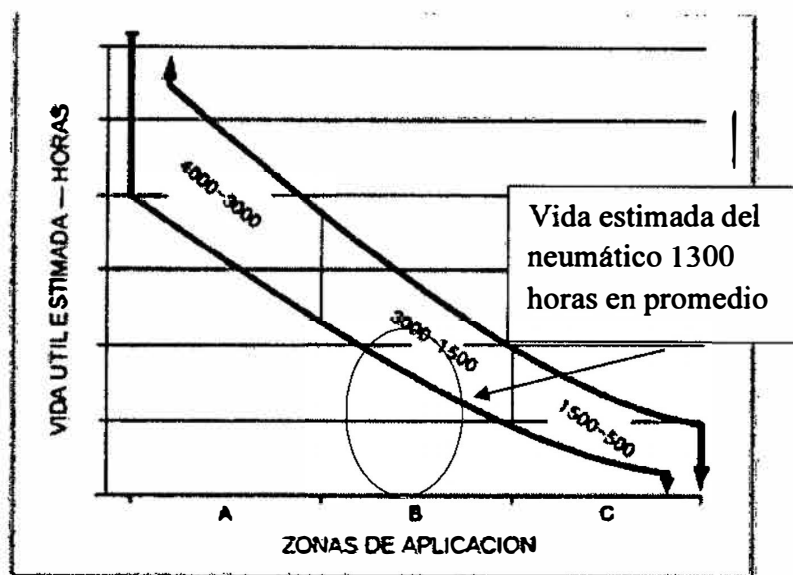
$$CMO = 25\%CM / N = 195\,200 \times 0.25 / 13104 = \text{UU\$ } 3.72$$

$$CR = 75\% CM / N = 195\,200 \times 0.75 / 13014 = \text{UU\$ } 11.17$$

- **Costo de neumáticos**

Los neumáticos son 3 pares que se cambian 10 veces en su vida económica en promedio, a la vez pueden rencaucharse lo que aumento la vida probable del neumático. También se utiliza la siguiente tabla, según la zona de aplicación

Tabla N° 4.2 Estimación de vida económica probable de neumáticos según la condición de trabajo



Fuente: Manual de rendimiento Caterpillar

Zona A: todos los neumáticos se desgastan hasta la banda de rodadura por abrasión.

Zona B: algunos neumáticos se desgastan mientras que otros sufren hinchazones.

Zona C: ninguno de los neumáticos se desgasta, sufren roturas irreparables.

El precio de cada llanta = UUS\$ 1300.00 por llanta

$$= (10 \times 6 \times 1300.00) / (13104) = \text{UUS\$ } 5.95$$

- Costo de piezas de desgaste.**

La hoja de la motoniveladora tiene una vida probable de 2000 horas, se necesitara 7 hojas a un precio promedio de UUS\$ 1000.00 cada hoja.

$$= 1000 \times 7 / 13104.00 = \text{UUS\$ } 0.53$$

- Costo de operador especializado y ayudante.**

hora hombre, 3 operadores con su respectivo ayudante por maquina en un sistema de 14x7											
descripcion	Rem/Día	Asig. Fam	Benef. 94.10%	egps	Alim y Aloj	total	jornal	mes	cant.	total mes	US\$/hora
operador calificado	S/. 80.00	S/. 2.82	S/. 77.93	S/. 6.05	S/. 15.00	S/. 181.80	\$64.93	\$ 1,688.18	3	\$ 5,064.53	\$ 13.91
vigia de maquina	S/. 52.00	S/. 2.82	S/. 51.59	S/. 6.05	S/. 15.00	S/. 127.46	\$45.52	\$ 1,183.52	3	\$ 3,550.55	\$ 9.75
total hora hombre en UUS											\$ 23.67

El costo horario de operador: UUS\$ 69.71

- Otros costos = 0.74
- Gastos generales = 6% de total
- Utilidad = 13% del total

Luego el costo hora equipo = 82.96 UU\$/ Hr

4.9.2.2 Tractor de cadenas D5X

Se requiere tractor de cadenas D5K, marca Caterpillar, de una potencia 96 HP, capacidad del tanque de combustible 51.5 gal y una vida estimada en 10 000 horas, esto en 3 años de servicio prestado según estipulado en el contrato con volcan.

Esta máquina trabaja en mantenimiento de rampas de extracción, de condiciones medianas a duras con bastante material abrasivo y deficiente oxígeno, comprado por el contratista a UU\$ 153 000.00 en el lugar de trabajo.

a. Costo de posición

$V_a = \text{UU\$ } 153\,000.00$

$V_r = 20\% \times V_a = 0.20 \times 153\,000.00 = \text{UU\$ } 30\,600.00$

• Inversion media anual (IMA)

$$\text{IMA} = \frac{V_a(n+1) + v_r(n-1)}{2n} = \frac{153000(3+1) + 30600(3-1)}{2 \times 3} = \text{UU\$ } 112\,200.00$$

Lo señalado supone 4368.00 horas de trabajo anual. Representa que trabaja 312 días al año, 26 días al mes y 14 horas a la semana y una vida económica de 3 años de uso posible.

• Depreciación horaria (Dh)

$D_h = v_a - v_r/n = 153\,000 - 30\,600/10\,000 = \text{UU\$ } 12.24$

• Interés (I)

$I = \text{IMA} \times \%i / 4368n = 112\,200.00 \times 0.12 / 4368(1) = \text{UU\$ } 1.03$

• cálculo del costo de seguro, impuestos y almacenaje.(I, S y A)

$$I, S \text{ y } A = \frac{\text{IMA}(\sum \text{TASAS ANUALES})}{4368n} = \frac{112\,200.00 \times 0.06}{4368(1)} = \text{UU\$ } 1.54$$

La tasa de interés fijado es 12% anual

Tasa por seguro, impuesto y almacenaje se aplica 6%

c. Gastos de operación

- **Costo de combustible**

Es a cuenta de volcan

- **Costo lubricante y filtro**

Cuadro N° 4.18 costos de filtros y lubricantes de tractor de cadenas D5K xl

FILTROS Y LUBRICANTES				Horas de operación	TOTAL US\$	INTERVA LO	Frecuencia de Servicio y Precios										Tipo de aceite
Descripción	Cantidad	N/P	Valor Via US\$	10,000			250	US\$	500	US\$	1000	US\$	2000	US\$	4000	US\$	
Filtro de aceite de motor	1	1R-0739	13.12	40	524.80	250	1	13.12	1	13.12	1	13.12	1	13.12	1	13.12	
Filtro primario de combustible - separad	1	117-4089	18.26	20	365.20	500			1	18.26	1	18.26	1	18.26	1	18.26	
Filtro de aceite hidráulico	1	1R-0735	35.40	20	708.00	500			1	35.40	1	35.40	1	35.40	1	35.40	
Filtro de aceite hidráulico	1	4T-6915	11.29	20	225.80	500			1	11.29	1	11.29	1	11.29	1	11.29	
Filtro de transmisión	1	132-8876	39.63	40	1,585.20	250	1	39.63	1	39.63	1	39.63	1	39.63	1	39.63	
Filtro secundario de combustible	2	1R-0751	15.14	80	1,211.20	250	2	30.28	2	30.28	2	30.28	2	30.28	2	30.28	
Filtro primario de aire	1	6I-2501	60.77	10	607.70	1000					1	60.77	1	60.77	1	60.77	
Filtro secundario de aire	1	6I-2502	58.20	5	291.00	2000							1	58.20	1	58.20	
Aceite de motor	6.9	3B9713	44.36	276	2,448.67	250	6.9	61.22	6.9	61.22	6.9	61.22	6.9	61.22	6.9	61.22	DEO15W40
Aceite de transmisión	32.2	8T9572	39.55	322	2,547.02	1000					32.2	254.70	32.2	254.70	32.2	254.70	TD7050
Aceite de mandos finales (ambos)	3.6	8T9576	40.71	18	146.56	2000							3.6	29.31	3.6	29.31	TD7050
Aceite hidráulico	7.7	8T9580	32.86	39	256.31	2000							7.7	50.60	7.7	50.60	HYDO
Refrigerante	12.8	129-2151	73.34	0	-	12000											ELC
Total Respuertos US\$					10,917.46			144.25		209.20		524.67		662.78		662.78	

La cantidad de aceite es en balde de 5 galones (18.90 lts.)

Costo hora = 10 917.46/ 10 000.00 = UU\$ 1.10

- **Costo de grasa**

El consume es de 0.04 lts/hr a un precio de 3.60 UU\$/gal.

= 0.04 lts. / hr x 3.60 UU\$/hr x 0.26 = 0.037 UU\$/hr

- **Costo de mantenimiento y reparaciones**

Es la suma de CMR = CMO + CR

Donde:

CMR: costo de mantenimiento y reparaciones

CMO: costo de mano de obra

CR: costo de reparaciones

CM: costo de mantenimiento

N: vida económica de la maquina

Se sabe que la maquina trabaja en condiciones severas o duras, por lo que se le añade entre 80% a 100 % del valor de adquisición

$$CM = 80\% V_a = 153\,000.00 \times 0.80 = \text{UU\$ } 122\,400.00$$

$$\text{Costo/ hora} = 122\,400.00 / 10\,000.00 = \text{UU\$ } 9.34$$

$$CMO = 25\% CM / N = 122\,400.00 \times 0.25 / 10\,000.00 = \text{UU\$ } 3.06$$

$$CR = 75\% CM / N = 122\,400.00 \times 0.85 / 10\,000.00 = \text{UU\$ } 10.40$$

- **Costo de tren de rodaje**

Utilizando la tabla N° 2.3 se estima el precio probable del tren de rodaje

- El tractor de cadenas trabaja con material de alta carga de impacto y abrasión media.

$$\text{Factor básico de D5M} = 5.00$$

$$\text{Multiplicadores} \quad I = 0.30$$

$$A = 0.20$$

$$\text{Costo horario de tren de rodaje} = 5 \times (0.30 + 0.20) = 2.50 \text{ US\$ / Hora}$$

- **Costo de herramientas de corte**

Cuadro N° 4.19 Costo de herramientas de corte en tractor de cadenas D5K xl.

HERRAMIENTAS DE CORTE				
Descripción	Cantidad	N/P	Valor Vta US\$	TOTAL US\$
Cantonera derecha	1	4T-5408	106.36	106.36
Cantonera izquierda	1	4T-5407	106.36	106.36
Pernos de cantoneras (4 por cantonera)	8	5J-4773	1.18	9.44
Tuercas de cantoneras (4 por cantonera)	8	2J-3506	0.62	4.96
Arandelas de cantoneras (4 por cantonera)	8	5P-8248	0.58	4.64
Cuchillas	2	3G-4282	97.26	194.52
Pernos de cuchillas (7 por cuchilla)	14	5J-4773	1.18	16.52
Tuercas de cuchillas (7 por cuchilla)	14	2J-3506	0.62	8.68
Arandelas de cuchillas (7 por cuchilla)	14	5P-8248	0.58	8.12
Punta de ripper	3	6Y-0359	82.30	246.90
Pin de punta de ripper	3	114-0358	3.61	10.83
Seguro de punta de ripper	3	114-0359	6.27	18.81
			Total Resquestos US\$	736.14

$$\text{Costo por hora} = 736.14 / 10\,000.00 = 0.073 \text{ UU\$ / Hr}$$

- Costo de piezas de desgaste.

La cuchilla de tractor de cadenas tiene una vida probable de 2000 horas, se necesitara 7 hojas a un precio promedio de UUS\$ 300.00 cada hoja.

$$= 300 \times 7 / 10\,000.00 = \text{UUS\$ } 0.21$$

- Costo de operador especializado

hora hombre, 3 operadores con su respectivo ayudante por maquina en un sistema de 14x7											
descripcion	Rem/Día	Asig. Fam	Benef. 94.10%	epps	Afm y Aloj	total	jornal	mes	cant.	total mes	UUS/hora
operador calificado	S/. 80.00	S/. 2.82	S/. 77.93	S/. 6.05	S/. 15.00	S/. 181.80	\$64.93	\$ 1,688.18	3	\$ 5,064.53	\$ 13.91
viga de maquina	S/. 52.00	S/. 2.82	S/. 51.59	S/. 6.05	S/. 15.00	S/. 127.46	\$45.52	\$ 1,183.52	3	\$ 3,550.55	\$ 9.75
total hora hombre en UUS											\$ 23.67

El costo horario maquina: 55.69 UUS\$ / Hr

- Gastos generales = 6% de total
- Utilidad = 13% del total

Costo hora = 67.46 UUS\$/Hr

El costo hora de las otras equipos sigue el mismo criterio ver resumen.

Cuadro N° 4.20 Resumen de costos horarios de los equipos actuales y consumo de combustible.

Nº	equipo propuesto	horometro (Hr)	precio (UUS/hr)	precio de adq.(UUS)	Hr/ día	UUS/mes	gal/Hr	Hr/día	gal/día	UUS/gal	UUS/mes
1	Motoriveladora 120K	0.00	82.48	250,000.00	14	30,022.72	7.00	14.00	98.00	4.28	10,905.44
2	Tractor de cadena D5M	0.00	72.00	160,000.00	14	52,416.00	10.00	14.00	140.00	4.28	15,579.20
2	Retroexcavadora 420E	0.00	47.50	115,000.00	14	17,290.00	3.50	14.00	49.00	4.28	5,452.72
2	Minicargador 236B	0.00	28.50	38,000.00	14	20,748.00	2.50	14.00	35.00	4.28	7,789.60
sub total UUS/mes						120,476.72					39,726.96
TOTAL UUS/mes										160,203.68	

Fuente: elaboracion propia.

4.9.3 Costo de mantenimiento de vías con los nuevos equipos seleccionados.

Datos:

- Incremento en una unidad adicional de tractor de cadenas modelo D5M, retroexcavadora 420E y minicargador 236B
- Incremento de 9 operadores y 9 ayudantes.
- Incremento de combustible
- Día al mes = 26
- Horas día = 14
- Contrato = 3 años de duración

Cuadro N° 4.21 Costos horarios de equipos y combustible

N°	equipo propuesto	horometro (Hr)	precio (UUS/hr)	precio de adq.(UUS)	Hr/ día	UUS/mes	gal/Hr	Hr/día	gal/día	UUS/gl	UUS/mes
1	Motoniveladora 120K	0.00	82.48	250,000.00	14	30,022.72	7.00	14.00	98.00	4.28	10,905.44
2	Tractor de cadena D5M	0.00	72.00	160,000.00	14	52,416.00	10.00	14.00	140.00	4.28	15,579.20
2	Retroexcavadora 420E	0.00	47.50	115,000.00	14	17,290.00	3.50	14.00	49.00	4.28	5,452.72
2	Minicargador 236B	0.00	28.50	38,000.00	14	20,748.00	2.50	14.00	35.00	4.28	7,789.60
sub total UUS/mes						120,476.72					39,726.96
TOTAL UUS/mes										160,203.68	

Fuente: Elaboracion propia.

Costo de utilización de ripio = UUS\$ 16,110.00 al mes

Costo total de conservación de vías con nuevos equipos = UUS\$ 223,660.60 por mes

4.9.4 Variación del costo horario de los equipos para mantenimiento de vías.

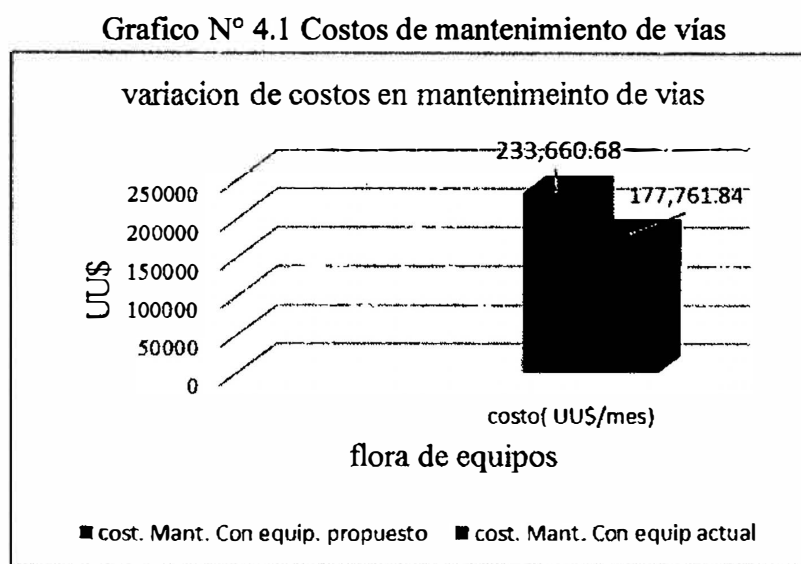
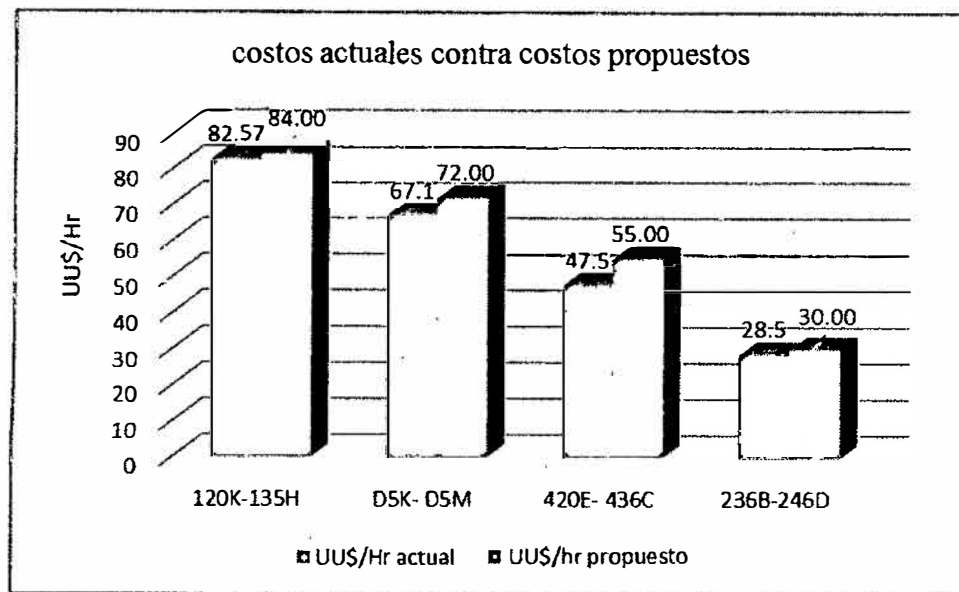


Grafico N° 4.2 Costos horarios de los equipos



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 APLICACIÓN DE SELECCIÓN Y ASIGNACIÓN OPTIMA DE FLOTA EQUIPOS PARA MANTENIMIENTO DE VÍAS SUBTERRANEAS

Hecho la selección y asignación óptima de la flota de equipos para mantenimiento de las vías en interior mina San Cristóbal, se tiene los siguientes resultados.

Según el cuadro N° 4.5 los equipos seleccionados son:

- 01 Motoniveladora 120K
- 02 Tractor de cadenas D5M
- 02 Retroexcavadora 420E
- 02 Minicargador 236B

5.1.1 Motoniveladora 120K

Ver cuadro N° 4.1 evaluación de modelos de motoniveladora de acuerdo a lo siguientes parámetros: evaluación técnica, evaluación de mantenimiento, operación, servicio ofrecido por distribuidor y evaluación económica. Se ve los siguientes resultados.

Motoniveladora 120K = 87.770 puntos

Motoniveladora 135H = 86.203 puntos

Los dos equipos de marca Caterpillar, el modelo 120K a la fecha viene ejecutando trabajos de manera deficiente de las 364 horas/mes en 26 días de operación de servicio continuo solo alcanza un promedio de 309.60 hrs/mes ver el cuadro N° 5.1, debido a la falta de repuestos (cilindro de levante, válvulas hidráulicas, bomba de desplazamiento y problemas de soldadura con la tornamesa) que no se consigue a tiempo y el incremento de costo de mantenimiento mecánico programado (de los UUS\$ 195 000.00 de la 120 K frente a un costo de UUS\$197 000.00 de 135H), en sus tres años de operación la 120K solo llego a utilizar 9 500 horas operativas de las 13 000 horas programadas, con una disponibilidad mecánica de 79.74% y una utilización de 60.70%. Ver el cuadro N° 5.2

De los 18 km lineales de vías de transporte que mantiene en funcionamiento, con el rendimiento de 100 mts/hora no alcanzaba a concluirlo, con el nuevo rendimiento programado de 150 mts./hora logra cumplir adecuadamente la programación en 26 días dando tres vueltas a cada tramo programado.

Se requiere reemplazar el equipo actual, cuanto este llegue a su fin de su vida económica en 10000 horas estimadas de los 13 000 horas proyectadas que debía cumplirse, por el mismo modelo, dependerá mucho de mantenimiento mecánico adecuado que se realice y del personal operador del equipo a cargo, además de los repuestos a obtener en el mercado nacional, según experiencia este equipo rinde y se adapta de mucho mejor manera que su competidor que es mas antiguo.

5.1.2 Tractor de cadenas D5M xl

Según el cuadro N°4.2 de evaluación de los modelos de tractores de cadenas D5K y D5M da los siguientes resultados.

Tractor de cadenas D5M = 84.992 puntos

Tractor de cadenas D5Ml = 86.914 puntos

La D5K presenta serias fallas mecánicas debido a la adquisición no oportuna de sus repuestos como: rueda guía, bombas de inyección, juego de zapatas, rodillos, alternador, etc. A la fecha(a finales del año 2014) está con 9800 horas operativas en sus tres años de trabajo se estima que llegue a 10 000 horas de vida económica. Este es utilizado para trabajos en rampas secundarias

de explotación donde la sección es 3.5x3.5 mts, por lo general empieza su trabajo de la parte alta de los niveles Nv. 500 y va avanzando progresivamente a la parte baja hasta el NV.1120.

Debe mantener unos 10200.00 mts lineales de las vías de transporte. Con un rendimiento de 50 mts/hora concluye la programación en 43 días-mes dando 02 vueltas a los frentes programados, es mucho tiempo para lo programado. Con el nuevo rendimiento de 60 mts por hora concluye los trabajos en 36 días mes en dos vueltas. A causa de este problema se debe incrementar y reemplazar por el modelo D5M, pues esta nueva propuesta es eficiente y repuestos están en el mercado nacional y se adapta de la mejor manera.

5.1.3 Retroexcavadora 420E

En el cuadro N° 4.3 evaluaciones de los modelos de retroexcavadora 420E y 436C da los siguientes resultados.

Retroexcavadora 420E = 87.609 puntos

Retroexcavadora 436C = 82.831 puntos

La retroexcavadora 420E marca Caterpillar, realiza limpieza de cuneta de los bypass, galerías y en ocasiones pozas de bombeo colmatados de lodo, actualmente cuenta con 9800 horas operativas de trabajo en tres años, se estima que deberá llegar a 13 000 horas para su respectivo over haul.

Su retroexcavadora ha sido adaptado para limpiar cunetas de las dimensiones (0.40x0.50) mts. Pues la dimensión normal de la cuchara es (0.60x0.90) mts. Lo que ocasiona ensanche de la cuneta.

Limpia un total 12070 mts lineales, se debe dar de dos a tres pasadas, dependiendo de la temporada, por lo común en los meses lluviosos aumenta considerablemente el caudal del agua, con su rendimiento anterior de 30 mts/hr no lograba concluir los frente programados, en general terminaba en 50 días por mes que es excesivo, con el nuevo rendimiento de 50 mts/día lo concluye en 34 días por mes.

Se requiere reemplazar e incrementar con el mismo modelo de 420E.

5.1.4 Minicargador 236B

Ver el cuadro N° 4.4 evaluación de los modelos de minicargador 236B y 246D, se ve los siguientes resultados.

Minicargador 236B = 92.472 puntos

Minicargador 246D = 81.086 puntos

El modelo 236B es uno de los equipos mas versátiles, confiables, hasta el momento se adapta mucho mejor que el resto de los equipos llegando a superar a la fecha 12500 horas operativas de los 13000 horas programadas con un rendimiento promedio de 50 mts./hr trabajando 14 hr/día durante los 17 días/ mes. Mientras que el modelo 246D no llega a cumplir con las expectativas que se propone tales como superar el rendimiento, por las siguientes razones; potencia de motor no adecuado para el exigente trabajo, fallas en los inyectores, eje de las ruedas se rompe en un tiempo menor a lo estimado y consume mas combustible.

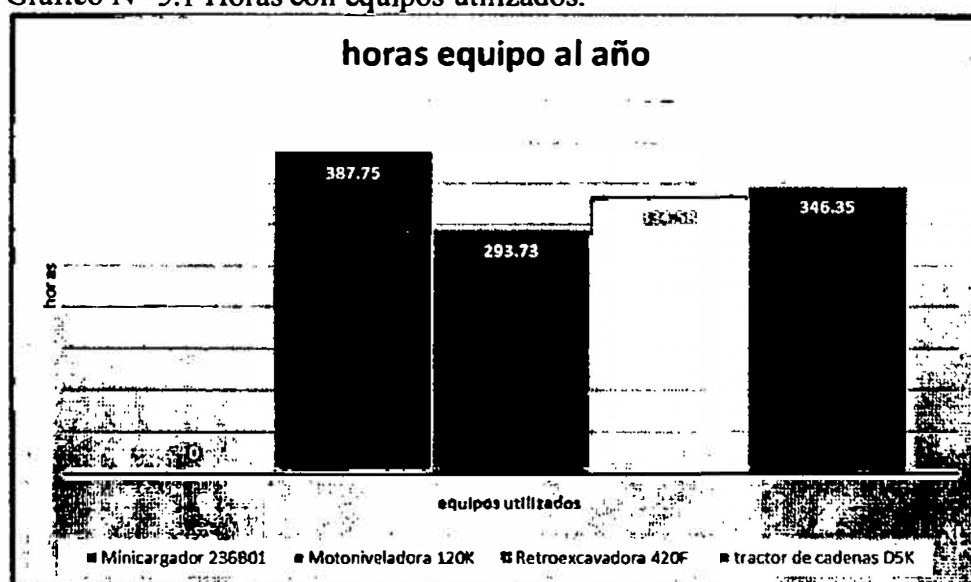
Al momento que llegue su over haul se estima que se incrementara en 5000 horas, luego se reemplazara con el mismo modelo de 236B.

Cuadro N° 5.1 Horas utilizadas de los equipos en el año 2014.

Equipo	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL HORAS	PROMEDIO HORAS
Minicargador 236B01	387.75	206.27	337.60	194.42	340.00	380.00	400.00	380.00	400.00	380.00	340.00	450.00	4195.04	349.59
Motoniveladora 120K	293.73	351.59	230.91	219.98	450.00	45.00	350.00	400.00	350.00	360.00	364.00	300.00	3715.21	309.69
Retroexcavadora 420F	334.58	384.67	311.25	329.67	400.00	345.00	450.00	234.00	300.00	254.00	342.00	300.00	3985.17	332.10
tractor de cadenas DSK	346.35	220.00	24.50	240.00	180.00	320.00	340.00	250.00	45.00	125.00	250.00	85.00	2425.85	202.15

Fuente: E.E.tecnomin data S.R.L

Grafico N° 5.1 Horas con equipos utilizados.



Cuadro N° 5.2 Disponibilidad mecánica y utilización de los equipos en el año 2014.

Cuadro 14- 5/2 Disponibilidad mecánica y utilización de los equipos en el año 2017													
IT	MODELO	CÓDIGO INTERNO	HOROMETRO ACUMULADO	HORAS						D.M. REAL	D.M. programado	% UTIL	D.M. Utilizado
				TRABAJO	MANTEN				REPARA ACC.				
					INSP.	PRV.	PRG.	CTIVO					
1	420E	RETD-03	9,890.00	332.10	13.50	-	-	3.00	20.00	97.71%	85.00%	50.14%	70.54
2	120K	MTD-01	9,500.00	309.60	15.00	-	-	8.50	10.00	96.74%	85.00%	64.15%	89.36
3	DSK	TUTD-01	9,800.00	202.15	-	-	-	-	-	100.00%	85.00%	0.00%	0.00
4	236B01	MCTD-01	12,500.00	349.59	15.00	-	0.10	3.00	15.00	97.49%	85.00%	67.80%	79.32
TOTAL FLOTA				1,704.10	59.50	-	0.10	16.50	66.60	98.49%	85.00%	60.70%	79.74

Fuente: E.E.tecnomin data S.R.L

Con las siguientes relaciones es lo que se calculó la disponibilidad y utilización de los equipos.

DMP	Disponibilidad Mecánica Programada				
DMR	Disponibilidad Mecánica Real				
IPF	Tiempo Medio Entre Fallos				
IPFR	Tiempo Medio Para Reparaciones				
DM =	H TOTAL - (INSP + PREV + PROG + CTIVO)			DMP	85.00%
	H TOTAL			DMR	100.00%
% UTIL =	HORAS TRABAJO			% UTILIZACION	0.00%
	H TOTAL - (INSP + PREV + PROG + CTIVO)				
IPF =	HORAS TRABAJO			MTBF	0.00
	N° FALLAS				
IPFR =	PROG + CTIVO + EMER			MTTR	0.00
	N° FALLAS				

5.2 PARÁMETROS DEL RIPIO.

El ripio seleccionado luego de su evaluación y caracterizado sus propiedades físicas debe cumplir lo siguiente para su empleo.

- índice C.B.R., debe oscilar entre 60% a 80% ver anexo N° 05
- granulometría debe ser de ¾ de pulg. de diámetro en promedio
- humedad relativa debe variar entre 25 a 35 %
- mínimo hinchamiento lo más recomendable posible
- debe tener excelente compactación con las pasadas de los volquetes, y
- la densidad del material oscila entre 2.10 a 2.30 g/ cm³

5.2.1 mezcla

La mezcla será en una proporción 2 a 1 (02 volquetes de grava andesita y 01 volquete de canto rodado de río), se utiliza 04 volquetes de ripio en promedio por día o según la necesidad requerida del problema de las vías de transporte.

5.2.2 Espesor

Realizado los cálculos con tabla N° 3.1 clasificación y curvas de diseño para materiales de construcción de las pistas mineras y el anexo N°05 del índice de C.B.R. el espesor debe oscilar entre 0.15 mts a 0.20 mts de capa variable, aumentando espesor genera problemas con la altura de los bypass, rampas y galerías, etc.

5.3 COSTOS HORARIOS DE LOS EQUIPOS PARA MANTENIMIENTO DE LAS VÍAS DE TRANSPORTE.

Los costos tienen un incremento para la flotilla de los nuevos equipos propuestos.

Al comienzo los nuevos equipos seleccionados deberán tener un rendimiento superior a la actual, con el tiempo van decreciendo estas cifras y los costos de mantenimiento son más elevados hasta alcanzar su vida económica.

No es posible reducir costos debido a que la actividad tratada es de rentabilidad decreciente con el tiempo, los costos de mantenimiento y reparaciones aumentan al pasar los años solo con una buena administración, entrenamiento y concientización del personal es posible ver una rentabilidad duradera.

Al comienzo los costos de mantenimiento de la vías de transporte es de UU\$ 117,761.84 por mes después con la selección y asignación optima de las nuevas equipos el costo se incrementa debido a la adición mas equipos más a la flotilla actual y personal para dicha operación a UU\$ 223,660.68 por mes, con este resultado se debe mantener óptimamente las vías, pues la producción minas depende mucho de esta actividad.

A causa de reducción de los precios de los metales principalmente de zinc ningún postor acepto el contrato de la nueva flota requerida, a causa de ello se optó por comprar los siete equipos con la condición de que contratista solo administre personal y las horas operativas pase para volcan.

CONCLUSIONES

1. Se logra seleccionar y asignar la óptima flota de equipos que influye positivamente en manteniendo de vías en interior mina San Cristóbal, estas son:
 - 01 Motoniveladora modelo 120K
 - 02 Tractor de cadenas modelo D5M
 - 02 Retroexcavadora modelo 420E
 - 02 Minicargador modelo 236B
2. Mediante la determinación adecuada de los parámetros del material como: índice C.B.R., que debe oscilar entre 60% a 80%, granulometría debe ser de $\frac{3}{4}$ de pulg. de diámetro en promedio, su humedad relativa debe variar entre 25 a 35 %, mínimo hinchamiento lo más recomendable posible, debe tener excelente compactación con las pasadas de los volquetes y la densidad del material oscila entre 2.10 a 2.30 g/cm³ se logra mayor tiempo de uso de las vías de transporte subterráneo y el espesor promedio de la vías debe estar entre un rango de 0.15 mts a 0.20 mts de capa.
3. Se ha logrado mejor rendimiento con los nuevos equipos propuestos para mantenimiento de vías, debido al número adecuado requeridos para los frentes programados de trabajo, pues los rendimientos actuales y los nuevos propuestos son los siguientes.

Equipo actual	Rend. antes (mts./Hr)	Equipo propuesto	Rend. actual (mts./Hr)
Motoniveladora 120K	100	Motoniveladora 120K	150
Tractor de cadenas D5K	50	Tractor de cadenas D5M	60
Retroexcavadora 420E	30	Retroexcavadora 420E	50
Minicargador 236B	30	Minicargador 236B	50

4. Con la nueva flota de equipos seleccionados y asignados los costos para mantener las vías de transporte asciende a 223,660.68 UUS\$/mes, esta variación se debe a que se le adiciona mas equipos, personal y combustible mientras que en el anterior caso los costos de mantenimiento de vías eran de 177,761.84 UUS\$/mes.

RECOMENDACIONES

1. En el caso de la selección de los equipos pesados pequeños, no es posible fijar a detalle costos mantenimiento mecánico debido a la variación de precios de los repuestos.
2. Cuando se realiza el análisis de la muestra de ripio a emplear, surgen problemas de aplicación de la mezcla de ripio en lugar de trabajo, este a causa de los cambios litológicos en la profundización de la mina y abundante filtración de aguas freáticas.
3. La filtración de agua en partes no es controlable aun. Esto debido a las enormes distancias de vías de rodadura y una mala distribución de drenaje subterráneo que es la causa de acumulación de lodo en las cunetas y el deterioro de las vías en menos tiempo que lo estimado.
4. Los costos de mantenimiento de vías de rodadura subterránea no son posibles reducirlos debido a la inflación en cada año en repuestos de los equipos, pues todo es importado y es una actividad de rentabilidad decreciente.
5. Se debe mapear las zonas críticas de las vías de transporte para llevar mejor control de la actividad.

BIBLIOGRAFÍA

- CAMPOS ARZAPALO Edmundo, “Conceptos de métodos de explotación minera”, Convención Minera, Arequipa, Setiembre 2011.
- CATERPILLAR, manual de rendimiento Caterpillar, edición 30. U.S.A ., 2010
- INGEMMET “compendio de yacimientos minerales” grafica san marcos S.R.L, segunda edición, lima Perú 2010.
- INTERCADE “costos de acarreo y transporte en minería subterránea”, cámara minera del Perú, lima 2013.
- JUAN ARANIBAR LOAYZA “criterios en la selección de equipos” 5to congreso nacional de minería, Shougang Hierro Perú S.A.A., Ica Perú 2012.
- LÓPEZ JIMENO Carlos, “Manual de arranque en minería a cielo abierto”, Graficas Madrid Arias Montano S.A., segunda edición, España 208.
- MIRANDA ESPERANZA - MIRANDA LUIS FELIPE, “investigación en ingeniería” UNAS, Arequipa 2006.
- MORALES FLORES ARAON “costos, un enfoque personal” segunda edición. Editorial UNI, Lima 2013.
- NEY XAVIER BURBANO CIFUENTES “elaboración de un manual de administración de mantenimiento y costos de máquinas pesadas en empresas de construcción civil”, tesis, quito, mayo del 2008
- WILLIAM HUSTRULID “open pit mine planning & design” tercera edición, editorial Pearson EE. UU colorado 2013. Volumen I.
- SOLAMILLO B. Jorge –“Gerencia de equipos pesados minería”. Editorial san marcos, Lima 2012.
- ZAPATA G. Edgard, “Maquinaria Para La construcción de carreteras” Universidad Nacional de Medellín Facultad de minas” segunda edición, Colombia, 2012.
- MINA SAN CRISTOBAL “compendio de geología y apuntes de la mina san Cristóbal – carahuarcra” Perú, 2012.
- **Base datos Science Direct Freedom Collection**
<http://info.sciencedirect.com/techsupport/journals/freedomcoll.htm>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **adhesión:** Fuerza de atracción que mantiene unidas moléculas de distinta especie química.
- **Adaptabilidad:** Proceso por el cual la maquina se acondiciona al entorno.
- **Acceso:** túnel de extensión pequeña, utilizado para distintos usos, como botadero de lodo, desmonte, estacionamiento, etc.
- **Bypass:** túnel de paso alterno para transporte de mineral y personal, paralelo a la galería.
- **Confiabilidad:** Proceso por el cual la maquina pueda operar como nuevo.
- **Cohesión:** Fuerza de atracción que las mantiene unidas
- **Cancha:** depósito de desmonte y ripio para su selección
- **Carpeta de rodadura:** Es la última capa que se aplica, por donde debe circular el tráfico
- **C.B.R:** Es el índice representado en porcentaje de suelo a la carga unitaria correspondiente a 0.1 o 0.2 pulg. de penetración en su respectivo valor estándar. Más conocido como California bearing ratio.
- **Desquinche:** sobre excavación de una sección de un túnel con voladura para ensanche de la paredes y techo de la sección original.
- **Estocada:** galería horizontal o subhorizontal, que se construye de otra mayor, relativamente corta, se utiliza para diversas actividades, como estacionamiento de equipos.
- **Explanada:** Espacio de terreno allanado
- **Equipo:** Conjunto de máquinas que realizan una actividad en particular
- **Firme:** Capa de guijo o de piedra machacada que sirve para consolidar el piso de una carretera.
- **Frente:** lugar o sitio de trabajo designado para cada máquina.
- **Galería:** túnel sin salida, que conecta sectores dentro de la mina.
- **Grava:** Piedra machacada con que se cubre y allana el piso de los caminos.
- **Horometro:** medidor de las horas de operación y desplazamiento de la máquina.
- **Jefe de guardia:** Ingeniero supervisor en cargado de un grupo de gente para un horario determinado.
- **Losa:** carpeta rodadura de concreto de alta resistencia

- Nivel: galería horizontal, caracterizada por una cota.
- Nivel base: galerías que limita un sector de explotación.
- Residente: Es el ingeniero administrador del negocio en particular.
- Inspector de seguridad: Es la persona encargada de fiscalización y verificación de cumplimiento de reglamento de seguridad minera y salud ocupacional, reglamento interno de la unidad.
- Ingeniero supervisor: es la persona a cargo de un grupo de personas en un turno de trabajo dado de cierta actividad
- Maquina: Conjunto de mecanismos dispuestos para producir, aprovechar o regular una energía motriz
- Mantenimiento: Es la reparación o conservación de la carpeta de rodadura.
- Mecánico: persona encargad de mantenimiento. Reparaciones de las máquinas.
- Modelos: distintas formas de fabricación un tipo de máquina para un uso específico.
- Operador: Es la persona encargada de conducir y realizar los trabajos en la actividad.
- Over haul: reparación total de maquinaria luego de cumplir su vida económica.
- Poza de bombeo: cámara de acumulación de agua proveniente de los tajeos de explotación, galerías en los distintos sitios de la mina.
- Servicios auxiliares mina: Es una división de la parte operativa de la mina el cual se encarga de brindar servicios esenciales para la actividad diaria.
- Subnivel: galería sub horizontal que se encuentra bajo un nivel principal, paralela a él.
- Superintendente: funcionario operacional de medio mando de una unidad minera
- Rampa: galería de acceso a diferentes niveles, su geometría puede ser, elíptica, circular o en 8, se construye en pendiente, de manera, que pueda acceder a distintas cotas en la mina.
- Vigía: Persona en cargada de apoyo en control de tráfico de los vehículos y ayudante del operador de la máquina.
- Vías subterráneas: son los túneles utilizados como medio de transporte en la minería subterránea.
- Volquete: camión de transporte de mineral de 15 m³ de capacidad.

ABREVIATURAS

- Bp. : bypass
- Gl.: galería
- Gal. : galones americanos
- Ch. : chimenea
- Cap.: capacidad
- Ch.: chimenea
- Econ.: económica
- Eval. : evaluación
- G.G: gastos generales
- Hr.: hora
- Hor: horometro
- Hp. : caballos de fuerza
- M³: metros cúbicos
- Km. Kilómetros
- Kg.: kilogramo
- Lb.: libra
- Nv.: Nivel
- Mts.: metros
- Mant.; mantenimiento
- RPM.: revoluciones por minuto
- Rend.: rendimiento
- Rp.: rampa
- Tec. : técnica
- Serv.; servicio
- Sub.: sunivel
- US\$.: dolores de los estados unidos de Norteamérica.
- s/. : nuevos soles

ANEXO

Anexo N°01 Tipo de contrato establecido entre volcán y el contratista.



AD-2012-02

Adenda al Contrato Particular N° YA-2011-121/2012-IV

Consta por el presente documento, la Adenda al Contrato Particular N° YA-2011-121/2012-IV (en adelante, el Contrato Particular) que celebren:

De una parte, Volcan Compañía Minera S.A.A., identificada con R.U.C. N° 20383045267, domiciliada en Av. Manuel Olguin N° 375, Urb. Los Granados, Distrito de Santiago de Surco, Provincia y Departamento de Lima; debidamente representada por su Gerente General Adjunto, Sr. Juan Ignacio Rosado Gómez de la Torre, identificado con D.N.I. N° 10271016 y su Director, Sr. José Ignacio de Romafia Letts, identificado con D.N.I. N° 09399755, facultados según poderes inscritos en la Partida Electrónica N° 11363057 del Libro de Sociedades del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de Lima, (a quien en adelante se la denominará como "Volcan"); y,

De la otra parte, Tecnomín Data S.R.L. con R.U.C. N° 20221258581 y domicilio en Centro Comercial N°3 Int 3, Urb. San Juan Pasco, Distrito de Yanancancha, Provincia y Departamento de Pasco, representada por su Gerente General, Sr. Víctor Raúl Espinoza Soto, identificado con D.N.I. N° 04063153, facultado según poder inscrito en la Partida Electrónica N° 02003286 del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de Pasco (en adelante el "Contratista").

En conjunto, serán denominadas como las "Partes" e individualmente como la "Parte".

El presente documento se celebra en los términos y condiciones siguientes:

I. Antecedentes:

Con fecha 19 de Diciembre del 2011, Volcan y el Contratista suscribieron el Contrato Particular N° YA-2011-121/2012-IV (en adelante el "Contrato Particular"), para que esta última bajo su exclusivo cargo y bajo su propio riesgo, efectúe la ejecución del "Servicio de Mantenimiento de Vías en Interior Mina San Cristóbal".

II. Objeto:

En virtud del presente documento, Volcan y el Contratista acuerdan incluir el numeral 1.2.1 a la Cláusula V del Contrato Particular, la misma que quedará redactada de la siguiente manera:

V. "Retribución:

1.2.1. A la firma de la presente adenda, Volcan pagará al Contratista, en calidad de adelanto, el importe de US\$ 41,933.50 (Cuarenta y Un Mil Novecientos Treinta y Tres con 50/100 Dólares de los Estados Unidos de Norte América), más el Impuesto General a las Ventas, contra entrega de una Letra de Cambio equivalente al monto del importe adelantado más el Impuesto General a las



Denominación: Volcan Compañía Minera S.A.A.; R.U.C. N° 20383045267; Dirección: Av. Manuel Olguin N° 375, Urb. Los Granados Distrito de Santiago de Surco; Telf.: 416-7000; página web: www.volcan.com.pe; Sociedad inscrita en la Partida Electrónica N° 11363057 del Libro de Sociedades Mercantiles del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de Lima.

VIII. Disponibilidad Mecánica/Cómputo de Horas Trabajadas:

1. El Contratista deberá mantener los Equipos totalmente operativos y en capacidad de funcionar correctamente para cumplir con el Servicio contratado.
2. Los desplazamientos de los Equipos para mantenimiento, reparación, cambio de guardia o cualquier otro desplazamiento que sea por razones imputables al Contratista no será considerado como uso efectivo de trabajo.
3. Cualquier pérdida de tiempo en el uso de los Equipos que puedan ser imputables al Contratista o cualquier otro evento atribuible al Contratista y que impida el uso de los Equipos serán de exclusiva responsabilidad del Contratista y no será tomado en cuenta para determinar las horas trabajadas.
4. Los traslados entre los distintos frentes de trabajo ordenados por el personal supervisor de Volcan debidamente autorizado, conforman parte de las operaciones, los cuales serán reconocidos como horas trabajadas por orden de Volcan.
5. Las Partes acuerdan que los Equipos deberán de tener una disponibilidad mecánica mínima del Ochenta y Cinco (85%) por ciento.

Fuente: Tecnomin Data S.R.L

Anexo N°02 Planos de salida y entrada de la mina san Cristóbal

Anexo N° 03 Pruebas con el material ripio en la zona seleccionada.

Anexo N° 04 Ensayos de C.B.R.

Anexo N° 05 Fotos de la diversas



Trabajadores de la guardia “C” de servicios auxiliares mina.



Supervisores y administradores de la E.E.Tecnomin data S.R.L.

